

## Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling met

Titel: Warmtekrachtkoppeling in de glastuinbouw. Economische analyse van de uitbating onder verschillende beheersvormen voor twee tuinbouwbedrijven

Richting: master in de toegepaste economische wetenschappen - beleidsmanagement

Jaar: 2008

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

COMPERNOLLE, Tine

Datum: 5.11.2008

# ***Warmtekrachtkoppeling in de glastuinbouw***

## ***Economische analyse van de uitbating onder verschillende beheersvormen voor twee tuinbouwbedrijven***

**Tine Compernelle**

promotor :  
Prof. dr. Theo THEWYS

## Woord vooraf

Deze eindverhandeling is het sluitstuk van mijn opleiding tot Master in de Toegepaste Economische Wetenschappen aan de Universiteit Hasselt. Mijn ongerustheid over de toenemende veranderingen van het klimaat vormt de basis van mijn keuze voor een onderwerp dat ingaat op zowel de technische, economische als ecologische aspecten van een techniek die een antwoord biedt op deze klimaatswijzigingen.

Vooreerst zou ik mijn promotor, Prof. dr. Thewys wensen te bedanken om mij de mogelijkheid te bieden dit onderwerp te behandelen.

Deze eindverhandeling zou niet tot stand gekomen zijn zonder de steun, opmerkingen en advies van mijn co – promotor, Nele Witters. Mijn bijzondere dank gaat dan ook naar haar uit. Voorts wens ik Ir. Marien, hoofdlector aan de K.H. Kempen te bedanken voor zijn visie, advies en deskundige hulp aangaande de technische aspecten van een WKK – installatie. Verder gaat mijn dank uit naar Dhr. Taymans, business development manager bij Cummins. Hij heeft mij inzicht bijgebracht aangaande het beheer van een WKK – installatie. Ook zou ik Ward en Sam willen bedanken, bij hen kon ik eveneens met mijn vragen terecht.

Vervolgens bedank ik ook Dhr. Smets en Dhr. Dockx, zonder hun medewerking zou ik de theorie niet in praktijk gebracht kunnen hebben.

Tenslotte gaat mijn dank uit naar mijn ouders, dankzij hen heb ik deze studie kunnen aanvangen. Mijn broer, vrienden en kotgenoten hebben de voorbije vier jaar onvergetelijk gemaakt, dus ook aan hen een woord van dank.

Tine Compernelle

Mei, 2008

## Samenvatting

In 2001 sloot Vlaanderen met de anderen gewesten een akkoord omtrent het klimaatbeleid waarin ze zich engageerde om tegen 2010 om de uitstoot van schadelijke stoffen te verminderen met 22,2 Mton CO<sub>2</sub> – equivalenten. Om dit doel te bereiken zal ook de landbouwsector een bijdrage leveren. Zij hebben zich tot doel gesteld minstens 112 MW<sub>e</sub> aan WKK – vermogen in de glastuinbouw in te zetten. Zonder WKK – installatie wordt de nodige warmte opgewekt door een verwarmingsketel en de elektriciteit is afkomstig van een elektriciteitscentrale.

Een WKK – installatie bestaat voornamelijk uit een motor, generator en warmtewisselaar die maken dat warmte en elektriciteit gelijktijdig opgewekt worden. De tuinbouwer kan ervoor opteren om de WKK – installatie te voorzien van een rookgascondensator en rookgasreiniger. Door een rookgascondensator te plaatsen, wordt ook de warmte uit de rookgassen gerecupereerd waardoor er dus meer warmte geproduceerd wordt en het thermisch rendement toeneemt. Wanneer de rookgassen gereinigd worden, kan men deze gebruiken om aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen.

De grootte van een WKK – installatie wordt bepaald aan de hand van een jaarbelastingsduurdiagram dat opgesteld wordt op basis van de energiebehoefte: de verhouding tussen de warmte –en elektriciteitsvraag is namelijk niet voor elke teelt gelijk. Om tomaten te telen is er veel warmte en weinig elektriciteit nodig, terwijl voor het slateeltbedrijf de warmtevraag kleiner en de elektriciteitsbehoefte groter is. De totale energievraag is bij de slateelt kleiner dan bij de tomatenteelt, wat maakt dat het te installeren elektrisch vermogen voor een WKK – installatie in een tomatenteeltbedrijf groter is dan voor een slateelt met assimilatiebelichting. Wat het ecologische aspect betreft, is een WKK – installatie brandstofbesparend omdat ze minder brandstof nodig heeft om dezelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit op te wekken als bij gescheiden productie. Daarnaast zal omwille van het CO<sub>2</sub> – gebruik en de rookgasreiniging de uitstoot van schadelijke stoffen aanzienlijk lager liggen dan wanneer er geen WKK – installatie geplaatst is.

Het plaatsen van een WKK – installatie brengt zowel kosten als opbrengsten met zich mee. Naast de investeringskost zullen er jaarlijks brandstofkosten en onderhouds –en exploitatiekosten gedragen moeten worden. Wat de **tomatenteelt** betreft, zullen er onder andere opbrengsten verkregen worden uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten. Daarnaast valt er een uitgave weg: de brandstof die voordien aangekocht werd om de serre te verwarmen, zal door het plaatsen van een WKK – installatie zo goed als verdwijnen. De tomatenteler kan de WKK – installatie in eigen beheer uitbaten of er kan een derde investeerder ingeschakeld worden. In dat geval zijn er drie

mogelijkheden: deze kan de investeringskosten volledig of gedeeltelijk op zich nemen, of de tuinbouwer kan de WKK – installatie volledig zelf financieren maar het beheer overlaten aan een derde investeerder die hiervoor dan een fee vraagt. Indien een *derde investeerder* de WKK – installatie *volledig* financiert zal deze eveneens alle opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten ontvangen. De opbrengst voor de tuinbouwer is de geproduceerde warmte die hij nu goedkoop verkrijgt. Enkel indien er een rookgascondensor geplaatst wordt, blijkt investeren in een WKK – installatie onder deze beheervorm zowel voor de tuinbouwer als voor de derde investeerder economisch haalbaar te zijn. Wanneer de WKK – installatie slechts *gedeeltelijk* door een *derde investeerder* gefinancierd wordt, zal deze ook slechts een deel van de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten ontvangen. De tuinbouwer heeft recht op het andere gedeelte maar zal ook een stuk van de exploitatiekosten op zich moeten nemen. Zowel zonder als met rookgascondensor blijkt de investering economisch niet interessant te zijn voor de derde investeerder. Zelfs indien de tuinbouwer een deel van de brandstofkosten op zich neemt, worden de kosten voor de derde investeerder niet gecompenseerd met zijn opbrengsten. Wanneer de *tuinbouwer* het project *volledig zelf financiert*, zal deze zowel op steun vanuit het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds als op een verhoogde investeringsaftrek kunnen rekenen. Het beheer overlaten aan een derde investeerder en de installatie volledig zelf financieren blijkt economisch haalbaar te zijn voor de tuinbouwer maar in mindere mate dan wanneer de uitbating in *eigen beheer* uitgevoerd wordt. Bovendien zal, wanneer het beheer aan iemand anders overgelaten wordt, de tuinbouwer de controle over de WKK – installatie niet volledig zelf in handen hebben. De tomatenteler kan dus best de installatie in eigen beheer uitbaten.

Wat de **slateelt** betreft wordt er enkel de economische haalbaarheid onderzocht wanneer de WKK – installatie in *eigen beheer* uitgevoerd wordt. De geproduceerde elektriciteit zal immers slechts in beperkte mate verkocht kunnen worden. Uit de financiële analyse blijkt dat investeren in de WKK – installatie enkel economisch haalbaar is indien er een rookgascondensor geïnstalleerd is. Omwille van het hogere thermisch rendement worden er namelijk meer warmtekrachtcertificaten toegekend.

## Lijst van tabellen

Tabel 2.1: Gas-, elektriciteits- en CO <sub>2</sub> -verbruik per jaar van een standaard teelt .....	- 7 -
Tabel 2.2: Temperatuurniveaus van de warmtebronnen van een WKK met gasmotor .....	- 13 -
Tabel 2.3: Bepaling van de elektriciteitsproductie in Vlaanderen in 2005.....	- 24 -
Tabel 2.4: Bepaling van de uitstoot van schadelijke stoffen en de emissiefactoren in Vlaanderen in 2005 .....	- 24 -
Tabel 2.5: CO <sub>2</sub> – emissiefactoren voor elektriciteitsopwekking bepaald op basis van de gehele productielevenscyclus.....	- 25 -
Tabel 2.6: De elektriciteitsproductie in procent van de totale productie van elektriciteit in 2004.....	- 27 -
Tabel 2.7: Mogelijke beheervormen van een WKK – installatie.....	- 34 -
Tabel 2.8: Investeringskosten van een WKK - installatie .....	- 38 -
Tabel 2.9: Evolutie van de verkoopprijs voor een bepaald contract.....	- 44 -
Tabel 3.1: Energie –en CO <sub>2</sub> – behoefte van het tomatenteeltbedrijf in 2006 .....	- 49 -
Tabel 3.2: Bepaling van het jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag.....	- 51 -
Tabel 3.3: Bepaling van het jaarbelastingsduurdiagram op basis van het aantal uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn.....	- 54 -
Tabel 3.4: Kenmerken van de WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 55 -
Tabel 3.5: Kenmerken van de WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 56 -
Tabel 3.6: emissiefactoren gebruikt voor de bepaling van de lokale en globale emissiebalans.....	- 58 -
Tabel 3.7: Bepaling lokale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 59 -
Tabel 3.8: Bepaling globale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 59 -
Tabel 3.9: Bepaling lokale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 61 -
Tabel 3.10: Bepaling globale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensor.....	- 61 -
Tabel 3.11: Bepaling van de investeringskost van de WKK – installatie .....	- 63 -
Tabel 3.12: Bepaling van de exploitatie –en onderhoudskosten.....	- 63 -
Tabel 3.13: Bepaling gaskost voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor opgesplitst naar beheervorm .....	- 65 -
Tabel 3.14: Bepaling gaskost voor een WKK – installatie met rookgascondensor opgesplitst naar beheervorm .....	- 66 -
Tabel 3.15: Bepaling van de warmteopbrengst voor de derde investeerder en tuinbouwer per beheervorm voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor.....	- 68 -
Tabel 3.16: Bepaling van de warmteopbrengst voor de derde investeerder en tuinbouwer per beheervorm voor een WKK – installatie met rookgascondensor.....	- 68 -
Tabel 3.17: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van elektriciteit voor een WKK – installatie opgesplitst naar beheervorm. ....	- 69 -

Tabel 3.18: Referentierendementen .....	- 70 -
Tabel 3.19: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor opgesplitst naar beheervorm.....	- 73 -
Tabel 3.20: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor een WKK – installatie met rookgascondensor opgesplitst naar beheervorm.....	- 73 -
Tabel 3.21: Verifiëring van de voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek .....	- 75 -
Tabel 3.22: Bepaling van de jaarlijkse VLIF – steun.....	- 76 -
Tabel 3.23: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door een derde investeerder gefinancierd wordt. ....	- 80 -
Tabel 3.24: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door een derde investeerder gefinancierd wordt.....	- 81 -
Tabel 3.25: Bepaling van het jaarlijkse afschrijvingsbedrag voor de derde investeerder en de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt -	82 -
Tabel 3.26: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt -	83 -
-	
Tabel 3.27: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.....	- 84 -
Tabel 3.28: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 60% door een derde investeerder gefinancierd wordt. ....	- 85 -
Tabel 3.29: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt. ....	- 86 -
Tabel 3.30: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de tuinbouwer indien de WKK – installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt .....	- 86 -
Tabel 3.31: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 100% door de tuinder gefinancierd wordt.....	- 89 -
Tabel 3.32: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie in eigen beheer uitgebaat wordt. ....	- 91 -
Tabel 3.33: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.....	- 92 -
Tabel 3.34: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt .....	- 93 -
Tabel 3.35: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer indien de WKK – installatie voor 60% door een derde investeerder gefinancierd wordt.....	- 94 -

Tabel 3.36: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt .....	- 95 -
Tabel 3.37: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 60% gefinancierd door de derde investeerder gefinancierd wordt .....	- 96 -
Tabel 3.38: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de tuinbouwer gefinancierd wordt.....	- 98 -
Tabel 3.39: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie in eigen beheer uitgebaat wordt. ....	- 100 -
Tabel 3.40: De NCW per beheervorm voor een WKK – installatie zonder en met rookgascondensor-	101 -
	-
Tabel 4.1: Energie –en CO2 – behoefte van het slateeltbedrijf in 2007. ....	- 102 -
Tabel 4.2: Het elektriciteitsverbruik, het vermogen en het aantal uren van belichting .....	- 103 -
Tabel 4.3: Bepaling jaarbelastingsduurdiagram op basis van de elektriciteitsbehoefte.....	- 104 -
Tabel 4.4: Kenmerken WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 106 -
Tabel 4.5: Kenmerken van de WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 107 -
Tabel 4.6: Emissiefactoren gebruikt voor de bepaling van de lokale en globale emissiebalans.....	- 109 -
Tabel 4.7: Bepaling van de lokale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor ..	110 -
Tabel 4.8: Bepaling van de globale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor	110 -
Tabel 4.9: Bepaling van de lokale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensor.-	111 -
	-
Tabel 4.10: Bepaling van de globale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensor ..	111 -
Tabel 4.11: Investerings –en uitbatingskost van de WKK – installatie .....	- 112 -
Tabel 4.12: Referentierendementen .....	- 114 -
Tabel 4.13: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 116 -
Tabel 4.14: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor de WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 117 -
Tabel 4.15: Verifiëring van de voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek .....	- 118 -
Tabel 4.16: Bepaling van de jaarlijkse VLIF – steun voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 120 -
Tabel 4.17: Bepaling van de jaarlijkse VLIF – steun voor de WKK – installatie met rookgascondensor .	- 120 -



Tabel 4.18: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie zonder rookgascondensor in eigen beheer uitgebraat wordt. ....	- 123 -
Tabel 4.19: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie met rookgascondensor in eigen beheer uitgebraat wordt. ....	- 125 -
Tabel 5.1: NCW per beheervorm bij een WKK – installatie met rookgascondensor indien de waarde van een WKC bepaald is op de minimumprijs.....	- 129 -
Tabel 5.2: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs.....	- 131 -
Tabel 5.3: Wijziging van de NCW van elke partij onder de verschillende beheervormen. ....	- 131 -
Tabel 5.4: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs.....	- 132 -
Tabel 5.5: Wijziging van de NCW van elke partij onder de verschillende beheervormen. ....	- 133 -
Tabel 5.6: Vergelijk van de NCW bij een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, 3% en 7%.....	- 134 -
Tabel 5.7: Vergelijking van de NCW bij een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, 3% en 7%	- 135 -
Tabel 5.8: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs.....	- 136 -
Tabel 5.9: Wijziging van de NCW bij wijziging in de brandstofprijzen .....	- 136 -
Tabel 5.10: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs .....	- 137 -
Tabel 5.11: Wijziging van de NCW bij wijziging in de brandstofprijzen .....	- 137 -

## Lijst van figuren

Figuur 2.1: Brandstofverbruik in een situatie zonder WKK.....	- 10 -
Figuur 2.2: Ideale situatie WKK. ....	- 10 -
Figuur 2.3: Praktijksituatie WKK. ....	- 11 -
Figuur 2.4: Energetische balans tussen een WKK – installatie en gescheiden productie .....	- 11 -
Figuur 2.5: globale emissiebalans .....	- 22 -
Figuur 2.6: lokale emissiebalans .....	- 23 -
Figuur 2.7: Overzicht van de contracten tussen de marktpartijen.....	- 26 -
Figuur 2.8: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag.....	- 36 -
Figuur 2.9: Bepaling van de opbrengst uit de geproduceerde warmte .....	- 39 -
Figuur 2.10: Bepaling van de opbrengst uit de geproduceerde elektriciteit .....	- 39 -
Figuur 2.11: Formule voor de berekening van de relatieve primaire energiebesparing .....	- 40 -
Figuur 2.12: Formule voor het bepalen van de absolute primaire energiebesparing .....	- 41 -
Figuur 2.13: Formule voor de bepaling van het percentage van de warmtekrachtbesparing waarvoor certificaten toegekend worden.....	- 42 -
Figuur 2.14: Voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek. ....	- 45 -
Figuur 3.1: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag.....	- 52 -
Figuur 3.2: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van het aantal uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn .....	- 53 -
Figuur 3.3: Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing.....	- 71 -
Figuur 3.4: Bepaling van de warmtekrachtbesparingsfactor.....	- 72 -
Figuur 3.5: Voorwaarden gesteld aan de rendementen van de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek. ....	- 74 -
Figuur 3.6: Formule voor de bepaling van de netto contante waarde .....	- 77 -
Figuur 3.7: Formule voor de bepaling van de reële kapitaalkost.....	- 78 -
Figuur 3.8: Formule voor de bepaling van de reële kapitaalkost na belastingen .....	- 79 -
Figuur 4.1: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de elektriciteitsbehoefte.....	- 105 -
Figuur 4.2: Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing.....	- 115 -
Figuur 4.3: Bepaling van de warmtekrachtbesparingsfactor.....	- 116 -
Figuur 4.4: Voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek .....	- 117 -
Figuur 4.5: Formule voor de bepaling van de netto contante waarde .....	121

## Lijst van begrippen

### **BAU**

BAU staat voor 'Business As Usual'. In het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006 – 2012 (2003) wordt dit gedefinieerd als: " de bestaande evolutie indien er geen (klimaat)beleid zou worden gevoerd"(p.121).

### **Buffer**

Een buffer of warmteopslagtank wordt volgens Derden, Goovaerts, Vercaemst, en Vranken (2005) gebruikt om warmte tijdelijk op te slaan. In een volgende periode kan de warmtevraag ingevuld worden met de warmte opgeslagen in de buffer. Het is voornamelijk bij CO<sub>2</sub> – dosering en bij gebruik van een WKK – installatie dat er warmteopslag plaatsvindt. Omdat een buffer ook gebruikt wordt om warmtepieken op te vangen, zullen zowel slijtage als start –en stopverliezen beperkt blijven.

### **Calorische onder –en bovenwaarde**

Het Kempisch Instituut voor land –en tuinbouwonderzoek of KILTO (2005) stelt dat de calorische bovenwaarde of verbrandingswaarde van een brandstof, de warmte – energie bij verbranding van de brandstof is. De gevormde waterdamp bevindt zich hierbij in vloeibare toestand. Indien de waterdamp als gas verdwijnt, spreekt men van de calorische onderwaarde of stookwaarde. Het is deze waarde die het vaakst gebruikt wordt.

### **CO<sub>2</sub> - dosering**

Gewassen hebben CO<sub>2</sub> nodig hebben om te groeien. Cogen Projects (2003) legt in haar brochure betreffende CO<sub>2</sub> – bemesting met rookgassen van WKK – installaties uit, dat omwille van de fotosynthese waarbij CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O onder invloed van licht omgezet worden in zuurstof en suiker, het CO<sub>2</sub> – niveau in de serre vermindert. Om het CO<sub>2</sub>- niveau op peil te houden, dient de tuinder aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen.

### **Deellast**

Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 11 mei 2008) legt uit dat er bij deellast minder input of brandstof aan de motor gegeven wordt. Hierdoor neemt het asvermogen en bijgevolg het elektrisch rendement af.

## **Dieselmotor**

Een dieselmotor is een verbrandingsmotor die tot de categorie 'zuigermotor' behoort. De verbranding gebeurt inwendig (Pilat, z.d.). Zie ook: verbrandingsmotor.

## **Distributienet**

Het net waarlangs volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) het lokale transport van elektriciteit plaatsvindt.

## **Distributienetbeheerder**

De distributienetbeheerders zorgen volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) ervoor dat de elektriciteit van het transportnet tot bij de eindgebruiker gebracht worden. Zij worden door de reguleringsinstantie, voor Vlaanderen de VREG, aangeduid voor 12 jaar.

## **Elektrisch en thermisch rendement**

Het rendement wordt volgens Venderickx (z.d.) traditioneel gedefinieerd als: "de verhouding van de hoeveelheid energie die men in de gewenste vorm uit de installatie haalt tot de hoeveelheid energie die men aan deze installatie heeft geleverd" (p.31). Het rendement wordt volgens kilto (2005) bepaald op basis van de calorische onderwaarde. Door de waterdamp in de rookgassen te laten condenseren (zie begrip: condensator), kunnen er rendementen van meer dan 100% voorkomen. Het elektrisch en thermisch rendement worden door Cogen Vlaanderen (2006) als volgt bepaald:

$$\text{Elektrisch rendement: } \eta_e = \frac{P_e}{H_f} = \frac{P_e}{w_f \times H_u}$$

$$\text{Thermisch rendement: } \eta_q = \frac{P_q}{H_f} = \frac{P_q}{w_f \times H_u}$$

$P_e$ : het netto elektrisch vermogen geleverd door het systeem (Watt). Het 'netto' vermogen is het brutovermogen verminderd met het vereiste vermogen voor de hulpapparaten -en systemen.

$P_q$ : het nuttig thermisch vermogen geleverd door het WKK - systeem (Watt).

$H_f$  : Brandstofvermogen gebruikt in het systeem.  $H_f = w_f \times H_u$ .

$w_f$  : massadebiet van de brandstof (kg/s)

$H_u$  : onderste verbrandingswaarde van de brandstof (Joule/kg)

### Energetische balans

Vergelijking van de brandstofinput tussen de gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit in een WKK – installatie en de gescheiden productie in enerzijds een elektriciteitscentrale en anderzijds een verwarmingsketel (Commissie AMPERE, 2000).

### Energie en vermogen

Energie wordt in het MIRA achtergronddocument (2006) omschreven als het vermogen om arbeid te verrichten. De eenheid voor energie is joule, J. Omdat 1 joule slechts een kleine hoeveelheid energie is, wordt er meestal een veelvoud van joule gebruikt, opgesomd in onderstaande tabel.

Tabel: veelvouden

Naam	Afkorting	Meervoud
Kilo	K	1 000
Mega	M	1 000 000
Giga	G	1 000 000 000
Tera	T	1 000 000 000 000
Peta	P	1 000 000 000 000 000
Exa	E	1 000 000 000 000 000 000

(Bron: MIRA, achtergronddocument. Energie, 2006)

Ook kilowattuur, kWh is een eenheid voor energie, wat afgeleid kan worden uit de definitie van vermogen. Het vermogen, met als eenheid Watt, W is de hoeveelheid energie in joule die per seconde gebruikt of opgewekt wordt. Per definitie is 1 Watt dus gelijk aan 1J/s of 1J = 1W.s. In één uur zijn er 3600 seconden, wat maakt dat 1kWh = 3 600 000 J = 3,6 MJ.

### **Fossiele brandstoffen**

Aardgas, aardolie en steenkool zijn volgens het Mira Achtergronddocument Energie (2006) de fossiele brandstoffen. Zonne-energie wordt door bomen en planten omgezet naar chemische energie die door dieren, bomen en planten opgeslagen wordt. Er ontstaan verschillende lagen van vegetatie en organismen die invloed ondervinden van temperatuur, druk en bacteriën en zo omgezet worden in fossiele brandstoffen. Omdat er vele jaren nodig zijn alvorens fossiele brandstoffen ontstaan, worden het ook niet – hernieuwbare energiebronnen genoemd.

### **Gasmotor**

Een gasmotor is een verbrandingsmotor die tot de categorie 'zuigermotor' behoort. De verbranding gebeurt inwendig (Pilat, z.d.). Zie ook: verbrandingsmotor.

### **Gasturbine**

Een gasturbine is een verbrandingsmotor en behoort tot de categorie 'stromingsmotoren'. De verbranding gebeurt uitwendig (Pilat, z.d.). Zie ook: verbrandingsmotor.

### **Generator**

Een generator zet mechanisch vermogen om in elektrisch vermogen (Energik, 2004).

### **Globale emissiebalans**

Een globale emissiebalans dient opgesteld te worden om de emissie van schadelijke stoffen van een WKK - installatie te vergelijken met deze van gescheiden productie van warmte en elektriciteit. Hierbij worden zowel de emissies van de elektriciteitscentrale als van een verwarmingsketel beschouwd (Cogen Vlaanderen, 2006).

### **HT – net**

Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) bepaalt dat een HT – net een verwarmingsnet is waarbij de temperatuur van het water 95°C bedraagt.

### **Jaarbelastingsduurdiagram**

Een grafiek op basis waarvan de grootte van een WKK – installatie bepaald wordt. Het elektrisch of thermisch vermogen wordt uitgezet op de Y-as, de duur wordt weergegeven op de X-as. De grootste rechthoek onder de curve bepaalt het te installeren vermogen van de WKK – installatie (Commissie Ampere, 2000).

### **Lokale emissiebalans**

Een lokale emissiebalans dient opgesteld te worden om de emissie van schadelijke stoffen van een WKK - installatie te vergelijken met deze van gescheiden productie van warmte en elektriciteit. Hierbij wordt enkel de uitstoot van een verwarmingsketel beschouwd (Cogen Vlaanderen, 2006).

### **LT - net**

Een verwarmingsnet waarbij de temperatuur van het water 45°C bedraagt (H. Marien, persoonlijke communicatie, 2 april 2008).

### **Nuttige warmte**

Het gedeelte van de hoeveelheid warmte die door een brandstof ontwikkeld wordt, dat gebruikt wordt om de serre te verwarmen (Maertens & Van Lierde, 2002).

### **Primaire energie**

Primaire energie is de bovenste verbrandingswaarde van een brandstof, wat overeenkomt met de totale warmte – inhoud van deze brandstof (Maertens & Van Lierde, 2002).

### **Primaire energiebesparing van een WKK – installatie**

De hoeveelheid primaire energie die bespaard wordt door dezelfde hoeveelheden warmte en elektriciteit die anders door respectievelijk een verwarmingsketel en elektriciteitscentrale voortgebracht zouden worden, op te wekken met een WKK – installatie (Cogen Vlaanderen, 2006).

### **Retour –en aanvoertemperatuur**

De aanvoertemperatuur is de temperatuur die het water heeft dat (verwijst naar water) de warmte van de warmtebronnen van het motorblok recupereert. Dit water stroomt via het verwarmingsnet door de serre, geeft daar zijn warmte af en vloeit vervolgens terug naar de motor. De temperatuur van het water dat aan het motorblok toekomt, wordt de retourtemperatuur genoemd. Dit water zal dan opnieuw warmte recupereren uit de warmtebronnen van de motor.

### **Rookgascondensor**

Volgens Derden, Goovaerts, Vercaemst, en Vranken (2005) kunnen de warmteverliezen via de rookgassen beperkt worden wanneer men een rookgascondensor installeert die de rookgassen afkoelt tot onder het dauwpunt. De waterdamp in de rookgassen condenseert tot vloeibaar water waardoor er condensatiewarmte ontstaat die dan afgestaan kan worden aan water op lagere temperatuur. Hierdoor stijgt het thermisch rendement dat volgens Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) zelfs zou kunnen oplopen tot boven 100%.

### **Rookgasreiniging**

In de glastuinbouw wordt voornamelijk gebruikt gemaakt van ureum rookgasreinigers, een niet – selectieve reductie methode. Deze rookgasreinigers bestaan uit een selectieve katalytische reactor (SKR) en een oxidatiekatalysator. Cogen Projects (2003) bepaalt dat een eerste stap van het proces de inspuiting van een ureumoplossing in de uitlaatgassen van de gasmotor inhoudt. Het ureum ontbindt zich in ammoniak en CO<sub>2</sub>. Vervolgens worden er in de SKR, als gevolg van de reactie tussen NO<sub>x</sub> en de ammoniak, de onschadelijke stoffen stikstof en water gevormd. Na de reductie van NO<sub>x</sub> zet de oxidatie katalysator de koolwaterstoffen en koolmonoxide die zich nog in de rookgassen bevinden, om in CO<sub>2</sub> en water. Cogen Vlaanderen (2006) bepaalt dat het ook mogelijk is enkel de NO<sub>x</sub> in de rookgassen te verminderen, dan spreekt men van een selectieve katalytische reductie.

### **Stoomturbine**

Een Nederlandse website (2003) aangaande natuurwetenschappen stelt dat een stoommachine een motor is met uitwendige verbranding. Eerst wordt water verhit, daarna wordt de stoomkracht gebruikt om de motor aan te drijven.



### **Totale brandstofbenutting**

De totale brandstofbenutting is de som van het elektrisch en thermisch rendement en wordt door Cogen Vlaanderen (2006) weergegeven door volgende formule:

$$\text{Totale brandstofbenutting: } \eta_{WKK} = \eta_e + \eta_q = \frac{P_e + P_q}{w_f \times H_u}$$

### **Totale primaire brandstofverbruik**

Het totale primaire brandstofverbruik is de som van de warmte – inhoud van gebruikte brandstoffen (Maertens en Van Lierde, 2002).

### **Transmissienet**

Het transmissienet is volgens het MIRA Achtergronddocument (2006) het hoogspanningsnet of koppelnet waarlangs de transmissie, het transport van elektriciteit gebeurt.

### **Transmissienetbeheerder**

Het MIRA Achtergronddocument (2006) bepaalt dat het beheer van het transmissienet door de federale overheid toevertrouwd wordt aan één beheerder, Elia.

### **Verbrandingsmotor**

Een motor zet energie van thermische aard om in mechanische energie. Een verbrandingsmotor zet scheikunde energie om in mechanische energie. Verbrandingsmotoren kunnen opgedeeld worden op twee manier: ofwel volgens de wijze waarop de energieomzetting gebeurt, ofwel op basis van de plaats waar de verbranding geschiedt. In het eerste geval maakt men een onderscheid tussen zuiger – en stromingsmotoren. Diesel –en gasmotoren zijn voorbeelden van zuigermotoren, een gasturbine is een stromingsmotor. In het tweede geval wordt er een opdeling gemaakt tussen verbrandingsmotoren met inwendige verbranding (zuigermotoren) en verbrandingsmotoren met uitwendige verbranding (gasturbines) (Pilat, z.d.).

### **Warmte-inhoud**

De bovenste verbrandingswaarde (Maertens & Van Lierde 2002).

### **Warmtekrachtverhouding**

De Commissie AMPERE (2000) omschrijft de warmtekrachtverhouding als "de verhouding tussen het beschikbare warmtevermogen en het elektrisch arbeidsvermogen"(p.86). Cogen Vlaanderen (2006) spreekt over de kracht - warmteverhouding die dan de verhouding aangeeft tussen de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit en de geproduceerde hoeveelheid warmte. In formulevorm wordt de warmtekrachtverhouding (PHR) als volgt voorgesteld:

$$PHR = \frac{P_e}{P_q}$$

### **Warmtewisselaar**

Toestel dat warmte recupereert uit de vloeistoffen die nodig zijn voor de werking van de motor (Cogen Vlaanderen, 2006).

## Lijst van genoemde organisaties

### **Belpex**

De Belpex (opgevraagd op 10 februari 2008) is de Belgische elektriciteitsbeurs waarop elektriciteit op korte termijn verhandeld kan worden.

### **BFE**

Beroepsfederatie van de elektriciteitsector. Het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) bepaalt dat tot aan de vrijmaking van de energiemarkt in 2004 deze organisatie de belangen behartigde van de ondernemingen in de elektriciteitssector.

### **CREG**

De Commissie voor de Regulering van de Elektriciteits –en Gasmarkt. De reguleringsinstantie die volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) op federaal niveau non – discriminatie, een daadwerkelijke mededinging en een doeltreffende marktwerking dient te garanderen.

### **Elia**

Het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) bepaalt dat Elia de beheerder van het transmissienet is, aangesteld door de federale overheid.

### **FEPEG**

De Federatie van Belgische Elektriciteits –en Gasbedrijven. Het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) stelt dat dit de werkgeversorganisatie is van de elektriciteits –en gasbedrijven die in België gevestigd zijn.

### **FIGAS**

Het Verbond der gasnijverheid dat volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) de belangen behartigde van de ondernemingen in de gassector totdat het door de liberalisering van de energiemarkt in 2004 ontbonden werd.

## **Fluxys**

Fluxys, ontstaan door de vrijmaking van de energiemarkt, verzorgt volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) het vervoer van aardgas.

## **POLARGEN**

Polargen (opgevraagd op 23 april 2008) is een onderneming die WKK – projecten ontwikkelt en beheert. Zij neemt een gedeelte van de investeringkost van een WKK – installatie op zich en verzorgt de uitbating ervan.

## **SYNERGRID**

Het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) stelt dat SYNERGRID de belangen behartigt van de distributienetbeheerders, van de transmissienetbeheerder, Elia en van de beheerder van het vervoersnet, Fluxys.

## **VREG**

Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits –en Gasmarkt. De reguleringsinstantie die volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) op Vlaams niveau de vrijgemaakte markt reguleert en controleert.

## **W.O.M.**

De Warmtekracht Ondersteuningsmaatschappij (2006) bundelt de krachten van verschillende tuinbouwers om zo de belangen van WKK in eigen beheer te verdedigen.

## Inhoudstabel

<b>1</b>	<b>Probleemstelling .....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1	Probleemstelling .....	- 1 -
1.2	Centrale onderzoeksvraag .....	- 1 -
1.3	Deelvragen.....	- 2 -
<b>2</b>	<b>Literatuurstudie .....</b>	<b>- 4 -</b>
2.1	Het Vlaams Klimaatsbeleidsplan 2006 - 2012 .....	- 4 -
2.2	Bespreking van de glastuinbouwsector.....	- 5 -
2.2.1	De sector .....	- 5 -
2.2.2	Energie –en CO2 - verbruik .....	- 6 -
2.3	Warmtekrachtkoppeling: de technische aspecten .....	- 9 -
2.3.1	Het principe.....	- 9 -
2.3.2	De componenten van een WKK – installatie .....	- 12 -
2.3.2.1	Motoren.....	- 13 -
2.3.2.2	Andere technologieën.....	- 14 -
2.3.2.3	Toevoeging van buffer, rookgasreiniger en rookgascondensor .....	- 15 -
2.3.3	WKK en biobrandstoffen .....	- 17 -
2.3.3.1	Pure plantaardige olie.....	- 17 -
2.3.3.2	Biodiesel.....	- 17 -
2.3.3.3	Biogas.....	- 18 -
2.4	Warmtekrachtkoppeling: de ecologische aspecten .....	- 20 -
2.4.1	Brandstofverbruik.....	- 20 -
2.4.2	Luchtkwaliteit .....	- 20 -
2.5	Warmtekrachtkoppeling: de economische aspecten .....	- 25 -
2.5.1	Vrijmaking van de energiemarkt.....	- 25 -
2.5.1.1	De elektriciteitsmarkt .....	- 26 -
2.5.1.2	De gasmarkt .....	- 29 -
2.5.1.3	Relatie tussen de elektriciteits – en gasprijs .....	- 31 -
2.5.2	Het beheer van de WKK - installatie.....	- 31 -
2.5.2.1	Uitbating WKK – installatie in eigen beheer .....	- 31 -
2.5.2.2	Een energiebedrijf als hoofdinvesteerder .....	- 32 -
2.5.2.3	Een derde als hoofdinvesteerder .....	- 33 -
2.5.3	Haalbaarheidsstudie .....	- 35 -

2.5.3.1	Fase 1: analyse van de totale energievraag en bepaling van de relevante energievraag voor de WKK - installatie. ....	- 35 -
2.5.3.2	Fase 2: bepaling van een technisch mogelijke warmtekracht – configuratie.....	- 36 -
2.5.3.3	Fase 3: bepaling economische rendabiliteit .....	- 37 -
2.5.3.4	Fase 4: sensitiviteitsanalyse.....	- 47 -
<b>3</b>	<b>Praktijkvoorbeeld 1: tomatenteelt. ....</b>	<b>- 48 -</b>
3.1	Het tuinbouwbedrijf: energievraag en CO <sub>2</sub> - behoefte .....	- 48 -
3.2	Technische aspecten.....	- 49 -
3.2.1	Bepaling grootte WKK – installatie .....	- 49 -
3.2.1.1	Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag .....	- 49 -
3.2.1.2	Jaarbelastingsduurdiagram op basis van het aantal uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn .....	- 53 -
3.2.2	Kenmerken van de WKK – installatie.....	- 55 -
3.2.2.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 55 -
3.2.2.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 56 -
3.2.3	Plaatsing van een buffer .....	- 56 -
3.3	Ecologische aspecten .....	- 57 -
3.3.1	Effect op het brandstofverbruik .....	- 57 -
3.3.1.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 57 -
3.3.1.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 57 -
3.3.2	Effect op de luchtkwaliteit.....	- 58 -
3.3.2.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 59 -
3.3.2.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 61 -
3.4	Economische aspecten .....	- 62 -
3.4.1	Bepaling van de investeringskosten en kasstromen.....	- 62 -
3.4.1.1	De investeringskosten .....	- 62 -
3.4.1.2	Uitgaande kasstromen.....	- 63 -
3.4.1.3	Inkomende kasstromen .....	- 66 -
3.4.2	De investeringsanalyse .....	- 77 -
3.4.3	Investeringsanalyse voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 80 -
3.4.3.1	Uitbating van de WKK - installatie via een derde investeerder .....	- 80 -
3.4.3.2	Uitbating van de WKK – installatie in eigen beheer.....	- 90 -
3.4.4	Investeringsanalyse voor een WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 92 -
3.4.4.1	Uitbating van de WKK - installatie via een derde investeerder .....	- 92 -
3.4.4.2	Uitbating van de WKK – installatie in eigen beheer.....	- 99 -
3.4.4.3	Conclusie.....	- 101 -

<b>4</b>	<b>Praktijkvoorbeeld 2: slateelt</b> .....	<b>- 102 -</b>
4.1	Het tuinbouwbedrijf: energievraag en CO <sub>2</sub> – behoefte.....	- 102 -
4.2	De technische aspecten .....	- 102 -
4.2.1	Bepaling grootte WKK – installatie.....	- 103 -
4.2.1.1	Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de elektriciteitsvraag.....	- 103 -
4.2.2	Kenmerken van de WKK – installatie.....	- 105 -
4.2.2.1	Zonder rookgascondensor.....	- 105 -
4.2.2.2	Met rookgascondensor.....	- 106 -
4.2.3	Plaatsing van een buffer .....	- 108 -
4.3	Ecologische aspecten .....	- 108 -
4.3.1	Effect op het brandstofverbruik .....	- 108 -
4.3.1.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 108 -
4.3.1.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 108 -
4.3.2	Effect op de luchtkwaliteit.....	- 109 -
4.3.2.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 109 -
4.3.2.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 110 -
4.4	Economische aspecten.....	- 111 -
4.4.1	Bepaling van de investeringskosten en kasstromen.....	- 112 -
4.4.1.1	De investerings –en exploitatiekosten .....	- 112 -
4.4.1.2	De opbrengsten.....	- 113 -
4.4.2	De investeringsanalyse .....	121
4.4.3	Investeringsanalyse voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	121
4.4.4	Investeringsanalyse voor een WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 124 -
4.4.5	Conclusie.....	- 126 -
<b>5</b>	<b>Sensitiviteitsanalyse</b> .....	<b>- 127 -</b>
5.1	Tomatenteelt .....	- 127 -
5.1.1	Waarde warmtekrachtcertificaat .....	- 127 -
5.1.1.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 127 -
5.1.1.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 128 -
5.1.2	Situatie waarbij de tuinbouwer ook 40% van de brandstofkosten op zich neemt indien hij deelt in de investeringskost .....	- 129 -
5.1.2.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 129 -
5.1.2.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 130 -
5.1.3	Gas –en elektriciteitsprijs .....	- 130 -
5.1.3.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 130 -

5.1.3.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 132 -
5.1.4	Waarde nominale kapitaalkost.....	- 133 -
5.1.4.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 133 -
5.1.4.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 134 -
5.2	Slateelt.....	- 135 -
5.2.1	Waarde warmtekrachtcertificaat .....	- 135 -
5.2.1.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 135 -
5.2.1.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 135 -
5.2.2	Brandstof–en elektriciteitsprijs .....	- 136 -
5.2.2.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 136 -
5.2.2.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 137 -
5.2.3	Waarde nominale kapitaalkost.....	- 137 -
5.2.3.1	WKK – installatie zonder rookgascondensor .....	- 138 -
5.2.3.2	WKK – installatie met rookgascondensor .....	- 138 -
6	Conclusie .....	- 139 -
6.1	Energie – en CO <sub>2</sub> – behoefte van de tuinbouwbedrijven .....	- 139 -
6.2	De technische aspecten .....	- 139 -
6.3	De ecologische aspecten .....	- 140 -
6.4	De economische aspecten .....	- 142 -
6.5	Vragen voor verder onderzoek .....	- 145 -

## Bijlagen

### Lijst van geraadpleegde werken



## 1 Probleemstelling

### 1.1 Probleemstelling

In het Vlaams klimaatbeleidsplan 2006 – 2012 (2003) wordt gesteld dat Vlaanderen zich in 2001 geëngageerd heeft de uitstoot van schadelijke stoffen met 22,2 Mton CO<sub>2</sub> – equivalenten te verminderen. Hiertoe zal een kwart van de geproduceerde elektriciteit dienen voort te komen uit hernieuwbare energiebronnen (6%) en warmtekrachtkoppeling (WKK). Als bijdrage aan de Vlaamse WKK – doelstelling, heeft de landbouwsector zich tot doel gesteld minstens 112 MW aan elektrisch vermogen te installeren in de Vlaamse glastuinbouw tegen 2012. Het energieverbruik in de glastuinbouw is zeer hoog. Volgens de Vlaamse Milieumaatschappij (2006) bedraagt het aandeel van de glastuinbouwsector in het totale energieverbruik van de landbouwsector 70%. De belangrijkste energiebron is zonnestraling. Daarnaast wordt brandstof aangewend voor verwarming en CO<sub>2</sub> – bemesting, de behoefte aan elektriciteit is daarentegen relatief laag. Er zijn tuinbouwbedrijven die opteren voor het plaatsen van een warmtekrachtkoppelinginstallatie, die in tegenstelling tot de klassieke energievoorziening, warmte en elektriciteit gelijktijdig opwekt (Derden, Goovaerts, Vercaemst, & Vrancken, 2005).

### 1.2 Centrale onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag luidt als volgt:

**“Hoe verschilt de economische haalbaarheid van het plaatsen van een WKK – installatie tussen twee glastuinbouwbedrijven met een verschillende warmte –en elektriciteitsbehoefte en wat is het effect op het milieu?”**

Niet elke teelt heeft dezelfde behoefte aan warmte en elektriciteit (Derden, Goovaerts, Vercaemst, & Vrancken, 2005). Er zal nagegaan worden hoe de technische, ecologische en economische aspecten van de plaatsing van een WKK – installatie verschillen tussen enerzijds een tuinbouwbedrijf met een grote behoefte aan warmte en een beperkte elektriciteitsvraag en anderzijds een tuinbouwbedrijf met een beperkte warmtevraag en een relatief groot elektriciteitsverbruik. Op technisch vlak kan de tuinbouwer ervoor opteren om al dan niet een rookgascondensor te plaatsen. De impact hiervan op het milieu en op de inkomsten en uitgaven die gegenereerd worden door de WKK – installatie, zal voor

beide bedrijven onderzocht worden. Bovendien bestaan er verschillende wijzen waarop een WKK – installatie uitgebaat kan worden. Er zal bijgevolg nagegaan worden welke beheervorm economisch het meest interessant is.

### 1.3 Deelvragen

Om de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden zal er op volgende deelvragen een antwoord gezocht worden:

- Hoe verschilt de *grootte* van een WKK – installatie in een glastuinbouwbedrijf met een grote warmtevraag en een beperkte behoefte aan elektriciteit met deze in een glastuinbouwbedrijf waar de behoefte aan warmte klein is en de vraag naar elektriciteit relatief groot?
- Welke impact heeft het plaatsen van een *rookgascondensor* op technisch, ecologisch en economisch vlak?
- Op welke wijze kan een WKK – installatie *uitgebaat* worden?
  
- Welke impact heeft het plaatsen van een WKK – installatie op de *uitstoot* van schadelijke stoffen?
- In welke mate zijn de emissies van een WKK – installatie schadelijk indien de rookgassen gereinigd worden en er aan *CO<sub>2</sub> – bemesting* gedaan wordt?
- Hoe *brandstofbesparend* is een WKK – installatie?
  
- Welke *inkomsten en uitgaven* worden door het plaatsen van een WKK – installatie gegenereerd?
- Bestaat er een mogelijkheid om het plaatsen van een WKK – installatie *meer economisch haalbaar* te maken?
- Wat is het effect van wijzigingen in de *warmte –en elektriciteitsprijs* op de economische haalbaarheid?
- Hoe wijzigt de economische haalbaarheid indien de inkomsten uit *warmtekrachtcertificaten* tot een minimum beperkt worden?

Er zal via een literatuurstudie nagegaan worden hoe de behoefte aan energie zich in de glastuinbouw situeert. Hiertoe wordt er informatie gehaald uit 'Beste beschikbare technieken (BBT) voor de glastuinbouw', opgesteld door Derden, Goovaerts, Vercaemst en Vrancken (2005). Ook de studie van

Maertens en Van Lierde (2002) 'Bepaling van het energieverbruik in de Vlaamse land -en tuinbouw' wordt aangehaald. Om de technische, ecologische en economische aspecten gekoppeld aan het plaatsen van een WKK - installatie te bepalen, wordt het 'Handboek Warmtekrachtkoppeling' van Energik (2004) en het Basishandboek Warmtekrachtkoppeling van Cogen Vlaanderen (2006) gehanteerd. Daarbij zal er regelmatig verwezen worden naar de richtlijnen uitgevaardigd door Europa en de Vlaamse wetgeving. Na het doornemen van de literatuur zal de theorie in praktijk omgezet worden. Er zal voor twee tuinbouwbedrijven met een verschillende energiebehoefte nagegaan worden hoe groot het te installeren elektrisch vermogen van een WKK - installatie dient te zijn en welke inkomsten en uitgaven voortvloeien uit het plaatsen van een WKK - installatie. Daarnaast zal ook de impact op ecologisch vlak besproken worden. Omdat bepaalde parameters, zoals de elektriciteits -en gasprijs, niet vaststaand zijn en gekenmerkt worden door onzekerheid, zal er via een sensitiviteitsanalyse nagegaan worden hoe de economische haalbaarheid van het project wijzigt indien er veranderingen in dergelijke parameters optreden.

## 2 Literatuurstudie

### 2.1 Het Vlaams Klimaatsbeleidsplan 2006 - 2012

De toename van de concentratie van broeikasgassen in onze atmosfeer leidt tot een verhoging van de gemiddelde temperatuur en een globale klimaatverandering die niet alleen een effect op de landbouw –en eco – systemen hebben, maar ook op de volksgezondheid en op sociaal – economisch vlak. Zo leiden de hittegolven die vaker en intenser voorkomen en de hoge waarden aan troposferische ozon die daarbij horen, tot meer sterfgevallen. Ook ziet men in Europa een stijging van 5 tot 11 miljard dollar per jaar aan economische verliezen door weer –en klimaatomstandigheden voor de voorbije twintig jaar. Er is met andere woorden nood aan een krachtig klimaatbeleid.

Het Raamverdrag opgesteld op de Wereldtop voor Duurzame Ontwikkeling in Rio de Janeiro en dat in 1994 in werking trad, betekende een doorbraak in de strijd tegen de klimaatverandering. Het Protocol van Kyoto dat hierbij hoorde, werd in 1997 goedgekeurd. De deelnemende industrielanden hebben zich geëngageerd om de jaarlijkse uitstoot met 5% te verminderen in de periode 2008 – 2012 tegenover de uitstoot van 1990. Op de eerste plaats zou dit doel bereikt moeten worden door middel van interne beleidsmaatregelen. Het Protocol laat echter ook toe de emissies te compenseren door via bijvoorbeeld bossen, koolstofopname te bevorderen. Daarnaast biedt het Protocol flexibiliteitsmechanismen om het doel zo efficiënt mogelijk te bereiken. De internationale emissiehandel is hiervan een voorbeeld. Om de gevolgen voor de volksgezondheid, de economie en het milieu zo beperkt mogelijk te houden, zijn er ook maatregelen uitgewerkt voor de aanpassing aan de veranderingen die zich zullen voordoen.

Voor de uitbreiding van de EU hebben de 15 Europese landen zich als geheel in Kyoto verbonden tot een emissiereductie van 8%. België heeft zich er toe verbonden 7,5% minder broeikasgassen uit te stoten. De VS heeft het Protocol van Kyoto niet geratificeerd, wat de rol van de EU in het proces vergrootte. Het Europese programma inzake klimaatverandering vormt een kader voor de uitwerking van een klimaatactieplan en van een systeem van emissiehandel. Er werden richtlijnen opgesteld om een systeem uit te werken dat de emissiehandel tussen bedrijven organiseert, om elektriciteitsopwekking uit warmtekrachtkoppeling (WKK) en hernieuwbare energiebronnen te bevorderen, om streefwaarden voor energiebesparing door de lidstaten vast te leggen en dergelijke meer.

De Belgische federale overheid en de gewesten hebben in 2001 een samenwerkingsakkoord afgesloten over het klimaatbeleid. In uitvoering hiervan werd er een Nationale Klimaatcommissie opgericht. Naast

het vervullen van de internationale rapporteringsplicht, coördineert en evalueert zij ook het Nationale Klimaatsplan dat de maatregelen van de federale en gewestelijke overheden bundelt. Het Vlaamse gewest heeft als doel 5,2% minder uit te stoten, het Waalse gewest heeft zich geëngageerd om de emissies met 7,5% te verminderen, het Brusselse gewest mag 3,475% meer emitteren.

Om haar doelstelling te bereiken dient Vlaanderen tegen 2010 de emissies te verminderen met 22,2 Mton CO<sub>2</sub> – equivalenten per jaar. De maatregelen die nodig zijn om dit doel te bereiken, worden in het Vlaams klimaatbeleidsplan gebundeld in vijf sectorale thema's (mobiliteit, gebouwen, energie, industrie en landbouw en bossen) en in vijf ondersteunende thema's (onderzoek en innovatie, sensibilisatie, inzet van flexibiliteitsmechanismen, adaptatie en voorbeeldfunctie van de overheid).

Wat de energiesector betreft, zal in 2010 25% van de geleverde elektriciteit geproduceerd worden op basis van hernieuwbare energiebronnen (6%) en WKK. De verplichting voor elektriciteitsleveranciers om een bepaald aantal groenestroomcertificaten en warmtekrachtcertificaten voor te leggen en de garantie op een minimumwaarde van deze certificaten zijn enkele maatregelen die genomen worden om het voorgenomen doel te realiseren. Bijkomend voorziet de federale overheid een verhoogde investeringsaftrek. De landbouwsector heeft zich, als wijze van bijdrage aan de Vlaamse WKK - doelstelling, tot doel gesteld om 112 MW<sub>e</sub> (BAU) of 185 MW<sub>e</sub> (pro-actief) aan WKK – vermogen in de glastuinbouw in te zetten. Door extra warmtekrachtcertificaten toe te kennen bij het gebruik van CO<sub>2</sub> voor de plantbemesting, worden tuinders aangemoedigd WKK – installaties te plaatsen. Er zal ook een onderzoek gevoerd worden naar mogelijke samenwerkingsvormen tussen glastuinbouwbedrijven voor de creatie van schaalvoordelen en de verschillende steunmaatregelen zullen beter op elkaar afgestemd worden.

## 2.2 Bespreking van de glastuinbouwsector

### 2.2.1 De sector

Het Departement Landbouw en Visserij van de Vlaamse overheid (2006) heeft een rapport laten opstellen waarin de voornaamste land –en tuinbouwsectoren beschreven worden. De tuinbouwsector kan opgedeeld worden in 3 deelsectoren: de groenteteelt, de fruitteelt en de sierteelt. Sinds 2001 bedraagt het areaal serres 4,3% van het tuinbouwareaal. Van het areaal groenten is 5% bestemd voor glasgroenten. Met respectievelijk 46% en 23% van de totale groenteproductie onder glas zijn tomaten en kropsla de belangrijkste gewassen die in serres geteeld worden. Het areaal fruitteelt onder glas bedraagt 267 ha of 2% van het totale areaal fruitteelt. 86% van deze oppervlakte is bestemd voor de

aardbeienteelt. Wat betreft de sierteelt, bevindt 12% van het areaal zich onder glas. Het zijn voornamelijk azalea's, potplanten en perk –en balkonplanten die deze oppervlakte innemen. Sinds 1995 kan men een daling van het aantal tuinbedrijven vaststellen en een relatief kleinere daling van het tuinbouwareaal. Dit wijst op schaalvergroting. In 2005 bedraagt de gemiddelde oppervlakte tuinbouwgewassen per bedrijf 4,9 ha: een stijging van 10% ten opzichte van 1995. Het gemiddelde areaal tuinbouw onder glas bedraagt 0,60 hectare.

Volgens Derden, Goovaerts, Vercaemst, en Vranken (2005) bestaat de kostenstructuur van een glastuinbouwbedrijf uit 3 grote factoren. De glastuinbouw is een arbeidsintensieve activiteit, waardoor de arbeidskosten een behoorlijk deel kunnen uitmaken van de totale productiekosten. Ook de kosten van grond, gebouwen, werktuigen, glasopstand en andere duurzame productiemiddelen zijn aanzienlijk. De energiekost is de derde grote kostenfactor. Deze kan oplopen tot 18% van de totale productiekost.

## 2.2.2 Energie –en CO<sub>2</sub> - verbruik

De Vlaamse Milieumaatschappij of VMM (2006) heeft een zakboekje uitgebracht waarin de belangrijkste feiten en cijfers over het milieu in Vlaanderen terug te vinden zijn. Hierin wordt gesteld dat de glastuinbouw de meest energieverbruikende sector binnen de landbouw is. Toch is er sinds 1990 een daling merkbaar. Maerten en Van Lierde (2002) verklaren deze daling door de sterke stijging van de brandstofprijzen en door het toenemende gebruik van aardgas als brandstof. Het rendement bij de verbranding van aardgas ligt namelijk hoger dan deze van extra zware stookolie waardoor men een kleinere hoeveelheid primaire energie nodig heeft om dezelfde hoeveelheid warmte te produceren. Ondanks deze daling is er sinds 2002 toch opnieuw een toename merkbaar. De VMM (2006) stelt dat in 2005 het aandeel van de glastuinbouwsector in het totale energieverbruik van de landbouw 70% bedroeg.

Cogen Projects (2003) legt in haar brochure betreffende CO<sub>2</sub> – bemesting met rookgassen van WKK – installaties uit, dat gewassen CO<sub>2</sub> nodig hebben om te groeien. Fotosynthese is het proces waarbij CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O onder invloed van licht omgezet worden in zuurstof en suiker. Zuurstof wordt afgegeven in de atmosfeer, suiker zorgt voor de groei van de plant. Omdat het CO<sub>2</sub> – niveau door de fotosynthese vermindert, dient de tuinder aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen. Hiermee houdt hij het CO<sub>2</sub>- niveau op peil, wat het gewas toelaat te groeien. CO<sub>2</sub> – bemesting kan op verscheidene manieren gebeuren. Indien de tuinder verwarmt met op aardgas gestookte ketels kunnen de rookgassen dadelijk, zonder zuivering in de serre gebracht worden. Men kan ook CO<sub>2</sub> in zuivere vorm aankopen of CO<sub>2</sub> – kanonnen gebruiken.

CO<sub>2</sub> – bemesting met de rookgassen van WKK – installaties is enkel mogelijk na zuivering ervan. Hier wordt verder op in gegaan in paragraaf 2.3.2, bij de bespreking van de componenten van een WKK – installatie.

Derden et al. (2005) hebben in hun studie standaardcijfers van de energiebehoefte van teelten opgenomen. Deze worden samengevat in tabel 2.1 die de gas-, het elektriciteits- en het CO<sub>2</sub>-verbruik per jaar van een standaard teelt weergeeft. De berekeningen gaan uit van een moderne tuinbouwkas die 2 ha groot is en beschikt over een stookinstallatie van 3MW<sub>th</sub>.

Tabel 2.1: Gas-, elektriciteits- en CO<sub>2</sub>-verbruik per jaar van een standaard teelt

Teelt	Gas [MJ/m <sup>2</sup> ]	Elektriciteit [MJ/m <sup>2</sup> ]	CO <sub>2</sub> [Kg/m <sup>2</sup> ]
Tomaat	1.546	24,52	37,83
Paprika	1.316	24,56	29,33
Komkommer	1.410	24,20	29,80
Roos zonder belichting	926	21,01	25,89
Roos met belichting	792	560,62	28,05
Potplant (warm)	1.324	23,25	16,34
Potplant (koud)	570	23,30	3,63
Chrysant (onbelicht)	1.101	24,99	23,43
Chrysant (belicht)	987	428,31	25,27
Fresia	684	135,83	9,12
Radijs	172	21,45	3,11

(Bron: Derden, Goovaerts, Vercaemst, & Vrancken, 2005)

Het energieverbruik wordt voornamelijk bepaald door de teelt. Uit tabel 2.1 blijkt dat voor de teelt van tomaten, paprika's, komkommers, potplanten en bloemen die niet belicht worden de behoefte aan warmte veel hoger ligt dan de behoefte aan elektriciteit. Het belichten van bloemen maakt dat er aanzienlijk meer elektriciteit verbruikt wordt. Er is wel minder gas nodig dan wanneer men deze bloemen niet belicht, de lampen geven immers ook warmte af. Het gasverbruik voor frezia's is ongeveer gelijk aan dat van potplanten die weinig warmte nodig hebben. Het elektriciteitsverbruik ligt hoger dan dat van potplanten maar is lager dan dat van belichte chrysanten en rozen. Radijzen hebben weinig warmte en elektriciteit nodig. Als we deze cijfers vergelijken met de gegevens die het Kempisch

instituut voor land –en tuinbouwonderzoek of kortweg kilto (2007) op zijn website ter beschikking stelt, kunnen we vaststellen dat aardbeien en sla veel minder energie nodig hebben dan tomaten of komkommers. In 2005 bedroeg het energieverbruik voor sla 5.456 GJ/ha of 545,6 MJ/m<sup>2</sup> en 4.049 GJ/ha of 404,9 MJ/m<sup>2</sup> voor de aardbeiteelt. Het energieverbruik van courgettes en aubergines ligt met respectievelijk 10.776 GJ/ha of 1.077,6 MJ/m<sup>2</sup> en 15.528 GJ/ha of 1.552,8 MJ/m<sup>2</sup> dan weer aanzienlijk hoger.

Niet enkel de teelt, ook de teeltperiode is van groot belang (Maertens & Van Lierde, 2002). Dit blijkt uit de gegevens opgenomen in de studie van Derden et al. (2005). Deze tonen aan de warmtevraag in de wintermaanden hoger ligt wat betreft de paprika –en tomaatteelt. Voor de komkommerteelt is dit anders omdat de jaarrond teelt 3 cycli bevat. Zo bedraagt het warmteverbruik van de komkommer in november slechts 58 MJ/m<sup>2</sup>.

De voornaamste brandstoffen die gebruikt worden voor de verwarming van serres zijn volgens Maertens en Van Lierde (2002) extra zware stookolie, lichte stookolie en aardgas. Het brandstofverbruik kan uitgedrukt worden in een bovenste en onderste verbrandingswaarde. Deze auteurs verstaan onder de bovenste verbrandingswaarde de totale warmte-inhoud. Deze is specifiek voor elke brandstof en afhankelijk van de chemische samenstelling ervan. De som van de warmte-inhoud van de brandstoffen die gebruikt worden, is het totale primaire brandstofverbruik. Kilto (2005) definieert in een brochure aangaande het vergelijken van energieprijzen, de calorische bovenwaarde of verbrandingswaarde van een brandstof als de warmte – energie bij verbranding van de brandstof waarbij de gevormde waterdamp zich in vloeibare toestand bevindt. De waterdamp is dan gecondenseerd en de warmte die hierbij ontstaat, kan gerecupereerd worden. Indien de waterdamp als gas verdwijnt en er dus geen condensatie plaatsvindt, spreekt men van de calorische onderwaarde of stookwaarde. Het is op basis van de bovenste verbrandingswaarde dat de brandstoffactuur opgesteld wordt, terwijl vaak in werkelijkheid de gevormde waterdamp niet wordt gecondenseerd. Maertens en Van Lierde (2002) bepalen de onderste verbrandingswaarde of stookwaarde als de hoeveelheid warmte die een brandstof kan ontwikkelen. Hiervan wordt een gedeelte gebruikt om de serres te verwarmen, dit gedeelte wordt 'nuttige warmte' genoemd. In tabel 1 van bijlage 1 zijn de calorische boven –en onderwaarden per brandstof opgenomen.

Maertens en Van Lierde (2002) beschrijven eveneens de evolutie van de uitstoot van broeikasgassen die bij de verbranding van fossiele brandstoffen uitgestoten worden. Het gaat hierbij voornamelijk om CO<sub>2</sub> – emissies, maar er treden ook zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) - en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) - emissies op. In 2002 werd er 1,28 miljoen ton CO<sub>2</sub> uitgestoten door de Vlaamse glastuinbouw. Dit was een afname van 20% ten opzichte van 1990. De uitstoot van SO<sub>2</sub> is sinds 1995 sterk gedaald. SO<sub>2</sub> ontstaat



wanneer de zwavel die aanwezig is in de brandstof door verbranding oxideert. De uitstoot van SO<sub>2</sub> is sinds 1995 sterk gedaald omdat glastuinbouwers overgeschakeld zijn van extra zware stookolie met 3% zwavel naar extra zware stookolie met 1% zwavel.

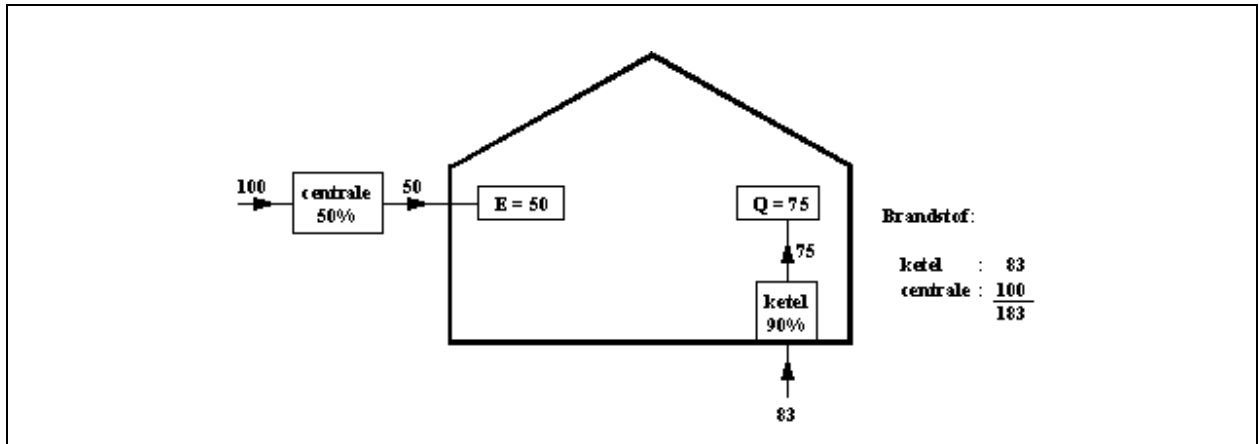
Het optimaliseren van de oriëntatie en vormgeving van serres, een klimaatcomputer gebruiken, de teeltruimte optimaal benutten en goed isoleren zijn enkele mogelijkheden die door Derden et al. (2005) beschreven worden om het energieverbruik te verminderen. Ook warmtekrachtkoppeling of kortweg WKK is een energiebesparende techniek.

## 2.3 Warmtekrachtkoppeling: de technische aspecten

### 2.3.1 Het principe

In tegenstelling tot een klassieke energievoorziening, wekt een WKK - installatie gelijktijdig warmte en elektriciteit op. De elektriciteit kan aan het net teruggeleverd worden en de warmte wordt gebruikt voor de verwarming van de serre (Derden, Goovaerts, Vercaemst, & Vranken, 2005). Energik (2004) geeft met het volgende voorbeeld weer hoe voordelig het plaatsen van een WKK - installatie kan zijn. Figuur 2.1 toont de wijze waarop de meeste bedrijven in hun energie voorzien. De 50 eenheden elektriciteit die een bedrijf nodig heeft, worden aangekocht via een elektriciteitsmaatschappij. De elektriciteitscentrale heeft een elektrisch rendement van 50% en bijgevolg 100 eenheden primaire brandstof nodig om deze 50 eenheden te kunnen leveren. Meestal voorziet een bedrijf zichzelf van warmte die opgewekt wordt in een ketel. Om aan een warmtevraag van 75 eenheden te voldoen, heeft men, uitgaande van een rendement van 90%, 83 eenheden primaire brandstof nodig. Er zijn dus 183 eenheden primaire energie nodig om te beantwoorden aan de elektriciteits -en warmtebehoefte.

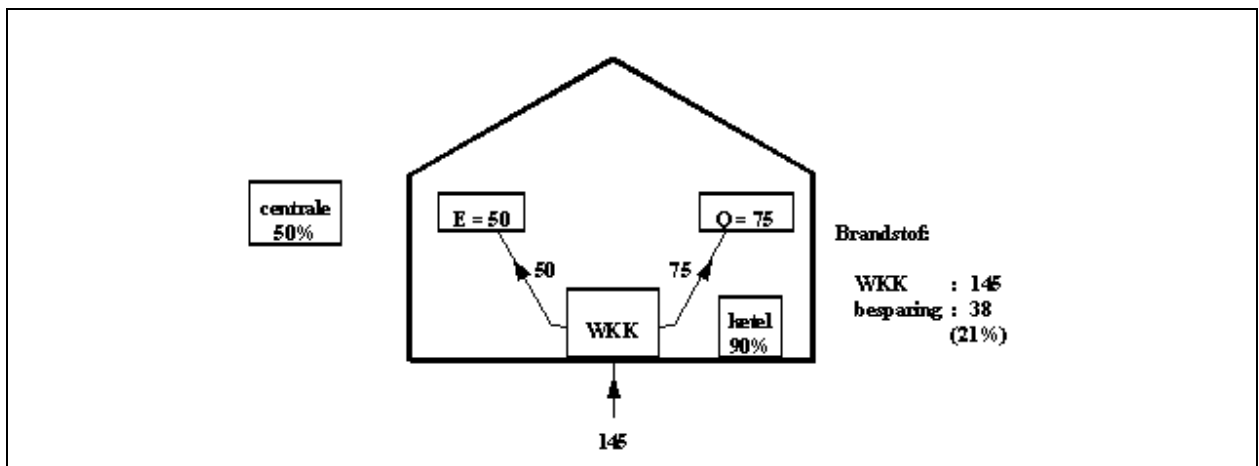
Figuur 2.1: Brandstofverbruik in een situatie zonder WKK.



(Bron: Energik, 2004)

In een ideale situatie kan de energiebehoefte volledig opgevangen worden door de WKK - installatie. De ketels moeten geen bijkomende warmte leveren en er moet geen elektriciteit van het net aangekocht worden. Dit wordt verduidelijkt in figuur 2.2. Uitgaande van een elektrisch rendement van 34% en een thermisch rendement van 52% van de motor, zijn er slechts 145 eenheden primaire energie nodig om 50 eenheden elektriciteit en 75 eenheden warmte te produceren, wat een primaire energiebesparing van  $(183 - 145)/183 = 21\%$  oplevert.

Figuur 2.2: Ideale situatie WKK.

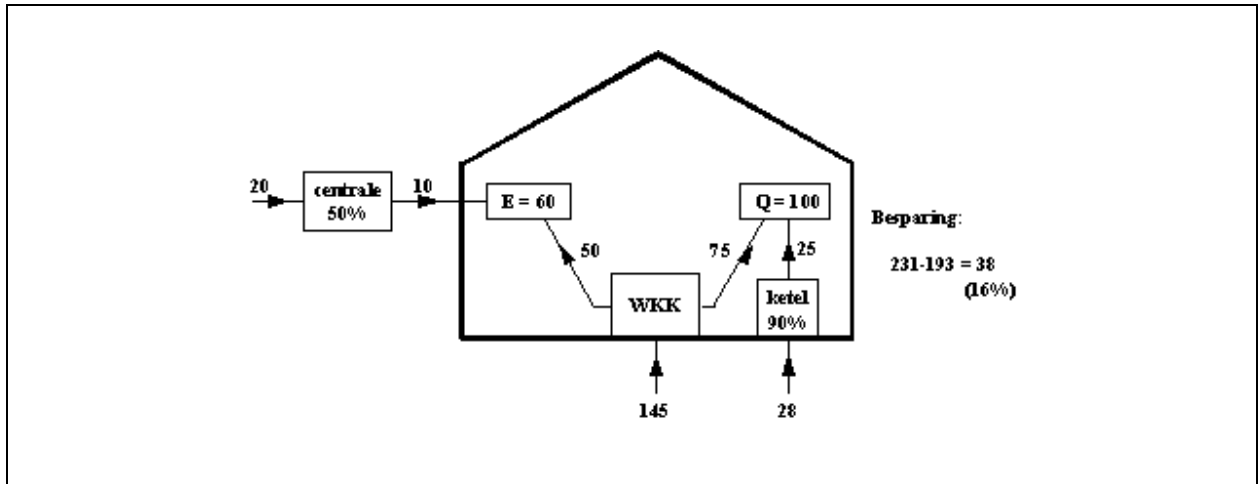


(Bron: Energik, 2004)

De energievraag van het bedrijf zal in de praktijk echter niet identiek zijn aan de hoeveelheid energie geleverd door de WKK - installatie. Figuur 2.3 geeft een bedrijf weer waarbij de WKK - installatie

onvoldoende energie levert. Bij een elektriciteitsbehoefte van 60 eenheden en een warmtevraag van 100 eenheden, zal het bedrijf nog 10 (60 - 50) eenheden elektriciteit moeten aankopen van het net en moeten er nog 25 (100 - 75) eenheden warmte geleverd worden door de ketels. De primaire energiebesparing bedraagt dan 16%.

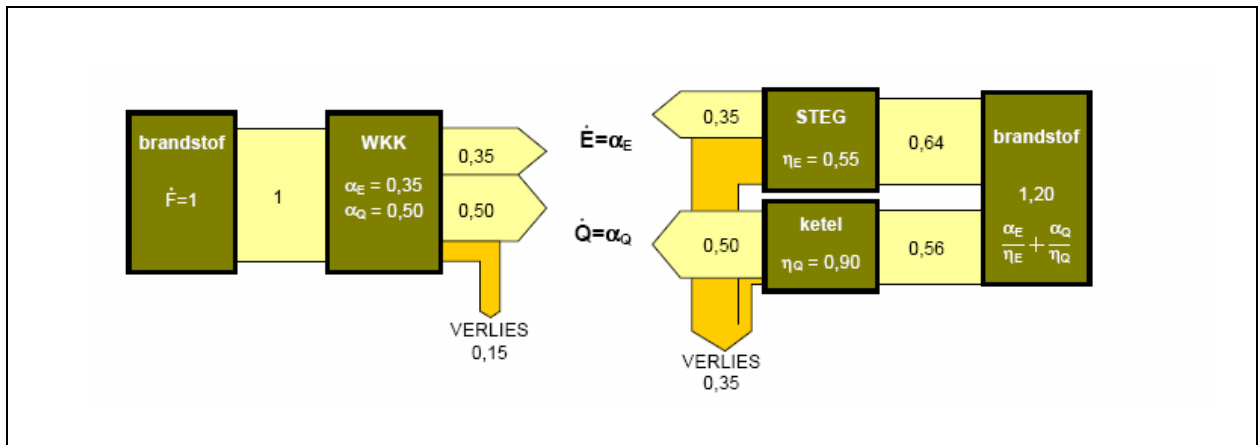
Figuur 2.3: Praktijksituatie WKK.



(Bron: Energik, 2004)

De Commissie AMPERE (2000) gebruikt figuur 2.4 om duidelijk te maken hoe brandstofbesparend een WKK - installatie is.

Figuur 2.4: Energetische balans tussen een WKK - installatie en gescheiden productie



(Bron: Commissie AMPERE, 2000)

Het elektrisch en thermisch rendement van de WKK – installatie worden voorgesteld door respectievelijk  $\alpha_E$  en  $\alpha_Q$ .  $\eta_E$  en  $\eta_Q$  geven het rendement van respectievelijk de elektriciteitscentrale en verwarmingsketel weer. Het rendement van de elektriciteitscentrale dat hierbij gebruikt wordt, ligt hoger dan in het voorgaande voorbeeld en ook de rendementen van de WKK – installatie verschillen enigszins. Uitgaande van een ketelrendement van 90%, een rendement van 55% voor een elektriciteitscentrale en een WKK met een thermisch rendement van 50% en een elektrisch rendement van 35%, blijkt dat men om eenzelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit te produceren, men bij gescheiden opwekking 1,20 keer meer brandstof nodig heeft, dan bij een WKK - installatie. Dit levert een primaire energiebesparing op van  $(1,20 - 1)/1,20 = 16\%$ . Toegepast op het voorgaande voorbeeld, uitgaande van een ideale situatie, zijn er bij gescheiden opwekking 1,26 (183/145) eenheden brandstof nodig om dezelfde hoeveelheid elektriciteit en warmte te verkrijgen als bij een WKK – installatie. De primaire energiebesparing bedraagt  $(1,26 - 1)/1,26 = 21\%$ .

Uit het gesprek met Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) bleek dat ook wat CO<sub>2</sub> betreft, een WKK – installatie brandstofbesparend is. Wanneer een WKK – installatie dezelfde hoeveelheid warmte opwekt als een verwarmingsketel, zal hierbij dubbel zoveel CO<sub>2</sub> vrijkomen. Dus, om eenzelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub> te verkrijgen, dient er bij een WKK – installatie de helft minder warmte opgewekt te worden. Een glastuinbouwbedrijf dat met een verwarmingsketel CO<sub>2</sub> doseert zal 100 eenheden brandstof nodig hebben om in een behoefte van 180 eenheden CO<sub>2</sub> te voorzien. Met deze hoeveelheid brandstof worden er, uitgaande van een rendement van 90%, 90 eenheden warmte opgewekt. Omdat er niet altijd zoveel warmte nodig is in de serre, gaat deze warmte vaak verloren. Indien de CO<sub>2</sub> – bemesting gebeurt met een WKK – installatie, zullen er bij het vrijkomen van 180 eenheden, slechts 45 eenheden warmte verkregen worden. Deze hoeveelheid warmte zal steeds nuttig gebruikt kunnen worden. Om deze 45 eenheden warmte en 180 eenheden CO<sub>2</sub> op te wekken, zijn er uitgaande van een thermisch rendement van de WKK – installatie van 50%, 90 eenheden brandstof nodig. Om dezelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub> op te wekken, heeft een WKK – installatie dus 10 eenheden minder brandstof nodig, wat overeenkomt met een brandstofbesparing van  $(100 - 90)/100 = 10\%$ .

### 2.3.2 De componenten van een WKK – installatie

Een verbrandingsmotor, een generator, warmtewisselaars en beveiligingen vormen de voornaamste componenten van een WKK – installatie. Daarnaast is het ook mogelijk de WKK-installatie te voorzien van een rookgascondensor en een rookgasreiniger. Om overtollige warmte op te vangen, dient men te beschikken over een buffer (Derden, Goovaerts, Vercaemst, & Vrancken, 2005).

### 2.3.2.1 Motoren

In Vlaanderen is de tuinbouw met een totaal opgesteld vermogen van 74,4 MW<sub>e</sub>, de belangrijkste sector waarin WKK – installaties op basis van motoren voorkomen (Peeters, Aernouts, Daems, 2007). Energik (2004) beschrijft de werking van een WKK – installatie evenals de vermogens en rendementen ervan. Het mechanisch vermogen dat door een verbrandingsmotor geleverd wordt, wordt door een generator omgezet in elektrisch vermogen. Er zijn gasmotoren verkrijgbaar met vermogens die variëren tussen 5 kW<sub>e</sub> en 4 MW<sub>e</sub>. Ook bij dieselmotoren is de vermogensrange groot: gaande van motoren met enkele tientallen kW<sub>e</sub> tot grote motoren van tientallen MW<sub>e</sub>. Wat WKK - toepassingen betreft, worden er voornamelijk motoren aangeboden die beschikken over een vermogen dat varieert tussen 200 kW<sub>e</sub> en 1 MW<sub>e</sub>.

Het is niet vanzelfsprekend het thermisch vermogen van een motor te bepalen. Dit vermogen is afhankelijk van de specifieke toepassing en van de mate waarin de warmte van een bepaalde warmtebron gerecupereerd kan worden. Een tussenkoeler, oliekoeler, motorblokkoeler en uitlaatgassenkoeler zijn de warmtebronnen die in een WKK –installatie terug te vinden zijn. De temperatuurniveaus van deze warmtebronnen zijn in tabel 2.2 terug te vinden.

Tabel 2.2: Temperatuurniveaus van de warmtebronnen van een WKK met gasmotor

warmtebron	Temperatuur (°C)
Tussenkoeler	30 -80
Smeerolie	75 - 95
Koelwater	75 - 120
Uitlaatgassen	400 - 550

(Bron: Energik, 2004)

De maximale hoeveelheid warmte van alle warmtebronnen kan gerecupereerd worden wanneer een bedrijf over twee verwarmingsnetten (één met een regime van 30/40°C en een met een regime van 70/90°C) beschikt. Indien er slechts één verwarmingsnet zou zijn, met een retourtemperatuur van 70/90°C dan kan de warmte van een warmtebron met een lagere temperatuur, zoals de tussenkoeler, niet meer gerecupereerd worden. Het thermisch vermogen hangt dus sterk af van de temperatuur van het retourwater.

De verhouding tussen het thermisch en het elektrisch vermogen, de warmtekrachtverhouding, ligt bij een gasmotor hoger dan bij een dieselmotor. Om bijvoorbeeld een thermisch vermogen van 1MW te

verkrijgen, kan men een WKK –installatie plaatsen met ofwel een dieselmotor met een elektrisch vermogen van 1 MW ofwel een gasmotor die een elektrisch vermogen heeft van 650 kW.

Het theoretisch mechanisch rendement van een gasmotor varieert tussen de 55 en 60%. In de praktijk ligt het elektrisch rendement echter tussen 30 en 40%. Dit verschil is te wijten aan verliesposten zoals onvolledige verbranding en warmteverlies en aan verliezen bij de omzetting van mechanische in elektrische energie. Een generator heeft een rendement van 95%. Bij een dieselmotor ligt het mechanisch rendement hoger waardoor ook het elektrisch rendement beter is dan bij een gasmotor. Het elektrisch rendement varieert tussen 38 en 42%.

Aangezien het thermisch vermogen zo moeilijk vast te stellen is, is het ook niet eenvoudig het thermisch rendement te bepalen. Wat betreft een gasmotor varieert het rendement bij een retourtemperatuur van 70°C tussen 45 en 55% en bij een retourtemperatuur van 90°C daalt het rendement tot 20 en 30%. Hoe hoger de retourtemperatuur, hoe minder warmte er gerecupereerd kan worden en hoe lager het rendement is. Het thermisch rendement van een dieselmotor ligt lager dan dat van een gasmotor. Uitgaande van een retourtemperatuur van 50°C en naargelang de motor, varieert het rendement van 40 tot 50%.

De totale brandstofbenuttingsgraad kan berekend worden door het thermisch en elektrisch rendement op te tellen. Bij een gasmotor bedraagt deze 80 à 90% bij een retourtemperatuur van 70°C en 50 à 70% bij een retourtemperatuur van 90°C. Ook bij een dieselmotor bedraagt de totale brandstofbenutting 80 tot 90%.

#### **2.3.2.2 Andere technologieën**

In plaats van een motor kan ook een gas –of stoomturbine de mechanische energie leveren. Ook deze technologieën worden door Energik (2004) omschreven.

Hoewel het elektrisch vermogen van een gasturbine kan oplopen tot 200 MW<sub>e</sub>, zijn de geïnstalleerde gasturbines vaak niet groter dan 40 MW<sub>e</sub>. Bij WKK – installaties met motoren, is niet alle valoriseerbare warmte op hetzelfde temperatuurniveau beschikbaar, wat eerder al bleek uit tabel 2.2. Wanneer er daarentegen een gasturbine ingezet wordt, zit alle valoriseerbare warmte vevat in de uitlaatgassen waarvan de temperatuur varieert tussen 450 en 500°C. In theorie kan het elektrisch rendement oplopen van 39% tot 62%. Wegens afwijkingen in het gasturbine –proces, liggen de elektrische rendementen voor wat betreft turbines met een vermogen van 10 tot 40 MW<sub>e</sub> tussen 30 en 40%. Het thermisch rendement varieert tussen 40 en 60%. Relatief hoge investeringskosten en

relatief lage rendementen maken dat het plaatsen van een WKK – installatie op basis van gasturbines economisch gezien niet altijd haalbaar is. Een WKK – installatie met stoomturbine is minder rendabel dan een WKK – installatie met gasturbine. Een lager elektrisch rendement en een relatief grotere stoomproductie in verhouding tot de elektriciteitsproductie zijn de redenen hiervoor. Wanneer een gasturbine gecombineerd wordt met een stoomturbine spreekt men van STEG (stoom en gasturbine). Bij deze toepassing ligt de elektriciteitsproductie hoog maar de hoge investeringskosten maken dat de economische haalbaarheid niet vanzelfsprekend is.

WKK met STEG is volgens Energik (2004) voornamelijk interessant voor industriële bedrijven met een grote behoefte aan zowel stoom als elektriciteit. Uit de studie van Peeters et al. (2007) blijkt dat gasturbines voornamelijk in de industriële sector terug te vinden zijn terwijl stoomturbines vooral in de chemische sector voorkomen.

### **2.3.2.3 Toevoeging van buffer, rookgasreiniger en rookgascondensor**

Bij eenzelfde hoeveelheid geproduceerde warmte levert een WKK – installatie bijna dubbel zoveel CO<sub>2</sub> als een gewone ketel. Zo kan er volgens Derden et al. (2005) langer gedoseerd worden zonder restwarmte (zie voorgaande berekeningen). Een traditionele verbrandingsketel zou langer in werking moeten blijven en dit enkel om te voldoen aan de vereiste CO<sub>2</sub> - hoeveelheid. Cogen Projects (2003) bepaalt dat in tegenstelling tot de rookgassen die vrijkomen uit een met aardgas gestookte ketel, de rookgassen van een WKK – installatie componenten bevatten die gewasschade veroorzaken. Bijgevolg is de installatie van een rookgasreiniger noodzakelijk om de uitlaatgassen geschikt te maken voor CO<sub>2</sub> - bemesting.

Cogen Projects (2003) maakt in haar brochure duidelijk dat wat een niet belichte teelt betreft, een rookgasreiniger vooral voordeliger is in de zomermaanden. In die periode is de warmtevraag kleiner en de CO<sub>2</sub> – behoefte groter. Het inzetten van een rookgasreiniger maakt dat het CO<sub>2</sub> – niveau hoger ligt dan bij CO<sub>2</sub> – bemesting met een verwarmingsketel. Een WKK levert immers voor eenzelfde hoeveelheid warmte dubbel zoveel CO<sub>2</sub>. In de winter is er meer behoefte aan warmte, moet er dus meer warmte opgewekt worden waardoor een ketel de behoefte aan CO<sub>2</sub> volledig kan opvangen zonder dat er restwarmte is. De rookgassen die hierbij vrij komen dient niet via een rookgasreiniger te passeren. Een teelt die belicht wordt daarentegen, haalt het ganse jaar en dus niet alleen in de zomermaanden, voordeel uit het gebruik van een rookgasreiniger. Tijdens de winter wordt de beperkte warmtevraag ingevuld door de warmte van de lampen en de WKK – installatie. Indien er met een verwarmingsketel gewerkt wordt bij de CO<sub>2</sub> - bemesting, zal er veel warmte uit de serre geventileerd

moeten worden. Het CO<sub>2</sub> – niveau dat bereikt wordt door het plaatsen van een rookgasreiniger, ligt aanzienlijk hoger dan bij een ketel.

Cogen Projects (2003) wijst ook op de noodzaak een buffer te installeren, om zo overbodige warmte die tijdens de CO<sub>2</sub> – bemesting ontstaat niet te moeten weg ventileren. Hoe groter de buffer, hoe langer er gedoseerd kan worden en hoe hoger de CO<sub>2</sub> – concentratie. Een buffer zal ook pieken in de warmtevraag opvangen. Bij een WKK – installatie is het temperatuurverschil over de buffer kleiner omdat de aanvoertemperatuur van de buffer lager is dan bij een verwarmingsketel. Dit betekent een verlies van warmteopslagcapaciteit waardoor er minder CO<sub>2</sub> gedoseerd kan worden. Ook Derden et al. (2005) bevelen de installatie van een buffer aan. Als de warmte tijdelijk opgeslagen wordt, kan de WKK draaien volgens een vrij constant patroon, waardoor de installatie minder onderhevig wordt aan slijtage, meer betrouwbaar is en lagere onderhoudskosten heeft. Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) ziet naast het voordeel van de energieopslag nog een ander technisch voordeel van de installatie van een buffer. Het biedt namelijk de mogelijkheid om met een klein vermogen toch een groot vermogen naar de serre te brengen. Doordat men de warmte kan opslaan, kan men ervoor zorgen dat men een grote hoeveelheid energie kan bewaren die dan op een ogenblik dat het zeer koud is, op korte tijd in de serre gebracht kan worden. Ook op economisch vlak kan men baat hebben bij het plaatsen van de buffer. Doordat men de warmte kan opslaan, kan men de WKK – installatie in werking stellen tijdens de normale uren. Zo kan de elektriciteit aan een hoge prijs verkocht worden terwijl men de warmte opslaat. Niet enkel 's nachts, ook tijdens het weekend is de elektriciteitsprijs lager. Het is denkbaar dat tijdens het weekend, met de warmte opgeslagen in de buffer, er aan de warmtebehoefte in de serre voldaan kan worden, zonder dat de WKK – installatie hoeft te draaien, zonder dat de elektriciteit aan een lagere prijs verkocht dient te worden. Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) bepaalt de grootte van een buffer als volgt: eerst dient men te weten hoeveel energie er nodig is om het temperatuurverschil (het verschil tussen aanvoer – en retourtemperatuur) over de huidige buffer te overbruggen. Door deze hoeveelheid energie (in kWh) te delen door het thermisch vermogen (kW) van de WKK – installatie, komt men te weten na hoeveel uren de buffer gevuld is. Wanneer men het aantal uren dat men de WKK – installatie wenst te laten draaien, deelt door het aantal uren die nodig zijn om de buffer te vullen, weet men hoeveel maal groter de buffer zal moeten zijn om de WKK – installatie het beoogd aantal uren te laten draaien.

Derden et al. (2005) stellen dat warmteverliezen via de rookgassen beperkt kunnen worden wanneer men een rookgascondensor installeert. De rookgassen worden afgekoeld tot onder het dauwpunt. De waterdamp in de rookgassen condenseert tot vloeibaar water waardoor er condensatiewarmte ontstaat die dan afgestaan kan worden aan water op lagere temperatuur. Kilito (2005) stelt dat het thermisch rendement wordt bepaald op de calorische onderwaarde. Voor een verwarmingsketel bedraagt het



rendement ongeveer 90%. Indien er door condensatie meer warmte gerecupereerd wordt, stijgt het thermisch rendement en zou het volgens Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) kunnen oplopen tot boven 100%. Dit juist omdat het rendement bepaald is op de calorische onderwaarde, terwijl bij condensatie het eigenlijk de calorische bovenwaarde is, die geldt. De warmte die ontstaat bij condensatie is laagwaardig, de temperatuur ervan bedraagt ongeveer 45°C. Indien er zich nog geen LT – net in de serre bevindt, zal deze aangelegd moeten worden. Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) bepaalt de kost hiervan op €2/m<sup>2</sup>.

### 2.3.3 WKK en biobrandstoffen

Peeters et al. (2007) hebben vastgesteld dat er in 2005 in Vlaanderen 116,3 MW<sub>e</sub> aan motoren geïnstalleerd waren die aardgas als brandstof hebben. Daarmee is aardgas veruit de meest gebruikte brandstof voor WKK – installaties. Toch is ook het opgesteld vermogen van WKK – installaties op biogas al elk jaar gestegen. Er zijn eveneens twee WKK – installaties geïnstalleerd met een motor die op meerdere brandstoffen werkt. De installatie die hetzij op diesel, hetzij op biodiesel werkt, is terug te vinden in de tuinbouw. De andere WKK - installatie bevindt zich in de afvalverwerkende industrie. Deze werkt zowel op aardgas als op biogas.

#### 2.3.3.1 Pure plantaardige olie

Pure plantaardige olie, of kortweg PPO is een mogelijke biologische brandstof die diesel als brandstof kan vervangen. In haar brochure aangaande koolzaad legt het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2005) uit dat het gebruik van PPO een CO<sub>2</sub> – neutraal proces vormt. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die door de motor uitgestoten wordt, is even groot als de CO<sub>2</sub> die door het gewas opgenomen werd. In dezelfde brochure wordt gesteld dat koolzaadolie meer stroperig is dan diesel waardoor de motor aangepast dient te worden. Koolzaadolie benadert de viscositeit van diesel als de olie verhit kan worden. Dit gebeurt met energie die uit een warmtewisselaar van het koelsysteem van de motor wordt gehaald. Omdat PPO een lagere verbrandingswaarde heeft, ligt het verbruik ervan hoger dan dat van diesel.

#### 2.3.3.2 Biodiesel

De Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen of kortweg ODE Vlaanderen (2001) geeft in haar brochure aangaande biomassa meer uitleg over de eigenschappen en het gebruik van biodiesel. Biodiesel wordt gemaakt uit dierlijke vetten of plantaardige oliën zoals koolzaadolie, is mengbaar met

de fossiele brandstof en kan zonder ingrijpende veranderingen in een gewone dieselmotor gebruikt worden. Het BBT - kenniscentrum (2001) heeft in een van zijn fiches cijfergegevens opgenomen betreffende de verbrandingswaarde van biodiesel. Deze bedraagt 37,1 MJ/kg, wat lager is dan 42,7 MJ/kg, de verbrandingswaarde van diesel. Hierdoor zal, net zoals bij PPO, het verbruik van biodiesel hoger liggen dan die van diesel. ODE Vlaanderen (2001) stelt dat de productiekosten van biodiesel hoog kunnen oplopen en ook de bijdrage aan de verzuring van het oppervlaktewater is niet te verwaarlozen. Het gebruik van meststoffen tijdens de intensieve teelt van koolzaad ligt aan de basis van deze verzuring. Het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2005) stelt dat de productie van biodiesel meer energie vergt dan die van PPO waardoor biodiesel minder milieuvriendelijk is.

### **2.3.3.3 Biogas**

#### a) Typen vergisting

Biomassa vergisten, gebeurt in een zuurstofloze omgeving waarbij bacteriën de organisch stof omzetten in biogas. De Vlaamse Overheid (2006) onderscheidt in zijn brochure twee typen vergisting. Mesofiele, natte vergisting en thermofiele, droge vergisting. Natte vergisting gebeurt aan een temperatuur van 37°C en de te vergisten biomassa heeft een drogestofgehalte van 15%. Wanneer biomassa een drogestofgehalte van 20% tot 40% heeft, kan men het best opteren voor thermofiele vergisting. Deze gebeurt aan een temperatuur van 55°C. Het belang van de temperatuur in het vergistingsproces wordt verduidelijkt op de website van BiogaS International (opgevraagd op 8 oktober 2007). Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller biomassa in gas omgezet wordt. De hoeveelheid gas die vrijkomt, blijft wel steeds gelijk. Naast mesofiele en thermofiele vergisting onderscheidt men ook nog psychrofiele of koude vergisting. Hierbij komt het biogas slechts heel langzaam vrij.

#### b) Biomassa

ODE Vlaanderen (2001) deelt biomassa op in twee categorieën: energieteelten, gewassen die hoofdzakelijk of uitsluitend voor de opwekking van energie geteeld worden en organische fracties. Deze laatste categorie omvat houtafval, afval uit de land -en tuinbouwsector, GFT, mest, waterzuiveringsslib, huishoudelijk afval, stortgas en organische bedrijfsafvalstoffen. Bijna elk organisch - biologisch materiaal kan volgens ODE Vlaanderen (2006) voor vergisting in aanmerking komen. Het vergistingsproces is echter verschillend naargelang de samenstelling van het materiaal en ook het digestaat is niet altijd even bruikbaar. Eenvoudige koolhydraten zijn zeer goed te vergisten en ook vetten en eiwitten komen voor vergisting in aanmerking. Biomassa dient wel eerst voorbehandeld te worden alvorens de eigenlijke vergisting van start kan gaan. Dit om het vergistingsproces te

vergemakkelijken, een hogere omzetting te realiseren of omdat het wettelijk verplicht is. Deze voorbehandeling kan op mechanische, biologisch, thermische of chemische wijze gebeuren.

c) Eigenschappen biogas

ODE – Vlaanderen (2006) stelt dat biogas voornamelijk samengesteld is uit methaan en CO<sub>2</sub>. Biogas heeft een verbrandingswaarde van 6 kWh/m<sup>3</sup>, het elektrisch en thermisch rendement bedragen respectievelijk 34% en 52%. Om fluctuatie in de productie en kwaliteit van het gas te vermijden is het aangewezen het gas eerst op te vangen alvorens het aan te wenden. Dit kan zowel in de vergistinginstallatie als in een opslagtank. Bovendien is biogas niet altijd onmiddellijk beschikbaar voor gebruik. Biogas – e (opgevraagd op 8 oktober 2007b) raadt aan het biogas te ontzwellen omdat de, weliswaar kleine, concentratie aan H<sub>2</sub>S kan leiden tot corrosie. Ook de waterdamp kan best verwijderd worden.

d) WKK

In plaats van diesel of aardgas zal biogas de motor van de WKK – installatie aandrijven. Net zoals bij het conventionele systeem kan de elektriciteit in het bedrijf gebruikt of aan het net geleverd worden. De warmte kan benut worden om de serre te verwarmen, maar 25% van de totale energieproductie zal volgens BiogaS International (Opgevraagd op 8 oktober 2007) eveneens aangewend dienen te worden om de mest in de vergistinginstallatie op temperatuur te houden. Er wordt ook gesteld dat wanneer de productie van biogas niet overeenstemt met de brandstofbehoefte van de WKK – installatie, het nodig is het gas op te slaan. Dit kan door een gaszak boven de vergistinginstallatie aan te brengen.

e) Digestaat

Biogas - e (opgevraagd op 8 oktober 2007a) geeft ook meer informatie over de mogelijke verwerkingen van het digestaat, het nat eindproduct dat na de vergisting overblijft. Dit residu kan dadelijk, in natte vorm, op het land gebruikt worden als meststof. Wanneer er geen afzetmarkt voorhanden is, kan het digestaat nog omgezet worden tot andere producten. Hierbij wordt het digestaat gescheiden in een dunne en een dikke fractie. De dikke fractie kan nagecomposteerd worden of gedroogd tot een mestkorrel. De dunne fractie kan naar een waterzuivering gaan of ingedampt worden.

f) Milieueffect

In tegenstelling tot WKK – installaties aangedreven door fossiele brandstoffen, stelt ODE Vlaanderen (2006) dat anaërobe vergisting een CO<sub>2</sub> – neutraal proces is dat het broeikaseffect beperkt. Methaan is een broeikasgas met een werking die 21 keer sterker is dan koolstofdioxide. Bij vergisting komt er methaangas vrij, maar die wordt gebruikt om de WKK – installatie aan te drijven waardoor het niet ongehinderd in het milieu verdwijnt. Ook bij niet – vergisting van organisch materiaal komt er methaangas vrij, die dan niet gevaloriseerd wordt.

## 2.4 Warmtekrachtkoppeling: de ecologische aspecten

### 2.4.1 Brandstofverbruik

Cogen Vlaanderen (2006) verklaart waarom alle WKK – installaties brandstofenergie besparen indien zowel de warmte als de elektriciteit geheel benut worden. WKK – installaties zijn namelijk niet enkel efficiënter, ze bevinden zich ook dicht bij de gebruiker dan elektriciteitscentrales waardoor energieverliezen langs het transport –en distributienetwerk vermeden worden.

Zoals in de voorbeelden in paragraaf 2.3.1 geïllustreerd werd, vormt de vergelijking van de rendementen tussen een WKK - installatie en gescheiden opwekking meestal de basis om de energiebesparing van een WKK - installatie te analyseren. Energik (2004) bepaalt verder dat een WKK - installatie energiebesparend is als het brandstofverbruik van de WKK - installatie kleiner is dan de som van het brandstofverbruik van de elektriciteitscentrale en het brandstofverbruik van de verwarmingsketel. De energiebesparing ligt bij een WKK – installatie met gasmotor tussen 15 en 25%. Voor een installatie met dieselmotor ligt de besparing tussen 20 en 30%.

### 2.4.2 Luchtkwaliteit

Cogen Vlaanderen (2006) licht toe hoe de hoeveelheid aan schadelijke stoffen in de rookgassen van een WKK - installatie beperkt kan worden en hoe men aan de hand van een emissiebalans het verschil in de uitstoot van schadelijke stoffen tussen een WKK – installatie en de gescheiden productie van warmte en elektriciteit kan berekenen. Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), koolmonoxide (CO), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), zwaveloxiden (SO<sub>x</sub>), onverbrande koolwaterstoffen (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) en stofdeeltjes zijn de meest schadelijke componenten van uitlaatgassen.

De kwantiteit, de kwaliteit en het type van de gebruikte brandstof zijn bepalend voor het emissieniveau van CO<sub>2</sub>. Indien de vrijgekomen CO<sub>2</sub> niet in een proces gebruikt wordt, dan kan de hoeveelheid uitgestoten CO<sub>2</sub> gereduceerd worden door het rendement van het brandstofgebruik te verhogen. Een voorbeeld van een proces kan teruggevonden worden in de glastuinbouw, waar men de CO<sub>2</sub> gebruikt om de planten te bemesten.

Een laag verbrandingsrendement veroorzaakt de aanwezigheid van grote hoeveelheden koolmonoxide en onverbrande koolwaterstoffen in de rookgassen. Om deze emissies te beperken is correct onderhoud en afregeling van de verbrandingsapparatuur nodig.

De verlaging van NO<sub>x</sub> - emissies is van groot belang omdat deze gassen al een giftig effect hebben bij een concentratie die tien keer kleiner is dan het emissieniveau waarbij CO<sub>2</sub> giftig wordt. In vergelijking met gasturbines, ketels en stoomelektriciteitscentrales, ligt het emissieniveau van NO<sub>x</sub> - emissies bij diesel -en gasmotoren veel hoger. Om deze te beperken zijn er twee mogelijkheden. Het ontwerp en gebruik van de motor kan gewijzigd worden, men spreekt dan van een actieve reductie waarbij de NO<sub>x</sub> die tijdens de verbranding geproduceerd wordt, vermindert. Men kan ook opteren voor een passieve reductie. Deze techniek tracht de NO<sub>x</sub> - inhoud in de rookgassen te verminderen door gebruik te maken van een katalysator, een rookgasreiniger. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen niet - selectieve katalytische reductie en selectieve katalytische reductie.

Bij niet - selectieve katalytische reductie zullen volgens Cogen Vlaanderen (2006) niet enkel de NO<sub>x</sub> - uitstoot, maar ook de emissies van CO en CH verminderen. Het proces geschiedt op basis van de eigenschap van rhodium, een scheikundig element dat als eigenschap heeft dat het de zuurstof in NO<sub>x</sub> aan zich bindt en de stikstof vrijgeeft. Door de reactie van zuurstof met CO en CH, wordt er CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O gevormd. Derden, Goovaerts, Vercaemst, en Vranken (2005) stellen dat er in de glastuinbouw voornamelijk gebruikt gemaakt wordt van ureum rookgasreinigers. Deze zijn opgebouwd uit een selectieve katalytische reactor (SKR) en een oxidatiekatalysator. Ook dit gaat om een niet - selectieve katalytische reductie. Uit de beschrijving gegeven door Cogen Projects (2003) blijkt namelijk dat er eerst een ureumoplossing in de uitlaatgassen van de gasmotor ingespoten wordt waarna het ureum zich ontbindt in ammoniak en CO<sub>2</sub>. Vervolgens worden er in de SKR, als gevolg van de reactie tussen NO<sub>x</sub> en de ammoniak, de onschadelijke stoffen stikstof en water gevormd. Na de reductie van NO<sub>x</sub> zet de oxidatie katalysator de koolwaterstoffen en koolmonoxide die zich nog in de rookgassen bevinden, om in CO<sub>2</sub> en water. Volgens Cogen Vlaanderen (2006) zullen de emissies van NO<sub>x</sub> met 80 tot 90% verminderen, de uitstoot van CO en HC wordt respectievelijk met 80 en 50% gereduceerd.

Cogen Vlaanderen (2006) bepaalt dat bij selectieve katalytische reductie er enkel gebruik gemaakt wordt van een selectieve katalytische reactor en dus enkel de NO<sub>x</sub> in de rookgassen gereduceerd zal worden.

De emissiebalans aan de hand waarvan men de emissie van schadelijke stoffen van gescheiden productie van elektriciteit en warmte kan vergelijken met deze van een WKK – installatie, wordt voorgesteld door Cogen Vlaanderen (2006). Als alle vervuilende bronnen beschouwd worden, zowel de gassen uitgestoten door de elektriciteitscentrale als door de verwarmingsketel, verkrijgt men een globale balans. Bij een lokale balans wordt er geen rekening gehouden met de gescheiden productie van elektriciteit, enkel de emissies van de verwarmingsketel worden in rekening gebracht. Een analyse verrichten op twee niveaus is noodzakelijk omdat in de buurt van de elektriciteitscentrale die de regio normaal voorziet van energie, er verminderde emissies kunnen optreden terwijl op de site waar de WKK – installatie zich bevindt, de uitstoot van schadelijke stoffen kan toenemen. Figuur 2.5 toont de globale emissiebalans voor bestanddeel X zoals deze door Cogen Vlaanderen (2006) voorgesteld wordt.

Figuur 2.5: globale emissiebalans

$$\Delta m_X = m_{XC} - m_{XE} - m_{XQ}$$

(Bron: Cogen Vlaanderen, 2006)

Waarbij:

$\Delta m_X$ : het massaverschil van het geëmitteerde vervuilde bestanddeel X te wijten aan warmtekrachtkoppeling, als  $\Delta m_X > 0$ , dan veroorzaakt de warmtekrachtkoppeling een stijging in de emissie van X,

$m_{XC}$ : massa van het geëmitteerde bestanddeel X bij warmtekrachtkoppeling,

$m_{XE}$ : massa van het bestanddeel X, uitgestoten door de gescheiden productie van dezelfde hoeveelheid elektriciteit, E, als deze geproduceerd door warmtekrachtkoppeling,

$m_{XQ}$ : massa van het bestanddeel X, uitgestoten door de gescheiden productie van dezelfde hoeveelheid warmte, Q, als deze geproduceerd door warmtekrachtkoppeling.

Als deze emissies worden berekend, dan zijn de volgende vergelijkingen van toepassing:

$$m_{XC} = \mu_{XC} \times E$$

$$m_{XE} = \mu_{XE} \times E$$

$$m_{XQ} = \mu_{XQ} \times Q$$

Waarbij:

$\mu_{XC}, \mu_{XE}, \mu_{XQ}$ : de specifieke emissies van het bestanddeel X (massa per nuttige energie) bij respectievelijk warmtekrachtkoppeling en gescheiden productie van elektriciteit en warmte,

$E$ : elektrische energie geproduceerd door warmtekrachtkoppeling,

$Q$ : nuttige thermische energie geproduceerd door warmtekrachtkoppeling (Cogen Vlaanderen, 2006).

Voor de berekening van de lokale emissiebalans wordt volgende vereenvoudigde vergelijking toegepast:

Figuur 2.6: lokale emissiebalans

$$\Delta m_X = m_{XC} - m_{XQ}$$

(Bron: Cogen Vlaanderen, 2006)

In bijlage 2 zijn in tabel 1, 2 de emissiewaarden van respectievelijk WKK – installaties en water –of stoomketels terug te vinden zoals deze door Cogen Vlaanderen (2006) weergegeven worden. Ook Derden et al. (2005) hebben emissiefactoren bepaald. In tabel 3 van deze bijlage zijn de emissiefactoren voor een verwarmingsketel op extra zware stookolie terug te vinden.

Op de website van MIRA/VMM (opgevraagd op 24 mei 2008a/b/c) worden er gegevens ter beschikking gesteld in verband met de elektriciteitsproductie in Vlaanderen in 2005 en de uitstoot van schadelijke stoffen die hiermee gepaard ging. Deze gegevens zijn terug te vinden in tabel 2.3 en 2.4. Aan de hand van deze gegevens kunnen er gemiddelde emissiefactoren van elektriciteitscentrales bepaald worden, wat terug te vinden is in de laatste kolom van tabel 2.4.

Tabel 2.3: Bepaling van de elektriciteitsproductie in Vlaanderen in 2005

Typische thermische centrale (TWh)	22,4
Kerncentrale (TWh)	23,2
WKK (TWh)	12,1
Totaal (TWh)	57,7

(Bron: MIRA, VMM, opgevraagd op 24 mei 2008b)

Tabel 2.4: Bepaling van de uitstoot van schadelijke stoffen en de emissiefactoren in Vlaanderen in 2005

Elektriciteitsproductie	57,7 TWh	
Schadelijke stof	Uitstoot (kg)	Emissiefactor (g/kWh <sub>e</sub> )
CO <sub>2</sub>	23.847.000	413,17578
CO	7.487	0,1297206
NO <sub>x</sub>	30.345	0,5257609
SO <sub>x</sub>	45.467	0,7877663
Fijn stof	2.718	0,0470924

(Bron: MIRA, VMM, opgevraagd op 24 mei 2008a/c)

Deze factoren zijn louter gebaseerd op de elektriciteitsproductie zelf, waardoor de uitstoot afkomstig van kerncentrales op een minimum bepaald worden terwijl er ook emissies gepaard gaan met onder andere de ontginning, verwerking en transport van grondstoffen (Prof. Dr. Thewys, persoonlijke communicatie, 26 mei 2008). Het zou dus beter zijn om de gehele levenscyclus in beschouwing te nemen. U.R. Fritsche (2007), coördinator van de afdeling 'Energie en Klimaat' van het Öko – instituut, bepaalt dat hoewel een kerncentrale geen CO<sub>2</sub> uitstoot, er toch indirect CO<sub>2</sub> in de atmosfeer geëmitteerd wordt. De energie die gebruikt wordt om ureum te ontginnen en te verrijken en om de kerncentrales te bouwen, is immers gedeeltelijk opgewekt op basis van fossiele brandstoffen. Omdat het broeikas effect zich globaal manifesteert, zou de hele productielevenscyclus – van de ontginning van primaire energie tot output – beschouwd moeten worden. Hierbij worden alle activiteiten waarbij er broeikasgassen uitgestoten worden, in rekening gebracht. J. Bom (opgevraagd op 26 mei 2008) stelt dat P+ op basis van het rapport opgesteld door het Öko – instituut, per gebruikte grondstof een lijst heeft gemaakt van de CO<sub>2</sub> – uitstoot ten gevolge van de elektriciteitsopwekking. Deze lijst wordt weergegeven in tabel 2.5. De directe en indirecte CO<sub>2</sub> – emissies werden hierbij met elkaar opgeteld. Bij de bepaling van de CO<sub>2</sub> – emissiefactor voor een WKK – installatie werd naast de uitstoot die gepaard gaat met de bouw van de installatie, de ontginning, verwerking en transport van de grondstof, ook de vermeden uitstoot van een verwarmingsketel mee in rekening gebracht (Fritsche, 2007).



Tabel 2.5: CO2 – emissiefactoren voor elektriciteitsopwekking bepaald op basis van de gehele productielevenscyclus

Biogas (uit biomassa)	-414 g/kWh
Aardgas (Warmtekrachtcentrale)	5 g/kWh
Windpark (in zee)	22 g/kWh
Windpark (op land)	23 g/kWh
Zonnecellen (import Spanje)	27 g/kWh
Kerncentrale (gemengde import)	31 g/kWh
Waterkrachtcentrale	39 g/kWh
Kerncentrale (uit rusland)	61 g/kWh
Zonnecellen (multikristal)	89 g/kWh
Aardgas (krachtcentrale)	116 g/kWh
Aardgas (nieuwe krachtcentrale)	398 g/kWh
Steenkolencentrale (krachtcentrale)	508 g/kWh
Bruinkoolcentrale (krachtcentrale)	703 g/kWh
Steenkolencentrale (import)	897 g/kWh
Bruinkoolcentrale	1.142 g/kWh

*(Bom, J. Opgevraagd op 26 mei 2008)*

## 2.5 Warmtekrachtkoppeling: de economische aspecten

### 2.5.1 Vrijmaking van de energiemarkt

De Europese richtlijn 2003/54/EG (2003) betreffende de gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit en de Europese richtlijn 2003/55/EG (2003) betreffende de gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor aardgas bepalen dat de elektriciteits –en gasmarkt voor alle afnemers open dienen te zijn tegen 1 juli 2007. Ook moeten de activiteiten van de netbeheerders volledig, zowel boekhoudkundig als functioneel en juridisch, gescheiden worden van de activiteiten van productie en levering. Derden horen toegang te krijgen tot de transport –en distributienetten en het is nodig een regelgevende instantie aan te stellen dat non – discriminatie, daadwerkelijke mededinging en een doeltreffende marktwerking garandeert.

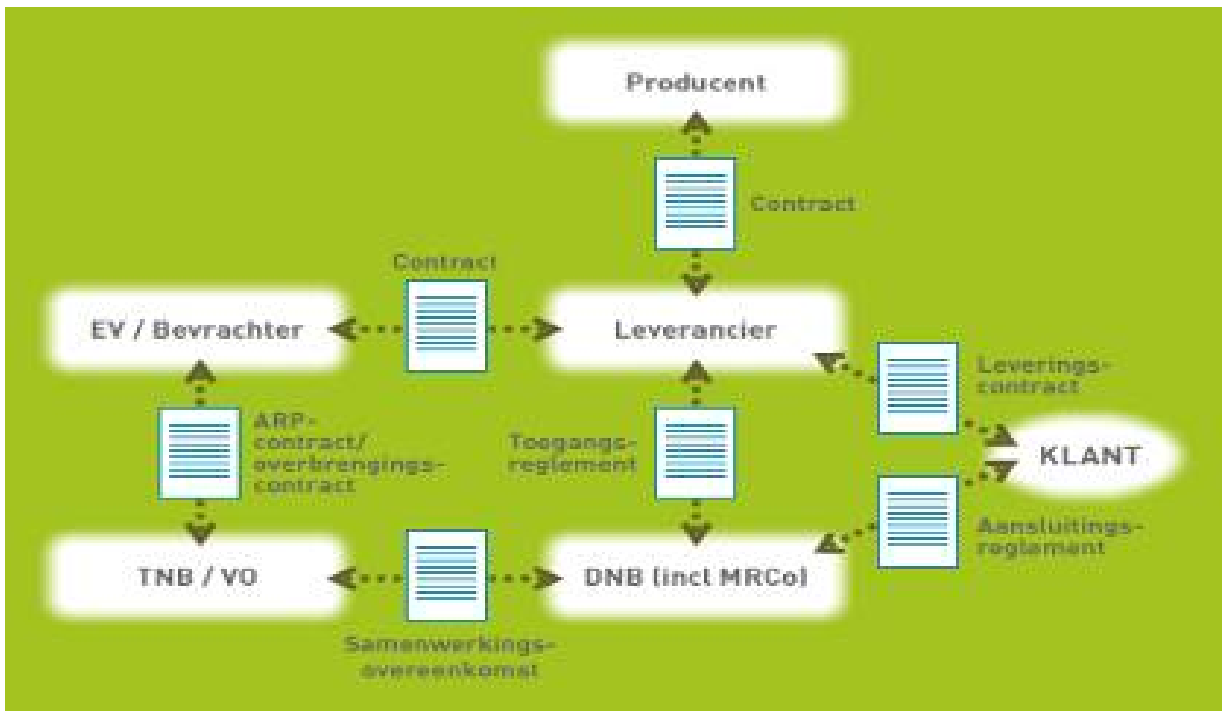
Het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) schetst een duidelijk beeld over de werking van de elektriciteits –en gasmarkt na de vrijmaking. Tot 2004 werden de ondernemingen van de elektriciteitssector vertegenwoordigd door de Beroepsfederatie van de Elektriciteitssector (BFE), maar door de liberalisering van de energiemarkt, werd deze ontbonden, evenals Figas, het Verbond der

Gasnijverheid. De activiteiten die door hen uitgevoerd werden, zijn nu ondergebracht in twee federaties. De Federatie van Belgische Elektriciteits -en Gasbedrijven, FEBEG, is de werkgeversorganisatie van de elektriciteits -en gasbedrijven die in België gevestigd zijn. De activiteiten met betrekking tot de netten worden nu verricht door SYNERGRID. Zij behartigt de belangen van Elia, Fluxys die respectievelijk de transmissie van elektriciteit en het vervoer van aardgas verzorgen en van de distributienetbeheerders. Als federale reguleringsinstantie werd de CREG, Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas opgericht. Op Vlaams niveau wordt de markt gereguleerd en gecontroleerd door de VREG, de Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits -en Gasmarkt.

### 2.5.1.1 De elektriciteitsmarkt

De VREG (opgevraagd op 18 februari 2008a) geeft de relaties tussen de verschillende actoren als volgt weer:

Figuur 2.7: Overzicht van de contracten tussen de marktpartijen



(Bron: VREG, opgevraagd op 18 februari 2008a)

Overeenstemmend met bovenstaand schema stelt het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) dat de consument zowel een contract afsluit met de distributienetbeheerder (DNB) als met een

elektriciteitsleverancier die hij vrij kan kiezen op basis van prijs, duur en opzegbaarheid van het contract, kwaliteit van de dienstverlening,... . De VREG (opgevraagd op 18 februari 2008c) bepaalt dat de leverancier over een vergunning dient te beschikken om elektriciteit te leveren. Zij voorzien hun klanten van de nodige energie die zij zelf geproduceerd of aangekocht hebben en sluiten een toegangscontract af met de netbeheerders. Op basis van de meetgegevens die de leverancier van de distributienetbeheerder krijgt, wordt de klant gefactureerd. Leveranciers van elektriciteit die volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) eind 2006 in het bezit zijn van een Vlaamse leveringsvergunning: Anode, Echte energie België, Ecopower, EDF, Electrabel, Eneco Energie International, E. ON Belgium, E. ON Sales & Trading, Essent Belgium, Lampiris, Nuon Belgium, SPE, Theolia Benelux, Trianel Energie en Wase Wind.

De productie van elektriciteit gebeurt voornamelijk in elektriciteitscentrales. De belangrijkste producenten van elektriciteit in België zijn volgens de VREG (opgevraagd op 18 februari 2008d) Electrabel en SPE. Daarnaast kunnen ook WKK- producenten, hernieuwbare energieproducenten en zelfproducenten de elektriciteitsproductie verzorgen. Zelfproducenten worden volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) door het BFE gedefinieerd als ondernemingen die, naast hun hoofdactiviteit, zelf elektrische energie produceren die geheel of gedeeltelijk bestemd is voor eigen gebruik. Autonome producenten produceren in het kader van hun hoofdactiviteit elektrische energie met als doel deze aan derden te verkopen. Uit de statistieken van de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie (opgevraagd op 30 april 2008a) blijkt dat in België elektriciteit vooral opgewekt wordt op basis van kernenergie. Slechts 2,1% van de totale elektriciteitsproductie gebeurt op basis van hernieuwbare energiebronnen. De elektriciteitsproductie als percentage van de totale productie van elektriciteit wordt weergegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6: De elektriciteitsproductie als percentage van de totale productie van elektriciteit in 2004

Kernenergie	55,4%
Gasachtige brandstoffen	27,9%
Vaste brandstoffen	10,7%
Waterkrachtenergie en pompcentrales	2,0%
Hernieuwbare en gerecupereerde brandstoffen	2,1%
Vloeibare brandstoffen	1,9%

*(Bron: FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie, opgevraagd op 30 april 2008a)*

Het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) licht eveneens toe hoe de geproduceerde elektriciteit tot bij de eindafnemer komt. Om het aanbod van elektriciteit te garanderen is er namelijk een omvangrijk elektriciteitsnet aangelegd dat bestaat uit verschillende spanningsniveaus. De transmissie

van elektriciteit gebeurt via het koppelnet en de hoogspanningsnetten. Het lokale transport van elektriciteit wordt de distributie van elektriciteit genoemd en gebeurt over midden- of laagspanningslijnen. Middenspanningsnetten hebben een spanningsniveau van 1 kV tot 26 kV, laagspanningsnetten 230 V en 240 V. De wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt bepaalt dat het beheer van het transmissienet waargenomen wordt door één beheerder, Elia. Het Mira Achtergronddocument Energie (2006) stelt verder dat in 2002 de Federale overheid aan Elia het wettelijke monopolie toekende wat betreft de transmissie, transport van elektriciteit. Zij zorgt voor het transport van elektriciteit langs het hoogspanningsnet van 380 tot en met 26 kilovolt. De elektriciteit wordt van het transportnet tot bij de eindafnemers gebracht door de distributienetbeheerders. Voor de liberalisering van de energiemarkten hadden de gemeenten het wettelijke monopolie voor de distributie van elektriciteit. Het decreet van 17 juli 2000 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt bepaalt dat voor elk distributienet de netbeheerder aangeduid wordt door de reguleringsinstantie en dit voor 12 jaar. Het distributienet beheren blijft een monopolieactiviteit om te voorkomen dat verschillende elektriciteits- en gasnetten naast elkaar gelegd zouden worden. Omdat het beheer van het distributienet en de elektriciteitslevering gescheiden moet zijn, dient de distributienetbeheerder zijn werkzaamheden te beperken tot specifieke opdrachten zoals het exploiteren, onderhouden, herstellen, uitbreiden en verbeteren van het distributienet.

De distributienetbeheerders die in 2006 in Vlaanderen actief waren, worden in het marktrapport betreffende de Vlaamse energiemarkt in 2006 dat door de VREG (2007) gepubliceerd werd, opgesomd: GASELWEST, IMEWO, IVERLEK, IVEKA, INTERELECTRA, ELIA, INTEREM, IMEA, WVEM, PBE, SIBELGAS, IVEG, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen, BIAC/Distributienet – Brussels Airport NV, AGEM, INTERMOSANE en ETIZ.

Volgens de VREG (opgevraagd op 18 februari 2008b) zijn er 51 evenwichtsverantwoordelijken (EV) die een contract met Elia, de transmissienetbeheerder (TNB), hebben. Een evenwicht tussen vraag en aanbod van elektriciteit is noodzakelijk om schommelingen in de frequentie en netspanning te voorkomen en zo stroomuitval te vermijden. Om de vooruitzichten met betrekking tot de vraag en het aanbod van elektriciteit, nominaties voor de volgende dag samen te stellen, verzamelt de evenwichtsverantwoordelijke alle gegevens in verband met productie en afname. Deze vooruitzichten geeft de evenwichtsverantwoordelijke door aan Elia, opdat deze de verwachte belasting van het net zou kennen.

Het effect van de liberalisering op de prijsbepaling wordt toegelicht in het MIRA Achtergronddocument Energie (2006). Om de elektriciteitsprijs te bepalen gebruikte men voor de vrijmaking van de energiemarkt een kost- plus redenering. De gemiddelde productie-, transport-, en distributiekosten

van elektriciteit werden als basis voor de verkoopprijs genomen. Hieraan voegde men dan een redelijke winst toe. Sinds de vrijmaking kunnen elektriciteitsproducten en –leveranciers zelf hun prijs bepalen. De transport –en distributienetbeheerders daarentegen zijn bij wet verplicht iedereen toe te laten hun net te gebruiken en dit aan dezelfde prijs voor het gebruik van eenzelfde net. Hierbij wordt de kost- plus methode gebruikt. De VREG (2007) stelt in het marktrapport aangaande de Vlaamse energiemarkt in 2006 dat de energiekosten, de transmissiekosten, de distributiekosten en de heffingen samen de elektriciteitsprijs vormen. Het is de energieprijs, die eind 2006 een aandeel van 60% in de totale kostprijs had, die door de leverancier bepaald wordt. De prijs van distributie en transmissie en de heffingen worden door de overheid goedgekeurd of opgelegd en zou in principe voor iedereen binnen eenzelfde netgebied gelijk moeten zijn. Omdat elk van de distributienetbeheerders een verschillend tarief toepast, hangt de hoogte van de distributiekost voor de afnemer af van zijn woonplaats. Het verschil in distributiekosten tussen de verschillende netgebieden maakt dat de elektriciteitsprijs die afnemers betalen aanzienlijk hoger liggen in een duur distributienetgebied dan in een goedkoop. Zo werd er vastgesteld dat gezinnen die nog geen contract met een energieleverancier ondertekend hebben en dus toegewezen blijven aan hun standaardleverancier, voor hetzelfde verbruik €120 of 23,85% meer betalen dan in het goedkope netgebied.

Een ander rechtstreeks gevolg van de liberalisering van de elektriciteitsmarkt is volgens het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) de oprichting van de Belgische elektriciteitsbeurs Belpex (Belgian Power Exchange) op 7 juli 2005 door de Nederlands en Franse energiebeurs en de Nederlandse transmissienetbeheerder. Overtollige productie wordt er door de elektriciteitsproducenten aangeboden, die dan ingekocht kan worden door de elektriciteitsleveranciers. De Belpex (opgevraagd op 10 februari 2008) maakt korte termijnhandel in elektriciteit mogelijk. Elke dag wordt er bepaald hoeveel elektriciteit er geleverd en afgenomen zal worden op de volgende dag en tegen welke prijs.

#### **2.5.1.2 De gasmarkt**

Uit het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) blijkt dat de gasmarkt analoog aan de elektriciteitsmarkt georganiseerd wordt. Net zoals voor de levering van elektriciteit, sluit de consument een contract af met zijn gasleverancier die hij vrij kan kiezen en met de distributienetbeheerder van zijn regio. Er is geen productie van aardgas in België, dus deze dient aangekocht te worden. De gasleverancier verkoopt het door hem aangekochte gas en verzorgt ook de bijkomende dienstverlening. Hij hoort ook in het bezit te zijn van een leveringsvergunning en een toegangscontract afgesloten te hebben met de netbeheerders. Leveranciers van aardgas: Distrigas, EDF Belgium, ENECO Energiehandelsbedrijf, E. ON Ruhrgas, Essent Belgium, Gaz de France, Intergas levering, Nuon Belgium, RWE Energy Nederland, SPE, Theolia Benelux en Wingas.

Tot eind 2001 was het Distrigas dat aardgas inkocht, vervoerde, opsloeg en verkocht. Op 30 november 2001 werd de onderneming opgesplitst in Distrigas en Fluxys. Distrigas verzorgt de commerciële activiteiten zoals de in- en verkoop van aardgas. Fluxys heeft het feitelijk monopolie voor het vervoer van aardgas onder hoge druk van aan de grens tot bij de distributienetbeheerders of de eindafnemers die rechtstreeks aangesloten zijn op het vervoersnet van Fluxys. De distributienetbeheerders zorgen ervoor dat de eindafnemers voorzien worden van aardgas. In het marktrapport betreffende de Vlaamse energiemarkt in 2006 worden volgende distributienetbeheerders voor aardgas door de VREG (2007) voorgesteld: IGAO, GASELWEST, IMEWO, IVERLEK, PLIGAS/inter – energa, IVEKA, INTERGEM, IVEG, WVEM, SIBELGAS en Intergas Netbeheer.

Ook wat aardgas betreft, is het volgens de VREG (opgevraagd op 18 februari 2008b) nodig dat er een evenwicht bestaat tussen vraag en aanbod. De bevrachter of vervoernetgebruiker bepaalt de verbruiksprognose of nominatie en geeft deze door aan de vervoeronderneming (VO) Fluxys.

In het MIRA Achtergronddocument Energie (2006) wordt gesteld dat net zoals voor de bepaling van de elektriciteitsprijs, ook de gasprijs vóór de vrijmaking van de markt bepaald werd op basis van een kost - plus redenering. De aardgasprijs aan de Belgische grens werd vermeerderd met de opslag-, transport-, en distributiekosten, plus een zekere winst voor de bedrijven. Nu kunnen producenten en leveranciers zelf hun prijs vaststellen. De netbeheerders beschikken echter niet over deze vrijheid. Uit het marktrapport van de VREG (2007) aangaande de Vlaamse energiemarkt in 2006 blijkt dat de gasprijs uit dezelfde onderdelen als de elektriciteitsprijs bestaat: energie, distributie, vervoer en heffingen. Het belang van de energieprijs in de totale kostprijs van aardgas ligt met 69% wel hoger dan het aandeel van energie in de totale kostprijs van elektriciteit. Het gedeelte van de totale kostprijs van aardgas dat door de overheid gereguleerd wordt, bedraagt eind 2006 31%. Ook wat aardgas betreft is er een duidelijk verschil merkbaar tussen die prijs die een afnemer betaalt wanneer hij in een duur netgebied woont en de prijs die een afnemer betaalt voor hetzelfde verbruik maar dan in een goedkoop netgebied. Omdat olie en gas bijna perfecte substituten zijn, volgt de gasprijs meestal de prijs van olie. De kost van gaswinning en transport bepalen de aardgasprijs. De prijs stijgt door een toenemende vraag en door uitputting van bestaande velden waardoor er gas gewonnen moet worden uit gebieden die verder gelegen zijn van Europa wat een toename van de transportkosten veroorzaakt. Op de korte termijnmarkt Hub Zeebrugge kunnen verschillende partijen aardgas kopen en verkopen. In 2005 werd hiervoor een elektronisch platform georganiseerd waar men anoniem contracten kan afsluiten voor kortetermijnhandel in aardgas.

### **2.5.1.3 Relatie tussen de elektriciteits – en gasprijs**

De KVIV, Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging (2003), stelt dat hoe meer elektriciteit met aardgas geproduceerd wordt, hoe meer de aardgasprijs bepalend zal zijn voor de elektriciteitsprijs. Uit de statistieken van de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie (opgevraagd op 30 april 2008a/b) blijkt dat de prijs per kWh van aardgas hoger ligt dan die van elektriciteit en dat 27,9% van de totale productie van elektriciteit gebeurt op basis van gasachtige brandstoffen. In 2000 bedroeg dit aandeel 22,8%. Toch is het voornamelijk kernenergie die gebruikt wordt voor de productie van elektriciteit. Tijdens het gesprek met Dhr. Taymans (persoonlijke communicatie 18 februari 2008), business development manager bij Cummins (zie paragraaf 2.5.2.1) werd niet enkel deze relatie, maar ook de vertraging die de evolutie van de elektriciteitsprijs heeft ten opzichte van de evolutie van de aardgasprijs aangehaald. Het verkoopcontract van elektriciteit wordt namelijk afgesloten enkele dagen nadat het aankoopcontract met de gasleverancier aangegaan werd. Deze vertraging zou verklaard kunnen worden door het feit dat eerst de gasprijs dient te stijgen alvorens deze doorgerekend kan worden in de elektriciteitsprijs.

## **2.5.2 Het beheer van de WKK - installatie**

### **2.5.2.1 Uitbating WKK – installatie in eigen beheer**

Energik (2004) stelt dat indien een glastuinbouwer zelf een WKK –installatie uitbaat en financiert, hij ook zelf de geproduceerde warmte en elektriciteit aanwendt. De verwarmingsketels en het elektriciteitsnet dienen als back-up. Overtollige elektriciteit kan aan het elektriciteitsnet geleverd worden. Aan een WKK –installatie in eigen beheer zijn echter ook risico's verbonden. Wanneer de installatie uitvalt, kan dit een belangrijke verhoging van de elektriciteitsfactuur betekenen en de terugverdientijd van het project kan negatief beïnvloed worden wanneer brandstof –en elektriciteitsprijzen dalen gedurende de levensduur van de installatie. Cogen Vlaanderen (2004) beaamt dat deze methode financiële en technische risico's met zich meebrengt. De tuinbouwer moet namelijk zelf opdraaien voor de investerings- en onderhoudskosten. Niemand kan de eigenaar echter eisen opleggen en hij kan genieten van alle voordelen van WKK, inclusief de certificaten. Voorbeelden van deze financieringsvorm kan men volgens Maertens en Van Lierde (2002) terugvinden bij bedrijven die rozen telen. Bij de sierteelt wordt namelijk vaak assimilatiebelichting toegepast. De aanwending van WKK richt zich dan voornamelijk op de elektriciteitsvraag.

Desgewenst kan men volgens Cogen Vlaanderen (2004) de uitbating en het onderhoud overlaten aan een derde investeerder. Prijzen kunnen dan contractueel bepaald worden. Cummins (2007), met hoofdkantoor in de Verenigde Staten is een onderneming die motoren ontwerpt, produceert en verdeelt. 2 jaar geleden werd er een afzonderlijke NV opgericht voor de exploitatie van WKK – installaties in België. In 2004 werd er een eerste contract voor een WKK – installatie in de Belgische glastuinbouw afgesloten (Neefs, 2005). Na een gesprek met de heer Taymans (persoonlijke communicatie 18 februari 2008), business development manager bij Cummins, bleek dat WKK – installaties meer en meer in eigen beheer uitgebaat worden. In het geval dat Cummins zelf niet in de installatie investeert, en enkel de uitbating op zich neemt, ontvangt zij een fee voor coördinatie en poolvorming per MWh geproduceerde elektriciteit.

In 2006 werd de Warmtekracht Ondersteuningsmaatschappij W.O.M. (2006) opgericht met oog op het bundelen van krachten en het verdedigen van de belangen van WKK in eigen beheer. Haar statuten sommen niet limitatief de doelstellingen op. De vennootschap zal de leden bijstaan bij de aankoop van aardgas, de verkoop van elektriciteit en alle andere commerciële en administratieve handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks betrekking hebben op WKK. Dit geldt eveneens bij zowel de aanvraag en verkoop van warmtekrachtcertificaten als bij de aanvraag van subsidies verleend door de verschillende overheden. Bovendien zal W.O.M. haar leden ondersteunen bij het afsluiten van het aankoop –en onderhoudscontract.

#### **2.5.2.2 Een energiebedrijf als hoofdinvesteerder**

Ook volgens Peeters et al. (2007) worden de meeste WKK – projecten in eigen beheer uitgebaat. Wanneer men echter het opgesteld elektrisch vermogen bekijkt, bemerkt men dat samenwerking met een elektriciteitsmaatschappij de meest frequente beheervorm is die toegepast wordt.

Wanneer een energiebedrijf bereid is te investeren in een WKK – installatie, wordt de warmteafnemer volgens Cogen Vlaanderen (2004) minder blootgesteld aan de risico's, maar de voordelen, hoewel gegarandeerd, zijn ook beperkt. Energik (2004) voegt hieraan toe dat de totale of een gedeelte van de investeringskosten, de exploitatiekosten en de brandstofkosten bij deze financieringsmethode voor rekening van de elektriciteitsmaatschappij zijn. De geproduceerde elektriciteit gaat volledig naar het elektriciteitsnet waardoor de tuinbouwer niets bespaart op zijn elektriciteitsfactuur. De geproduceerde warmte daarentegen wordt door de maatschappij verkocht aan de tuinbouwer aan een lager tarief dan bij een gescheiden opwekking, op voorwaarde dat de energiegebruiker zich verbindt tot de afname van warmte voor een relatief lange periode.



Wanneer een tuinbouwer ervoor opteert om in partnership te gaan met bijvoorbeeld Electrabel (2007), zal Electrabel de geproduceerde elektriciteit overkopen mits de behoefte aan warmte bij de tuinbouwer stabiel is. Als compensatie voor de elektriciteit die aan het net geleverd wordt, biedt Electrabel een volledige dienstverlening aan. De gepaste financiële formule wordt in samenspraak bepaald waarbij de verhoging van de rentabiliteit van de klant steeds centraal blijft staan.

### **2.5.2.3 Een derde als hoofdinvesteerder**

Een derde beheervorm die door Energik (2004) beschreven wordt, is deze waarbij een financiële instelling, een leverancier of studiebureau kan investeren in een WKK -installatie. De manier waarop het beheerd wordt, is voor elk geval verschillend. In de meest complete vorm financiert de derde investeerder de kosten die gepaard gaan met de studie van het project, het ontwerp, de engineering, de aankoop en installatie van het systeem en de opvolging van de prestaties. Ook deze methode beperkt de risico's die de warmteafnemer zou kunnen lopen. Cogen Vlaanderen (2004) stelt dat in een dergelijk geval de investeerder de installatie bouwt en uitbaat bij de warmteafnemer. Eens de investeringskosten terugverdiend zijn, worden de winsten verdeeld tussen de warmteafnemer en de derde investeerder, wat maakt dat de voordelen voor de warmteafnemer klein zijn.

Uit het gesprek met Dhr. Taymans (persoonlijke communicatie, 18 februari 2008) bleek dat indien Cummins hoofdinvesteerder is, de enige winst voor de tuinder de besparing op zijn warmte is. De ontvangsten uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten (zie paragraaf 2.5.3.3) zijn voor Cummins. Deze financieringsvorm komt minder en minder voor omdat de banken meer vertrouwen gekregen hebben in warmtekrachtkoppeling waardoor het voor de tuinder eenvoudiger is om een lening te verkrijgen. Indien Cummins slechts een deel van de investering op zich neemt, ontvangt zij ook slechts een deel uit de verkoop van certificaten en elektriciteit. De tuinder bespaart op zijn warmte en ontvangt het andere gedeelte uit de inkomsten van de verkochte elektriciteit en certificaten.

Ook POLARGEN (opgevraagd op 23 april 2008), opgericht in 2003, ontwikkelt en beheert WKK – projecten en dit zowel in Nederland als België. Zowel op technisch als financieel vlak werkt POLARGEN samen met de Groeikracht vennootschappen. Voor elk WKK – installatie wordt er gewerkt met een systeem van gedeelde investering en elk project wordt in een Groeikracht vennootschap ondergebracht. POLARGEN bekommert zich om de bouwbegeleiding, de technische opvolging en productieplanning, de optimalisatie van de opbrengsten en de administratie. Ook de bedrijfsvoering wordt door POLARGEN op transparante wijze verzorgd. Op deze manier loopt de tuinbouwer weinig risico en ontstaan er, omwille van het bestaan van verscheidene Groeikracht vennootschappen,

schaalvoordelen. Tabel 2.7 vat de verschillende beheervormen samen. Q en E stellen hierbij respectievelijk de door de WKK – installatie geproduceerde warmte en elektriciteit voor. WKC staat voor warmtekrachtcertificaat.

Tabel 2.7: Mogelijke beheervormen van een WKK – installatie

Beheervorm	Begunstigde		
	Tuinbouwer	Energiebedrijf	Derde investeerder
Eigen beheer	-investeringskost -uitbatingskost +warmte + verkoop E / WKC	/	/
Energiebedrijf als investeerder	-goedkoop Q aankopen	-investeringskost -uitbatingskost +verkoop Q +verkoop E / WKC	/
Derde als hoofd-investeerder	- goedkoop Q aankopen	/	-investeringskost (100%) - uitbatingskost +verkoop Q +verkoop E / WKC
	- investeringskost (40%) - goedkoop Q aankopen + verkoop E(40%) + WKC(40%)	/	- investeringskost (60%) - uitbatingskost + verkoop Q + verkoop E(60%) + WKC(60%)
	- investeringskost (100%) - uitbatingskost - fee voor pool-vorming + verkoop E / WKC	/	+ Fee voor pool- vorming

### 2.5.3 Haalbaarheidsstudie

Nagaan of de inpassing van een WKK - installatie haalbaar is voor een bepaald bedrijf verloopt in 4 fasen. Een eerste stap in de haalbaarheidsstudie is het analyseren van de warmte –en elektriciteitsvraag van het bedrijf. Eens de totale energievraag gekend is, kan er overgaan worden tot de bepaling van het te installeren vermogen van de WKK – installatie. In de derde fase wordt er vervolgens nagegaan wat de kosten en baten zijn van het plaatsen van de WKK – installatie. Tenslotte dient er een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd te worden. Hierbij wordt nagegaan hoe het economische resultaat wijzigt wanneer er een verandering optreedt voor een bepaalde parameter.

#### **2.5.3.1 Fase 1: analyse van de totale energievraag en bepaling van de relevante energievraag voor de WKK - installatie.**

Op basis van de maandelijkse elektriciteitsrekening of aardgasfactuur verkrijgt men een eerste idee over de totale energievraag. Hierbij is het volgens Energik (2004) belangrijk op te merken dat aardgas gefactureerd wordt op de verbrandingswaarde terwijl het de stookwaarde is, die men gebruikt<sup>1</sup>. Deze bedraagt 90% van de bovenste verbrandingswaarde. Uitgaande van een ketelrendement van 90%, is de warmtevraag gelijk aan  $0,9 * 0,9 * \text{het aardgasverbruik op de factuur}$ . Omdat de facturatie slechts een eerste indruk geeft betreffende de energievraag, is het aangewezen metingen uit te voeren. De vraag naar warm water wordt gemeten door de meting van het waterdebiet te koppelen aan de meting van de vertrek–en retourtemperatuur van het water. De afwezigheid van de nodige meettoestellen, maakt dat de bepaling van de warmtevraag complexer is. Gegevens van het verloop van de elektriciteitsvraag kunnen verkregen worden van het elektriciteitsbedrijf.

De totale energievraag van een bedrijf is niet steeds gelijk aan de voor een WKK – installatie relevante energievraag. Dit kan voorkomen in situaties waarbij de activiteiten van de onderneming gespreid zijn over verscheidene gebouwen.

Niet enkel de grootte en het profiel van de elektriciteits –en warmtevraag horen volgens Cogen Vlaanderen (2006) onderzocht te worden. Andere aspecten zoals de mogelijkheid tot aansluiting van de installatie op het gas –en elektriciteitsnet, het vooruitzicht op eventuele proceswijzigingen die de

---

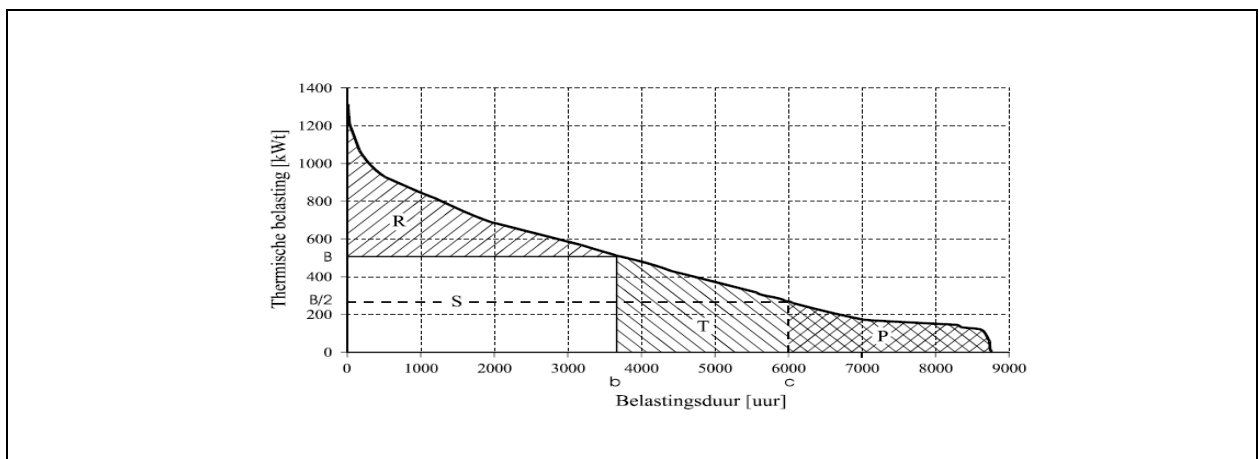
<sup>1</sup> De verbrandingswaarde is de energie – inhoud van de brandstof indien alle rookgassen afgekoeld zijn. De stookwaarde is de energie – inhoud van de brandstof indien alle rookgassen, uitgezonderd de gevormde waterdamp, afgekoeld zijn (Herman Marien, april 2008)

energievraag zou kunnen veranderen of de noodzaak tot het installeren van andere uitrustingen zoals een backup – boiler dienen aan een onderzoek onderworpen te worden.

### 2.5.3.2 Fase 2: bepaling van een technisch mogelijke warmtekracht – configuratie

Eens de energievraag bepaald, kan men een keuze maken betreffende de WKK – technologie. Volgens Energik (2004) kan men globaal stellen dat indien de temperatuur van de warmte die men nodig heeft lager ligt dan 120°C, men best opteert voor een WKK met motor. Indien de temperatuur hoger ligt, komt een WKK met turbine beter in aanmerking. Om een WKK – installatie te dimensioneren, is het nodig een jaarbelastingsduurcurve op te stellen. Hierbij wordt de belasting, thermisch of elektrisch, uitgezet in functie van de belastingsduur. De methode om op basis van deze curve het te installeren vermogen van de WKK – installatie te bepalen, wordt uitgelegd door de Commissie AMPERE (2000) aan de hand van onderstaand voorbeeld.

Figuur 2.8: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag



(Bron: Commissie AMPERE, 2000)

Eens de belastingsduurcurve opgesteld, wordt de rechthoek met het grootst mogelijk oppervlak, in dit voorbeeld oppervlak S, in het diagram ingeschreven. Punt B duidt het te installeren thermisch vermogen aan. Als de WKK – installatie op vollast werkt, zal ze gedurende b uren een vermogen van B kW<sub>th</sub> leveren. Via de warmtekrachtverhouding vindt men dan het te installeren elektrisch vermogen. Gedurende dit aantal uren (b), kan de installatie niet in de totale warmtebehoefte voorzien. De energie die bijkomend geleverd moet worden door ketels, wordt voorgesteld door het oppervlak R. Ook wanneer de WKK – installatie inactief is, dient er bijkomend warmte geleverd te worden. Dit wordt voorgesteld door de oppervlakken P en T. Indien het gaat om een installatie met motoren, dan kan deze, zolang het elektrisch rendement voldoende hoog blijft, ook op deellast werken. De WKK –

installatie is dan actief gedurende c uren. Dexters (2007) stelt echter dat een WKK toch best in vollast uitgebaat wordt omdat de rendementen snel wegzakken wanneer er in deellast gewerkt wordt.

Energik (2004) meent ook dat de financieringsvorm van de installatie een rol speelt bij de technische dimensionering. De WKK – installatie wordt enkel op de warmtevraag gedimensioneerd als ze door het energiebedrijf geplaatst wordt. Indien de installatie 'in eigen beheer' geëxploiteerd wordt, wordt zowel de elektriciteitsvraag als de warmtevraag in rekening gebracht. Zo verkrijgt men twee jaarbelastingsduurdiagrammen waaruit telkens het te installeren vermogen bepaald kan worden. Men kiest meestal de installatie die de meeste elektriciteit produceert met benutting van warmte.

Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) stelt dat wanneer de grootte van een WKK – installatie bepaald dient te worden voor een glastuinbouwer, er eveneens gedimensioneerd dient te worden op basis van de CO<sub>2</sub> – behoefte. Hoe dit in zijn werk gaat, werd verduidelijkt in een presentatie die op 19 april 2007 tijdens een studiedag betreffende de rendabiliteit van investeringen in energie – efficiëntie gegeven werd door Dhr. Marien. Eerst dient er bepaald te worden hoeveel kg CO<sub>2</sub> de tuinbouwer op een bepaalde dag of in een bepaalde week nodig heeft. Aan de hand van de emissiefactor, kan vervolgens bepaald worden hoeveel m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> gas er nodig is om die hoeveelheid CO<sub>2</sub> te verkrijgen. Aan de hand van de verbrandingswaarde wordt bepaald met hoeveel kWh/m<sup>2</sup> deze brandstoftoevoer overeenkomt. Hierna dient men via het elektrisch rendement van de WKK - installatie te bepalen hoeveel elektriciteit (in kWh/m<sup>2</sup>) de WKK – installatie zal opwekken. Het te installeren elektrisch vermogen wordt dan bepaald door de hoeveelheid opgewekte elektriciteit te vermenigvuldigen met de oppervlakte (m<sup>2</sup>) van de serre en te delen door het aantal uren dat er gedurende die dag of die week CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt. Om een jaarbelastingsduurdiagram op te stellen, dienen deze berekeningen voor elke dag of elke week van een jaar gemaakt te worden. Na driemaal gedimensioneerd te hebben (op basis van de warmte -, elektriciteits- en CO<sub>2</sub> – behoefte), verkrijgt men door de grootste rechthoek onder de curve te bepalen, ook telkens een te installeren vermogen. Dhr. Marien stelt in de presentatie dat de tuinbouwer best het vermogen kiest met het grootste elektrisch rendement waarbij de CO<sub>2</sub> optimaal benut wordt.

### **2.5.3.3 Fase 3: bepaling economische rendabiliteit**

#### a) De kosten

Cogen Vlaanderen (2006) beschrijft twee grote kostensoorten: de investeringskost die de uitrustingskosten, installatiekosten en projectkosten omvat en de werkings –en onderhoudskosten die opgedeeld kunnen worden in vaste en variabele kosten. De brandstof, de uitbatingskost, de

onderhoudskosten, de verzekering, de administratieve kosten, de belastingen en de intrest op een lening maken deel uit van de werkings – en onderhoudskosten. Tabel 2.8 toont uit welke componenten de investeringskost volgens Cogen Vlaanderen (2006) bestaat.

Tabel 2.8: Investeringskosten van een WKK - installatie

Uitrustingskosten	Installatiekosten	Projectkosten
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motorblok en generator</li> <li>- Warmterecuperatie -systeem</li> <li>- Bijstook</li> <li>- Uitlaatgassensysteem</li> <li>- Elektronica en automatisering</li> <li>- Brandstoftoevoer</li> <li>- Elektrische aansluiting</li> <li>- Thermische aansluiting</li> <li>- Ventilatie en verbrandingslucht -systemen</li> <li>- Geluidsomkasting</li> <li>- Vervoerskosten</li> <li>- Belastingen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installatievergunningen</li> <li>- Aankoop van het terrein en eventueel sanering</li> <li>- Gebouwen, funderingen, wegen</li> <li>- Constructie en bouw van de uitrusting</li> <li>- Documentatie en bouwtekeningen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kosten voor gedetailleerd ontwerp door architecten of studie bureau</li> <li>- Kosten voor het beheer van het project</li> <li>- Verzekering van de risico's inherent aan de bouwwerf</li> <li>- Kosten voor milieustudies en milieuvergunningen</li> <li>- Kosten voor keuring, inspecties,...</li> <li>- Wettelijke kosten</li> <li>Opleiding</li> </ul>

(Bron: Cogen Vlaanderen)

Energik (2004) stelt dat de investeringskost voor een grootschalig project (40 MW<sub>e</sub>) om en bij 25 miljoen euro bedraagt. Bij een kleiner project kan men zich verwachten aan een kost van 1 miljoen euro. Het onderhoud van een WKK - installatie bestaat uit klein onderhoud, groot onderhoud en een volledige controle. Het onderhoud in eigen beheer uitvoeren, biedt het voordeel van lagere onderhoudskosten en een hogere betrokkenheid. Bijscholing is hierbij echter noodzakelijk. Uitbesteding heeft het voordeel dat men een beter zicht heeft over de kosten en dat de verantwoordelijkheid volledig bij de firma ligt. De onderhoudskosten liggen wel hoger en men is volledig afhankelijk van de firma. Voor zowel de investerings –als onderhoudskost geldt dat naarmate het elektrisch vermogen van de installatie groter wordt, de kost per kW verkleint.

b) De baten

De besparing op de energierekening, warmtekrachtcertificaten en subsidies vormen de baten van een WKK – project.

*De besparing op de energierekening*

De berekening van de baten te wijten aan de geproduceerde energie wordt beschreven door Cogen Vlaanderen (2006). De opbrengst uit de geproduceerde warmte wordt berekend aan de hand van volgende formule:

Figuur 2.9: Bepaling van de opbrengst uit de geproduceerde warmte

$$V_q \times \frac{Q}{\eta_q}$$

(Bron: Cogen Vlaanderen, 2006)

Q symboliseert de geproduceerde hoeveelheid warmte (in MWh),  $V_q$  is de waarde van de brandstof (in €/ MWh) en  $\eta_q$  het rendement van de referentieketel. Een gelijkaardige formule wordt gehanteerd bij de berekening van de opbrengst die toe te schrijven is aan de geproduceerde elektriciteit:

Figuur 2.10: Bepaling van de opbrengst uit de geproduceerde elektriciteit

$$E \times V_E$$

(Bron: Cogen Vlaanderen, 2006)

E stelt de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit (in MWh) voor en  $V_E$  de waarde ervan (in €/MWh).

*De toekenning van de warmtekrachtcertificaten*

Het plaatsen van een WKK – installatie wordt in Vlaanderen aangemoedigd door middel van warmtekrachtcertificaten. Het Besluit van de Vlaamse regering van 7 juli 2006 ter bevordering van de elektriciteitsopwekking in kwalitatieve warmtekrachtinstallaties bepaalt dat deze maandelijks door de VREG toegekend worden en enkel op voorwaarde dat de warmtekrachtbesparing gerealiseerd werd door een installatie gelegen in het Vlaamse Gewest die bovendien als kwalitatief bestempeld kan worden. Ook dient te installatie voorzien te zijn van de nodige meetapparatuur om permanent de netto elektriciteitsproductie, de netto warmteproductie en het brandstofverbruik te meten. Dit besluit bepaalt eveneens aan welke criteria kwalitatieve warmtekrachtkoppeling moet voldoen. Een WKK – installatie die een relatieve primaire energiebesparing oplevert van minimum 10% en kleinschalige WKK – installaties met een relatieve primaire energiebesparing worden als kwalitatief bestempeld. Men spreekt van een kleinschalige WKK – installatie wanneer het geïnstalleerd vermogen kleiner is dan 1 MW<sub>e</sub>. Het besluit stelt dat de relatieve besparing van primaire energie aan de hand van volgende formule bepaald dient te worden:

Figuur 2.11: Formule voor de berekening van de relatieve primaire energiebesparing

$$BPE = \left( 1 - \frac{1}{\left( \frac{\alpha_Q}{\eta_Q} + \frac{\alpha_E}{\eta_E} \right)} \right) \times 100\%$$

(Bron: Vlaamse Regering, 2006)

Waarbij:

BPE de relatieve besparing op primaire energie is,

$\alpha_Q$  het warmterendement van het proces is, gedefinieerd als de jaarlijkse opbrengst aan nuttige warmte, gedeeld door de brandstofinvoer die is gebruikt om de som van de jaarlijkse opbrengst aan warmte, elektriciteit of mechanische energie te produceren,

$\eta_Q$  de rendementsreferentiewaarde voor gescheiden warmteproductie is,

$\alpha_E$  het elektriciteitsrendement van het proces is, gedefinieerd als de jaarlijkse netto-opbrengst aan elektriciteit of mechanische energie, gedeeld door de brandstofinvoer die is gebruikt om de som van de jaarlijkse opbrengst aan warmte, elektriciteit of mechanische energie te produceren. Als een warmtekrachtkoppelingseenheid mechanische energie genereert, kan de elektriciteit uit een warmtekrachtinstallatie op jaarbasis worden verhoogd met een aanvullend element dat staat voor de hoeveelheid elektriciteit die gelijk is aan die van mechanische energie,

$\eta_E$  de rendementsreferentiewaarde voor gescheiden elektriciteitsproductie of gescheiden productie van mechanische energie is (Vlaamse Regering, 2006).

De toe te passen referentierendementen, voorgeschreven door Europa, voor gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte zijn opgenomen in het Ministerieel besluit van 6 oktober 2006 inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties. In tabel 1 en 2 van bijlage 3 zijn de referentierendementen terug te vinden voor respectievelijk de gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit. Deze rendementen zijn gebaseerd op de onderste verbrandingswaarde en standaard ISO omstandigheden (15°C omgevingstemperatuur, 1.013 bar, 60% relatieve vochtigheid). De referentierendementen voor de gescheiden opwekking van elektriciteit moeten gecorrigeerd worden voor de klimaatomstandigheden en voor vermeden netverliezen. Voor elke graad waarmee de gemiddelde jaartemperatuur 15°C overstijgt, moet het referentierendement met 0,1% verlaagd worden. Een verhoging van het referentierendement met 0,1% is nodig voor elke graad waarmee de gemiddelde jaartemperatuur onder 15°C blijft. De



correctiefactoren voor de toepassing van referentierendementen voor de gescheiden opwekking van elektriciteit zijn terug te vinden in tabel 3 van bijlage 3. Om de correctie door te voeren, dient het referentierendement voor gescheiden opwekking van elektriciteit vermenigvuldigd te worden met de correctiefactor.

De certificaten worden maandelijks toegekend. Per 1000 kWh primaire energiebesparing verkrijgt men 1 certificaat. Deze besparing wordt volgens Cogen Vlaanderen (2006) berekend aan de hand van de formule weergegeven in figuur 2.12. De factor waarmee de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit vermenigvuldigd wordt, is de warmtekrachtbesparingsfactor (WKB).

Figuur 2.12: Formule voor het bepalen van de absolute primaire energiebesparing

$$PEB = E \cdot \left( \frac{1}{\eta_E} + \frac{\alpha_Q}{\alpha_E \cdot \eta_Q} - \frac{1}{\alpha_E} \right) = E \cdot WKB$$

(Bron: Cogen Vlaanderen, 2006)

E is de hoeveelheid elektriciteit (in MWh) die tijdens de beschouwde maand geproduceerd werd,  $\alpha_Q$  en  $\alpha_E$  zijn respectievelijk het thermisch en elektrisch rendement van de WKK – installatie en  $\eta_Q$  en  $\eta_E$  representeren respectievelijk het thermisch rendement van de referentieketel en het elektrisch rendement van de referentiecentrale. De referentierendementen bepaald door de Vlaamse regering (2006b) zijn opgenomen in tabel 4 en 5 van bijlage 3. Ditzelfde besluit bepaalt dat de gemeten hoeveelheid geproduceerde benutte warmte met 10% verhoogd wordt indien een warmtekrachtinstallatie gebruikt wordt voor de productie van CO<sub>2</sub>. De reden hiervoor ligt volgens Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) bij de brandstofbesparing van 10% die zich voordoet wanneer men aan CO<sub>2</sub> – bemesting doet met een WKK – installatie in plaats van met een verwarmingsketel, zoals besproken werd in paragraaf 3.2.1.

De verkregen certificaten kunnen vervolgens verkocht worden aan certificaatplichtigen, elektriciteitsleveranciers aangesloten op het distributie –of transmissienet. De Vlaamse regering (2006a) bepaalt dat zij verplicht zijn jaarlijks een bepaald aantal certificaten aan de VREG voor te leggen. De VREG aanvaardt slechts de certificaten die toegekend zijn voor een warmtekrachtbesparing, gerealiseerd door een kwalitatieve installatie in het Vlaamse Gewest en die voor het eerst in dienst genomen of ingrijpend gewijzigd werd na 1 januari 2002. De eerste 4 jaar na de indienstneming of ingrijpende wijziging van de installatie komen alle verkregen certificaten nog in aanmerking om aan de verplichting te voldoen. Vanaf de negenveertigste maand echter, worden er

slechts certificaten toegekend voor X% van de warmtekrachtbesparing. X wordt berekend aan de hand van volgende formule:

Figuur 2.13: Formule voor de bepaling van het percentage van de warmtekrachtbesparing waarvoor certificaten toegekend worden.

$$X = 100 \times \frac{RPE - 0,2(T - 48)}{RPE}$$

(Bron: Cogen Vlaanderen, 2006)

De RPE is de relatieve energiebesparing en T de periode tussen de datum van indienstneming en de productiemaand, uitgedrukt in maanden. Bij de berekening van de relatieve energiebesparing zijn het niet de Europese referentierendementen maar de rendementen opgenomen in het besluit van de Vlaamse Regering van 7 juli 2006 die gebruikt dienen te worden. Deze rendementen zijn terug te vinden in tabel 4 en 5 van bijlage 3.

Voor het resterende deel van de besparing worden er door de VREG (opgevraagd op 18 februari 2008e) certificaten toegekend die men niet kan gebruiken om aan de certificaatverplichting te voldoen maar die dienst doen als garantie van oorsprong. Deze garantie ontvangt men voor de productie van een hoeveelheid elektriciteit uit kwalitatieve WKK en kan eenmalig gebruikt worden om aan te tonen dat de geleverde elektriciteit afkomstig is uit kwalitatieve WKK.

Ook certificaten die men wel kan gebruiken om aan de certificaatverplichting te voldoen, kunnen gebruikt worden als garantie van oorsprong. De VREG (opgevraagd op 18 februari 2008e) beschouwt de garantie van oorsprong als een soort etiket dat met een bepaalde hoeveelheid elektriciteit verbonden is en dat apart van de elektriciteit verkocht kan worden. Op het ogenblik van de productie hangt dit etiket nog aan de geproduceerde elektriciteit, onmiddellijk erna niet meer. Op het moment dat men elektriciteit levert als elektriciteit uit kwalitatieve WKK – installaties, wordt het etiket aan die hoeveelheid elektriciteit gekoppeld. Elektriciteit mag enkel verkocht als elektriciteit uit kwalitatieve WKK indien er een garantie van oorsprong aan verbonden is. Het systeem is enkel betrouwbaar, indien elke garantie van oorsprong slechts één keer gebruikt kan worden als bewijs van de levering van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen. Het aantal garanties van oorsprong dat de leverancier aan de VREG voorlegt, dient aldus overeen te komen met de hoeveelheid geleverde elektriciteit als zijnde elektriciteit uit kwalitatieve WKK – installaties. Een garantie van oorsprong kan men verkrijgen door zelf elektriciteit uit kwalitatieve WKK – installaties te produceren of door deze aan te kopen bij een producent van elektriciteit uit kwalitatieve WKK – installaties. Het certificaat kan best eerst dienst doen als garantie van oorsprong (nadat men het certificaat benut heeft om te voldoen aan de

certificaatverplichting is het niet meer in de handel en kan het dus niet meer gebruikt worden als garantie van oorsprong).

Warmtekrachtcertificaten worden niet op papier ontvangen maar door de VREG (opgevraagd op 8 februari 2008e) geregistreerd in een centrale databank. De verkoper selecteert de certificaten die hij wenst te verhandelen uit zijn portefeuille, duidt een koper aan en bevestigt de verkoop schriftelijk aan de VREG. Na de definitieve goedkeuring van de verkoop worden de certificaten zichtbaar in de portefeuille van de koper.

Stroobandt (2007b) stelt dat de prijs van een certificaat door de markt wordt bepaald en dat deze de grootte van de boete, die betaald dient te worden door de certificaatplichtigen die niet aan hun verplichting kunnen voldoen, benadert. Het kopen van certificaten kan afgetrokken worden van de belastingen, het betalen van een boete niet, wat maakt dat de marktprijs zelfs lichtjes hoger kan liggen dan het bedrag van de boete. Het Decreet van 7 juli 2000 houdende de organisatie van de elektriciteitsmarkt, bepaalt dat de administratieve geldboete per ontbrekend certificaat 45 euro bedraagt op 31 maart 2007 en daarna. De VREG (opgevraagd op 18 februari 2008e) bepaalt dat deze boetes terechtkomen in het Energiefonds dat door de Vlaamse regering gebruikt wordt om haar beleid inzake rationeel energiegebruik, haar sociaal energiebeleid en openbare dienstverplichtingen te financieren. De certificaatgerechtigde kan volgens Stroobandt (2007b) de distributienetbeheerder verzoeken om warmtekrachtcertificaten op te kopen. Deze is dan verplicht de koop aan te gaan en een vaste minimumprijs van 27 euro te betalen.

#### *Opbrengst uit de verkoop van elektriciteit*

De verkoop van warmtekrachtcertificaten hoeft volgens de VREG (opgevraagd op 18 februari 2008e) niet gepaard te gaan met de verkoop van elektriciteit. De prijs wordt volledig vrij bepaald tussen de producent en de leverancier die de stroom van hem afneemt.

Uit het gesprek met Dhr. Taymans (persoonlijke communicatie 18 februari 2008) bleek dat men voornamelijk de elektriciteit aan SPE verkoopt. Er wordt een vaste prijs bepaald en dit voor een jaar. De prijs per MWh<sub>e</sub> is niet voor elk contract gelijk en verschilt van jaar tot jaar, wat geïllustreerd wordt in onderstaande tabel.

Tabel 2.9: Evolutie van de verkoopprijs voor een bepaald contract

	2006	2007	2008
Normale uren	€52/MWhe	€69/MWhe	€80/MWhe
Stille uren	€27/MWhe	€35,5/MWhe	€50/MWhe

Wanneer men op voorhand weet dat een installatie op een bepaalde dag niet in werking zal zijn en men dus niet kan voldoen aan de levering die voorop gesteld werd, kan men dit de dag voordien melden en zal men de nodige elektriciteit aankopen op de beurs aan de dagprijs. Wanneer er geen melding gemaakt wordt, ontstaat er onbalans. Vanaf het ogenblik dat men minder dan 90% van de nominatie produceert, dient er een boete betaald te worden. Deze bedraagt de dagprijs verhoogd met 10%.

#### *Subsidies*

Zowel op federaal als op gewestelijk niveau kan het plaatsen van een WKK – installatie op financiële steun rekenen. Of federaal niveau kan men genieten van een verhoogde investeringsaftrek, op gewestelijk niveau is er een call – systeem. Daarnaast voorziet ook het Departement Landbouw en Visserij van de Vlaamse overheid de mogelijkheid tot het verkrijgen van een subsidie. Het Vlaams Energieagentschap verleent steun aan demonstratieprojecten.

Energik (2004) stelt dat op federaal niveau de installatie van een WKK – installatie gepromoot wordt aan de hand van een *verhoogde investeringsaftrek*. Het Vlaams energieagentschap van de Vlaamse Overheid (2007) bepaalt dat de belastingplichtigen onderworpen aan de personenbelasting, aan de vennootschapsbelasting of aan de belasting der niet – verblijfhouders en beoefenaars van vrije beroepen recht hebben op een investeringsaftrek. Hierbij wordt een gedeelte van de aanschaffingswaarde of beleggingswaarde van de materiële vaste activa die in nieuwe staat verkregen of tot stand gebracht zijn, in mindering gebracht van de winst of de baten. De aftrek bestaat uit een basisaftrek en een verhoogde investeringsaftrek. De basisaftrek is een percentage dat gekoppeld is aan de evolutie van de indexcijfers van de consumptieprijzen met een minimum van 3,5% en een maximum van 10,5%. Deze basisaftrek kan verhoogd worden met 10% wanneer het gaat om:

- octrooien
- vaste activa die worden gebruikt ter bevordering van het onderzoek en de ontwikkeling van nieuwe producten en toekomstgerichte technologieën die geen effect hebben op het leefmilieu of die beogen het negatieve effect op het leefmilieu zoveel mogelijk te beperken.

- Vaste activa die dienen voor een rationeel energieverbruik voor de verbetering van de industriële processen uit energetische overwegingen en voor de terugwinning van energie in de industrie.

Niet elke investering komt zomaar in aanmerking tot een verhoogde aftrek. De investering moet behoren tot 1 van de 12 categorieën die opgesomd worden in de bijlagen van het aanvraagformulier en elk van deze categorieën bevatten een aantal beperkingen. Het investeren in een WKK –installatie valt onder categorie 7. Het betreft voornamelijk de apparatuur die in aanmerking komt voor een verhoogde aftrek:

- gasturbines, diesel –en gasmotoren
- generatoren
- warmtewisselaars
- investeringen voor het opslaan van brandstof binnen de inrichting
- geluidsisolatie
- rookgasreinigingsapparatuur
- apparatuur ter behandeling van ketelvoedingswater
- elektrische en elektronische apparatuur voor aansluiting op het interne elektriciteitsnet

Er zijn wel enkele voorwaarden gesteld betreffende de elektrische en thermische rendementen:

Figuur 2.14: Voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek.

$$\begin{aligned}\eta_e + \frac{2}{3} \times \eta_q &\geq 50\% \\ \eta_e / (\eta_e + \eta_q) &\geq 25\% \\ \eta_q / (\eta_e + \eta_q) &\geq 25\%\end{aligned}$$

(Bron: Vlaamse Overheid, Vlaams Energieagentschap, 2007)

Waarbij  $\eta_e$  de verhouding is, uitgedrukt in percentage, tussen de op jaarbasis geproduceerde elektrische energie en de totale aan het systeem op jaarbasis toegevoerde energie, berekend op de onderste verbrandingswaarde van de brandstof.

Waarbij  $\eta_q$  de verhouding is, uitgedrukt in percentage, tussen de op jaarbasis geproduceerde thermische energie en de totale aan het systeem op jaarbasis toegevoerde energie, berekend op de onderste verbrandingswaarde van de brandstof.

Er zijn ook *andere steunmaatregelen*, voorzien op Vlaams niveau die door Stroobandt (2007a) besproken worden. Tot september 2007 bestond er een ecologiepremie, bedoeld als financiële stimulans voor ondernemingen die in het Vlaamse Gewest milieu-investeringen of investeringen op energiegebied wilden realiseren. Deze premie is nu vervangen door een call-systeem. Steun voor demonstratieprojecten is afkomstig van het Vlaams Energieagentschap. Het gaat hierbij om projecten die nieuwe technieken voor energiebesparing of milieuvriendelijke energieproductie toepassen. Enkel het deel dat een nieuwe toepassing in Vlaanderen of in de sector betekent, komt in aanmerking voor de steun. Er wordt een subsidie toegekend van 35 %, tot een maximumbedrag van 250.000 euro. Een onderzoeksinstelling volgt de projecten op om zo de resultaten van het demonstratieproject te verspreiden.

Ook subsidieert de Vlaamse overheid (2006) via het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds investeringen. De steun kan 10% tot 40% van de investering bedragen en wordt toegekend indien men aan bepaalde algemene en bijzondere voorwaarden voldoet. Wat WKK – installaties betreft, dienen zij geplaatst te zijn als verwarmingsinstallatie voor het productiebedrijf en worden ze enkel gesubsidieerd indien de producent er eigenaar van is en de installatie ook exploiteert. Wanneer een derde de installatie beperkt (20%) mee financiert, zou de installatie ook voor steun in aanmerking kunnen komen. Verder dient de installatie gedimensioneerd te zijn op basis van de warmtebehoefte van het bedrijf. Indien de geproduceerde warmte ook verkocht zou worden, zou dit betekenen dat de installatie overgedimensioneerd is en zal deze niet gesubsidieerd worden. De WKK – installatie, de rookgasreiniger, de rookgascondensor en een buffer komen in aanmerking voor een steun van 40%. Het subsidiabele bedrag wordt beperkt tot een maximumbedrag per m<sup>2</sup>. Voor serres met een lichte verwarming bedraagt dit €55/m<sup>2</sup>, serres die zwaar verwarmd zijn en die over energiebesparende voorzieningen beschikken, wordt het maximum investeringsbedrag waarop steun verkregen kan worden, bepaald op €100/m<sup>2</sup>. Maximaal wordt er voor de periode 2007 – 2013 steun verleend op een bedrag van 1 miljoen euro. De subsidie kan verleend worden onder de vorm van rentesubsidie en/of kapitaalpremie. Steun onder de vorm van een rentesubsidie wordt verkregen wanneer er een lening aangegaan werd om de investering te financieren. Indien er eigen middelen aangewend worden voor de financiering, wordt de steun toegekend onder de vorm van een premie. Hoe minder dat er op korte termijn geleend wordt, hoe groter het deel dat als kapitaalpremie uitbetaald zal worden. De rentesubsidie voor investeringen die van 30% of 40% steun genieten, bedraagt maximaal 4% gedurende maximaal 15 jaar.

#### **2.5.3.4 Fase 4: sensitiviteitsanalyse**

Om na te gaan of het project nog haalbaar is wanneer bepaalde omstandigheden wijzigen, is het nodig een sensitiviteitsanalyse uit te voeren. Zo kunnen wijzigingen aan het licht gebracht worden die algemene prestaties kunnen verbeteren en kan er nagegaan worden of er parameters zijn waaraan het resultaat niet gevoelig is, waardoor deze niet nauwkeurig bepaald hoeven te worden.

### 3 Praktijkvoorbeeld 1: tomatenteelt.

Uit het gesprek met Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) bleek dat het installeren van een rookgascondensator een positieve invloed heeft op de haalbaarheid van het project. Om deze reden zal er op technisch, ecologisch en economisch vlak nagegaan worden hoe de situatie wijzigt indien er bij de WKK – installatie een condensator geïnstalleerd wordt.

#### 3.1 Het tuinbouwbedrijf: energievraag en CO<sub>2</sub> - behoefte

Het glastuinbouwbedrijf van Dhr. Smets is gelegen te Sint – Katelijne – Waver en is 1,4 ha groot. Omdat de rookgassen afkomstig van een verwarmingsketel met extra zware stookolie als brandstof niet geschikt zijn om aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen en omdat de prijs per MWh van aardgas hoger is dan die van stookolie, staan er twee verwarmingsketels ter beschikking: één met aardgas als brandstof en één op extra zware stookolie (1% zwavel). Er wordt enkel met aardgas verwarmd als de planten CO<sub>2</sub> nodig hebben. In 2006 werd er 2.796,05 MWh aardgas en 363.601 kg extra zware stookolie aangekocht. De aankoop van stookolie in een bepaalde maand zal gebruikt worden in de periode die daarop volgt. De aankoop van een hoeveelheid stookolie die plaatsvond op 31 januari, zal in februari verbruikt worden en vormt dus een gedeelte van de warmtebehoefte in de maand februari. Om de energie – inhoud van de aangekochte stookolie te kennen, dient het aantal kilogram stookolie vermenigvuldigd te worden met de verbrandingswaarde van extra zware stookolie. Het is de verbrandingswaarde en niet de stookwaarde die hiervoor gebruikt wordt, omdat de tuinbouwer over een condensator beschikt. Ook de warmte uit de rookgassen wordt gerecupereerd, het is de totale warmte – inhoud die geldt. Uit tabel 1 van bijlage 1 blijkt dat de verbrandingswaarde van extra zware stookolie 0,01183 MWh/kg bedraagt. De aankoop van 363.601 kg extra zware stookolie komt dan overeen met een warmte –inhoud van 4.301,4 MWh. De gasaankoop wordt op het einde van de maand afgerekend, de factuur die men eind januari ontvangt, geeft het gasverbruik in de maand januari weer. In totaal werd er dus 7.097,45 MWh aan brandstof gekocht. Uitgaande van verwarmingsketels met een rendement van 90%, bedraagt de warmtebehoefte ongeveer 6.387,70 MWh.

De behoefte aan elektriciteit is voor een tomatenteelt beperkt. De heer Smets heeft in 2006 130,61 MWh elektriciteit verbruikt.

Omdat Dhr. Smets enkel met aardgas verwarmt indien er CO<sub>2</sub> gedoseerd dient te worden, kan aan de hand van de gasaankoop bepaald worden hoeveel CO<sub>2</sub> er per maand nodig is. Uit tabel 2 van bijlage 2 blijkt dat per kWh<sub>th</sub>, er 252,55 gr CO<sub>2</sub> uitgestoten wordt. Hierbij werd wel uitgegaan van een



ketelrendement van 80%. Uitgaande van een rendement van 80% zal de verwarmingsketel 2.236.837,60 kWh warmte opwekken, waarbij er 564,91 ton CO<sub>2</sub> geproduceerd wordt die in de serre gebracht kan worden. Tabel 3.1 vat de energiebehoefte van het tuinbouwbedrijf van Dhr. Smets samen, in tabel 1 van bijlage 4 zijn per maand de gegevens van de aankoop van gas, de afgeleide warmtevraag en de CO<sub>2</sub> – behoefte terug te vinden. Tabel 2 van diezelfde bijlage geeft de gegevens van de aankoop en het verbruik van extra zware stookolie en de daaruit afgeleide warmtebehoefte weer.

Tabel 3.1: Energie –en CO<sub>2</sub> – behoefte van het tomatenteeltbedrijf in 2006

Warmte opgewekt uit extra zware stookolie (MWh)	3.871,26
Warmte opgewekt uit aardgas (MWh)	2.516,44
Totaal warmte (MWh)	6.387,70
Elektriciteit (MWh)	130,61
CO <sub>2</sub> (ton)	564,91

## 3.2 Technische aspecten

### 3.2.1 Bepaling grootte WKK – installatie

#### 3.2.1.1 Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag

Om de grootte van de WKK – installatie te bepalen, dient er een jaarbelastingsduurdiagram opgesteld te worden. De Y – as toont het thermisch vermogen, de X – as geeft de duur aan.

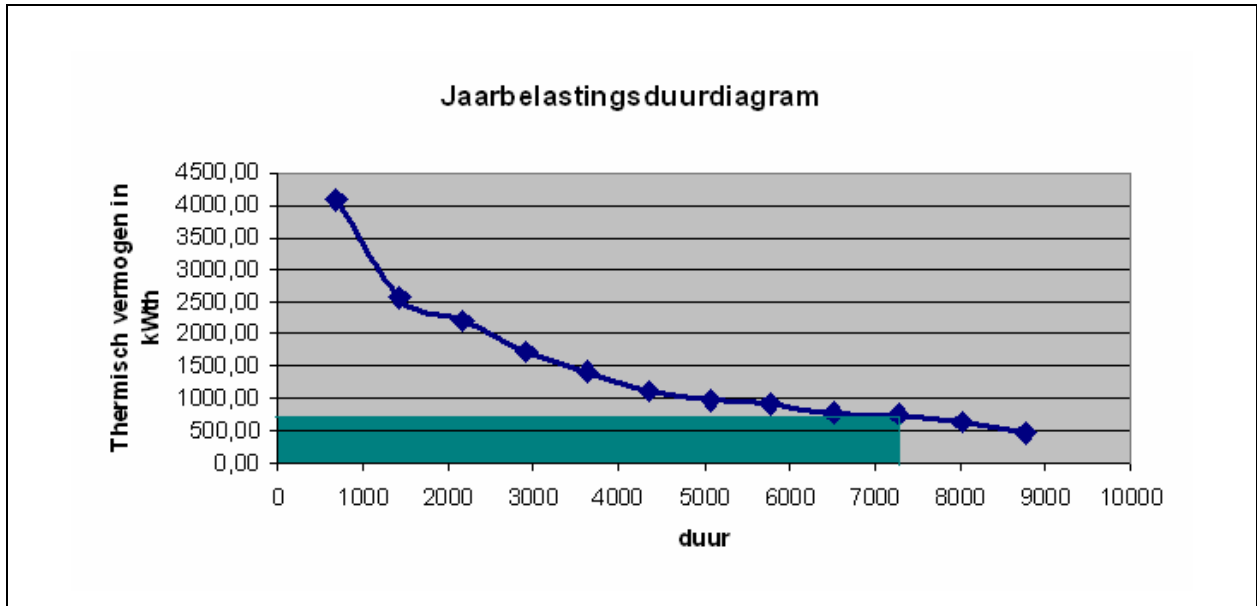
Een eerste stap bij de opstelling van een jaarbelastingsduurdiagram is het bepalen van de thermische vermogens. Hierbij wordt er vertrokken van de hoeveelheid warmte die er in de serre nodig is. De gegevens per maand in kWh zijn terug te vinden in kolom 2 van tabel 3.2. Door de maandelijkse warmtevraag te delen door het thermisch rendement van een WKK – installatie, kan er berekend worden hoeveel gas een WKK – installatie nodig heeft om dezelfde hoeveelheid warmte op te wekken. Er is uitgegaan van een thermisch rendement van 50%. Uit kolom 3 van tabel 3.2 blijkt dat een WKK – installatie op jaarbasis 12.775,40 MWh gas nodig zal hebben. Wanneer deze hoeveelheid gas gedeeld wordt door het aantal uren per maand, bekomt men het thermisch vermogen dat er nodig is om in de warmtebehoefte van die maand te voorzien. Dit wordt weergegeven in kolom 4 en 5 van tabel 3.2. Vervolgens worden de vermogens gerangschikt van klein naar groot en dient men te bepalen voor

welke duur er een bepaald vermogen nodig is. Zo heeft men een vermogen van 4.082,36 kW slechts nodig gedurende 672 uren per jaar, een vermogen van 2.581,24 kW heeft men nodig gedurende  $672 + 744 = 1416$  uren per jaar, enz. Het jaarbelastingsduurdiagram dat weergegeven wordt in figuur 3.1, kan bepaald worden op basis van kolom 6 en 7 van tabel 3.2.

Tabel 3.2: Bepaling van het jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag.

Maand	Hoeveelheid warmte nodig in de serre (kWh)	Hoeveelheid brandstof die de WKK nodig heeft om in de warmtebehoefte te voorzien (kWh)	Uren/maand	Thermisch vermogen (kW)	Thermisch vermogen gerangschikt van klein naar groot	Duur (uren)	Oppervlakte
jan/06	960.219,81	1.920.439,62	744	2.581,24	481,11	8760	4.214.539,71
feb/06	1.371.672,32	2.743.344,65	672	4.082,36	646,13	8016	5.179.376,79
mrt/06	822.392,14	1.644.784,27	744	2.210,73	761,49	7272	5.537.586,95
apr/06	516.039,02	1.032.078,04	720	1.433,44	771,56	6528	5.036.720,52
mei/06	283.275,90	566.551,80	744	761,49	915,47	5784	5.295.064,02
jun/06	405.509,40	811.018,80	720	1.126,42	973,03	5064	4.927.443,67
jul/06	240.360,30	480.720,60	744	646,13	1.126,42	4344	4.893.146,76
aug/06	287.019,00	574.038,00	744	771,56	1.433,44	3624	5.194.792,81
sep/06	329.568,30	659.136,60	720	915,47	1.726,83	2904	5.014.709,54
okt/06	642.380,15	1.284.760,30	744	1.726,83	2.210,73	2160	4.775.180,14
nov/06	350.292,20	700.584,41	720	973,03	2.581,24	1416	3.655.030,24
dec/06	178.973,60	357.947,21	744	481,11	4.082,36	672	2.743.344,65
Totaal	6.387.702,15	12.775.404,29					

Figuur 3.1: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de warmtevraag



Wanneer de rechthoek met de grootste oppervlakte bepaald wordt, ziet men dat het te installeren thermisch vermogen gelijk is aan 761,49 kW<sub>th</sub>. Het te installeren elektrisch vermogen kan bepaald worden aan de hand van de warmtekrachtverhouding<sup>2</sup>. Hiervoor dienen echter de rendementen van de WKK – installatie gekend te zijn. Omdat deze, aan de hand van het Excel – bestand van Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007), berekend worden op basis van het elektrisch vermogen wat nog niet bepaald is, kunnen de werkelijke rendementen en dus ook de werkelijke warmtekrachtverhouding nog niet uitgerekend worden. Om het elektrisch vermogen van de WKK – installatie te bepalen, zal er dan voorlopig uitgegaan worden van de elektriciteit – warmteratio die in Bijlage 2 van het Besluit van de Vlaamse regering van 7 juli 2006 ter bevordering van de elektriciteitsopwekking in kwalitatieve *warmtekrachtinstallaties* bepaald wordt op 0,75 voor interne verbrandingsmotoren. De elektriciteit – warmte ratio is de inverse van de warmtekrachtverhouding. Door het thermisch vermogen te vermenigvuldigen met de elektriciteit – warmteratio verkrijgt men het te installeren elektrisch vermogen dat in dit geval gelijk is aan 571,12 kW<sub>e</sub>. Omdat het te installeren vermogen klein is en de WKK bijna het ganse jaar in werking zou moeten zijn, heeft Dhr. Marien het advies gegeven om de grootte van de WKK – installatie zó te bepalen dat deze tijdens de normale uren, van 7u tot 22u, wanneer de prijs van elektriciteit het hoogst is, in werking zal zijn.

---

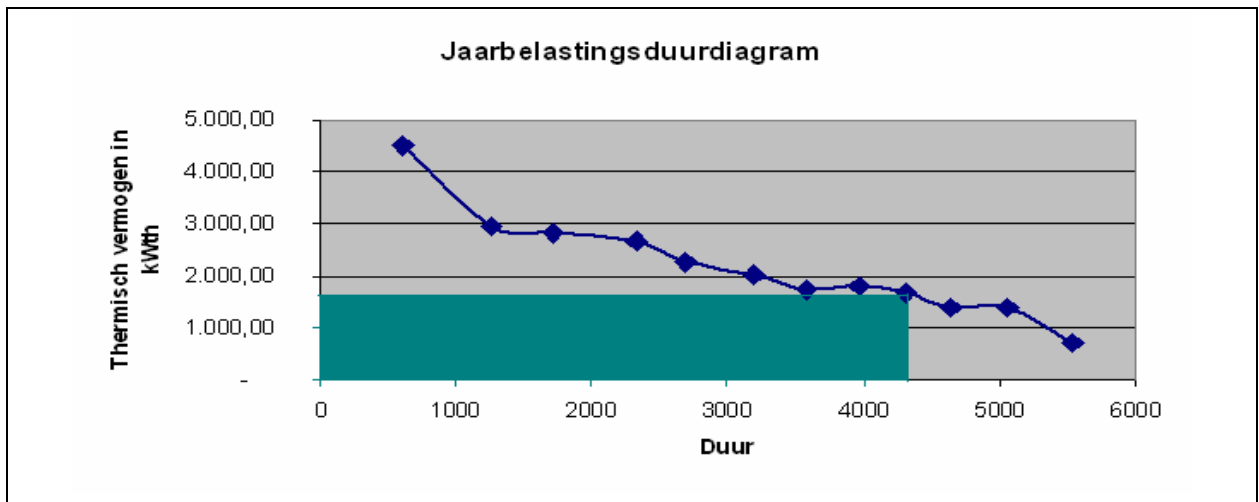
<sup>2</sup> De warmtekrachtverhouding is de verhouding tussen de geproduceerde hoeveelheid warmte en de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit (Cogen Vlaanderen, 2006)

### 3.2.1.2 Jaarbelastingsduurdiagram op basis van het aantal uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn

Om deze jaarbelastingsduurcurve op te stellen, dient er opnieuw uitgegaan te worden van de brandstof die de WKK – installatie nodig heeft om in de warmtebehoefte te voorzien, afgebeeld in kolom 2 van tabel 3.3. Het thermisch vermogen dat men per maand nodig heeft om in de warmtebehoefte van die maand te voorzien, wordt bepaald door de warmte – inhoud van de brandstof te delen door het aantal uren dat de WKK – installatie zal draaien. De WKK – installatie zal gedurende 3478 normale uren en 2062 stille uren per jaar in werking zijn, wat totaliseert tot 5540 uren per jaar. Deze uren komen overeen met het aantal uren dat een WKK – installatie van een vergelijkbare tomatenteler onder het beheer van Cummins, in bedrijf is.

Eens de verschillende vermogens bepaald, dient men te weten voor welke duur de installatie een bepaald vermogen nodig heeft om in de warmtebehoefte te voorzien. Daartoe dienen de vermogens gerangschikt te worden van klein naar groot. Dit wordt weergegeven in kolom 5 van tabel 3.3, de duur wordt weergegeven in kolom 6. De WKK – installatie zal gedurende 5540 uren een vermogen nodig hebben van 729,02 kW om in de warmtebehoefte te voorzien. Een vermogen van 1409,33 kW is nodig voor  $5540 - 491 = 5049$  uren. Op basis van de gegevens van kolom 5 en 6 van tabel 3.3 kan de jaarbelastingsduurcurve opgesteld worden. Deze curve wordt afgebeeld in figuur 3.2. De berekening van de oppervlakten onder de rechthoek wordt weergegeven in de laatste kolom van tabel 3.3. De grootste rechthoek, afgebeeld in figuur 3.2, wordt gevormd bij een duur van 4306 uren en een thermisch vermogen van 1.683,40 kW.

Figuur 3.2: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van het aantal uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn



Tabel 3.3: Bepaling van het jaarbelastingsduurdiagram op basis van het aantal uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn.

Maand	Hoeveelheid brandstof die de WKK nodig heeft om in de warmtebehoefte te voorzien (kWh)	Totaal aantal uren dat de WKK in werking is	Thermisch vermogen (kW)	Thermisch vermogen gerangschikt van klein naar groot	Duur	Oppervlakte
jan/06	1.920.439,62	651	2.949,98	729,02	5540	4.038.752,61
feb/06	2.743.344,65	609	4.504,67	1.409,33	5049	7.115.721,49
mrt/06	1.644.784,27	617	2.665,78	1.409,74	4647	6.551.051,70
apr/06	1.032.078,04	510	2.023,68	1.683,40	4306	7.248.702,72
Mei/06	566.551,80	402	1.409,33	1.796,37	3965	7.122.608,15
jun/06	811.018,80	357	2.271,76	1.753,02	3575	6.267.056,77
jul/06	480.720,60	341	1.409,74	2.023,68	3199	6.473.760,11
Aug/06	574.038,00	341	1.683,40	2.271,76	2689	6.108.766,26
Sep/06	659.136,60	376	1.753,02	2.665,78	2332	6.216.591,45
okt/06	1.284.760,30	455	2.823,65	2.823,65	1715	4.842.558,04
Nov/06	700.584,41	390	1.796,37	2.949,98	1260	3.716.979,91
Dec/06	357.947,21	491	729,02	4.504,67	609	2.743.344,65
Total	12.775.404,29	5540				

Om dezelfde reden als voorheen (zie paragraaf 3.2.1.1) zal het thermisch vermogen dat 1.683,40 kW bedraagt, vermenigvuldigd worden met 0,75, de elektriciteit – warmteratio. Zo verkrijgt men een te installeren elektrisch vermogen van 1.262,55 kW<sub>e</sub>. Het is op basis van dit vermogen dat de rendementen en de warmtekrachtverhouding van de WKK – installatie bepaald zullen worden. Hieruit volgt dat er ook een ander thermisch vermogen zal gelden.

### 3.2.2 Kenmerken van de WKK – installatie

#### 3.2.2.1 WKK – installatie zonder rookgascondensator

Tabel 3.4 geeft een overzicht van de kenmerken van de WKK – installatie indien er geen rookgascondensator geïnstalleerd is. Een WKK – installatie met een elektrisch vermogen van 1.262,55 kW zal volgens het Excel – bestand van Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007) een elektrisch rendement hebben van 39%. Uitgaande van een totaal rendement van 85%, bedraagt het thermisch rendement van de installatie 46%. Deze rendementen kunnen vervolgens gebruikt worden om de warmtekrachtverhouding en het betreffende thermisch vermogen te bepalen. De warmtekrachtverhouding is gelijk aan  $0,46/0,39 = 1,18 \text{ kW}_{th}/\text{kW}_e$ , het thermisch vermogen wordt berekend door het elektrisch vermogen te vermenigvuldigen met de warmtekrachtverhouding. Het thermisch vermogen is dus gelijk aan  $1.262,55 \text{ kW}_e * 1,18 \text{ kW}_{th}/\text{kW}_e = 1.488,60 \text{ kW}_{th}$ .

Tabel 3.4: Kenmerken van de WKK – installatie zonder rookgascondensator

Elektrisch vermogen	1.262,55 kW
Elektrisch rendement	39%
Thermisch rendement	46%
Warmtekrachtverhouding	1,18
Thermisch vermogen	1.488,60 kW
<b>Energieopwekking door de WKK - installatie</b>	
Warmte	8.246,86 MWh <sub>th</sub>
Elektriciteit	6.994,51 MWh <sub>e</sub>
<b>Energiebehoefte waarin de WKK – installatie niet voorziet</b>	
Warmte	465,11 MWh

De installatie zal gedurende 5540 uren in werking zijn en 6.994,51 MWh<sub>e</sub> en 8.246,86 MWh<sub>th</sub> per jaar produceren. In februari vangt de WKK – installatie de warmtebehoefte niet volledig op. Er is nog 465,11 MWh aan warmte nodig die geproduceerd zal worden door de verwarmingsketel. Hiertoe zal er, uitgaande van een rendement van 90% van een verwarmingsketel, 516,79 MWh gas aangekocht dienen te worden. In tabel 3 van bijlage 4 zijn per maand de gegevens van de elektriciteit en warmte geproduceerd door de WKK – installatie zonder rookgascondensator terug te vinden. Tabel 4 van bijlage 4 geeft weer hoeveel warmte er bijkomend geleverd zal moeten worden en hoeveel brandstof de verwarmingsketel hiervoor heeft.

### 3.2.2.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Indien er een rookgascondensator geplaatst wordt, zal het thermisch rendement verhogen. Het Excel – bestand van Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007) bepaalt dat het thermisch rendement in dat geval 56% zal bedragen. Dit heeft tot gevolg dat zowel de warmtekrachtverhouding als het thermisch vermogen wijzigt. De kenmerken van de WKK – installatie met rookgascondensator worden samengevat in tabel 3.5.

Tabel 3.5: Kenmerken van de WKK – installatie met rookgascondensator

Elektrisch vermogen	1.262,55 kW
Elektrisch rendement	39%
Thermisch rendement	56%
Warmtekrachtverhouding	1,44
Thermisch vermogen	1.812,27 kW
<b>Energieopwekking door de WKK - installatie</b>	
Warmte	10.039,97 MWh <sub>th</sub>
Elektriciteit	6.994,51 MWh <sub>e</sub>
<b>Energiebehoefte waarin de WKK – installatie niet voorziet</b>	
Warmte	268,00 MWh

In dit geval zal de WKK – installatie 10.039,97 MWh aan warmte opwekken. De productie van elektriciteit blijft gelijk. Tabel 5 van bijlage 4 geeft weer hoeveel warmte en elektriciteit de WKK – installatie per maand opwekt. Tabel 6 van bijlage 4 toont aan dat ook ditmaal de WKK – installatie in februari niet volledig in de warmtebehoefte kan voorzien. Er is nog 268,00 MWh aan warmte nodig. Hiervoor zal er, uitgaande van een rendement van 90% van de verwarmingsketel, 297,78 MWh aan brandstof aangekocht dienen te worden.

### 3.2.3 Plaatsing van een buffer

De buffer die Dhr. Smets momenteel opgesteld heeft, is 100m<sup>3</sup> groot. Uitgaande van een temperatuurverschil over de buffer van 45°, zijn er 100 000 liter x 45°C = 4 500 000 kCal nodig om dit temperatuurverschil te overbruggen. Aangezien 1 kCal<sup>3</sup> gelijk is aan 0,001163 kWh, komt dit

<sup>3</sup> 1 calorie is de energie die men nodig heeft om de temperatuur van 1 gram water met 1°C te laten stijgen. 1000 calorieën = 1 kilocalorie = 0,001163 kWh (Herman Marien, april 2008)



overeen met 5.233,5 kWh. De te plaatsen WKK – installatie zonder rookgascondensator heeft een thermisch vermogen van 1.488,60 kW, wat maakt dat na 3,51 uren de warmteopslagtank reeds gevuld zal zijn. Indien de tuinder de WKK – installatie 10u per dag zou willen laten draaien, dient de buffer ongeveer drie keer zo groot te zijn. Indien er wel een condensator geplaatst wordt, bedraagt het thermisch vermogen 1.812,27 kW. In dit geval zal een buffer van 100m<sup>3</sup> na 2,88 uren gevuld zijn. De buffer zal 347m<sup>3</sup> groot moeten zijn, indien de tuinder de installatie 10 uren per dag in werking zou willen laten zijn. In dit praktijkvoorbeeld zal ervan uitgegaan worden dat de tuinder een buffer van 300m<sup>3</sup> zal plaatsen, ongeacht het al dan niet installeren van een rookgascondensator.

### 3.3 Ecologische aspecten

#### 3.3.1 Effect op het brandstofverbruik

##### 3.3.1.1 WKK – installatie zonder rookgascondensator

Deze WKK – installatie zal, zoals eerder vermeld, 5540 uren per jaar in werking zijn waarbij ze 8.246,86 MWh warmte en 6.994,51 MWh elektriciteit zal produceren. Wanneer figuur 2.4 van paragraaf 2.3.1 toegepast wordt, blijkt dat men, uitgaande van een rendement van 90% voor een verwarmingsketel en 55% voor een elektriciteitscentrale, 21.880,47 MWh aan brandstof nodig zou hebben, om de hoeveelheden warmte en elektriciteit geproduceerd door de WKK – installatie, gescheiden op te wekken. Door een energiebalans op te stellen, kan men constateren dat wanneer de WKK – installatie 1 eenheid brandstof nodig heeft voor de productie van de hoeveelheden aan warmte en elektriciteit, er bij gescheiden opwekking 1,22 eenheden aan brandstof vereist zijn. De brandstofbesparing is gelijk aan  $(1,22 - 1)/1,22 = 18\%$ . De hoeveelheid brandstof die de WKK – installatie nodig zal hebben, wordt dan als volgt bepaald:  $21.888 \text{ MWh}/1,22 = 17.931,03 \text{ MWh}$ . De gegevens per maand voor de gescheiden opwekking door een verwarmingsketel en elektriciteitscentrale en het brandstofverbruik van de WKK – installatie zijn terug te vinden in tabel 7 van bijlage 4.

##### 3.3.1.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Ook deze WKK – installatie zal 5540 uren per jaar in werking zijn waarbij er 10.039,97 MWh warmte en 6.994,51 MWh elektriciteit geproduceerd zal worden. Indien deze hoeveelheden aan warmte en elektriciteit gescheiden opgewekt zouden worden, zou men, uitgaande van een rendement van 90% voor een verwarmingsketel en 55% voor een elektriciteitscentrale, 23.872,81 MWh aan brandstof

nodig hebben. Aan de hand van een energiebalans kan er bepaald worden dat wanneer de WKK – installatie 1 eenheid brandstof nodig heeft voor de productie van de hoeveelheden aan warmte en elektriciteit, er bij gescheiden opwekking 1,33 eenheden aan brandstof vereist zijn. De brandstofbesparing is gelijk aan  $(1,33 - 1)/1,33 = 25\%$ . De hoeveelheid brandstof die de WKK – installatie nodig heeft, werd reeds in de vorige paragraaf, 1.3.1.1 bepaald. Het plaatsen van een rookgascondensator wijzigt hier niets aan, een rookgascondensator wordt immers gebruikt om meer warmte uit eenzelfde hoeveelheid brandstof te halen. Ter controle:  $23.908 \text{ MWh}/1,33 = 17.931,03 \text{ MWh}$ . De gegevens per maand voor de gescheiden opwekking zijn terug te vinden in tabel 8 van bijlage 4.

### 3.3.2 Effect op de luchtkwaliteit

Om de globale emissiebalans op te stellen, hebben we de emissiefactoren van een WKK – installatie die op gas werkt, de emissiefactoren van zowel een stookinstallatie op extra zware stookolie als een verwarmingsketel op gas en de emissiefactoren van een elektriciteitscentrale nodig. Om de vermeden emissies<sup>4</sup> van een elektriciteitscentrale te bepalen, wordt er gebruik gemaakt van de emissiefactoren zoals deze bepaald werden in tabel 2.4. De emissiefactoren van de WKK – installatie en de verwarmingsketels zijn terug vinden zijn in tabel 1, 2, en 3 van bijlage 2. Tabel 3.6 zet de emissiefactoren die gebruikt zullen worden voor de bepaling van de lokale en globale balans nog eens op een rijtje.

Tabel 3.6: emissiefactoren gebruikt voor de bepaling van de lokale en globale emissiebalans

Schadelijke stof	Emissiefactoren WKK – installatie (g/kWh <sub>e</sub> )	Emissiefactoren verwarmingsketel op extra zware stookolie (g/kWh <sub>th</sub> )	Emissiefactoren verwarmingsketel op gas (g/kWh <sub>th</sub> )	Gemiddelde emissiefactoren elektriciteitscentrale (g/kWh)
CO <sub>2</sub>	577,26	306,4	252,55	413,17578
CO	2,8	0,01	0,03	0,1297206
NO <sub>x</sub>	1,9	0,06	0,19	0,5257609
SO <sub>x</sub>	0	0,16	0	0,7877663
Fijn stof	0,05	0,01	0,02	0,0470924

<sup>4</sup> Vermeden emissies van een elektriciteitscentrale: de uitstoot van schadelijke stoffen van een elektriciteitscentrale indien deze de hoeveelheid elektriciteit geproduceerd door de WKK – installatie zou opwekken.

### 3.3.2.1 WKK – installatie zonder rookgascondensor

De WKK – installatie produceert 6.994.509,94 kWh<sub>e</sub> en 8.246.864,07 kWh<sub>th</sub>. Bij het bekijken van het brandstofverbruik in 2006, kan er gesteld worden dat gas ongeveer 39% uitmaakt van de totale hoeveelheid brandstof en extra zware stookolie ongeveer 41%. De vermeden emissies<sup>5</sup> van de verwarmingsketel op gas respectievelijk extra zware stookolie zullen bepaald worden op 39 respectievelijk 41% van de warmte opgewekt door de WKK – installatie. De vermeden uitstoot van de verwarmingsketel op extra zware stookolie zal dus bepaald worden op basis van 4.998.002,88 kWh, om de vermeden emissies van de stookinstallatie op gas te bepalen, werd een hoeveelheid warmte van 3.248.861,19 kWh gebruikt. De bepaling van de lokale emissiebalans is terug te vinden in tabel 3.7. Om de globale balans te bepalen, dient de vermeden uitstoot van een elektriciteitscentrale, mee in rekening gebracht te worden. De bepaling van de globale balans wordt weergegeven in tabel 3.8.

Tabel 3.7: Bepaling lokale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor

Schadelijke stof	Uitstoot WKK – installatie (ton)	Uitstoot bijstook	Vermeden uitstoot op gas (ton)	Vermeden uitstoot op extra zware stookolie (ton)	Lokale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	4.037,65	142,51	820,50	1.531,39	1.828,27
CO	19,58	0,00	0,10	0,04	19,45
NOX	13,29	0,03	0,62	0,032	12,39
SOX	-	0,07	-	0,79	-0,72
Fijn stof	-	0,00	0,06	0,05	-0,11

Tabel 3.8: Bepaling globale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor

Schadelijke stof	Lokale emissiebalans (ton)	Vermeden uitstoot elektriciteitscentrale	Globale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	1.828,27	2.889,96	- 1061,69
CO	19,45	0,91	18,54
NO <sub>x</sub>	12,39	3,68	8,71
SO <sub>x</sub>	-0,72	5,51	-6,23
Fijn stof	-0,11	0,33	-0,44

<sup>5</sup> Vermeden emissies van een verwarmingsketel: de uitstoot van schadelijke stoffen van een verwarmingsketel indien deze de hoeveelheid warmte geproduceerd door de WKK – installatie zou opwekken.

Uit tabel 3.7 blijkt dat de emissies van schadelijke stoffen lokaal, in de omgeving van het bedrijf, zullen toenemen, met uitzondering van SO<sub>x</sub> en fijn stof. Indien men de vermeden emissies van de elektriciteitscentrale in rekening brengt, zal het plaatsen van een WKK - installatie tot gevolg hebben dat de jaarlijkse uitstoot van CO<sub>2</sub>, globaal bekeken, zal afnemen. De emissies van CO en NO<sub>x</sub> zullen ook op globaal vlak nog steeds toenemen. Omdat de planten met CO<sub>2</sub> bemest worden, zal de WKK - installatie minder CO<sub>2</sub> in de lucht brengen dan voorgesteld in tabel 3.7. Jaarlijks hebben de planten ongeveer 564,91 ton CO<sub>2</sub> nodig. Lokaal bekeken, zal de CO<sub>2</sub> in de lucht nog steeds toenemen, maar dan met 1.828,27 ton - 564,91 ton = 1.263,36 ton. Op globaal vlak zal de jaarlijkse CO<sub>2</sub> - uitstoot verminderen met 1.626,6 ton. Omwille van de rookgasreiniging zal er bovendien minder NO<sub>x</sub> en CO in de rookgassen van de WKK - installatie aanwezig zijn dan wanneer de rookgassen van de WKK - installatie niet gereinigd worden.

Bij deze bepaling van de lokale en globale emissiebalans werd er echter geen rekening gehouden met indirecte emissies. Omdat onder andere ook bij de ontginning en verwerking van de gebruikte grondstoffen er schadelijke stoffen in de atmosfeer terecht komen, wordt er nagegaan welk effect het plaatsen van een WKK - installatie op de CO<sub>2</sub> - uitstoot heeft indien de gehele productielevenscyclus mee in rekening gebracht wordt. Om de vermeden uitstoot van elektriciteitscentrales te bepalen, wordt er per grondstof gekeken naar het percentage van de elektriciteitsproductie in de totale productie van elektriciteit (zie tabel 2.6) en zullen de emissiefactoren bepaald in tabel 2.5 gebruikt worden. Op deze manier verkrijgt men een gewogen gemiddelde van de vermeden CO<sub>2</sub> - uitstoot van de verschillende elektriciteitscentrales.

In tegenstelling tot de verwachting, ligt de vermeden uitstoot (1.277 ton) van een elektriciteitscentrale wanneer er een levenscyclusanalyse gemaakt wordt, lager dan wanneer enkel de vermeden CO<sub>2</sub> - uitstoot (2.898,96 ton) van de elektriciteitsopwekking zelf, gebruikt wordt. De emissiefactoren die rekening houden met de levenscyclus zijn opgesteld door het Öko - instituut en omvatten de directe en indirecte emissies. Deze directe emissies zijn bepaald op basis van studies door het Öko - instituut terwijl de directe emissies gebruikt om de emissiefactoren voor enkel de elektriciteitsproductie (zie tabel 3.6) te bepalen, Vlaams zijn. Aldus kan er geen vergelijking gemaakt worden tussen de CO<sub>2</sub> - uitstoot van een elektriciteitscentrale wanneer er enkel rekening gehouden wordt met de elektriciteitsproductie en de CO<sub>2</sub> - uitstoot van de elektriciteitsopwekking waarbij de hele levenscyclus in rekening gebracht wordt. In tabel 9 van bijlage 4 is ter volledigheid de berekening van het gewogen gemiddelde van de vermeden CO<sub>2</sub> - uitstoot, gebaseerd op de levenscyclus van de verschillende elektriciteitscentrales, terug te vinden.

### 3.3.2.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Het plaatsen van een rookgascondensator zal enkel een verschil geven wat betreft de vermeden uitstoot van de verwarmingsketels. Bij de bepaling van de vermeden emissies van de verwarmingsketel op aardgas wordt er uitgegaan van 3.955.256 kWh<sub>th</sub> (60% van de totale warmteproductie). De vermeden uitstoot van een verwarmingsketel op extra zware stookolie wordt bepaald voor 6.084.710,87 kWh<sub>th</sub> (40% van de totale warmteproductie). De lokale en globale emissiebalans worden weergegeven in tabel 3.9 en 3.10.

Tabel 3.9: Bepaling lokale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensator

Schadelijke stof	Uitstoot WKK – installatie (ton)	Uitstoot bijstook	Vermeden uitstoot ketel op gas (ton)	Vermeden uitstoot ketel op extra zware stookolie	Lokale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	4.037,65	82,12	998,90	1.864,36	1.256,51
CO	19,58	0,00	0,12	0,05	19,42
NO <sub>x</sub>	13,29	0,02	0,75	0,38	12,17
SO <sub>x</sub>	-	0,04	-	0,96	-0,92
Fijn stof	-	0,00	0,08	0,06	-0,14

Tabel 3.10: Bepaling globale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensator

Schadelijke stof	Lokale emissiebalans (ton)	Vermeden uitstoot elektriciteitscentrale	Globale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	1.256,51	2.889,96	- 1.633,45
CO	19,42	0,91	18,51
NO <sub>x</sub>	12,17	3,68	8,49
SO <sub>x</sub>	-0,92	5,51	- 6,43
Fijn stof	-0,14	0,33	- 0,47

Uit tabel 3.9 blijkt dat de meeste emissies van schadelijke stoffen ook bij een WKK – installatie met rookgascondensator op lokaal niveau nog steeds zullen toenemen, wel in iets mindere mate dan wanneer er geen condensator geplaatst is. Globaal bekeken zal bij het plaatsen van een WKK – installatie met rookgascondensator de jaarlijkse CO<sub>2</sub> – uitstoot verminderen met 1.633,45 ton. De emissies van CO en NO<sub>x</sub> zullen bij het plaatsen van de WKK – installatie toenemen. Wanneer de CO<sub>2</sub> gebruikt wordt om planten te bemesten zal globaal bekeken, de uitstoot van CO<sub>2</sub> met 2.198,36 ton dalen (de tuinbouwer

heeft jaarlijks ongeveer 564,91 ton CO<sub>2</sub> nodig). De rookgasreiniging maakt dat de uitstoot van de andere schadelijke stoffen eveneens zal afnemen.

### 3.4 Economische aspecten

Om te bepalen of het plaatsen van een WKK – installatie economisch haalbaar is, zal de netto contante waarde (NCW) als evaluatiemaatstaf toegepast worden. Deze methode bepaalt de huidige waarde van de kasstromen die voortvloeien uit het project. Het is aan de hand van een gekende kapitaalkost dat de kasstromen geactualiseerd, verdisconteerd zullen worden (Mercken, 2004). Deze economische analyse vangt aan met de bepaling van de investeringskosten en kasstromen dat het plaatsen van een WKK – installatie met zich meebrengt. Vervolgens wordt de NCW berekend. Deze keer zal er niet alleen een onderscheid gemaakt worden tussen een WKK – installatie zonder en met rookgascondensor, er zal eveneens uitgegaan worden van verschillende beheervormen. De tuinbouwer kan de WKK – installatie volledig in eigen beheer uitbaten, maar het is ook mogelijk dat er een derde investeerder tussenkomt. In dat geval zullen er drie mogelijkheden bekeken worden: deze waarbij het project volledig gefinancierd wordt door de derde investeerder, deze waarbij de derde investeerder slechts een gedeelte (in dit geval 60%) van de financiering op zich neemt en deze waarbij de financiering volledig voor rekening van de tuinbouwer is, maar het beheer overgelaten wordt aan de derde investeerder. Voor elk van deze vier beheervormen zal er nagegaan worden wat het plaatsen van een WKK – installatie voor elke partij opbrengt en kost en of het project economisch haalbaar is. De mogelijkheid dat een energiebedrijf in de WKK - installatie investeert, wordt buiten beschouwing gelaten.

#### 3.4.1 Bepaling van de investeringskosten en kasstromen

##### 3.4.1.1 De investeringskosten

Tabel 3.11 geeft weer hoeveel de tuinder dient te investeren als hij een installatie plaatst van 1262,55 kW<sub>e</sub> en wat zijn onderhouds –en uitbatingskosten zullen zijn. Zowel de investeringskosten van de WKK–installatie, de rookgasreiniger als de investeringskost van de aansluitingen op het verwarmings – en elektriciteitsnet zijn bepaald aan de hand van het Excel – bestand opgesteld door Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007). De investeringskost van een buffer die 300m<sup>3</sup> groot is, wordt door M. Klein (persoonlijke communicatie, 16 april 2008), projectleidster bij de onderneming

Van Zaal, geschat op €65.000 en de isolatie ervan op €17.000. Dit totaliseert tot een investeringskost van €82.000. W. Veenman (persoonlijke communicatie, 16 april 2008), een medewerker van Enalco raamt de investeringskost van de condensor op €16.000. De aanleg van een LT – net is niet meer nodig aangezien de tuinbouwer hierover reeds beschikt. Zonder rookgascondensor zal de investeringskost €1.198.357,79 bedragen, indien er wel een rookgascondensor geïnstalleerd is, zal er een investering van €1.214.357,79 aangegaan worden.

Tabel 3.11: Bepaling van de investeringskost van de WKK – installatie

WKK – installatie	€824.337,15
Rookgasreiniger	€185.174,00
Buffer	€82.000,00
Netaansluiting elektriciteit	€80.483,31
Netaansluiting gas	€26.363,33
Totaal	€1.198.357,79
Rookgascondensor	€16.000
Totaal	€1.214.357,79

#### 3.4.1.2 Uitgaande kasstromen

Het Excel – bestand van Strooband (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007) bepaalt eveneens de exploitatie –en onderhoudskosten van de WKK – installatie en van de rookgasreiniger. Deze worden voorgesteld in tabel 3.12. Er zal jaarlijks een onderhoudskost opgelopen worden van €219.442,51.

Tabel 3.12: Bepaling van de exploitatie –en onderhoudskosten

WKK – installatie	€136.581,75
Ureum (rookgasreiniger)	€82.860,76
Totaal	€219.442,51

Ook de aankoop van gas, nodig om de installatie te laten draaien is een exploitatiekost. De prijs die men dient te betalen, kan verschillen al naargelang de onderhandelingsmacht van de aankoper. Een derde investeerder, zoals Cummins, heeft, omdat hij gas dient aan te kopen voor alle WKK – installaties onder zijn beheer, meer onderhandelingsmacht dan een tuinbouwer. De prijs per MWh die aan een derde investeerder gefactureerd zal worden, is gelijkgesteld aan de prijs die Cummins (februari, 2008) heeft kunnen bedingen en bedraagt €28. De prijs per MWh die een tuinbouwer zal moeten betalen, zal iets hoger liggen. De prijs die aan de tuinbouwer gefactureerd wordt, is bepaald

op €30 per MWh, wat ook volgens Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) een goede benadering is.

Wanneer er geen rookgascondensor geïnstalleerd is, dient de gaskost, gefactureerd op basis van de verbrandingswaarde, gewaardeerd te worden aan de stookwaarde. De warmte in de rookgassen wordt namelijk niet gerecupereerd, de prijs per MWh van de aangekochte brandstof ligt dus in feite hoger. Men betaalt immers voor een hoeveelheid brandstof waaruit men minder warmte opwekt dan verondersteld wordt op de aardgasfactuur. Door de prijs per MWh, gefactureerd op basis van de verbrandingswaarde, te vermenigvuldigen met de verhouding tussen de verbrandingswaarde en stookwaarde, verkrijgt men de prijs per MWh zoals deze gefactureerd zou worden indien men enkel uitgaat van de stookwaarde. De waarden van de verbrandings –en stookwaarde die terug te vinden zijn in tabel 1 van bijlage 1 bedragen respectievelijk 35,20 MJ/m<sup>3</sup> en 31,68 MJ/m<sup>3</sup> voor aardgas. De verhouding is gelijk aan 1,1 waardoor de prijs per MWh voor de derde investeerder (zijnde €28) voor de aangekochte brandstof €30,8 bedraagt wanneer men uitgaat van de stookwaarde. Per jaar dient er 17.931,03 MWh gas aangekocht te worden. De waarde hiervan voor een derde investeerder wordt bepaald op €552.275,67. Indien de tuinbouwer de installatie in eigen beheer uitbaat, zal de waarde van de aangekochte brandstof per MWh €30/MWh \* 1,1 = €33 bedragen. De brandstofaankoop wordt dan gewaardeerd aan 17.931,03 MWh \* €33/MWh = €591.723,93. In februari zal de tuinder nog bijkomend 465,11 MWh aan warmte moeten opwekken met zijn verwarmingsketel. Uitgaande van een rendement van 90%, dient hiervoor 516,79 MWh aan gas aangekocht te worden. Omdat er verondersteld wordt dat er geen rookgascondensor geplaatst is, wordt de aankoop gewaardeerd aan 516,79 MWh \* €33/MWh = €17.054,07.

Indien er wel rekening gehouden wordt met de installatie van een rookgascondensor, kan de aankoop van 17.931,03 MWh gas gewaardeerd worden aan het factuurbedrag. Voor een derde investeerder zal deze aankoop overeenkomen met een waarde van 17.931,03 MWh \* €28/MWh = €502.068,79. De tuinbouwer zal voor dezelfde hoeveelheid gas €537.930,85 betalen. Ook indien er een rookgascondensor geplaatst is, dient er in februari met een verwarmingsketel warmte bijgestookt te worden. 268,00 MWh aan warmte werd niet opgevangen door de WKK – installatie. Uitgaande van een rendement van een verwarmingsketel van 90%, zal de verwarmingsketel 297,78 MWh aan gas nodig hebben. De tuinder zal voor deze aankoop 297,78 MWh \* €30/MWh = €8.933,36 betalen.

De kosten in verband met de brandstofaankoop voor de WKK – installatie en de verwarmingsketel worden in tabel 3.13 en 3.14 samengevat. Zowel indien de investeringskost volledig als voor 60% gefinancierd wordt door een derde investeerder, draagt deze de aankoopkosten van de brandstof voor de WKK – installatie. Indien de tuinbouwer de WKK – installatie volledig financiert maar de uitbating



overlaat aan een derde investeerder, dan zal de tuinder de brandstof aankopen en dit aan de prijs die de derde investeerder heeft kunnen bedingen. Indien de WKK – installatie in eigen beheer uitgebaat wordt, zal de prijs per MWh hoger liggen.

Tabel 3.13: Bepaling gaskost voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor opgesplitst naar beheervorm

Hoeveelheid gas WKK (MWh)		17.931,03				
Hoeveelheid gas bijstook (MWh)		516,79				
Beheervorm	Derde investeerder					Eigen beheer
	100% derde investeerder	60% derde investeerder		100% tuinder		
Persoon die de kost draagt	Derde investeerder	Tuinder	Derde investeerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Waarde gas WKK (€/MWh)	30,8	33	30,8	33	30,8	33
Waarde gas bijstook (€/MWh)	/	33	/	33	33	33
Kost gas WKK (€)	552.275,67	/	552.275,67	/	552.275,67	591.723,93
Kost gas bijstook (33€/MWh)	/	17.054,13	/	17.054,13	17.054,13	17.054,13
Totaal	552.275,67	17.054,13	552.275,67	17.054,13	569.329,8	608.778,06

Tabel 3.14: Bepaling gaskost voor een WKK – installatie met rookgascondensor opgesplitst naar beheervorm

Hoeveelheid gas WKK (MWh)		17.931,03				
Hoeveelheid gas bijstook (MWh)		297,78				
Beheer- vorm	Derde investeerder					Eigen beheer
	100% derde investeerder		60% derde investeerder		100% tuinder	
Persoon die de kost draagt	Derde investeerder	Tuinder	Derde investeerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Waarde gas WKK (€/MWh)	28	30	28	30	28	30
Waarde gas bijstook (€/MWh)	/	30	/	30	30	30
Kost gas WKK (€)	502.068,79	/	502.068,79	/	502.068,79	537.930,85
Kost gas bijstook (30€/MWh)	/	8.933,36	/	8.933,36	8.933,36	8.933,36
Totaal	502.068,79	8.933,36	502.068,79	8.933,36	511.002,15	546.864,21

### 3.4.1.3 Inkomende kasstromen

#### a) Warmteopbrengst

Om de warmteopbrengst te bepalen voor de tuinbouwer die de WKK – installatie in eigen beheer uitbaat, zal er nagegaan worden wat de besparing op de energierekening is. Hiervoor zal er eerst bepaald worden hoeveel brandstof er nodig zou zijn geweest indien een verwarmingsketel de warmte opgewekt zou hebben. Vervolgens wordt deze hoeveelheid brandstof gewaardeerd aan de brandstofprijs per MWh. Dit gaat om een uitgave die verdwijnt, de tuinbouwer hoeft niet meer te verwarmen met zijn verwarmingsketel, de warmte wordt gerecupereerd van het motorblok van de WKK – installatie. Deze besparing kan dus als een inkomende kasstroom beschouwd worden. Indien er een derde investeerder tussenkomt, zal de tuinbouwer de warmte die hij uit de motor recupereert, zijn warmteopbrengst, gedeeltelijk moeten vergoeden. Cummins vraagt aan de tuinbouwers, voor wie zij

de WKK – installaties beheert, een vergoeding die 33% bedraagt van de totale warmteopbrengst die de tuinbouwer heeft. De waarde van de warmteopbrengst zal door een derde investeerder niet bepaald worden aan de hand van de energiebesparing van de tuinbouwer, maar door de waarde van de toegevoerde brandstof te vermenigvuldigen met het thermisch rendement van de WKK – installatie, wat dus overeenkomt met de waarde van de warmteproductie.

De waarde van de warmteopbrengst van de tuinbouwer indien deze de WKK – installatie in eigen beheer uitbaat, wordt weergegeven in de laatste kolom van tabel 3.15. Zonder rookgascondensator zal de WKK – installatie 8.246,86 MWh aan warmte produceren. Indien deze hoeveelheid warmte opgewekt zou worden door een verwarmingsketel, zou er, uitgaande van een thermisch rendement van 90%, 9.163,18 MWh aan brandstof nodig zijn. Dit zal voor de tuinbouwer een besparing op zijn energierekening van ongeveer  $9.163,18 \text{ MWh} * €33/\text{MWh} = €302.385,02$  opleveren. Indien er wel een rookgascondensator geïnstalleerd is, mag de gaskost gewaardeerd worden aan €30/MWh, in dat geval valt er een kost van ongeveer €334.665,56 ( $10.039,97 \text{ MWh} * €30/\text{MWh}$ ) voor de tuinbouwer weg.

Indien een derde investeerder de WKK – installatie mee financiert, zal de gerecupereerde warmte dus vergoed moeten worden. Indien er geen condensator geplaatst is, is de waarde van de brandstof gelijk aan ongeveer €552.275,67 (tabel 3.13) en bedraagt het thermisch rendement 46%. De waarde van de geproduceerde warmte bedraagt dan ongeveer €254.003,41. Hiervan dient de tuinder 33% of €83.821,13 aan de derde investeerder te betalen indien de derde investeerder de investeringskosten gedeeltelijk of volledig op zich neemt. In deze gevallen betekent dat het plaatsen van een WKK – installatie voor de tuinder een warmteopbrengst genereert van €254.003,41 - €83.821,13 = €170.182,28. Wanneer de tuinder de WKK – installatie voor 100% financiert maar onder het beheer van een derde investeerder houdt, hoeft de warmteopbrengst niet meer vergoed te worden en bedraagt de warmteopbrengst voor de tuinder €254.003,41. Indien er wel een rookgascondensator geplaatst is, bedraagt het thermisch rendement 56% en is de waarde van de brandstof ongeveer gelijk aan €502.068,79. De warmte heeft een waarde van ongeveer €281.119,07. Hiervan wordt 33% of €92.769,29 door de tuinder betaald wanneer deze de investeringskosten niet volledig zelf draagt. De warmteopbrengst voor de tuinder, gegenereerd door de WKK – installatie bedraagt dan ongeveer €188.349,78. Indien de tuinder het project volledig zelf financiert, zal zijn warmteopbrengst gelijk zijn aan €281.119,07.

De warmteopbrengst bij een WKK – installatie zonder rookgascondensator wordt per beheervorm en voor elke partij weergegeven in tabel 3.15. Tabel 3.16 geeft de warmteopbrengsten voor de derde investeerder en de tuinder weer voor een WKK – installatie met rookgascondensator. Indien de financiering van de WKK – installatie volledig voor rekening van de tuinbouwer is, is de

warmteopbrengst voor de tuinbouwer bij uitbating in eigen beheer (laatste kolom) in principe gelijk aan de warmteopbrengst voor de tuinbouwer indien het beheer overgelaten wordt aan een derde investeerder (voorlaatste kolom). Toch is de waarde verschillend, omwille van het verschil in waardering. Indien de WKK – installatie in eigen beheer uitgebraat wordt, wordt er immers uitgegaan van de energiebesparing, bij tussenkomst van een derde investeerder wordt de waarde van de geproduceerde warmte gebruikt om de warmteopbrengst te bepalen.

Tabel 3.15: Bepaling van de warmteopbrengst voor de derde investeerder en tuinbouwer per beheervorm voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor

Thermisch rendement				46%		
Beheer- vorm	Derde investeerder					Eigen beheer
	100% derde investeerder		60% derde investeerder		100% tuinder	
Begun- stigde	Derde In- vesteerder	Tuinder	Derde In- vesteerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Warmte- opbrengst	€ 83.821,13	€ 170.182,28	€ 83.821,13	€ 170.182,28	€ 254.003,41	€ 302.385,02

Tabel 3.16: Bepaling van de warmteopbrengst voor de derde investeerder en tuinbouwer per beheervorm voor een WKK – installatie met rookgascondensor

Thermisch rendement				56%		
Beheer- vorm	Derde investeerder					Eigen beheer
	100% derde investeerder		60% derde investeerder		100% tuinder	
Begun- stigde	Derde In- vesteerder	Tuinder	Derde In- vesteerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Warmte- opbrengst	€ 92.769,29	€ 188.349,78	€ 92.769,29	€ 188.349,78	€ 281.119,07	€ 334.665,56

b) Opbrengst uit de verkoop van elektriciteit

De prijs die Cummins (februari 2008) ontvangt voor de verkoop van elektriciteit is afhankelijk van de gasprijs zoals op de gasfactuur voorkomt. Deze wordt vermenigvuldigd met een factor 2,9 voor de prijs per uur dat er elektriciteit geproduceerd wordt tijdens de normale uren (van 7u tot 22u), afgekort als NU, en met een factor 1,9 voor de prijs per uur dat er tijdens de stille uren (SU), 's nachts of tijdens het weekend, elektriciteit opgewekt wordt. Wanneer er een tussenkomst van een derde

investeerder plaatsvindt, zullen dezelfde vermenigvuldigingsfactoren gebruikt worden om de opbrengst uit de verkoop van elektriciteit te bepalen. Tijdens de normale uren zal er  $\text{€}28/\text{MWh} * 2,9 = \text{€}81,2/\text{MWh}_e$  verkregen worden, tijdens de stille uren zal de elektriciteitsopbrengst  $\text{€}28/\text{MWh} * 1,9 = \text{€}53,2/\text{MWh}_e$  bedragen. Wat de uitbating in eigen beheer betreft zullen deze vermenigvuldigingsfactoren niet toegepast worden. Dit zou namelijk betekenen dat de tuinbouwer  $\text{€}87/\text{MWh}_e$  zou verkrijgen, wat hoger ligt dan de prijs per  $\text{MWh}_e$  voor een derde investeerder terwijl het gaat om dezelfde markt waaraan deze partijen de elektriciteit wensen te verkopen. De tuinbouwer zal dus tijdens de normale uren  $\text{€}81,2/\text{MWh}_e$  ontvangen, tijdens de stille uren bedraagt de opbrengst per  $\text{MWh}_e$   $\text{€}53,2$ .

De WKK – installatie zal gedurende de normale uren 4.391,14  $\text{MWh}_e$  opwekken, tijdens de stille uren zal er 2.603,57  $\text{MWh}$  aan elektriciteit geproduceerd worden. Indien de investeringskosten van de WKK – installatie volledig door een derde investeerder gefinancierd worden, zal deze ook alle opbrengsten ( $\text{€}495.059,80$ ) uit de verkoop van elektriciteit verkrijgen. Wanneer de derde investeerder 60% van de investering op zich neemt en de tuinder 40%, zullen de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit op dezelfde wijze verdeeld worden. Door de WKK – installatie in eigen beheer uit te baten, zal de tuinder eveneens  $\text{€}495.059,80$  verkrijgen uit de verkoop van elektriciteit. Tabel 3.17 geeft per beheervorm weer hoeveel de opbrengst voor elke partij bedraagt. Het al dan niet plaatsen van een rookgascondensator wijzigt de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit niet.

Tabel 3.17: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van elektriciteit voor een WKK – installatie opgesplitst naar beheervorm.

Hoeveelheid elektriciteit NU (MWh)	4.391,14				
Hoeveelheid elektriciteit SU (MWh)	2.603,57				
Beheervorm	Derde investeerder				Eigen beheer
	100% derde investeerder	60% derde investeerder		100% tuinder	
Persoon die de opbrengst verkrijgt	Derde investeerder	Derde investeerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Waarde elektriciteit NU (€/MWh)	81,2	81,2	81,2	81,2	81,2
Waarde elektriciteit SU (MWh/€)	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2
Opbrengst elektriciteit	495.059,80	297.035,88	198.023,92	495.095,80	495.095,80

c) Opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten

*Bepaling van de referentierendementen*

Om na te gaan of men recht heeft op warmtekrachtcertificaten en om het aantal certificaten te bepalen die toegekend zullen worden indien de WKK – installatie als kwalitatief beschouwd wordt, dient er gebruik gemaakt te worden van referentierendementen.

Bij de controle of de WKK – installatie voldoende kwalitatief is, worden de Europese referentierendementen gebruikt. Het elektrisch referentierendement, terug te vinden in tabel 2 van bijlage 3, is bepaald op 52,5% voor WKK – installaties die geconstrueerd werden van 2006 tot 2011 en gas als brandstof hebben. Er dient wel nog gecorrigeerd te worden voor klimaatomstandigheden en vermeden netverliezen. De gemiddelde jaartemperatuur in 2006 bedroeg 11°C. Omdat voor elke graad waarmee de gemiddelde jaartemperatuur onder 15°C blijft, het referentierendement verhoogd moet worden met 0,1%, bedraagt het referentierendement 52,9%. De correctiefactoren voor vermeden netverliezen zijn terug te vinden in tabel 3 van bijlage 2; De WKK – installatie zal aangesloten worden op het distributienet. Indien het lokale transport van elektriciteit over het middenspanningsnet gebeurt, bedraagt het referentierendement  $0,529 * 0,945 = 0,499905$ . Indien de elektriciteit getransporteerd wordt over de laagspanningsnetten, bedraagt het referentierendement  $0,529 * 0,925 = 0,489325$ . In deze analyse zal 0,499905 als elektrisch referentierendement gebruikt worden. Het thermisch referentierendement, weergegeven in tabel 1 van bijlage 3 wordt door Europa bepaald op 90%.

Om te bepalen hoeveel warmtekrachtcertificaten er toegekend zullen worden, dient er gebruik gemaakt te worden van de Vlaamse referentierendementen. Het thermisch referentierendement dat men kan terugvinden in tabel 4 van bijlage 3, bedraagt 90%. het elektrisch referentierendement bedraagt 55% indien de WKK aangesloten wordt op een elektriciteitsnet met een nominale spanning groter dan 15kV en 50% indien de nominale spanning kleiner of gelijk is aan 15 kV. De WKK – installatie zal aangesloten worden op een net met een spanning kleiner of gelijk aan 15 kV. Het elektrisch referentierendement zal dus gelijkgesteld worden aan 50%. Tabel 3.18 geeft een overzicht van de gebruikte referentierendementen.

Tabel 3.18: Referentierendementen

Bepaling kwaliteit WKK		Bepaling aantal toe te kennen WKC	
Elektrisch rendement	49,99%	Elektrisch rendement	50%
Thermisch rendement	90%	Thermisch rendement	90%

*Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing. Is de WKK – installatie kwalitatief?*

Vooraleer er kan bepaald worden hoeveel de inkomsten uit warmtekrachtcertificaten bedragen, dient er dus eerst onderzocht te worden of men er recht op heeft, of de WKK – installatie voldoende kwalitatief is. Omdat de WKK – installatie groter is dan 1 MW<sub>e</sub>, zal de relatieve primaire energiebesparing, berekend aan de hand van formule zoals bepaald in figuur 2.11 van paragraaf 2.5.3.3b, minstens 10% moeten bedragen.

Indien er geen condensor geplaatst wordt, bedragen het thermisch en elektrisch rendement respectievelijk 46 en 53%. De relatieve primaire energiebesparing bedraagt dan 22,56%. Indien er wel een condensor geplaatst wordt, stijgt het thermisch rendement tot 56%, het elektrisch rendement blijft ongewijzigd. Dit heeft een positief effect op de relatieve primaire energiebesparing, deze bedraagt nu 28,70%. De relatieve energiebesparing ligt telkens hoger dan 10%, wat maakt dat er warmtekrachtcertificaten toegekend zullen worden. Figuur 3.3 geeft de berekeningen weer.

Figuur 3.3: Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing

Relatieve energiebesparing indien er geen rookgascondensor is:

$$BPE = \left( 1 - 1 / \left( \frac{46}{90} + \frac{39}{49,99} \right) \right) \times 100\% = 22,56\%$$

Relatieve energiebesparing indien er een rookgascondensor is:

$$BPE = \left( 1 - 1 / \left( \frac{56}{90} + \frac{39}{49,99} \right) \right) \times 100\% = 28,70\%$$

*Bepaling van het aantal toe te kennen certificaten*

Het aantal certificaten dat toegekend zal worden, wordt bepaald door de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit te vermenigvuldigen met de warmtekrachtbesparingsfactor. Wanneer de WKK – installatie 5540 uren in werking is, zal zij met een elektrisch vermogen van 1.262,55 KW, 6.994,51 MWh<sub>e</sub> leveren. Figuur 2.12 geeft de formule van de warmtekrachtbesparingsfactor weer.

Omdat de CO<sub>2</sub> gebruikt zal worden in de serre om de planten te bemesten, mag het thermisch rendement van de WKK – installatie verhoogd worden met 10%. De warmtekrachtbesparingsfactor bedraagt 0,70 indien er geen condensor geplaatst is en 1,01 indien dit wel het geval is. De berekeningen worden weergegeven in figuur 3.4.

Figuur 3.4: Bepaling van de warmtekrachtbesparingsfactor

WKB – factor indien er geen rookgascondensor is:

$$WKB = \left( \frac{1}{0,55} + \frac{0,5059}{0,39 \times 0,90} - \frac{1}{0,39} \right) = 0,88$$

WKB – factor indien er een rookgascondensor is:

$$WKB = \left( \frac{1}{0,55} + \frac{0,6159}{0,39 \times 0,90} - \frac{1}{0,39} \right) = 1,19$$

Per MWh elektriciteit dat er geproduceerd wordt, ontvangt men een warmtekrachtcertificaat. De eerste vier jaren zullen er, indien de WKK – installatie zonder rookgascondensor geplaatst wordt, 6.994,51 MWh<sub>e</sub> x 0,88 = 6.137,49 warmtekrachtcertificaten uitgereikt worden. Gewaardeerd aan €41,85, de gemiddelde maandprijs van januari 2007 (VREG, 2008), brengen de certificaten gedurende de eerste 4 jaren €256.854,05 op. Indien er wel een rookgascondensor geïnstalleerd wordt, zullen er per jaar 1,19 \* 6.994,51MWh<sub>e</sub> = 8.329,06 warmtekrachtcertificaten toegekend worden, wat gedurende de eerste vier jaren €348.571,26 zal opleveren. Vanaf jaar 5 wordt er slechts voor een bepaald percentage van de warmtekrachtbesparing warmtekrachtcertificaten uitgereikt. De formule voor de bepaling van dit percentage wordt weergegeven in figuur 2.13.

Tabel 3.19 en 3.20 geven de opbrengsten uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten weer voor respectievelijk een WKK – installatie met en zonder rookgascondensor. Hieruit blijkt duidelijk dat afhankelijk van het feit of er al dan niet een rookgascondensor geplaatst is, de opbrengsten verschillen. Het grotere thermisch rendement dat verkregen wordt door de installatie van een condensor, maakt dat de opbrengsten uit de warmtekrachtcertificaten aanzienlijk hoger liggen. Net zoals voor de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit, worden deze opbrengsten verdeeld tussen de derde investeerder en de tuinder al naargelang de financiering van de investeringskosten opgedeeld is tussen deze partijen.



Tabel 3.19: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor een WKK – installatie zonder rookgascondensator opgesplitst naar beheervorm

Beheervorm			Derde investeerder				Eigen beheer
			100% derde investeerder	60% derde investeerder		100% tuinder	
Persoon die de opbrengst verkrijgt			Derde investeerder	Derde investeerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Jaar	T	X					
1-4	48	100,00	256.854,05	154.112,43	102.741,62	256.854,05	256.854,05
5	60	89,36	229.530,22	137.718,13	91.812,09	229.530,22	229.530,22
6	72	78,72	202.206,39	121.323,83	80.882,55	202.206,39	202.206,39
7	84	68,09	174.882,56	104.929,53	69.953,02	174.882,56	174.882,56
8	96	57,45	147.558,72	88.535,23	59.023,49	147.558,72	147.558,72
9	108	46,81	120.234,89	72.140,94	48.093,96	120.234,89	120.234,89
10	120	36,17	92.911,06	55.746,64	37.164,43	92.911,06	92.911,06
RPE = 22,56							

Tabel 3.20: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor een WKK – installatie met rookgascondensator opgesplitst naar beheervorm.

Beheervorm			Derde investeerder				Eigen beheer
			100% derde investeerder	60% derde investeerder		100% tuinder	
Persoon die de opbrengst verkrijgt			Derde investeerder	Derde investeerder	Tuinder	Tuinder	Tuinder
Jaar	T	X					
1-4	48	100	348.571,26	209.142,75	139.428,50	348.571,26	348.571,26
5	60	90,92	319.418,49	191.651,10	127.767,40	319.418,49	319.418,49
6	72	81,85	290.265,73	174.159,44	116.106,29	290.265,73	290.265,73
7	84	72,77	261.112,97	156.667,78	104.445,19	261.112,97	261.112,97
8	96	63,70	231.960,21	139.176,12	92.784,08	231.960,21	231.960,21
9	108	54,62	202.807,45	121.684,47	81.122,98	202.807,45	202.807,45
10	120	45,55	173.654,68	104.192,81	69.461,87	173.654,68	173.654,68
RPE = 28,70							

d) Steun

*Verhoogde investeringsaftrek*

Niet alle investeringskosten die gepaard gaan met de plaatsing van een WKK – installatie komen in aanmerking voor een verhoogde investeringsaftrek. Zo zullen de kosten van een buffer en rookgascondensator evenals de kosten van de aansluitingen op het verwarmings – en elektriciteitsnet niet in mindering van de winst gebracht kunnen worden. Voor de WKK – installatie zelf en de rookgasreiniger is dit wel het geval. Om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek, dienen er een aantal voorwaarden betreffende de rendementen vervuld te worden, opgesomd in figuur 3.5.

Figuur 3.5: Voorwaarden gesteld aan de rendementen van de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek.

$$\begin{aligned}\eta_e + \frac{2}{3} \times \eta_q &\geq 50\% \\ \eta_e / (\eta_e + \eta_q) &\geq 25\% \\ \eta_q / (\eta_e + \eta_q) &\geq 25\%\end{aligned}$$

*(Bron: Vlaamse Overheid, Vlaams Energieagentschap, 2007)*

Bij de berekening van de rendementen dient de hoeveelheid toegevoerde energie, de brandstof, berekend te worden op basis van de stookwaarde. Er zal voor 17.940,88 MWh aan brandstof aangekocht dienen te worden. Om de waarde hiervan te verkrijgen, berekend op de stookwaarde, dient deze hoeveelheid vermenigvuldigd te worden met de verhouding tussen de verbrandingswaarde en stookwaarde van aardgas. Deze werd in paragraaf 3.4.1.2 reeds bepaald op 1,1. Bepaald op de stookwaarde, komt de aankoop van gas dan overeen met 19.734,97 MWh. Het thermisch rendement bedraagt dan 8.246,86 MWh / 19.734,97 MWh = 42%, het elektrisch rendement is gelijk aan 6.994,51 MWh / 19.734,97 kWh = 35%.

Met rookgascondensator zal er meer warmte gerecupereerd worden, de geproduceerde warmte bedraagt 10.039,97 MWh, de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit blijft gelijk. Het thermisch en elektrisch rendement bedragen dan respectievelijk 51% en 35%. Uit de berekeningen, opgenomen in tabel 3.21, blijkt dat met of zonder rookgascondensator, er steeds een verhoogde investeringsaftrek toegekend zal worden.

Tabel 3.21: Verifiëring van de voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek

Zonder rookgascondensor	Met rookgascondensor
$0,35 + 2/3 * 0,42 = 0,63$	$0,35 + 2/3 * 0,51 = 0,69$
$0,35 / (0,35 + 0,42) = 0,45$	$0,35 / (0,35 + 0,51) = 0,41$
$0,42 / (0,35 + 0,42) = 0,55$	$0,51 / (0,35 + 0,51) = 0,59$

Er zal enkel een verhoogde investeringsaftrek toegekend worden indien de activa gebruikt worden voor het uitoefenen van de beroepswerkzaamheid. Indien de WKK – installatie volledig of gedeeltelijk gefinancierd wordt door een derde investeerder, zal men geen recht hebben op een verhoogde investeringsaftrek. Wanneer de installatie volledig door de tuinder gefinancierd wordt, zal deze een investeringsaftrek van €136.284,01 toegekend krijgen. De investeringskosten waarop de investeringsaftrek berekend kan worden, zijn deze van de WKK – installatie en de rookgasreiniger die samen €1.009.511,15 bedragen. Het bedrag dat van de winst afgetrokken kan worden is dan gelijk aan  $13,5\% * €1.009.511,15 = €136.284,01$ . Dit maakt dat er, uitgaande van een belastingtarief van 33,99%, eenmalig  $0,3399 * €136.284,01 = €46.322,93$  minder aan belastingen betaald zal moeten worden.

#### *VLIF – steun*

Niet enkel de WKK – installatie en de rookgasreiniger, maar ook de rookgascondensor en de buffer komen in aanmerking voor steun vanuit het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds. Ervan uitgaande dat de investering volledig door een lening gefinancierd zal worden, zal de steun enkel in de vorm van een rentesubsidie verleend worden. Deze bedraagt 4%. Ook in dit geval zal enkel de tuinder kunnen rekenen op een subsidie, de derde investeerder niet. Er wordt uitgegaan van een lening die over 10 jaar loopt aan een kapitaalkost (nominaal) van 5%. Maximaal wordt er steun verleend voor een investeringsbedrag gelijk aan €100/m<sup>2</sup>. De oppervlakte van de serre van Dhr. Smets bedraagt 14.000m<sup>2</sup> wat het maximaal investeringsbedrag op €1.400.000 zou brengen. Er is echter ook in absolute cijfers een grens gesteld aan het investeringsbedrag waarop steun verleend wordt, deze mag niet meer dan 1 miljoen euro bedragen. Wanneer de investeringskosten van de WKK – installatie, de rookgasreiniger en buffer met elkaar opgeteld worden (zie tabel 3.11), bekomt men reeds een bedrag dat boven deze absolute grenswaarde ligt. Het al dan niet plaatsen van een rookgascondensor zal dan geen invloed hebben op de hoogte van deze subsidie. Het investeringsbedrag waarop de steun berekend wordt, zal 1 miljoen euro bedragen. De tegemoetkoming die men jaarlijks zal ontvangen, wordt weergegeven in kolom 6 van tabel 3.22.

Tabel 3.22: Bepaling van de jaarlijkse VLIF – steun

Jaar	Kapitaalsaldo	Aflossing	Rentelast	Saldo gesubsidieerd bedrag	Rentesubsidie	Financieringslast met VLIF – steun
1	1.000.000,00	100.000,00	50.000,00	1.000.000,00	40.000,00	110.000,00
2	900.000,00	100.000,00	45.000,00	900.000,00	36.000,00	109.000,00
3	800.000,00	100.000,00	40.000,00	800.000,00	32.000,00	108.000,00
4	700.000,00	100.000,00	35.000,00	700.000,00	28.000,00	107.000,00
5	600.000,00	100.000,00	30.000,00	600.000,00	24.000,00	106.000,00
6	500.000,00	100.000,00	25.000,00	500.000,00	20.000,00	105.000,00
7	400.000,00	100.000,00	20.000,00	400.000,00	16.000,00	104.000,00
8	300.000,00	100.000,00	15.000,00	300.000,00	12.000,00	103.000,00
9	200.000,00	100.000,00	10.000,00	200.000,00	8.000,00	102.000,00
10	100.000,00	100.000,00	5.000,00	100.000,00	4.000,00	101.000,00

### 3.4.2 De investeringsanalyse

Om na te gaan of het plaatsen van een WKK - installatie economisch haalbaar is, zal de netto contante waarde (NCW) van het project bepaald worden. Indien de som van de verdisconteerde kasstromen die voortvloeien uit het project gedurende de levensduur van het project, groter is dan de investeringskost, wanneer met andere woorden de NCW groter is dan 0, kan het project aanvaard worden. Figuur 3.6 geeft de formule voor de bepaling van de NCW weer.

Figuur 3.6: Formule voor de bepaling van de netto contante waarde

$$NCW_t = \sum_{t=1}^n [(1-b) \times (O_t - Q_t) + b \times \hat{A}_t] \times A_{t-i} - I_0$$

(Bron: Mercken, 2004)

Hierbij is:

$b$  : het belastingtarief

$O_t$  : de inkomende kasstromen in jaar t

$I_0$  : de investeringskost

$Q_t$  : de uitgaande kasstromen in jaar t

$\hat{A}_t$  : het afschrijvingsbedrag in jaar t

$$A_{t-i} = \frac{1}{(1+i)^t}$$

$i$  : de reële kapitaalkost na belastingen

Een eerste stap bij de berekening van de NCW is het bepalen van de netto - kasstromen in jaar t ( $O_t - Q_t$ ). Hierbij dient er ook rekening mee gehouden te worden dat de netto - kasstroom in een jaar t een effect heeft op de belastingen die op de winst betaald zullen moeten worden. Wanneer de netto - kasstroom positief is, wil dit zeggen dat er meer inkomsten dan uitgaven zijn en dat dit de winst verhoogt, waardoor het te betalen belastingbedrag eveneens verhoogt. Dit betekent een bijkomende uitgave die voortvloeit uit het plaatsen van een WKK - installatie. Deze uitgave wordt berekend door de netto - kasstroom te vermenigvuldigen met het belastingtarief:  $b(O_t - Q_t)$ . In deze analyse zal het belastingtarief,  $b$  bepaald worden op 33,99%. Ook de afschrijvingen hebben een effect op het bedrag dat aan belastingen betaald zal moeten worden. Afschrijvingen zijn immers boekhoudkundige kosten die leiden tot een inkrimping van het resultaat en dus ook tot een vermindering van de belastingen. Deze vermindering wordt dan als een inkomst beschouwd die bepaald wordt door het jaarlijks af te

schrijven bedrag ( $\hat{A}_t$ ) te vermenigvuldigen met het belastingtarief,  $b$ . In deze analyse zullen de investeringskosten afgeschreven worden aan de hand van de double – declining balance (DDB) methode. Omdat er op deze manier meer tijdens de eerste jaren afgeschreven wordt, zal ook het belastingvoordeel van de afschrijvingen sneller gerealiseerd worden. Om het jaarlijkse afschrijvingsbedrag te bepalen, dient men het dubbele van het lineaire afschrijvingspercentage te nemen van de boekwaarde. Indien het bedrag dat men verkrijgt kleiner is dan het lineaire afschrijvingsbedrag, dient er overgeschakeld te worden naar het lineaire bedrag (Mercken, 2004).

Per jaar, dient de netto – kasstroom, het effect ervan op de te betalen belastingen en het effect van de jaarlijkse afschrijving op de belastingen gesommeerd te worden:  $(1-b)*(O_t - Q_t) + b*\hat{A}_t$ . Zo wordt er berekend wat de investering per jaar aan inkomsten en uitgaven genereert. De WKK – installatie wordt verondersteld een levensduur van 10 jaar te hebben.

Omdat een euro nu meer waard is dan een euro die in de toekomst ontvangen zal worden, dienen te kasstromen verdisconteerd te worden.  $A_{t-i}$  geeft weer, uitgaande van  $i$ , de reële kapitaalkost na belastingen, hoeveel een euro die in jaar  $t$  ontvangen zal worden, momenteel waard is. De nominale kapitaalkost, die in deze analyse gebruikt wordt, bedraagt minimaal 5%, en maximaal 6% (persoonlijke communicatie, Lefèvre, 27 maart 2008). Deze kapitaalkost wordt bepaald door de kredietinstelling die hierbij rekening houdt met de verwachte inflatie. Omdat de kasstromen in reële termen berekend zijn, zijn de effecten van prijsverhogingen er nog niet in verwerkt en dient de kapitaalkost ook in reële termen uitgedrukt te worden. De formule voor de berekening van de reële kapitaalkost wordt weergegeven in figuur 3.7. Uitgaande van een inflatievoet van 3,60%, zoals die genoteerd kon worden in februari 2008 (NBB, 2008), bedraagt de reële kapitaalkost voor belastingen  $(0,05 - 0,036)/(1+0,036) = 1,35\%$ .

Figuur 3.7: Formule voor de bepaling van de reële kapitaalkost

$$i^* = \frac{r - j}{1 + j}$$

(Bron: Mercken, 2004)

Hierbij is:

$i^*$ : de reële kapitaalkost voor belastingen

$r$ : de nominale kapitaalkost

$j$  : de inflatievoet

De interesten die betaald dienen te worden voor de aflossing van de lening, aangegaan om de investering te financieren, vormen boekhoudkundige kosten. Deze kosten verlagen het belastbaar resultaat en bijgevolg ook de belastingen. Dit effect, het minder afdragen aan de belastingen als gevolg van de interestbetalingen, wordt opgenomen via de kapitaalkost. De reële kapitaalkost na belastingen wordt berekend aan de hand van de formule afgebeeld in figuur 3.8.

Figuur 3.8: Formule voor de bepaling van de reële kapitaalkost na belastingen

$$i = \frac{(1-b)(i^* + j + i^* \cdot j) - j}{1 + j}$$

(Bron: Mercken, 2004)

Hierbij is:

$i$  : de reële kapitaalkost na belastingen

$i^*$  : de reële kapitaalkost voor belastingen

$j$  : de inflatievoet

$b$  : het belastingtarief

Wanneer deze formule toegepast wordt met een inflatievoet die nog steeds gelijk is aan 3,60%, een reële kapitaalkost van 1,35% en een belastingtarief van 33,99%, dan bedraagt de reële kapitaalkost na belastingen - 0,17%. Deze is negatief, wat volgens Mercken (2004) niet onmogelijk is. Bij de bepaling van de nominale rentevoet werd er rekening gehouden met de verwachte inflatie, maar deze zou uiteindelijk hoger kunnen zijn dan voorspeld werd. De interest die de tuinbouwer zal betalen is te laag en compenseert het koopkrachtverlies van de kredietinstelling niet. Om deze reden zal er in de sensitiviteitsanalyse nagegaan worden wat het effect op de NCW zal zijn, indien de nominale kapitaalkost hoger ligt.

Na de netto - kasstromen verdisconteerd te hebben kan de NCW bepaald worden. Dit gebeurt door de investeringskost in mindering te brengen van de som van de verdisconteerde kasstromen.

### 3.4.3 Investeringsanalyse voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor

#### 3.4.3.1 Uitbating van de WKK - installatie via een derde investeerder

- a) Situatie 1: de WKK – installatie wordt volledig gefinancierd door een derde investeerder.

Om de NCW te kunnen berekenen, zullen eerst de investeringskost, de jaarlijkse netto - kasstromen en afschrijvingen bepaald worden.

#### *Investeringskost van de derde investeerder en tuinbouwer*

Wanneer een derde investeerder de investeringskost van de WKK – installatie volledig op zich neemt, blijven er steeds een aantal kosten bestaan die de tuinbouwer zelf nog zal moeten aangaan. Uit de documentatie verkregen tijdens het bezoek aan Cummins (februari, 2008) blijkt dat de tuinbouwer inzake netaansluitingen, bekabeling, behuizing, uitrusting en bepaalde randapparatuur zelf zal moeten investeren. Bij de bepaling van de investeringskost via het Excel – bestand van Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007) wordt er enkel een opdeling gemaakt tussen de WKK – installatie, rookgasreiniger en netaansluitingen. Ervan uitgaande dat de investeringskost van de WKK – installatie zoals bepaald door het bestand van Stroobandt, ook bepaalde kosten omvat die uiteindelijk voor rekening van de tuinder zullen zijn, zal van de totale investeringskost die €1.198.357,79 bedraagt, 70% geïnvesteerd worden door de derde investeerder en 30% door de tuinder zelf. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat zowel de derde investeerder als de tuinbouwer een lening (lopende over 10 jaar met een interestvoet van 5%) zullen aangaan om hun gedeelte van de investeringskost te financieren. De financiering van de investeringskosten van een buffer en rookgascondensor zullen op dezelfde wijze tussen beide partijen verdeeld worden. De bedragen geïnvesteerd door een derde investeerder en de tuinder, worden weergegeven in tabel 3.23.

Tabel 3.23: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door een derde investeerder gefinancierd wordt.

Derde investeerder (70%)	€838.850,45
Tuinder (30%)	€359.507,34
Totaal	€1.198.357,79



*Uitgaande en inkomende kasstromen van de derde investeerder en tuinbouwer.*

De jaarlijkse in –en uitgaande kasstromen voor de derde investeerder worden weergegeven in tabel 3.24. De aankoop van gas om de WKK – installatie in werking te stellen en de onderhoudskosten vormen de jaarlijkse uitgaven. Naast de inkomsten die de derde investeerder verkrijgt uit de verkoop van elektriciteit (Opbrengst E) en warmtekrachtcertificaten (WKC), zal deze ook nog een vergoeding bekomen van de tuinbouwer voor de geproduceerde warmte (Opbrengst Q). Uitgezonderd de opbrengsten uit de warmtekrachtcertificaten zijn alle inkomende en uitgaande kasstromen voor elk jaar gelijk. De eerste zes jaren, is de netto – kasstroom positief. Nadien is de opbrengst uit de verkoop van WKC te laag om nog een positieve netto – kasstroom te bekomen.

Tabel 3.24: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door een derde investeerder gefinancierd wordt.

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	256.854,05	64.016,79
2	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	256.854,05	64.016,79
3	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	256.854,05	64.016,79
4	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	256.854,05	64.016,79
5	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	229.530,22	36.692,96
6	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	202.206,39	9.369,13
7	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	174.882,56	-17.954,70
8	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	147.558,72	-45.278,53
9	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	120.234,89	-72.602,36
10	552.275,67	219.442,51	83.821,13	495.059,80	92.911,06	-99.926,19

Omdat de derde investeerder de WKK – installatie volledig financiert, ontvangt de tuinder geen opbrengst uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten. Omdat de tuinbouwer de investering zelf niet financiert zal hij bovendien ook niet kunnen rekenen op VLIF -steun. Wel kan hij nu goedkoop zijn warmte aankopen. De warmteopbrengst voor de tuinder, bepaald in tabel 3.15 bedraagt €170.182,28. Omdat de WKK – installatie in februari niet volledig in de warmtebehoefte kan voorzien, zal de verwarmingsketel ingeschakeld moeten worden. Deze zal 516,79 MWh aan gas nodig hebben, wat overeenkomt met een waarde van €17.054,13. De netto - kasstroom per jaar is voor de tuinder gelijk aan €153.292,37.

*Bepaling van het jaarlijkse afschrijvingsbedrag van de derde investeerder en de tuinbouwer.*

De bepaling van het jaarlijks af te schrijven bedrag gebeurt op basis van de DDB – methode, uitgelegd in paragraaf 3.4.2, en wordt zowel voor de derde investeerder als voor de tuinbouwer weergegeven in tabel 3.25. Het lineaire afschrijvingspercentage bedraagt voor beide partijen 10%, het lineaire afschrijvingsbedrag is gelijk aan  $€838.850 * 0,10 = €83.885,05$  voor de derde investeerder en  $€359.507,34 * 0,10 = €35.950,73$  voor de tuinder.

Tabel 3.25: Bepaling van het jaarlijkse afschrijvingsbedrag voor de derde investeerder en de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Jaar	Boekwaarde investeerder (€)	Afschrijving investeerder (€)	Boekwaarde tuinder (€)	Afschrijving tuinder (€)
1	838.850,45	167.770,09	359.507,34	71.901,47
2	671.080,36	134.216,07	287.605,87	57.521,17
3	536.864,29	107.372,86	230.084,70	46.016,94
4	429.491,43	85.898,29	184.067,76	36.813,55
5	343.593,14	83.885,05	147.254,20	35.950,73
6	259.708,10	83.885,05	111.303,47	35.950,73
7	175.823,05	83.885,05	75.352,74	35.950,73
8	91.938,01	83.885,05	39.402,00	35.950,73
9	8.052,96	8.052,96	3.451,27	3.451,27
10	-	-	-	-

*Bepaling van de NCW voor de derde investeerder en de tuinbouwer.*

Om de NCW te bepalen zal eerst het effect dat de kasstromen en de afschrijvingen hebben op de belastingen in rekening gebracht worden. Vervolgens zullen deze kasstromen verdisconteerd worden aan een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%. De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen is voor de derde investeerder terug te vinden in tabel 3.26 en bedraagt €329.465,41. De som van de verdisconteerde netto – kasstromen bedraagt voor de tuinbouwer €1.143.616,57. De bepaling ervan is terug te vinden in tabel 3.27. Tenslotte wordt de NCW bepaald door de som van de verdisconteerde kasstromen te verminderen met de investeringskost. Omdat de

WKK – installatie gefinancierd wordt door de derde investeerder zal er geen verhoogde investeringsaftrek toegekend worden. De NCW voor de derde investeerder is gelijk aan €329.465,41 – €838.850,45 = - €509.385,04. Omdat de netto – kasstromen na 6 jaren negatief worden, is de som van de verdisconteerde netto – kasstromen onvoldoende om de investeringskost te overbruggen. De NCW voor de tuinbouwer bedraagt €1.143.616,57 – €359.507,34 = €784.109,23. De netto – kasstromen voor de tuinbouwer zijn steeds positief en voldoende hoog zodat de som van de verdisconteerde netto –kasstromen de investeringskost overschrijdt. Indien de WKK – installatie zonder rookgascondensor volledig gefinancierd wordt door een derde investeerder zal dit voor deze partij niet economisch haalbaar zijn. Er zal in dit geval geen contract aangegaan worden door een derde investeerder en de tuinbouwer.

Tabel 3.26: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$ (€)	$-b*(O_t - Q_t)$ (€)	$b*(\hat{A}_t)$ (€)	Netto kasstroom rekening gehouden met het effect op de belastingen (€)	$A_{t-1}$ (€)	Netto kasstroom verdisconteerd (€)
1	64.016,79	- 21.759,31	57.025,05	99.282,54	1,001747	99.455,99
2	64.016,79	- 21.759,31	45.620,04	87.877,53	1,003497	88.184,86
3	64.016,79	- 21.759,31	36.496,03	78.753,52	1,005250	79.167,01
4	64.016,79	- 21.759,31	29.196,83	71.454,31	1,007007	71.954,97
5	36.692,96	- 12.471,94	28.512,53	52.733,55	1,008766	53.195,81
6	9.369,13	- 3.184,57	28.512,53	34.697,09	1,010528	35.062,40
7	- 17.954,70	6.102,80	28.512,53	16.660,63	1,012294	16.865,45
8	- 45.278,53	15.390,17	28.512,53	- 1.375,83	1,014062	- 1.395,18
9	- 72.602,36	24.677,54	2.737,20	- 45.187,62	1,015834	- 45.903,12
10	- 99.926,19	33.964,91	-	- 65.961,28	1,017609	- 67.122,78
Tot.						329.465,41

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 3.27: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$ (€)	$-b^*(O_t - Q_t)$ (€)	$(\hat{A}_t)$ (€)	Netto kasstroom rekening gehouden met het effect op de belastingen (€)	$A_{t-1}$ (€)	Netto kasstroom verdisconteerd (€)
1	153.128,15	-52.048,26	24.439,31	125.519,20	1,001747	125.738,50
2	153.128,15	- 52.048,26	19.551,45	120.631,34	1,003497	121.053,22
3	153.128,15	- 52.048,26	15.641,16	116.721,05	1,005250	117.333,89
4	153.128,15	- 52.048,26	12.512,93	113.592,82	1,007007	114.388,73
5	153.128,15	- 52.048,26	12.219,65	113.299,55	1,008766	114.292,73
6	153.128,15	- 52.048,26	12.219,65	113.299,55	1,010528	114.492,41
7	153.128,15	- 52.048,26	12.219,65	113.299,55	1,012294	114.692,44
8	153.128,15	- 52.048,26	12.219,65	113.299,55	1,014062	114.892,81
9	153.128,15	- 52.048,26	1.173,09	102.252,98	1,015834	103.872,06
10	153.128,15	- 52.048,26	-	101.079,89	1,017609	102.859,79
Tot.						1.143.616,57

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b^*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b^*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

b) Situatie 2: de WKK – installatie wordt voor 60% gefinancierd door een derde investeerder.

*Investeringskost van de derde investeerder en de tuinbouwer.*

In deze situatie zal er nagegaan worden wat het effect op de economische haalbaarheid is, indien de derde investeerder het project niet meer volledig, maar slechts voor 60% financiert. 40% van de investeringskost die in de vorige situatie gedragen werd door de derde investeerder zal nu voor rekening zijn van de tuinbouwer. Tabel 3.28 geeft voor elke partij de investeringskost weer.

Tabel 3.28: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 60% door een derde investeerder gefinancierd wordt.

Derde investeerder	€503.310,27
Tuinder	€695.047,52
Totaal	€1.198.357,79

*Uitgaande en inkomende kasstromen van de derde investeerder en van de tuinbouwer*

Tabel 3.29 en tabel 3.30 geven de in –en uitgaande kasstromen weer voor respectievelijk de derde investeerder en de tuinder. De tuinder heeft in deze situatie recht op 40% van de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit en de warmtekrachtcertificaten. De exploitatiekosten zullen niet meer volledig voor rekening van de derde investeerder zijn, de tuinbouwer zal 40% van deze kosten (€87.777,00) op zich nemen. De brandstofkosten zullen wel volledig door de derde investeerder gedragen worden, net zoals in de vorige situatie, zal de tuinbouwer hiervoor dan een vergoeding van 33% dienen te betalen. Reeds vanaf jaar 1 zal de netto – kasstroom voor de derde investeerder negatief zijn. De jaarlijkse opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten van de derde investeerder daalt in die mate dat deze de jaarlijkse kosten niet meer compenseren. De aankoop van gas om bijkomend te verwarmen en de warmteopbrengst blijven voor de tuinbouwer ten opzichte van de vorige situatie gelijk. Omwille van de extra opbrengsten die hij nu verkrijgt, zal zijn jaarlijkse netto – kasstroom meer dan verdubbeld zijn. Op steun vanuit het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds zal er nog steeds niet gerekend kunnen worden.

Tabel 3.29: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK - installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	154.112,43	- 48.971,74
2	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	154.112,43	- 148.971,74
3	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	154.112,43	- 148.971,74
4	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	154.112,43	- 148.971,74
5	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	137.718,13	- 165.366,04
6	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	121.323,83	- 181.760,34
7	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	104.929,53	- 198.154,64
8	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	88.553,23	- 214.548,93
9	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	72.140,94	- 230.943,23
10	552.275,67	131.665,50	83.821,13	297.035,88	55.746,64	- 247.337,53

Tabel 3.30: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de tuinbouwer indien de WKK - installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas bijstook	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	102.741,62	453.893,69
2	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	102.741,62	453.893,69
3	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	102.741,62	453.893,69
4	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	102.741,62	453.893,69
5	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	91.812,09	442.964,16
6	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	80.882,55	432.034,63
7	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	69.953,02	421.105,10
8	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	59.023,49	410.175,56
9	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	48.093,96	399.246,03
10	17.054,13	87.777,00	170.182,28	198.023,92	37.164,43	388.316,50

*Bepaling van het jaarlijks afschrijvingsbedrag van de derde investeerder en de tuinbouwer.*

Ook deze keer zullen de investeringskosten degressief afgeschreven worden via de DDB – methode. Het jaarlijkse afschrijvingsbedrag voor zowel de derde investeerder als de tuinder zijn terug te vinden in tabel 10 van bijlage 4. Het lineaire afschrijvingspercentage blijft ongewijzigd, het lineaire afschrijvingsbedrag is voor de derde investeerder gelijk aan €50.331,03. Voor de tuinder bedraagt deze €69.504,75.

*Bepaling van de NCW voor de derde investeerder en de tuinbouwer.*

Tabel 11 van bijlage 4 geeft de bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de derde investeerder weer. Omdat de netto – kasstroom voor de derde investeerder elk jaar negatief is, is de som van de verdisconteerde netto - kasstromen ook negatief. De bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer wordt getoond in tabel 12 van bijlage 4. De NCW voor de derde investeerder is gelijk aan  $-1.051.176,02 \text{ €} - 503.310,27 = - 1.554.486,29$ , de NCW voor de tuinder bedraagt  $2.524.258,00 - 695.047,52 = 1.829.210,49$ . Ook in deze situatie is het investeren in de WKK – installatie zonder rookgascondensor niet economisch haalbaar voor een derde investeerder. Er zal eveneens geen contract aangegaan worden tussen een derde investeerder en de tuinder.

c) Situatie 3: de WKK – installatie wordt volledig door de tuinder gefinancierd

In dit geval zullen alle investeringskosten gefinancierd worden door de tuinder. De totale investeringskosten bedragen €1.198.357,79.

De derde investeerder ontvangt geen inkomsten meer uit de verkoop van de elektriciteit en de verkregen warmtekrachtcertificaten. Wel zal hij een fee voor poolvorming verkrijgen. Deze fee zal bepaald worden op €2/MWhe, de derde investeerder zal jaarlijks €13.989,02 ontvangen van de tuinbouwer. De brandstofkosten en de exploitatiekosten zijn in deze situatie volledig voor rekening van de tuinbouwer. In tegenstelling tot de vorige situaties, zal er ditmaal wel steun verleend worden vanuit het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds. De in –en uitgaande kasstromen van de tuinbouwer worden weergegeven in tabel 3.31.

Het bedrag dat jaarlijks afgeschreven zal worden, is weergegeven in tabel 13 van bijlage 4. Tabel 14 van bijlage 4 geeft de bepaling van de som van de verdisconteerde netto - kasstromen weer. De reële kapitaalkost na belastingen is nog steeds gelijk aan -0,17%. Wel zal er ditmaal een verhoogde

investeringsaftrek toegekend worden. Deze bedraagt €136.284,01 en zal de NCW verhogen met €46.322,93 (zie paragraaf 3.4.1.3d ). De NCW is gelijk aan €1.517.065,59 - €1.171.994,46 + €46.322,93 = €473.394,06. De WKK - installatie volledig zelf financieren, blijkt voor de tuinbouwer economisch haalbaar te zijn terwijl dit niet het geval is indien de derde investeerder de volledig investeringskost op zich neemt. In deze situatie dient de tuinbouwer wel een fee aan de derde investeerder te betalen, maar daar tegenover staat dat de tuinbouwer een hogere warmteopbrengst heeft dan de derde investeerder wanneer deze laatste de financiering volledig op zich zou nemen. De vergoeding die de derde investeerder voor de warmteopbrengst verkrijgt, bedraagt immers slechts 33% van de waarde van de totale warmteproductie. Bovendien ontvangt de tuinbouwer steun, zowel op federaal als op Vlaams niveau, wat voor de derde investeerder niet het geval is. In deze situatie blijkt het investeren in een WKK - installatie dus wel economisch haalbaar te zijn. De tuinbouwer zou een contract met een derde investeerder kunnen afsluiten.



Tabel 3.31: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 100% door de tuinder gefinancierd wordt

Kas- stroom	Uit					In				Netto	
	Gas WKK	Gas bijstook	Exploitatie	Fee voor poolvorming	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	VLIF			
Jaar											
1	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	256.854,05	40.000			243.155,93
2	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	256.854,05	36.000			239.155,93
3	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	256.854,05	32.000			235.155,93
4	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	256.854,05	28.000			231.155,93
5	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	229.530,22	24.000			199.832,10
6	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	202.206,39	20.000			168.508,27
7	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	174.882,56	16.000			137.184,44
8	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	147.558,72	12.000			105.860,61
9	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	120.234,89	8.000			74.536,77
10	552.275,67	17.054,13	219.442,54	13.989,02	254.003,41	495.059,80	92.911,06	4.000			43.212,94

### **3.4.3.2 Uitbating van de WKK – installatie in eigen beheer**

De investeringskost bedraagt nog steeds €1.198.357,79. De gegevens van de in -en uitgaande kasstromen worden samengevat in tabel 3.32. Ook deze keer zal de tuinbouwer kunnen rekenen op VLIF – steun. De bedragen die de tuinder jaarlijks zal afschrijven zijn gelijk aan deze in de vorige situatie en werden reeds bepaald in tabel 13 van bijlage 4. De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen wordt weergegeven in tabel 15 van bijlage 4. Ook op federaal niveau zal de tuinder een verhoogde investeringsaftrek toegekend krijgen. De NCW is gelijk aan €1.669.837,67 – €1.171.994,49 + €46.322,93 = €626.166,15. De WKK – installatie in eigen beheer uitbaten, blijkt eveneens economisch haalbaar te zijn. Ten opzichte van de vorige situatie, liggen enerzijds de brandstofkosten hoger, de onderhandelingsmacht van de tuinbouwer is immers beperkt ten opzichte van deze van de derde investeerder, maar anderzijds wordt de waarde van de warmteopbrengst hoger gewaardeerd en valt de fee weg. Bovendien heeft de tuinbouwer nu zelf de vrijheid om te bepalen op welke uren de WKK – installatie in werking zal zijn.

Tabel 3.32: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie in eigen beheer uitgebaat wordt.

Kas- stroom	Uit(€)			In(€)					Netto (€)
	Gas WKK	Gas bijstook	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	VLIF		
Jaar									
1	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	256.854,05	40.000	266.078,29	
2	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	256.854,05	36.000	262.078,29	
3	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	256.854,05	32.000	258.078,29	
4	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	256.854,05	28.000	254.078,29	
5	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	229.530,22	24.000	222.754,46	
6	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	202.206,39	20.000	191.430,63	
7	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	174.882,56	16.000	160.106,80	
8	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	147.558,72	12.000	128.782,97	
9	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	120.234,89	8.000	97.459,13	
10	591.723,93	17.054,13	219.442,54	302.385,02	495.059,80	92.911,06	4.000	66.135,30	

### 3.4.4 Investeringsanalyse voor een WKK – installatie met rookgascondensator

#### 3.4.4.1 Uitbating van de WKK - installatie via een derde investeerder

- a) Situatie 1: de WKK – installatie wordt volledig gefinancierd door een derde investeerder.

*Investeringskost van de derde investeerder en tuinbouwer.*

Hoewel de investeringskosten van de WKK – installatie in principe volledig gedragen zullen worden door de derde investeerder, zullen ook deze keer bepaalde kosten steeds voor rekening zijn van de tuinbouwer. Net zoals in de situatie van een WKK – installatie zonder rookgascondensator, zullen de investeringskosten voor 30% gedragen worden door de tuinder en voor 70% door de derde investeerder. De kost voor de rookgascondensator bedraagt €16.000, wat de totale investeringskost op €1.214.357,79 brengt. Tabel 3.33 geeft weer hoeveel van de totale investeringskost elke partij op zich neemt.

Tabel 3.33: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Investeerder	€850.050,45
Tuinder	€364.307,34
Totaal	€1.214.357,79

*Inkomende en uitgaande kasstromen van de derde investeerder.*

In tabel 3.34 worden de kasstromen van de derde investeerder weergegeven. Ten opzicht van de situatie zonder condensator, ligt de waarde van de jaarlijkse brandstofaankoop lager. Omdat de warmte uit de rookgassen ook gebruikt kan worden, kan deze aankoop immers aan het factuurbedrag gewaardeerd worden. De verhoging van het thermisch rendement heeft tot gevolg dat er meer warmtekrachtcertificaten toegekend zullen worden waardoor de opbrengst hiervan stijgt. De warmteopbrengst, bepaald door de waarde van de brandstof te vermenigvuldigen met het hogere thermisch rendement, is eveneens gestegen. Zowel de exploitatiekosten als de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit zijn afhankelijk van de elektriciteitsproductie. Aangezien deze niet verandert is, treden er bij deze kasstromen geen wijzigingen op ten opzichte van de situatie zonder rookgascondensator. Met rookgascondensator, zullen de gegeneerde jaarlijkse opbrengsten de jaarlijkse

kosten elk jaar overschrijden. De netto – kasstromen zijn gedurende de ganse levensduur van het project positief.

Tabel 3.34: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	348.571,26	214.889,05
2	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	348.571,26	214.889,05
3	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	348.571,26	214.889,05
4	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	348.571,26	214.889,05
5	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	319.418,49	185.736,29
6	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	290.265,73	156.583,53
7	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	261.112,97	127.430,76
8	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	231.960,21	98.278,00
9	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	202.807,45	69.125,24
10	502.068,79	219.442,51	92.769,29	495.059,80	173.654,68	39.972,48

De tuinbouwer zal ook deze keer de warmte opgewekt door de WKK – installatie dienen te vergoeden. Hij zal hiertoe jaarlijks een bedrag van €92.769,29 betalen. De warmteopbrengst van de tuinder is dan gelijk aan ongeveer €281.119,07 – €92.769,29 = €188.349,78. Hoewel het thermisch rendement van de WKK – installatie vergroot is, zal ook in deze situatie de tuinder nog warmte moeten opwekken met een verwarmingsketel. Dit betekent voor de tuinder een jaarlijkse uitgave van €8.993,36. De jaarlijkse netto - kasstroom is voor de tuinder dan gelijk aan ongeveer €188.349,78 - €8.933,36 = €179.416,42. Deze is groter dan in de situatie zonder rookgascondensor omwille van de gestegen warmteopbrengst als gevolg van het verhoogde thermisch rendement. Ook zal de tuinbouwer minder bijkomend moeten verwarmen.

*Bepaling van het jaarlijks afschrijvingsbedrag van de derde investeerder en de tuinder*

Tabel 16 van bijlage 4 geeft de bedragen weer die jaarlijks door de derde investeerder en de tuinder afgeschreven worden. Er wordt ook in deze situatie gedurende 10 jaren afgeschreven, het lineair afschrijvingsbedrag bedraagt €85.005,05 voor de derde investeerder en €36.430,73 voor de tuinder.

Omwille van de hogere investeringskosten zal er jaarlijks meer afgeschreven worden dan wanneer er geen rookgascondensator geplaatst is.

*Bepaling van de NCW voor de derde investeerder en de tuinder*

Tabel 17 van bijlage 4 toont de bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen van de derde investeerder. Voor de tuinder is de som van de verdisconteerde kasstromen terug te vinden in tabel 18 van bijlage 4. De derde investeerder zal niet kunnen rekenen op een verhoogde investeringsaftrek. De NCW is voor de derde investeerder gelijk aan  $\text{€}1.313.102,32 - \text{€}850.050,45 = \text{€}463.051,87$ , deze voor de tuinder bedraagt  $\text{€}956.157,22$  ( $\text{€}1.320.464,56 - \text{€}364.307,34$ ). In dit geval kunnen de partijen overwegen een contract met elkaar af te sluiten. Terwijl volledig investeren in de WKK – installatie zonder rookgascondensator niet economisch haalbaar bleek te zijn voor de derde investeerder, is dat in dit geval wel zo. Omwille van de rookgascondensator kan de brandstofkost aan de factuurprijs gewaardeerd worden, de waarde van de brandstofkosten liggen dus lager dan in de situatie zonder roogascondensator. Ook de warmteopbrengst is omwille van het verhoogde thermisch rendement gestegen. De voornaamste reden voor de verhoging van de NCW ligt in de verhoogde opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten.

b) Situatie 2: de WKK – installatie wordt voor 60% gefinancierd door een derde investeerder.

*Investeringskost van de derde investeerder en de tuinbouwer.*

In dit geval zal 40% van de investeringskost die in de vorige situatie gedragen werd door de derde investeerder, gefinancierd worden door de tuinder. De verdeling van de investeringskosten tussen de partijen wordt aangegeven in tabel 3.35.

Tabel 3.35: Bepaling van de investeringskost voor de derde investeerder en tuinbouwer indien de WKK – installatie voor 60% door een derde investeerder gefinancierd wordt.

Investeerder	€510.030,27
Tuinder	€704.327,52
Totaal	€1.214.357,79

*Uitgaande en inkomende kasstromen van de derde investeerder en tuinbouwer.*

Tabel 3.36 en tabel 3.37 geven de uit –en ingaande kasstromen van respectievelijk de derde investeerder en de tuinder weer. 40% van de inkomsten uit de verkoop van elektriciteit en de

warmtekrachtcertificaten zal verkregen worden door de tuinbouwer. Daar tegenover staat dat deze ook 40% van de exploitatiekosten op zich zal nemen. De netto – kasstromen voor de derde investeerder zijn ook nu nog steeds negatief. De opbrengsten uit de geproduceerde warmte en de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten zijn te laag om de brandstof –en exploitatiekosten te compenseren. De jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer is omwille van de extra opbrengsten en de beperkte bijkomende kosten, meer dan verdubbeld.

Tabel 3.36: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	209.142,75	- 34.786,37
2	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	209.142,75	- 34.786,37
3	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	209.142,75	- 34.786,37
4	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	209.142,75	- 34.786,37
5	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	191.651,10	- 52.278,03
6	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	174.159,44	- 69.769,68
7	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	156.667,78	- 87.261,34
8	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	139.176,12	- 104.753,00
9	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	121.684,47	- 122.244,66
10	502.068,79	131.665,50	92.769,29	297.035,88	104.192,81	- 139.736,31

Tabel 3.37: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 60% gefinancierd door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar \ Kas- stroom	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas bijstook	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	139.428,50	516.868,84
2	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	139.428,50	516.868,84
3	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	139.428,50	516.868,84
4	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	139.428,50	516.868,84
5	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	127.767,40	505.207,73
6	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	116.106,29	493.546,63
7	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	104.445,19	481.885,52
8	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	92.784,08	470.224,42
9	8.933,36	87.777,00	188.349,78	198.023,92	81.122,98	458.563,31
10	8.933,36		188.349,78	198.023,92	69.461,87	446.902,21

*Bepaling van het jaarlijkse afschrijvingsbedrag van de derde investeerder en tuinbouwer.*

Tabel 19 van bijlage 4 geeft de bedragen die jaarlijks door de derde investeerder en de tuinder afgeschreven zullen worden, weer. In deze situatie bedraagt het lineaire afschrijvingsbedrag voor de derde investeerder €51.003,03, dat voor de tuinder is gelijk aan €70.432,75.

*Bepaling van de NCW voor de derde investeerder en tuinbouwer.*

De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen voor de derde investeerder is terug te vinden in tabel 20 van bijlage 4. Tabel 21 van bijlage 4 geeft deze voor de tuinbouwer weer. Nog steeds uitgaande van een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, bedraagt de NCW voor de derde investeerder - €303.292,15 - €510.030,27 = - €813.322,42. De NCW voor de tuinder bedraagt €2.936.859,02 - €704.327,52 = €2.232.531,51. Wanneer de derde investeerder slechts 60% van de investeringskost van de WKK – installatie financiert, blijkt dit niet economisch haalbaar te zijn voor hem. Voor de tuinder is deze gedeeltelijke financiering wel economisch interessant.



c) Situatie 3: de WKK – installatie wordt volledig door de tuinder gefinancierd

In deze situatie neemt de tuinder de financiering van de volledige investeringskost die €1.214.357,79 bedraagt, op zich.

De uitgaande en inkomende kasstromen van de tuinder worden weergegeven in tabel 3.38. De derde investeerder ontvangt jaarlijks een fee voor poolvorming die €2/MWh<sub>e</sub> bedraagt. Het installeren van een rookgascondensor heeft geen invloed op de elektriciteitsproductie, bijgevolg zal de vergoeding die een derde investeerder ontvangt ook niet wijzigen ten opzichte van de situatie zonder rookgascondensor, deze bedraagt €13.989,03. Wanneer de WKK – installatie volledig door de tuinder gefinancierd wordt, zal deze ook kunnen rekenen op VLIF – steun.

Het jaarlijks af te schrijven bedrag wordt bepaald in tabel 22 van bijlage 4. Wat de bepaling van de NCW betreft, zal de tuinbouwer in dit geval wel recht hebben op een verhoogde investeringsaftrek. Dit bedrag wijzigt niet ten opzichte van de situatie waarbij er geen condensor geplaatst wordt. De installatie van een rookgascondensor komt immers niet in aanmerking voor een verhoogde investeringsaftrek. De NCW is voor de tuinder gelijk aan €2.686.623,54 – €1.214.357,79 + €46.322,93 = €1.518.588,68. De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen zijn terug te vinden in tabel 23 van bijlage 4. Indien de tuinder de WKK – installatie volledig zelf financiert en hierbij het beheer overlaat aan een derde investeerder, blijkt het project economisch haalbaar te zijn.

De netto – kasstromen van de tuinbouwer zijn groter dan de netto – kasstromen van de derde investeerder indien deze de installatie volledig zou financieren. De brandstof –en exploitatiekosten zijn in beide situaties voor beide partijen gelijk. Alleen zal de derde investeerder enkel 33% van de warmteopbrengst verkrijgen indien hij de investeringskost van de WKK – installatie volledig op zich neemt, terwijl bij volledige financiering door de tuinbouwer, de warmteopbrengst voor de tuinbouwer volledig in rekening gebracht kan worden. Bovendien zal de tuinbouwer kunnen rekenen op VLIF – steun.

De netto – kasstromen van de tuinbouwer zijn in deze situatie ook groter dan wanneer het zou gaan om een WKK – installatie zonder rookgascondensor. De reden hiervoor kan gevonden worden in de brandstofkosten die gedaald zijn en de toename van de inkomsten uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten.

Tabel 3.38: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de tuinbouwer gefinancierd wordt.

Kas- stroom	Uit (€)					In (€)				Netto (€)	
	Gas WKK	Gas bijstook	Exploitatie	Fee voor poolvorming	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	VLIF			
Jaar											
1	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	348.571,26	40.000			420.316,45
2	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	348.571,26	36.000			416.316,45
3	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	348.571,26	32.000			412.316,45
4	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	348.571,26	28.000			408.316,45
5	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	319.418,49	24.000			75.163,68
6	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	290.265,73	20.000			342.010,92
7	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	261.112,97	16.000			308.858,16
8	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	231.960,21	12.000			275.705,40
9	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	202.807,45	8.000			242.552,64
10	502.068,79	8.933,36	219.442,54	13.989,02	281.119,07	495.059,80	173.654,68	4.000			209.399,87

#### **3.4.4.2 Uitbating van de WKK – installatie in eigen beheer**

Ook in deze situatie financiert de tuinder de investeringskosten zelf. Deze bedragen €1.214.357,79. De uit –en ingaande kasstromen van de tuinder worden in tabel 3.39 weergegeven. Ook deze keer heeft de tuinder recht op VLIF – steun. Het jaarlijks af te schrijven bedrag komt overeen met dat van de vorige situatie en wordt weergegeven in tabel 22 van bijlage 4. De NCW van de tuinder is in deze situatie gelijk aan  $€2.897.719,58 - €1.214.357,79 + €46.322,93 = €1.755.256,54$ . Het project in eigen beheer uitvoeren is economisch haalbaar. Ten opzichte van de vorige situatie ligt de warmteopbrengst, omwille van een andere waarderingmethode, hoger. Hoewel de brandstofkosten gestegen zijn, heeft de tuinbouwer nu zelf de werking van de WKK – installatie onder controle en hij hoeft ook geen fee aan de derde investeerder te betalen. De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen is terug te vinden in tabel 24 van bijlage 4.

Tabel 3.39: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK - installatie in eigen beheer uitgebaat wordt.

Kas- stroom  Jaar	Uit			In					Netto
	Gas WKK	Gas bijstook	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	VLIF		
1	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	348.571,26	40.000	451.989,90	
2	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	348.571,26	36.000	447.989,90	
3	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	348.571,26	32.000	443.989,90	
4	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	348.571,26	28.000	439.989,90	
5	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	319.418,49	24.000	406.837,14	
6	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	290.265,73	20.000	373.684,38	
7	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	261.112,97	16.000	340.531,61	
8	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	231.960,21	12.000	307.378,85	
9	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	202.807,45	8.000	274.226,09	
10	502.068,79	8.933,36	219.442,54	334.665,56	495.059,80	173.654,68	4.000	241.073,33	

### 3.4.4.3 Conclusie

Tabel 3.40 geeft per beheervorm de NCW van de derde investeerder en tuinbouwer weer en dit zowel voor een WKK – installatie zonder als met een rookgascondensor.

Tabel 3.40: De NCW per beheervorm voor een WKK – installatie zonder en met rookgascondensor

	WKK – installatie zonder rookgascondensor	WKK – installatie met rookgascondensor
<b>Investering volledig gefinancierd door de derde investeerder</b>		
NCW derde investeerder	- 509.385,04	463.051,87
NCW tuinbouwer	784.109,23	956.157,22
<b>Investering voor 60% gefinancierd door de derde investeerder</b>		
NCW derde investeerder	- 2.139.499,15	- 1.398.335,28
NCW tuinbouwer	2.414.223,35	2.817.544,37
<b>Investering voor 100% gefinancierd door de tuinbouwer</b>		
NCW tuinbouwer	473.394,06	1.518.588,68
<b>Uitbating in eigen beheer</b>		
NCW tuinbouwer	626.166,15	1.811.684,72

De derde investeerder zal enkel bereid zijn de volledige investeringskost op zich te nemen indien de tuinbouwer een rookgascondensor plaatst. Een gedeeltelijke financiering blijkt voor hem niet economisch haalbaar te zijn. Ook indien de tuinbouwer de WKK – installatie volledig financiert maar de uitbating overlaat aan een derde investeerder, zal dit economisch haalbaar zijn. De situatie van een gedeelde financiering uitgesloten, is de NCW voor de tuinbouwer het hoogst wanneer deze de WKK – installatie volledig financiert en in eigen beheer uitbaat. Het plaatsen van een rookgascondensor maakt dat de NCW meer dan verdubbeld. Het is dan ook aangeraden dat indien de tuinbouwer een WKK – installatie plaatst, hij hierbij ook een rookgascondensor installeert en de uitbating ervan in eigen beheer uitvoert.

## 4 Praktijkvoorbeeld 2: slateelt

### 4.1 Het tuinbouwbedrijf: energievraag en CO<sub>2</sub> – behoefte

Het glastuinbouwbedrijf van Dhr. Dockx, slateler, is eveneens gelegen te Sint – Katelijne – Waver, de bedrijfsoppervlakte bedraagt ongeveer 1,3 ha.

Om sla te telen is de behoefte aan warmte beperkt. De tuinbouwer gebruikt extra zware stookolie om te verwarmen en koopt hiervan per jaar ongeveer 145.000 kg aan. De tuinbouwer beschikt niet over een rookgascondensor. De energie – inhoud van de brandstof zal dus bepaald worden aan de hand van de stookwaarde die 11,13 kWh/kg bedraagt. De energie – inhoud van 145.000 kg extra zware stookolie bedraagt ongeveer 1.613,85 MWh. Uitgaande van een rendement van een verwarmingsketel van 90%, is de warmtebehoefte ongeveer gelijk aan 1.452,47 MWh. Om warmte die niet dadelijk in de serre nodig is te kunnen opslaan, beschikt de tuinbouwer over een buffer van 160m<sup>2</sup>. In 2007 werd de teelt gedurende 3.326,37 uren belicht en werd er 549.349 kWh aan elektriciteit verbruikt. De CO<sub>2</sub> – bemesting gebeurt aan de hand van een CO<sub>2</sub> – kanon dat petroleum als brandstof heeft. Hiervan wordt jaarlijks 70.000 liter aangekocht. Per liter petroleum wordt er 2,5 kg CO<sub>2</sub> (H. Marien, persoonlijke communicatie, 2 april 2008) uitgestoten. De CO<sub>2</sub> – behoefte per jaar in de serre kan aldus bepaald worden op  $2,5 \text{ kg/l} * 70.000 \text{ l} = 175.000 \text{ kg}$ . De energie – en CO<sub>2</sub> – behoefte worden samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 4.1: Energie –en CO<sub>2</sub> – behoefte van het slateeltbedrijf in 2007.

Warmte (MWh)	1.452,47
Elektriciteit (MWh)	549,35
CO <sub>2</sub> (ton)	175

### 4.2 De technische aspecten

## 4.2.1 Bepaling grootte WKK – installatie

### 4.2.1.1 Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de elektriciteitsvraag

Omdat de gegevens in verband met de warmtebehoefte niet op maandbasis beschikbaar zijn en omdat de energiebehoefte zich voornamelijk op vlak van elektriciteit situeert, zal de WKK – installatie enkel op basis van het elektriciteitsverbruik bepaald worden. Het jaarbelastingsduurdiagram dat opgesteld wordt zal op de X – as de duur aangeven, het elektrisch vermogen wordt weergegeven op de Y – as. Het elektrisch vermogen kan bepaald worden op basis van de maandelijkse elektriciteitsfacturen die de slateler ontvangt. Deze geven het verbruik en het vermogen tijdens de normale en stille uren weer. De gegevens per maand, terug te vinden in tabel 4.2, dateren van december 2006 tot en met november 2007. Door het verbruik te delen door het vermogen, kan er bepaald worden hoeveel uren er tijdens de normale en stille uren belicht wordt. Deze uren zijn terug te vinden in kolom 4 en 7 van tabel 4.2.

Tabel 4.2: Het elektriciteitsverbruik, het vermogen en het aantal uren van belichting

maand	vermogen normale uren (kW)	verbruik normale uren ( kWh)	Aantal normale uren	vermogen stille uren (kW)	verbruik stille uren (kWh)	aantal stille uren
dec/06	262,00	30.618,00	116,86	258,00	33.119,00	128,37
jan/07	258,00	59.795,00	231,76	256,00	43.461,00	169,77
feb/07	263,00	44.098,00	167,67	259,00	31.976,00	123,46
mrt/07	260,00	25.329,00	97,42	261,00	31.107,00	119,18
apr/07	256,00	5.915,00	23,11	256,00	6.399,00	25,00
mei/07	44,00	4.231,00	96,16	26,00	4.561,00	175,42
jun/07	31,00	4.665,00	150,48	24,00	4.431,00	184,63
jul/07	26,00	3.955,00	152,12	22,00	3.589,00	163,14
aug/07	25,00	4.071,00	162,84	19,00	3.787,00	199,32
sep/07	244,00	18.546,00	76,01	239,00	20.025,00	83,79
okt/07	241,00	43.996,00	182,56	245,00	29.144,00	118,96
nov/07	245,00	51.906,00	211,86	244,00	40.625,00	166,50
Totaal			1668,85			1657,52

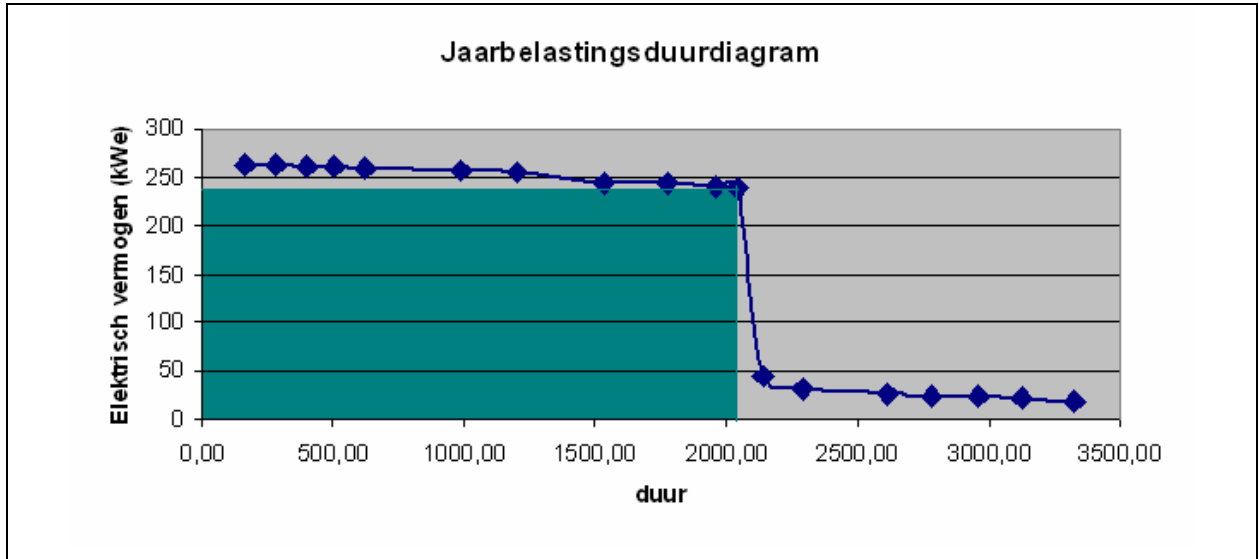
Vervolgens dienen de vermogens gerangschikt te worden van groot naar klein en dient er bepaald te worden voor welke duur men deze vermogens nodig heeft. De resultaten worden weergegeven in tabel 4.3. Op basis van de twee eerste kolommen kan dan een jaarbelastingsduurdiagram, weergegeven in figuur 4.1, opgesteld worden. Om de grootste rechthoek onder de jaarbelastingsduurcurve te bepalen, dient het vermogen vermenigvuldigd te worden met de duur. Dit wordt aangetoond in kolom 3 van tabel 4.3. De grootste rechthoek onder de curve wordt gevormd bij een te installeren elektrisch vermogen van 239 kW<sub>e</sub> en een duur van 2042,26 uren.

Tabel 4.3: Bepaling jaarbelastingsduurdiagram op basis van de elektriciteitsbehoefte

Duur	vermogen (kW <sub>e</sub> )	Oppervlakte
167,67	263	44.098,00
284,54	262	74.548,33
403,72	261	105.370,79
501,14	260	130.296,07
624,60	259	161.770,93
984,73	258	254.060,33
1202,60	256	307.865,87
1533,42	245	375.687,26
1775,92	244	433.324,85
1958,48	241	471.993,08
<b>2042,26</b>	<b>239</b>	<b>488.101,13</b>
2138,42	44	94.090,62
2288,91	31	70.956,12
2616,45	26	68.027,58
2779,29	25	69.482,14
2963,91	24	71.133,85
3127,05	22	68.795,03
3326,36	19	63.200,89



Figuur 4.1: Jaarbelastingsduurdiagram op basis van de elektriciteitsbehoefte



## 4.2.2 Kenmerken van de WKK – installatie

### 4.2.2.1 Zonder rookgascondensator

Indien er geen rookgascondensator geplaatst is, zal een WKK – installatie met een elektrisch vermogen van 239 kW<sub>e</sub> volgens het Excel – bestand van Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007) een elektrisch rendement hebben van 34,78% en een thermisch rendement van 50,22%. Op basis van deze rendement kan de warmtekrachtverhouding bepaald worden die gebruikt dient te worden om het thermisch vermogen van de WKK – installatie te bepalen. De warmtekrachtverhouding is gelijk aan  $0,5022/0,3478 = 1,44$ ; het thermisch vermogen bedraagt  $239 \text{ kW}_e * 1,44 = 345,10 \text{ kW}_{th}$ . De kenmerken van de WKK – installatie worden in tabel 4.4 samengevat.

Tabel 4.4: Kenmerken WKK – installatie zonder rookgascondensator

Elektrisch vermogen (kW)	239
Thermisch rendement	50,22%
Elektrisch rendement	34,78%
Warmtekrachtverhouding	1,44
Thermisch vermogen (kW)	345,10
<b>Energieopwekking door de WKK – installatie</b>	
Warmte	1.148, MWh
Elektriciteit	795,00 MWh
<b>Energiebehoefte waarin de WKK – installatie niet voorziet</b>	
Warmte	567, 43MWh
Elektriciteit NU	15,57 MWh
Elektriciteit SU	12,39 MWh
<b>Energieopwekking door de WKK – installatie waaraan geen behoefte is</b>	
Elektriciteit NU	117,30 MWh
Elektriciteit SU	156,31 MWh

De WKK – installatie zal gedurende 1.660 normale uren en 1.657,52 stille uren in werking zijn. Deze uren komen overeen met het aantal uren dat de tuinbouwer momenteel belicht, bepaald in tabel 4.2. Hierbij zal er 795 MWh aan elektriciteit en 1.148 MWh aan warmte geproduceerd worden. Gedurende een aantal maanden per jaar zal de WKK – installatie meer elektriciteit leveren dan nodig, tijdens andere maanden zal er elektriciteit bij aangekocht moeten worden. In totaal zal er tijdens de normale uren 15.570 kWh aan elektriciteit bij aangekocht en 117.300 kWh aan elektriciteit verkocht moeten worden. Wat de stille uren betreft, zal er voor 12.387,46 kWh aan elektriciteit aangekocht en 156.309,55 kWh aan elektriciteit verkocht moeten worden. De hoeveelheid aan warmte en elektriciteit die per maand door de WKK – installatie geproduceerd zal worden, is terug te vinden in tabel 1 van bijlage 5. Tabel 2 van bijlage 5 geeft weer gedurende hoeveel uren de tuinbouwer elektriciteit zal aan- en verkopen. Ook kan de WKK – installatie niet volledig voorzien in de warmtebehoefte. Aangezien er 1.452,47 MWh aan warmte nodig is en er 1.148 MWh aan warmte geproduceerd wordt, zal er nog voor 304,56 MWh bijgestookt dienen te worden. Hiertoe zal er, uitgaande van een rendement van 90% voor een verwarmingsketel, 338,39 MWh aan brandstof aangekocht moeten worden.

#### 4.2.2.2 Met rookgascondensator

Indien er een rookgascondensator geplaatst wordt, zal het thermisch rendement stijgen tot 60%, het elektrisch rendement blijft ongewijzigd. Dit brengt wel wijzigingen met zich mee wat betreft de

warmtekrachtverhouding en dus ook het thermisch vermogen. De warmtekrachtverhouding bedraagt 1,73; het thermisch vermogen 413,81 kW.

Wat de elektriciteitsopwekking betreft, treden er geen veranderingen op, het elektrisch vermogen blijft immers ongewijzigd. Er zal wel meer warmte gerecupereerd worden, de WKK – installatie met rookgascondensator produceert 1.376 MWh aan warmte. Toch zal de verwarmingsinstallatie bijkomend warmte moeten voorzien en dit voor 75,97 MWh. Dit betekent dat, indien men uitgaat van een rendement van 90% voor een verwarmingsinstallatie, de tuinder nog voor 84,41 MWh aan brandstof zal moeten aankopen. De kenmerken van de WKK – installatie worden samengevat in tabel 4.5. Tabel 3 van bijlage 5 geeft weer hoeveel warmte en elektriciteit de WKK – installatie met rookgascondensator per maand opwekt. Het plaatsen van een rookgascondensator heeft geen effect op de elektriciteitsproductie en de hoeveelheid elektriciteit die aan –en verkocht zal worden.

Tabel 4.5: Kenmerken van de WKK – installatie met rookgascondensator

Elektrisch vermogen (kW)	239
Thermisch rendement	60,22%
Elektrisch rendement	34,78%
Warmtekrachtverhouding	1,73
Thermisch vermogen (kW)	413,81
<b>Energieopwekking door de WKK – installatie</b>	
Warmte	1.367, MWh
Elektriciteit NU	398,85 MWh
Elektriciteit SU	396,15 MWh
Totaal elektriciteit	795,00 MWh
<b>Behoefte waarin de WKK – installatie niet voorziet</b>	
Warmte	237,36 MWh
Elektriciteit NU	15,57 MWh
Elektriciteit SU	12,39 MWh
<b>Energieopwekking door de WKK – installatie waaraan geen behoefte is</b>	
Elektriciteit NU	117,30 MWh
Elektriciteit SU	156,31 MWh

### 4.2.3 Plaatsing van een buffer

De tuinder beschikt over een buffer van 160m<sup>3</sup>. Uitgaande van een temperatuurverschil over de buffer van 45°C, zullen er 160.000 \* 45°C = 7.200.000 kCal nodig zijn om deze warmte te overbruggen, wat overeenkomt met 8.373,6 kWh. Indien er geen rookgascondensator geplaatst is, bedraagt het thermisch vermogen 345,10 kW, wat betekent dat de WKK – installatie 24u in werking zal moeten zijn vooraleer deze gevuld is. Wanneer het thermisch vermogen 413,81 kW bedraagt en er dus een condensator geïnstalleerd is, zal de buffer na 20u gevuld zijn. De WKK – installatie zal voldoende lang in werking kunnen zijn zonder dat er warmte afgelucht moet worden. De tuinbouwer zal geen andere buffer hoeven aan te kopen.

## 4.3 Ecologische aspecten

### 4.3.1 Effect op het brandstofverbruik

#### 4.3.1.1 WKK – installatie zonder rookgascondensator

Door een energiebalans op te stellen, blijkt dat er 1,19 eenheden brandstof nodig zijn om dezelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit, opgewekt door een WKK – installatie met 1 eenheid brandstof, apart door een verwarmingsketel en elektriciteitscentrale te laten produceren. Dit komt overeen met een brandstofbesparing van  $(1,19 - 1)/1,19 = 16\%$ . Uitgaande van een rendement van 90% voor een verwarmingsketel en 55% voor een elektriciteitscentrale, zou men in totaal bij gescheiden productie 2.720,92 MWh (een verwarmingsketel 1.275,46 MWh, een elektriciteitscentrale, 1.445,46 MWh) aan brandstof nodig hebben. Hieruit kan afgeleid worden dat er jaarlijks, om de WKK – installatie in werking te stellen,  $2.720,92 \text{ MWh} / 1,19 = 2.285,78 \text{ MWh}$  aan brandstof aangekocht zal moeten worden. De gegevens per maand van het brandstofverbruik bij de gescheiden opwekking en van de WKK - installatie zijn terug te vinden in tabel 4 van bijlage 5.

#### 4.3.1.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Wanneer er een rookgascondensator voorzien is, bedraagt het thermisch rendement van de WKK – installatie ongeveer 60%, het elektrisch rendement ongeveer 35%. Uitgaande van een rendement van 90% voor een verwarmingsketel, 55% voor een elektriciteitscentrale, zullen er 1,30 eenheden brandstof nodig zijn om 795 MWh aan elektriciteit en 1.376,49 MWh aan warmte gescheiden op te

wekken. De brandstofbesparing is gelijk aan  $(1,30 - 1)/1,30 = 23\%$ . In totaal zou men bij gescheiden opwekking 2.974,89 MWh aan brandstof nodig hebben, de WKK – installatie zal 2.285,78 MWh aan brandstof verbruiken. De gegevens per maand van het brandstofverbruik bij de gescheiden opwekking en van de WKK – installatie zijn terug te vinden in tabel 5 van bijlage 5.

#### 4.3.2 Effect op de luchtkwaliteit

De slateler verwarmt enkel met extra zware stookolie. Om een lokale en globale emissiebalans op te stellen, hebben we de emissiefactoren van een WKK – installatie op gas, van een verwarmingsketel op extra zware stookolie en van een elektriciteitscentrale nodig. De emissiefactoren zijn terug te vinden in tabel 4.6. Deze zijn dezelfde als de emissiefactoren gebruikt voor de tomatenteelt. Omdat er enkel met één verwarmingsketel verwarmd wordt, dient er ook slechts één verwarmingsketel in rekening gebracht te worden bij de bepaling van de vermeden uitstoot van een verwarmingsketel.

Tabel 4.6: Emissiefactoren gebruikt voor de bepaling van de lokale en globale emissiebalans

	Emissiefactoren WKK – installatie (g/kWh <sub>e</sub> )	Emissiefactoren verwarmingsketel (g/kWh <sub>th</sub> )	Gemiddelde emissiefactoren elektriciteitscentrale (g/kWh <sub>e</sub> )
CO <sub>2</sub>	577,26	306,4	413,17578
CO	2,8	0,01	0,1297206
NO <sub>x</sub>	1,9	0,06	0,5257609
SO <sub>x</sub>	0	0,16	0,7877663
Fijn stof	0	0,01	0,0470924

##### 4.3.2.1 WKK – installatie zonder rookgascondensator

Indien er bij de WKK – installatie geen rookgascondensator geplaatst is, produceert deze 795.000,69 kWh<sub>e</sub> en 1.147.915,81 kWh<sub>th</sub>. Tabel 4.7 toont de lokale emissiebalans: de hoeveel schadelijke stoffen die de WKK – installatie per jaar uitstoot, vermeerderd met de emissies van de verwarmingsketel wanneer er bijkomend warmte nodig is en vermindert met de vermeden emissies van de verwarmingsketel. De globale balans wordt verkregen door de lokale balans te verminderen met de vermeden uitstoot van een elektriciteitscentrale, wat weergegeven wordt in tabel 4.8.

Tabel 4.7: Bepaling van de lokale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor

Schadelijke stof	Uitstoot WKK – installatie (ton)	Uitstoot bijstook	Vermeden uitstoot verwarmings-ketel (ton)	Lokale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	458,92	173,86	351,72	281,06
CO	2,23	0,00	0,01	2,22
NO <sub>x</sub>	1,51	0,04	0,07	1,47
SO <sub>x</sub>	0	0,09	0,18	-0,09
Fijn stof	0	0,01	0,01	-0,01

Tabel 4.8: Bepaling van de globale emissiebalans voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor

Schadelijke stof	Lokale emissiebalans (ton)	Vermeden uitstoot elektriciteitscentrale (ton)	Globale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	281,06	328,48	-127,96
CO	2,22	0,10	2,12
NO <sub>x</sub>	1,47	0,42	1,04
SO <sub>x</sub>	-0,09	0,63	- 0,76
Fijn stof	-0,01	0,04	- 0,05

Indien er geen rekening gehouden wordt met rookgasreiniging en CO<sub>2</sub> –bemesting, zal het plaatsen van een WKK – installatie luchtverontreinigend zijn. In de omgeving van het bedrijf zal er 281,06 ton CO<sub>2</sub> meer uitgestoten worden dan wanneer er geen WKK – installatie geplaatst zou worden. Globaal bekeken zal de jaarlijkse CO<sub>2</sub> – uitstoot met 127,96 ton lager liggen dan wanneer er geen WKK – installatie is. De uitstoot van SO<sub>x</sub> en fijn stof zal, zowel lokaal als globaal bekeken lichtjes dalen. Omdat de planten bemest worden met CO<sub>2</sub> (de tuinbouwer heeft jaarlijks 175 ton CO<sub>2</sub> nodig) zal het plaatsen van een WKK – installatie de uitstoot van CO<sub>2</sub> op globaal vlak verminderen met 302,96 ton. Op lokaal vlak zal de CO<sub>2</sub> – uitstoot nog steeds hoger liggen dan indien er geen WKK – installatie geplaatst zou worden. Ook nu zal omwille van rookgasreiniging de jaarlijkse uitstoot van de andere stoffen afnemen.

#### 4.3.2.2 WKK – installatie met rookgascondensor

Tabel 4.9 geeft de bepaling van de lokale emissiebalans weer voor een WKK – installatie met rookgascondensor. De bepaling van de globale emissiebalans wordt weergegeven in tabel 4.10.

Tabel 4.9: Bepaling van de lokale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensator.

Schadelijke stof	Uitstoot WKK – installatie (ton)	Uitstoot bijstook	Vermeden uitstoot verwarmings-ketel (ton)	Lokale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	458,92	103,38	421,76	140,99
CO	2,23	0,00	0,01	2,22
NO <sub>x</sub>	1,51	0,02	0,09	1,44
SO <sub>x</sub>	0	0,05	0,22	-0,16
Fijn stof	0	0,00	0,01	-0,01

Tabel 4.10: Bepaling van de globale emissiebalans voor de WKK – installatie met rookgascondensator

Schadelijke stof	Lokale emissiebalans (ton)	Vermeden uitstoot elektriciteitscentrale (ton)	Globale emissiebalans (ton)
CO <sub>2</sub>	140,99	328,48	- 268,03
CO	2,22	0,10	2,11
NO <sub>x</sub>	1,44	0,42	1,01
SO <sub>x</sub>	-0,16	0,63	- 0,83
Fijn stof	-0,01	0,04	- 0,05

Met rookgascondensator blijkt het installeren van een WKK – installatie de uitstoot van CO<sub>2</sub> op globaal vlak te verminderen met 268,03 ton. In de omgeving van het bedrijf zal de jaarlijkse CO<sub>2</sub> – uitstoot toenemen ten opzichte van de situatie zonder WKK – installatie. Enkel de emissies van SO<sub>x</sub> en fijn stof zullen zowel op lokaal als globaal vlak afnemen. Indien er aan CO<sub>2</sub> – bemesting gedaan wordt, zal de uitstoot van CO<sub>2</sub> in de omgeving van het bedrijf verminderen met 140,99 ton – 175 ton = 34,01 ton. Globaal bekeken zal de CO<sub>2</sub> – uitstoot met 443,03 ton afnemen. Ook de uitstoot van de andere schadelijke stoffen zal omwille van de rookgasreiniging lager liggen dan hier voorgesteld. In vergelijking met een WKK – installatie zonder rookgascondensator, zal met condensator de luchtkwaliteit iets beter zijn. Het verschil is echter minimaal. Omdat het plaatsen van een rookgascondensator enkel invloed heeft op de geproduceerde warmte, zal alleen de vermeden uitstoot van een verwarmingsketel verschillend zijn.

#### 4.4 Economische aspecten

Omdat een slateler zelf de geproduceerde elektriciteit nodig heeft, zal deze geen beroep doen op een derde investeerder die de investeringskost volledig of gedeeltelijk zou kunnen dragen.

#### 4.4.1 Bepaling van de investeringskosten en kasstromen

##### 4.4.1.1 De investerings –en exploitatiekosten

Tabel 4.11 geeft een overzicht van de investerings –en exploitatiekosten die het plaatsen een WKK – installatie met zich meebrengt. De investerings –en uitbatingskosten van de WKK – installatie en rookgasreiniging evenals de aansluitingskosten zijn bepaald aan de hand van het Excel – bestand van Stroobandt (persoonlijke communicatie, 3 oktober 2007). De investeringskost van de rookgascondensor, €6000 werd bepaald door W.Veenman (persoonlijke communicatie, 16 april 2008). De tuinbouwer zal bijkomend nog een LT – net dienen aan te leggen, waarvan de prijs door Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) op €2/m<sup>2</sup> bepaald werd. De oppervlakte aan sla bedraagt 13.000m<sup>2</sup>, de kost voor de aanleg van dit verwarmingsnet zal €26.000 bedragen. Het plaatsen van een rookgascondensor brengt een totale kost van €32.000 (W. Veenman, persoonlijke communicatie, 16 april 2008) met zich mee.

Tabel 4.11: Investerings –en uitbatingskost van de WKK – installatie

<b>Investeringskost</b>	
WKK – installatie	302.871,53
Rookgasreiniger	42.064,00
Netaansluiting elektriciteit	16.883,78
Netaansluiting gas	3.952,69
Totaal	365.772
Rookgascondensor	32.000
Totaal	397.772
<b>Onderhouds –en uitbatingskost (per jaar)</b>	
WKK – installatie	20.072,94
Ureum (rookgasreiniger)	11.332,88
Totaal	31.405,82

Ook de aankoop van gas is een exploitatiekost. De gas zal aangekocht kunnen worden aan €30/MWh. Dit is eveneens de waarde waaraan de gasaankoop gewaardeerd zal worden indien er een condensor geïnstalleerd is. Wanneer dit niet het geval is en er dus geen warmte uit de rookgassen gerecupereerd wordt, zal er een prijs van €33/MWh gebruikt worden om de gasaankoop te waarderen. Om de WKK – installatie in werking te stellen zal er jaarlijks 2.285,78 MWh aan brandstof gekocht moeten worden. Indien de tuinbouwer niet over een condensor beschikt, zal de waarde van de gasaankoop €75.430,88



bedragen. Ook wanneer er extra warmte door de verwarmingsketel geleverd moet worden, dient er brandstof aangekocht worden. De prijs van extra zware stookolie bedraagt €383,7/kg (FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie, opgevraagd op 23 april 2008). Aan de hand van de stookwaarde kan bepaald worden dat dit overeenkomt met een prijs van €36,03/MWh. Indien de tuinbouwer niet over een condensor beschikt, zal de jaarlijkse kost aan brandstof nodig voor het inschakelen van de verwarmingsketel gelijk zijn aan  $338,39 \text{ MWh} * €36,03/\text{MWh} = €12.191,50$ . In totaal zal er per jaar ongeveer €87.622,38 aan brandstof betaald dienen te worden.

Wanneer er wel een rookgascondensor geplaatst is, dan bedraagt de jaarlijkse kost van de gasaankoop €68.573,52. Bijkomend zal de verwarmingsketel voor 75,97 MWh aan warmte moeten opwekken, waarvoor jaarlijkse €3.041,21 ( $€36,03/\text{MWh} * 84,41 \text{ MWh}$ ) betaald zal moeten worden. In totaal zal er in deze situatie €71.614,73 per jaar aan brandstof betaald dienen te worden.

#### **4.4.1.2 De opbrengsten**

##### a) Besparing op de energierekening

###### *Warmteopbrengst*

Indien de warmte die de WKK – installatie zonder condensor produceert (1.147,92 MWh), opgewekt zou worden door een verwarmingsketel, zou deze, uitgaande van een thermisch rendement van 90%, 1.275,46 MWh aan brandstof nodig hebben. Doordat er een WKK – installatie ingezet wordt, zal deze aankoop niet meer nodig zijn, er valt een kost van ongeveer  $1.275,46 * €36,03/\text{MWh} = €45.952,56$  weg.

Wanneer het gaat om een WKK – installatie met rookgascondensor, zal deze 1.376,49 MWh aan warmte produceren en zou een verwarmingsketel 1.529,44MWh aan brandstof nodig hebben om diezelfde hoeveelheid te realiseren. Er verdwijnt een kost van ongeveer €55.102,85.

###### *Opbrengst uit de verkoop van elektriciteit*

De prijs van elektriciteit per MWh is gelijk aan deze die gebruikt werd voor de tomatenteelt. Tijdens de normale uren zal de waarde €81,2/MWh bedragen, tijdens de stille uren €53,2/MWh. De elektriciteit die door de WKK – installatie geproduceerd wordt zal gebruikt worden om de sla te belichten. Er zullen momenten zijn dat de WKK – installatie onvoldoende elektriciteit levert en dan zal er elektriciteit bij aangekocht moeten worden. Wanneer de elektriciteitsproductie de behoefte overstijgt, zal er

elektriciteit verkocht kunnen worden. Tijdens de normale uren zal er 15.570,42 kWh<sub>e</sub> aangekocht moeten worden, 117.300 kWh<sub>e</sub> zal de tuinbouwer kunnen verkopen. De hoeveelheid elektriciteit die tijdens de stille uren aan -en verkocht zal worden, bedraagt respectievelijk 12.387,46 kWh<sub>e</sub> en 156.309,55 kWh<sub>e</sub>. De waarde van de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit kan volledig als een opbrengst beschouwd worden. Niet alleen de inkomsten uit de verkoop van elektriciteit, ook het eigen gebruik is een opbrengst. Het gaat immers om een uitgave die verdwijnt. De inkomsten uit de productie van elektriciteit bedragen  $€81,2/\text{MWh} * 398,85 \text{ MWh} + €53,2/\text{MWh} * 396,15 \text{ MWh} = €53.461,8$ . Wanneer we deze opbrengst verminderen met de aankoop van elektriciteit die gelijk is aan  $€81,2/\text{MWh} * 15,57 \text{ MWh} + €53,2/\text{MWh} * 12,39 \text{ MWh} = €1.923,33$ , zal de tuinbouwer jaarlijks een netto - opbrengst ontvangen van €51.538,53.

b) Opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten

*Bepaling referentierendementen.*

De te gebruiken referentierendementen bij het nagaan van de kwaliteit van de WKK – installatie en de bepaling van het aantal toegekende warmtekrachtcertificaten, zijn dezelfde als deze bij de tomatenteelt. De wijze waarop deze rendementen bepaald worden kan teruggevonden worden in paragraaf 3.4.1.3c, onderstaande tabel geeft een overzicht.

Tabel 4.12: Referentierendementen

Bepaling kwaliteit WKK		Bepaling aantal toe te kennen WKC	
Elektrisch rendement	49,99%	Elektrisch rendement	50%
Thermisch rendement	90%	Thermisch rendement	90%

*Bepaling relatieve primaire energiebesparing. Is de WKK – installatie kwalitatief?*

De tuinbouwer zal enkel warmtekrachtcertificaten ontvangen indien de WKK – installatie als kwalitatief bestempeld kan worden, indien de relatieve primaire energiebesparing groter is dan 0%, het gaat immers om een WKK – installatie die kleiner is dan 1 MW<sub>e</sub>. De bepaling van de relatieve primaire energiebesparing gebeurt aan de hand van de formule weergegeven in figuur 2.11 van paragraaf 2.5.3.3b.

Zonder rookgascondensator bedraagt het elektrisch rendement 34,78% en het thermisch rendement 50,22%. De relatieve primaire energiebesparing, waarvan de berekening te zien is in figuur 4.2, bedraagt 20,24%. Indien er een rookgascondensator geplaatst is, bedraagt het thermisch rendement

60,22% en de relatieve energiebesparing 26,73%. Ook deze berekening wordt voorgesteld in figuur 4.2. De relatieve primaire energiebesparing is telkens groter dan 0%, de WKK – installatie kan in beide situaties als kwalitatief bestempeld worden, de tuinbouwer heeft recht op warmtekrachtcertificaten.

Figuur 4.2: Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing

Relatieve energiebesparing indien er geen rookgascondensator is:

$$BPE = \left( 1 - 1 / \left( \frac{50,22}{90} + \frac{34,78}{49,99} \right) \right) \times 100\% = 20,24\%$$

Relatieve energiebesparing indien er een rookgascondensator is:

$$BPE = \left( 1 - 1 / \left( \frac{60,22}{90} + \frac{34,78}{49,99} \right) \right) \times 100\% = 26,73\%$$

*Bepaling van het aantal toe te kennen warmtekrachtcertificaten.*

Het aantal warmtekrachtcertificaten dat men zal ontvangen wordt bepaald door de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit te vermenigvuldigen met de warmtekrachtbesparingsfactor. Ongeacht het al dan niet aanwezig zijn van een rookgascondensator, zal er 795 MWh<sub>e</sub> aan elektriciteit geproduceerd worden. De formule voor de bepaling van de warmtekrachtbesparingsfactor wordt weergegeven in figuur 2.12 van paragraaf 2.5.3.3b.

Om de warmtekrachtbesparingsfactor te bepalen dient er uitgegaan te worden van de Vlaamse referentierendementen. Indien er geen rookgascondensator geplaatst is, zal de warmtekrachtbesparingsfactor 0,89 bedragen en zullen er de eerste vier jaren 707,23 warmtekrachtcertificaten toegekend. Wanneer er wel een rookgascondensator geïnstalleerd is, zal de warmtekrachtbesparingsfactor 1,24 bedragen. Gedurende de eerste vier jaren zal de tuinbouwer recht hebben op 986,60 warmtekrachtcertificaten.

Figuur 4.3: Bepaling van de warmtekrachtbesparingsfactor

WKB – factor indien er geen rookgascondensator is:

$$WKB = \left( \frac{1}{0,55} + \frac{0,5022}{0,3478 \times 0,90} - \frac{1}{0,3478} \right) = 0,89$$

WKB – factor indien er een rookgascondensator is:

$$WKB = \left( \frac{1}{0,55} + \frac{0,6022}{0,3478 \times 0,90} - \frac{1}{0,3478} \right) = 1,24$$

Vanaf het vijfde jaar, zullen er slechts warmtekrachtcertificaten uitgereikt worden voor een bepaald percentage van de warmtekrachtbesparing. De formule voor de bepaling van dit percentage wordt weergegeven in figuur 2.13. Tabel 4.12 geeft een overzicht van het percentage waarvoor er certificaten toegekend zullen worden en de inkomsten die men bij de verkoop van deze warmtekrachtcertificaten zal ontvangen in het geval dat er geen rookgascondensator geïnstalleerd is. Tabel 4.14 geeft de gegevens voor de situatie waarin er wel gebruik gemaakt wordt van een condensator. De waardering gebeurt aan €41,85 per certificaat, de gemiddelde maandprijs van januari 2007 (VREG, 2008). Uit deze tabellen blijkt duidelijk dat indien er een rookgascondensator geplaatst wordt, de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten aanzienlijk hoger ligt.

Tabel 4.13: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor een WKK – installatie zonder rookgascondensator

Jaar	T	X	Inkomsten
1-4	48	100,00	29.597,39
5	60	88,14	26.087,59
6	72	76,28	22.577,80
7	84	64,42	19.068,00
8	96	52,57	15.558,21
9	108	40,71	12.048,41
10	120	28,85	8.538,62
RPE = 20,24			

Tabel 4.14: Bepaling van de opbrengst uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten voor de WKK – installatie met rookgascondensator

Jaar	T	X	Inkomsten
1-4	48	100,00	41.289,17
5	60	91,02	37.582,23
6	72	82,04	33.875,28
7	84	73,07	30.168,34
8	96	64,09	26.461,39
9	108	55,11	22.754,45
10	120	46,13	19.047,51
RPE = 26,73			

c) Steun

*Verhoogde investeringsaftrek*

Enkel de investeringskosten van de de WKK – installatie en de rookgasreiniger zullen gedeeltelijk in mindering van de winst gebracht kunnen worden. Eerst dient er echter nagegaan te worden of de WKK – installatie voldoet aan de voorwaarden weergegeven in figuur 4.4.

Figuur 4.4: Voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek

$$\eta_e + \frac{2}{3} \times \eta_q \geq 50\%$$

$$\eta_e / (\eta_e + \eta_q) \geq 25\%$$

$$\eta_q / (\eta_e + \eta_q) \geq 25\%$$

(Bron: Vlaamse Overheid, Vlaams Energieagentschap, 2007)

Om de rendementen te bepalen, dient de toegevoerde brandstof bepaald te zijn op de stookwaarde. Indien er geen rookgascondensator gebruikt wordt, zal er 2.285,78 MWh aan brandstof toegevoerd worden. De brandstofinput dient bepaald te worden op de stookwaarde. Hiervoor dient de aangekochte hoeveelheid brandstof vermenigvuldigd te worden met de factor 1,1 net zoals dit in paragraaf 3.4.1.3 gebeurde. Bepaald op de stookwaarde komt de brandstof toevoer overeen met 2.285,78 MWh \* 1,1 = 2.514,36 MWh. Het thermisch rendement bedraagt dan 1.147,92 MWh/ 2.514,36 MWh = 45,65%, het

elektrisch rendement is gelijk aan  $795 \text{ MWh} / 2.514,36 \text{ MWh} = 31,62\%$ . Met rookgascondensor zal het thermisch rendement gelijk zijn aan  $1.376,49 \text{ MWh} / 2.514,36 \text{ MWh} = 54,75\%$ , het elektrisch rendement bedraagt  $795 \text{ MWh} / 2.514,36 \text{ MWh} = 31,62\%$

Tabel 4.15: Verifiëring van de voorwaarden gesteld aan de WKK – installatie om recht te hebben op een verhoogde investeringsaftrek

Zonder rookgascondensor	Met rookgascondensor
$0,32 + 2/3 * 0,46 = 0,63$	$0,32 + 2/3 * 0,55 = 0,69$
$0,32 / (0,32 + 0,46) = 0,41$	$0,32 / (0,32 + 0,55) = 0,37$
$0,46 / (0,32 + 0,46) = 0,59$	$0,55 / (0,32 + 0,55) = 0,63$

Uit tabel 4.15 blijkt dat de WKK – installatie aan de voorwaarden voldoet. Het is enkel op de investeringskost van de WKK – installatie en de rookgasreiniger, die samen een kost van €344.935,53 vormen, waarop de verhoogde investeringsaftrek berekend wordt, de rookgascondensor komt hiervoor niet in aanmerking. Dit betekent dat er een bedrag van  $0,135 * €344.935,53 = €46.566,30$  van de winst afgetrokken kan worden waardoor er eenmalig  $€46.566,30 * 0,3399 = €15.827,88$  minder belastingen betaald dienen te worden.

#### *VLIF – steun*

Ook via het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds zou de tuinder een tegemoetkoming kunnen verkrijgen. Een voorwaarde die hier echter aan gesteld wordt, is dat de WKK – installatie gedimensioneerd moet zijn op de warmtevraag, wat in deze situatie niet het geval is. De achterliggende reden zou kunnen zijn dat de WKK – installatie in principe dient als vervanging van de verwarmingsketel en niet om een handel in elektriciteit op te starten. Men wenst waarschijnlijk te vermijden dat de WKK – installatie louter gebruikt zou worden om elektriciteit te produceren die dan verkocht kan worden en waarbij men de overschot aan warmte zomaar uit de serre zou ventileren. De VLIF – steun zal toch mee in rekening gebracht worden omdat in deze situatie de tuinbouwer de geproduceerde elektriciteit slechts in beperkte mate verkoopt en er op jaarbasis geen overschot is aan warmte (de verwarmingsketel dient nog bijkomend ingeschakeld te worden).

Wanneer ervan uitgegaan wordt dat de investering volledig door een lening gefinancierd zal worden, wordt de tegemoetkoming in de vorm van een rentesubsidie verleend. Deze bedraagt 4%. Verder zal er ook van uitgegaan worden dat de lening over 10 jaar loopt en dat er een nominale interestvoet van 5% geldt. Serres die slechts licht verwarmd worden, kunnen rekenen op een steun van maximaal €55/m<sup>2</sup>. De bedrijfsoppervlakte van Dhr. Smets bedraagt 13.000m<sup>2</sup> waardoor het bedrag waarop

maximaal steunt verleend wordt, gelijk is aan €715.000. Zonder rookgascondensor, zal de rentesubsidie verleend worden op de investeringskosten voor de WKK – installatie en rookgasreiniger. Het gaat om een bedrag van €344.935,53. Indien er wel een rookgascondensor geplaatst is, bedraagt het totaal van de investeringskosten waarop de steun verleend wordt €376.935,53. De bepaling van de jaarlijkse rentesubsidie wordt weergegeven in tabel 4.16 indien er geen rookgascondensor is en in tabel 4.17 wanneer dit wel het geval is.

Tabel 4.16: Bepaling van de jaarlijkse VLIIF – steun voor de WKK – installatie zonder rookgascondensator

Jaar	Kapitaalsaldo	Aflossing	Rentelast	Saldo gesubsidieerd bedrag	Rentesubsidie	Financieringslast met VLIIF- steun
1	344.935,53	34.493,55	17.246,78	344.935,53	13.797,42	37.942,91
2	310.441,98	34.493,55	15.522,10	310.441,98	12.417,68	37.597,97
3	275.948,43	34.493,55	13.797,42	275.948,43	11.037,94	37.253,04
4	241.454,87	34.493,55	12.072,74	241.454,87	9.658,19	36.908,10
5	206.961,32	34.493,55	10.348,07	206.961,32	8.278,45	36.563,17
6	172.467,77	34.493,55	8.623,39	172.467,77	6.898,71	36.218,23
7	137.974,21	34.493,55	6.898,71	137.974,21	5.518,97	35.873,30
8	103.480,66	34.493,55	5.174,03	103.480,66	4.139,23	35.528,36
9	68.987,11	34.493,55	3.449,36	68.987,11	2.759,48	35.183,42
10	34.493,55	34.493,55	1.724,68	34.493,55	1.379,74	34.838,49

Tabel 4.17: Bepaling van de jaarlijkse VLIIF – steun voor de WKK – installatie met rookgascondensator

Jaar	Kapitaalsaldo	Aflossing	Rentelast	Saldo gesubsidieerd bedrag	Rentesubsidie	Financieringslast met VLIIF - steun
1	376.935,53	37.693,55	18.846,78	376.935,53	15.077,42	41.462,91
2	339.241,98	37.693,55	16.962,10	339.241,98	13.569,68	41.085,97
3	301.548,43	37.693,55	15.077,42	301.548,43	12.061,94	40.709,04
4	263.854,87	37.693,55	13.192,74	263.854,87	10.554,19	40.332,10
5	226.161,32	37.693,55	11.308,07	226.161,32	9.046,45	39.955,17
6	188.467,77	37.693,55	9.423,39	188.467,77	7.538,71	39.578,23
7	150.774,21	37.693,55	7.538,71	150.774,21	6.030,97	39.201,30
8	113.080,66	37.693,55	5.654,03	113.080,66	4.523,23	38.824,36
9	75.387,11	37.693,55	3.769,36	75.387,11	3.015,48	38.447,42
10	37.693,55	37.693,55	1.884,68	37.693,55	1.507,74	38.070,49



#### 4.4.2 De investeringsanalyse

De formule voor de bepaling van de netto contante waarde (NCW) wordt in figuur 4.5 weergegeven. De reële kapitaalkost na belastingen bedraagt net zoals bij de investeringsanalyse voor de tomatenteelt -0,17%. De wijze waarop deze bepaald werd, is terug te vinden in paragraaf 3.4.2.

Figuur 4.5: Formule voor de bepaling van de netto contante waarde

$$NCW_t = \sum_{t=1}^n [(1-b) \times (O_t - Q_t) + b \times \hat{A}_t] \times A_{t-i} - I_0$$

(Bron: Mercken, 2004)

Hierbij is:

$b$  : het belastingtarief

$O_t$  : de inkomende kasstromen in jaar t

$I_0$  : de investeringskost

$Q_t$  : de uitgaande kasstromen in jaar t

$\hat{A}_t$  : het afschrijvingsbedrag in jaar t

$$A_{t-i} = \frac{1}{(1+i)^t}$$

$i$  : de reële kapitaalkost na belastingen

#### 4.4.3 Investeringsanalyse voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor

Indien er geen rookgascondensor geplaatst wordt, zal de totale investeringskost €365.772,00 bedragen. De jaarlijkse kosten en opbrengsten die voortvloeien uit het plaatsen van de WKK – installatie worden weergegeven in tabel 4.18. Wat het brandstofverbruik betreft zal de tuinbouwer zowel gas als extra zware stookolie (EZO) moeten aankopen. Gas, om de WKK – installatie in werking te stellen, extra zware stookolie om de verwarmingsketel bijkomend in te zetten. Ook het onderhoud van de WKK – installatie brengt jaarlijkse kosten met zich mee. Daar tegenover staat dat er brandstofkosten en elektriciteitsuitgaven verdwijnen, de WKK – installatie voorziet nu voor een gedeelte in deze behoefte. De tuinbouwer zal op bepaalde ogenblikken elektriciteit dienen bij aan te kopen, soms zal hij elektriciteit kunnen verkopen. Daarnaast voorziet de WKK – installatie ook in de CO<sub>2</sub> – behoefte wat maakt dat de petroleumkost eveneens wegvalt. Ook zullen er opbrengsten

verkregen worden uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten en wordt er verondersteld dat de tuinder ook op steun uit het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds zal kunnen rekenen.

Ook nu zal het bedrag dat jaarlijks afgeschreven wordt, bepaald worden aan de hand van de DDB – methode. Hoe deze methode in zijn werk gaat werd reeds in paragraaf 3.4.2 uitgelegd. De boekwaarde en het afschrijvingsbedrag worden weergegeven in tabel 6 van bijlage 5. Er zal gedurende 10 jaar afgeschreven worden, het lineaire afschrijvingsbedrag bedraagt €36.577,20.

Om de NCW te bepalen dient de investeringskost in mindering gebracht te worden van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen die €394.601,53 bedragen. De bepaling hiervan is terug te vinden in tabel van bijlage. Vervolgens kan het effect dat de verhoogde investeringsaftrek op de belastingen heeft hierbij opgeteld worden. In deze situatie is de NCW gelijk aan  $€394.601,53 - €365.772,00 + €15.827,88 = €44.657,41$ . Het plaatsen van de WKK – installatie zonder rookgascondensor blijkt economisch haalbaar te zijn.

Tabel 4.18: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie zonder rookgascondensor in eigen beheer uitgebaat wordt.

Kas- stroom  Jaar	Uit (€)		In (€)					Netto (€)	
	Gas WKK	Bijstook extra zware stookolie	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	VLIF		Kost petroleum die verdwijnt
1	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	29.597,39	13.797,42	32.200	54.057,81
2	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	29.597,39	12.417,68	32.200	52.678,07
3	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	29.597,39	11.037,94	32.200	51.298,33
4	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	29.597,39	9.658,19	32.200	49.918,58
5	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	26.087,59	8.278,45	32.200	45.029,05
6	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	22.577,80	6.898,71	32.200	40.139,51
7	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	19.068,00	5.518,97	32.200	35.249,97
8	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	15.558,21	4.139,23	32.200	30.360,44
9	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	12.048,41	2.759,48	32.200	25.470,90
10	75.430,88	12.191,50	31.405,82	45.952,56	51.538,53	8.538,62	1.379,74	32.200	20.581,36

#### 4.4.4 Investeringsanalyse voor een WKK – installatie met rookgascondensor

Indien de tuinbouwer in de serre een rookgascondensor plaatst, zal er bijkomend een kost van €32.000,00 gefinancierd moeten worden. Het totale investeringsbedrag bedraagt dan €397.772,00.

Omwille van het gebruik van een rookgascondensor zal de aankoop van gas gewaardeerd kunnen worden aan de prijs die men er voor betaalt. De WKK – installatie zal meer warmte produceren waardoor er minder bijkomende warmte geleverd zal moeten worden door de verwarmingsketel en wat maakt dat de kosten voor de aankoop van extra zware stookolie (EZO) zullen dalen. Ook zal, omdat er meer warmte opgewekt wordt, de warmteopbrengst groter zijn. De vermeden aankoop van extra zware stookolie, gebruikt om de serre te verwarmen indien er geen WKK – installatie geplaatst is, is immers groter. Bovendien zal men op meer steun van het VLIF kunnen rekenen. De exploitatiekosten en de vermeden petroleumkosten blijven net zoals de elektriciteitsopbrengst gelijk in vergelijking met dezelfde WKK – installatie zonder rookgascondensor. Tabel 4.19 geeft een overzicht per jaar van alle in –en uitgaande kasstromen.

Omdat de investeringskost gestegen is, zal er jaarlijks ook meer afgeschreven worden. Het lineaire afschrijvingsbedrag bedraagt €39.772,20, de bepaling van het jaarlijkse af te schrijven bedrag wordt weergegeven in tabel 8 van bijlage 5.

Tabel 9 van bijlage 5 geeft weer hoe de som van de verdisconteerde netto - kasstromen bepaald wordt, deze bedraagt €653.056,00. De NCW is gelijk aan  $€653.056,00 - €397.772 + €18.252,36 = €271.111,88$ . Het plaatsen van een WKK – installatie met rookgascondensor blijkt meer economisch haalbaar te zijn dan zonder rookgascondensor.

Tabel 4.19: Bepaling van de jaarlijkse netto – kasstroom voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie met rookgascondensor in eigen beheer uitgebaat wordt.

Kas- stroom  Jaar	Uit (€)		In (€)					Netto (€)	
	Gas WKK	Bijstook extra zware stookolie	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	VLIF		Kost petroleum die verdwijnt
1	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	41.289,17	15.077,42	32.200	92.187,53
2	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	41.289,17	13.569,68	32.200	90.679,79
3	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	41.289,17	12.061,94	32.200	89.172,05
4	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	41.289,17	10.554,19	32.200	87.664,30
5	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	37.582,23	9.046,45	32.200	82.449,62
6	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	33.875,28	7.538,71	32.200	77.234,93
7	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	30.168,34	6.030,97	32.200	72.020,24
8	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	26.461,39	4.523,23	32.200	66.805,56
9	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	22.754,45	3.015,48	32.200	61.590,87
10	68.573,52	3.041,21	31.405,82	55.102,85	51.538,53	19.047,51	1.507,74	32.200	56.376,18

#### 4.4.5 Conclusie

Uit dit praktijkvoorbeeld blijkt duidelijk wat het voordeel van een rookgascondensor kan zijn. Met rookgascondensor ligt de NCW aanzienlijk hoger dan de NCW van de WKK – installatie zonder rookgascondensor. Er wordt immers meer warmte gerecupereerd, het thermisch rendement stijgt, waardoor de inkomsten uit de verkoop van de warmtekrachtcertificaten aanzienlijk toenemen. Omdat er meer warmte geproduceerd wordt stijgt de warmteopbrengst en zal er minder bijkomend verwarmd dienen te worden met de verwarmingsketel. Er wordt nu ook warmte uit de rookgassen gerecupereerd wat maakt dat de brandstofaankoop voor de WKK – installatie gewaardeerd kan worden aan het factuurbedrag.

## 5 Sensitiviteitsanalyse

In deze analyse zal er nagegaan worden hoe de NCW van de tuinbouwer en derde investeerder wijzigen indien er veranderingen optreden in de waarde van warmtekrachtcertificaten en de gas – en elektriciteitsprijs. Aangezien deze waarden bepaald worden door de markt en dus constant evolueren, zijn deze omgeven door onzekerheid. Omdat er een negatieve reële kapitaalkost na belastingen gebruikt werd, zal er eveneens bekeken worden of er zich veranderingen in de economische haalbaar zullen voordoen indien deze gelijk aan nul of positief zou zijn. Deze gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd met behulp van Excel waarbij er scenario's gecreëerd worden of een doel vastgesteld. Eerst zal de sensitiviteitsanalyse voor de tomatenteelt besproken worden, nadien voor de slateelt.

### 5.1 Tomatenteelt

#### 5.1.1 Waarde warmtekrachtcertificaat

Wat de waarde van een warmtekrachtcertificaat betreft, wordt er nagegaan in welke mate deze zal moeten stijgen om een negatieve NCW op nul te brengen. Indien het installeren van een WKK – installatie met de gebruikte waarde van €41,85 per certificaat, reeds economisch haalbaar is, zal de prijs die men voor een warmtekrachtcertificaat krijgt, gelijk gesteld worden aan de gegarandeerde minimumprijs om zo te bekijken of het project ook dan nog steeds haalbaar zal zijn. Volgens Dhr. Marien (persoonlijke communicatie, 2 april 2008) zal, eens de elektriciteitsleveranciers de vereiste quota gehaald hebben, de waarde van een certificaat dalen.

##### 5.1.1.1 WKK – installatie zonder rookgascondensor

In deze situatie blijkt het investeren in de WKK – installatie niet economisch haalbaar te zijn voor de derde investeerder indien deze de financiering volledig of voor 60% op zich neemt. In dit geval werd er nagegaan wat de waarde van een certificaat zou moeten zijn, opdat de NCW gelijk zou zijn aan nul. Indien de WKK – installatie volledig gefinancierd wordt door een derde investeerder, zal vanaf het ogenblik dat de waarde van een warmtekrachtcertificaat gelijk is aan €57,91, het project economisch haalbaar zijn. Aangaande de situatie waarbij de investeerder 60% van de financiering op zich neemt, zal het project slechts aanvaard worden indien er €123,52 voor een certificaat ontvangen wordt.

Wanneer de tuinbouwer, met of zonder tussenkomst van een derde investeerder, de investeringskost volledig zelf draagt, is het plaatsen van een WKK – installatie uitgaande van een prijs van €41,85 per

certificaat, wel haalbaar. In dit geval werd er onderzocht of dit nog steeds het geval is wanneer er slechts €27 per certificaat, de minimaal gegarandeerde waarde, verkregen wordt. Volledig zelf gefinancierd maar onder het beheer van een derde investeerder blijft het project economische haalbaar, de NCW, die €2.326,41 bedraagt, is gedaald maar nog steeds positief. Ook wanneer de WKK – installatie in eigen beheer uitgebaat wordt, blijft dit met een NCW van €155.098,5 nog steeds economisch interessant.

#### **5.1.1.2 WKK – installatie met rookgascondensator**

Indien het gaat om een WKK – installatie met rookgascondensator, blijkt het project enkel in de situatie waarbij een derde investeerder de financiering voor 60% op zich neemt, niet haalbaar te zijn. Vanaf het ogenblik dat de prijs voor een warmtekrachtcertificaat €71,5 bedraagt, zal een financiering van de WKK – installatie voor 60% wel economisch aanvaard kunnen worden.

Tabel 5.1 geeft de resultaten van de NCW weer in het geval dat de prijs van een warmtekrachtcertificaat op het minimum bepaald zou zijn. Een lagere inkomst per certificaat betekent een kleinere netto – kasstroom en dus ook een lagere NCW. Betreffende de situatie waarbij een derde investeerder de financiering volledig op zich neemt, zal het investeren in de WKK – installatie niet meer economisch haalbaar zijn. Indien een derde investeerder slechts 60% van de investeringskost op zich neemt, was het project voordien, uitgaande van €41,85 per certificaat, niet aanvaardbaar. Nu de prijs nog lager bepaald is, is de NCW voor de derde investeerder nog verder gedaald. Indien de tuinbouwer de financiering volledig op zich neemt, zal investeren in de WKK – installatie economisch haalbaar blijven.



Tabel 5.1: NCW per beheervorm bij een WKK – installatie met rookgascondensor indien de waarde van een WKC bepaald is op de minimumprijs

Waarde WKC	€41,85	€27
<b>WKK – installatie wordt volledig gefinancierd door een derde investeerder</b>		
NCW derde investeerder	€463.051,87	-€215.791,23
NCW tuinbouwer	€956.157,22	€956.157,22
<b>WKK – installatie wordt voor 60% gefinancierd door een derde investeerder</b>		
NCW derde investeerder	-€813.322,42	-€1.220.628,28
NCW tuinbouwer	€2.232.531,51	€1.960.994,27
<b>WKK – installatie wordt volledig door de tuinbouwer gefinancierd</b>		
NCW tuinbouwer	€1.518.588,68	€839.745,59
<b>WKK – installatie wordt in eigen beheer uitgebaat</b>		
NCW tuinbouwer	€1.132.841,62	€1.132.841,62

### 5.1.2 Situatie waarbij de tuinbouwer ook 40% van de brandstofkosten op zich neemt indien hij deelt in de investeringskost

In de situatie waarbij de tuinbouwer 40% van de investering bekostigt, werd er vanuit gegaan dat de tuinbouwer enkel van de exploitatiekost bijkomend 40% op zich neemt. Het verschil tussen de NCW van de derde investeerder en die van de tuinbouwer is in deze situatie zo groot, dat het wenselijk is te onderzoeken hoe de NCW wijzigt, indien de tuinbouwer ook 40% van de brandstofkosten vergoed. Omdat hij nu de brandstof meefinanciert, wordt er verondersteld dat hij de geproduceerde warmte niet meer hoeft te vergoeden.

#### 5.1.2.1 WKK – installatie zonder rookgascondensor

Zonder rookgascondensor blijken de netto – kasstromen nog steeds vanaf jaar 1 negatief te zijn voor de derde investeerder. De opbrengsten zijn lager dan de kosten. De NCW bedraagt -€640.819,75. Deze is nog altijd negatief maar ligt aanzienlijk hoger dan wanneer de derde investeerder de brandstofkosten volledig draagt. De NCW voor de tuinbouwer is sterk gedaald, deze bedraagt nu €915.543,95. De derde investeerder zal nog steeds niet bereid zijn een contract af te sluiten, voor hem is dit niet economisch haalbaar. De bepaling van de netto – kasstroom voor de derde investeerder en de tuinbouwer zijn terug te vinden in respectievelijk tabel 1 en 2 van bijlage 6. Tabel 3 van bijlage

6 geeft de bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen weer voor de derde investeerder. Voor de tuinbouwer wordt deze weergegeven in tabel 4 van bijlage 6.

#### **5.1.2.2 WKK – installatie met rookgascondensor**

Indien er wel een rookgascondensor geïnstalleerd is, zullen de netto – kasstromen nog tot en met jaar 7 positief zijn voor de derde investeerder. Hoewel de som van de verdisconteerde netto – kasstromen nu ook positief is, ligt deze nog steeds lager dan de investeringskost, waardoor de NCW negatief blijft. Deze bedraagt nu -€93.140,05. De bepaling van de netto – kasstromen van de derde investeerder is terug te vinden in tabel 5 van bijlage 6, de bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen is terug te vinden in tabel 7 van deze bijlage. De NCW voor de tuinbouwer bedraagt €1.512.349,14. De bepaling van de netto – kasstromen voor de tuinbouwer wordt weergegeven in tabel 6 van bijlage 6, de bepaling van de som van de verdisconteerde in tabel 8. Ook in dit geval zal de derde investeerder niet geïnteresseerd zijn om een WKK – installatie mee te financieren.

#### **5.1.3 Gas –en elektriciteitsprijs**

Omdat de evolutie van de elektriciteitsprijs volgt uit deze van de gasprijs, zal er voor deze variabelen geen aparte sensitiviteitsanalyse uitgevoerd worden. In Excel werden er aangaande de gasprijs twee scenario's onderzocht: er werd bekeken hoe de NCW bij de verschillende beheervormen wijzigt indien de gasprijs met 20% toe –of afneemt.

##### **5.1.3.1 WKK – installatie zonder rookgascondensor**

De waarde van de gas –en elektriciteitsprijs bij wijzigingen in de gasprijs wordt weergegeven in tabel 5.2. Indien de gasprijs stijgt, stijgt de elektriciteitsprijs, daalt de gasprijs dan zal ook de elektriciteitsprijs dalen. Tabel 5.3 geeft het effect weer dat deze veranderingen hebben op de NCW van elke partij onder de verschillende beheervormen.

Tabel 5.2: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs

Wijziging	Gasprijs bepaald op stookwaarde		Elektriciteitsprijs NU		Elektriciteitsprijs SU	
	Derde investeerder	Tuinbouwer	Derde investeerder	Tuinbouwer	Derde investeerder	Tuinbouwer
- 20%	24,64	26,4	64,96	64,96	42,56	42,56
=	30,8	33	81,20	81,20	53,20	53,20
+20%	36,96	39,6	97,44	97,44	63,84	63,84

Tabel 5.3: Wijziging van de NCW van elke partij onder de verschillende beheervormen.

Wijziging	- 20%	=	+ 20%
<b>WKK – installatie wordt volledig door een derde investeerder gefinancierd</b>			
NCW derde investeerder	- 544.848,58	-509.385,04	-473.921,50
NCW tuinbouwer	579.996,68	784.109,23	988.221,78
<b>WKK – installatie wordt voor 60% door een derde investeerder gefinancierd</b>			
NCW derde investeerder	- 1.325.993,36	-1.554.486,29	-1.782.979,22
NCW tuinbouwer	1.361.141,47	1.829.210,49	2.297.279,51
<b>WKK – installatie wordt volledig door de tuinbouwer gefinancierd</b>			
NCW tuinbouwer	233.817,97	473.394,06	712.970,15
<b>WKK – installatie wordt in eigen beheer uitgebaat</b>			
NCW tuinbouwer	374.682,34	626.166,15	877.649,95

Wat de economische haalbaarheid voor de tuinbouwer betreft, zal naarmate de gasprijs daalt, ook de NCW dalen. Stijgt de gasprijs, dan stijgt ook de NCW. Enerzijds nemen de brandstofkosten van de WKK – installatie en de verwarmingsketel toe, anderzijds zullen ook de inkomsten verkregen uit de verkoop van elektriciteit en de waarde van de warmteopbrengst gestegen zijn. De som van deze opbrengsten is groter dan de gaskost wat maakt dat indien de gasprijs zal stijgen, ook de netto – kasstroom een stijgende evolutie kent waardoor de NCW eveneens zal toenemen.

Dit is ook het geval wanneer de derde investeerder de financiering volledig op zich neemt. De opbrengsten uit warmte en elektriciteit zijn groter dan de gaskost waardoor de netto – kasstromen steeds verder stijgen wanneer de gasprijs toeneemt. Dit verklaart waarom investeren in een WKK – installatie meer economisch haalbaar is wanneer de gasprijs stijgt. Omwille van het dalend verloop van

de inkomsten uit de warmtekrachtcertificaten blijven de netto – kasstromen niet positief, waardoor er een negatieve NCW verkregen wordt. Indien de derde investeerder de financiering van de investeringskost voor 60% op zich neemt, wordt de gaskost niet meer gecompenseerd door de opbrengsten uit warmte en elektriciteit. Hierdoor zal de netto – kasstroom dalen wanneer de gasprijs stijgt waardoor ook de NCW een dalende evolutie kent bij een stijging van de gasprijs.

### 5.1.3.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Met rookgascondensator kan er uitgegaan worden van de bedragen zoals deze op de gasfactuur voorkomen. Tabel 5.4 geeft de wijzigingen die verondersteld worden, weer. Omdat de elektriciteitsprijs in relatie staat met de gasprijs (bepaald op de verbrandingswaarde, de prijs die effectief betaald wordt), zijn de wijzigingen van de elektriciteitsprijs gelijk aan deze van de situatie zonder rookgascondensator.

Tabel 5.4: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs

Wijziging	Gasprijs bepaald op verbrandingswaarde		Elektriciteitsprijs NU		Elektriciteitsprijs SU	
	Derde investeerder	Tuinbouwer	Derde investeerder	Tuinbouwer	Derde investeerder	Tuinbouwer
- 20%	22,40	24,00	64,96	64,96	42,56	42,56
=	28	30	81,20	81,20	53,20	53,20
+20%	33,60	36,00	97,44	97,44	63,84	63,84

Tabel 5.5 geeft per beheervorm en voor elke partij de waarde van de NCW weer bij een daling en stijging van de gasprijs met 20%. Hieruit kunnen dezelfde conclusies getrokken worden als bij een WKK – installatie zonder rookgascondensator. Indien de warmteopbrengst en de inkomsten uit de verkoop van de elektriciteit de gaskost compenseren, zullen de netto – kasstroom en de NCW toenemen naarmate de gasprijs stijgt. Indien de derde investeerder slechts 60% van de investeringskost financiert, zal hij slechts recht hebben op 60% van de elektriciteitsopbrengst. Hierdoor is de gaskost groter dan de som van de warmte –en elektriciteitsopbrengst waardoor de netto – kasstromen en dus ook de NCW een dalend verloop kennen wanneer de gasprijs toeneemt.

Tabel 5.5: Wijziging van de NCW van elke partij onder de verschillende beheervormen.

Wijziging	- 20%	=	+ 20%
<b>WKK – installatie wordt volledig door een derde investeerder gefinancierd</b>			
NCW derde investeerder	348.737,47	463.051,87	577.366,28
NCW tuinbouwer	717.003,67	956.157,22	1.188.959,97
<b>WKK – installatie wordt voor 60% door een derde investeerder gefinancierd</b>			
NCW derde investeerder	-663.680,35	-813.322,42	-962.964,48
NCW tuinbouwer	1.729.421,48	2.232.531,51	2.735.641,53
<b>WKK – installatie wordt volledig door de tuinbouwer gefinancierd</b>			
NCW tuinbouwer	1.165.120,73	1.518.588,68	1.872.056,64
<b>WKK – installatie wordt in eigen beheer uitgebraat</b>			
NCW tuinbouwer	1.434.644,26	1.811.684,72	2.188.725,19

#### 5.1.4 Waarde nominale kapitaalkost

Omdat er geactualiseerd werd aan een negatieve discontovoet (-0,17%), zal er onderzocht worden, uitgaande van een inflatie van 3,6%, hoeveel de nominale kapitaalkost moet bedragen opdat de reële kapitaalkost na belastingen positief (3% of 7%) zou zijn, opdat de kredietinstelling geen koopkrachtverlies zou leiden.

##### 5.1.4.1 WKK – installatie zonder rookgascondensor

Om een reële kapitaalkost na belastingen van 3% respectievelijk 7% te verkrijgen, zal de nominale kapitaalkost, uitgaande van een inflatie van 3,6%, 10% respectievelijk 16% moeten bedragen. Het effect hiervan op de NCW wordt weergegeven in tabel 5.6. Omdat er geactualiseerd werd aan een positieve reële kapitaalkost na belastingen, worden de jaarlijkse kasstromen kleiner, waardoor de NCW eveneens vermindert. Het project blijft economisch haalbaar wat de tuinbouwer betreft. Voor de derde investeerder bleek investeren door gebruik te maken van een negatieve discontovoet al niet haalbaar. Gebruik maken van een positieve reële kapitaalkost na belastingen, zal de NCW nog verder verlagen.

Tabel 5.6: Vergelijk van de NCW bij een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, 3% en 7%

Nominale kapitaalkost	5%	10%	16%
Inflatie	3,6%	3,6%	3,6%
Reële kapitaalkost na belastingen	-0,17%	3%	7%
<b>WKK – installatie wordt volledig gefinancierd door een derde investeerder</b>			
NCW derde investeerder (€)	-509.385,04	-520.776,49	-538.326,26
NCW tuinbouwer (€)	784.109,23	611.568,34	444.881,64
<b>WKK – installatie wordt voor 60% gefinancierd door een derde investeerder</b>			
NCW derde investeerder (€)	-1.554.486,29	-1.367.572,98	-1.191.747,74
NCW tuinbouwer (€)	1.829.210,49	1.458.364,83	1.098.303,12
<b>WKK – installatie wordt volledig door de tuinbouwer gefinancierd</b>			
NCW tuinbouwer (€)	473.394,06	288.088,96	101.729,42
<b>WKK – installatie wordt in eigen beheer uitgebaat</b>			
NCW tuinbouwer (€)	626.166,15	417.159,89	208.003,59

#### 5.1.4.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Ook in dit geval zal de nominale kapitaalkost 10% moeten bedragen om een reële kapitaalkost na belastingen van 3% te verkrijgen. Uit tabel 5.7 blijkt dat er geen veranderingen opgetreden zijn betreffende de economische haalbaarheid. Indien het project aanvaard kon worden bij een negatieve kapitaalkost van -0,17, is dit nog steeds het geval indien de discontovoet 3% bedraagt. De NCW is uiteraard wel gedaald.

Tabel 5.7: Vergelijking van de NCW bij een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, 3% en 7%

Nominale kapitaalkost	5%	10%	16%
Inflatie	3,6%	3,6%	3,6%
Reële kapitaalkost na belastingen	-0,17%	3%	7%
<b>WKK – installatie wordt volledig gefinancierd door een derde investeerder</b>			
NCW derde investeerder (€)	463.051,87	301.106,98	138.398,55
NCW tuinbouwer (€)	956.157,22	756.245,18	563.222,03
<b>WKK – installatie wordt voor 60% gefinancierd door een derde investeerder</b>			
NCW derde investeerder (€)	-813.322,42	-741.207,11	-676.009,44
NCW tuinbouwer (€)	2.232.531,51	1.798.559,27	1.377.630,01
<b>WKK – installatie wordt volledig door de tuinbouwer gefinancierd</b>			
NCW tuinbouwer (€)	1.518.588,68	1.153.607,29	794.219,04
<b>WKK – installatie wordt in eigen beheer uitgebaat</b>			
NCW tuinbouwer (€)	1.811.684,72	1.413.953,76	1.032.065,61

## 5.2 Slateelt

### 5.2.1 Waarde warmtekrachtcertificaat

#### 5.2.1.1 WKK – installatie zonder rookgascondensator

Zonder rookgascondensator bleek investeren in een WKK – installatie haalbaar te zijn met een NCW van €44.657,41. Indien de prijs van een warmtekrachtcertificaat bepaald is op het minimum van €27, zal investeren in een WKK – installatie niet meer economisch haalbaar zijn, de NCW bedraagt dan - €7.820,88. De NCW is gelijk aan nul bij een prijs van €41,40 per certificaat.

#### 5.2.1.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Uitgaande van een prijs van €41,85 bleek investeren in de WKK – installatie reeds economisch haalbaar te zijn. Daarom is er nagegaan of dit nog steeds zo zal zijn indien de prijs van een warmtekrachtcertificaat gelijkgesteld wordt aan €27, het gegarandeerde minimum. Omwille van de lagere inkomst per certificaat vermindert de netto – kasstroom en dus ook de NCW. Deze bedraagt nu €191.967,46, wat maakt dat investeren in de WKK – installatie met rookgascondensator economisch interessant blijft.

## 5.2.2 Brandstof- en elektriciteitsprijs

### 5.2.2.1 WKK – installatie zonder rookgascondensator

Eenzijds zal de WKK – installatie met gas in werking gesteld worden, anderzijds zal er bijkomend verwarmd dienen te worden met een verwarmingsketel op extra zware stookolie. Tabel 5.8 toont de waarde van de brandstof – en elektriciteitsprijzen indien de prijs van de brandstoffen met 20% daalt en indien deze met 20% stijgt. Omdat er geen condensator aan de verwarmingsketel geplaatst is en omdat er uitgegaan wordt van een WKK – installatie zonder rookgascondensator is de waarde van de brandstof per MWh hoger dan de prijs die gefactureerd werd. De evolutie van de elektriciteitsprijs per MWh<sub>e</sub> komt overeen met deze van de tomatenteelt.

Tabel 5.8: Wijziging van de gas – en elektriciteitsprijs

Wijziging	Gasprijs bepaald op stookwaarde (€/MWh)	Prijs extra zware stookolie bepaald op de stookwaarde (€/MWh)	Electriciteitsprijs bij verkoop (€/MWh)	
			NU	SU
- 20%	26,4	28,84	64,96	42,56
=	33	36,03	81,20	53,20
+ 20%	39,6	43,24	97,44	63,84

De evolutie van de NCW wordt weergegeven in tabel 5.9. Hieruit blijkt dat naarmate de brandstofprijzen stijgen, de NCW toeneemt. De som van de warmteopbrengst, de opbrengst als gevolg van de vermeden elektriciteitskost en de inkomsten uit de verkoop van elektriciteit is groter dan het totale bedrag dat er aan brandstof betaald dient te worden. Wanneer de absolute cijfers bekeken worden, stijgen de opbrengsten sterker dan de brandstofkosten waardoor de netto – kasstroom en dus ook de NCW een stijgend verloop kennen naarmate dat de brandstofprijs toeneemt.

Tabel 5.9: Wijziging van de NCW bij wijziging in de brandstofprijzen

Wijziging	NCW (€)
- 20%	31.611,82
=	44.657,41
+ 20%	57.850,78



### 5.2.2.2 WKK – installatie met rookgascondensator

Tabel 5.10 geeft de evolutie van de brandstof –en elektriciteitsprijs weer. De gaskost kan bepaald worden op het factuurbedrag. De evolutie van de elektriciteitsprijs en de prijs van extra zware stookolie blijven gelijk ten opzichte van de situatie zonder rookgascondensator.

Tabel 5.10: Wijziging van de gas –en elektriciteitsprijs

Wijziging	Gasprijs bepaald op de verbrandings-waarde (€/MWh)	Prijs extra zware stookolie bepaald op de stookwaarde (€/MWh)	Electriciteitsprijs bij verkoop (€/MWh)	
			NU	SU
- 20%	24	28,84	64,96	42,56
=	30	36,03	81,20	53,20
+ 20%	36	43,24	97,44	63,84

De evolutie van de NCW wordt weergegeven in tabel 5.11. Ook deze keer zijn de opbrengsten die voortvloeien uit de warmte en elektriciteit geproduceerd door de WKK – installatie, groter dan de brandstofkosten. Indien de brandstofprijzen stijgen, zullen de netto – kasstroom en de NCW eveneens toenemen. Naarmate de brandstofkosten toenemen, zal het dus meer economisch interessant worden om te investeren in de WKK – installatie met rookgascondensator.

Tabel 5.11: Wijziging van de NCW bij wijziging in de brandstofprijzen

Wijziging	NCW (€)
- 20%	224.591,08
=	271.111,88
+ 20%	317.860,56

### 5.2.3 Waarde nominale kapitaalkost

Net als bij de tomatenteelt is het ook deze keer nodig om na te gaan hoe sterk de NCW daalt indien er een hogere discontovoet gebruikt wordt. Bij de bepaling van de economische haalbaarheid werd er gebruik gemaakt van een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%. De kredietinstelling zal de nominale kapitaalkost hoger moeten bepalen om geen verlies aan koopkracht te leiden. Er werd onderzocht hoe hoog deze interestvoet moet zijn indien er een reële kapitaalkost na belastingen van 3% of 7% gewenst is. Hierbij werd er opnieuw uitgegaan van een inflatie van 3,6%.

### 5.2.3.1 WKK – installatie zonder rookgascondensor

Gebruik makend van een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17% bleek investeren in de WKK – installatie zonder rookgascondensor haalbaar te zijn. Wanneer er echter een hogere discontovoet gebruikt wordt, vermindert de NCW en wordt deze zelfs negatief. De vergelijking van de NCW wordt weergegeven in tabel 5.11.

Tabel 5.11: Vergelijking van de NCW bij een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, 3% en 7%

Nominale kapitaalkost	5%	10%	16%
Inflatie	3,6%	3,6%	3,6%
Reële kapitaalkost na belastingen	-0,17%	3%	7%
NCW tuinbouwer (€)	44.657,41	4.877,32	-47.380,13

### 5.2.3.2 WKK – installatie met rookgascondensor

Naarmate de reële kapitaalkost na belastingen toeneemt, daalt de NCW. Toch blijft deze steeds positief. Ook indien de netto – kasstromen geactualiseerd worden aan een discontovoet van 7%, blijft investeren in een WKK – installatie met rookgascondensor economisch haalbaar voor de tuinbouwer. De vergelijking van de NCW is terug te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 5.12: Vergelijking van de NCW bij een reële kapitaalkost na belastingen van -0,17%, 3% en 7%

Nominale kapitaalkost	5%	10%	16%
Inflatie	3,6%	3,6%	3,6%
Reële kapitaalkost na belastingen	-0,17%	3%	7%
NCW tuinbouwer (€)	271.111,88	181.229,88	92.984,08

## 6 Conclusie

### 6.1 Energie – en CO<sub>2</sub> – behoefte van de tuinbouwbedrijven

Uit de gegevens die Dhr. Smets ter beschikking stelde, kon afgeleid worden dat het tomatenteeltbedrijf per jaar ongeveer 6.387,70 MWh aan warmte en 130,6 MWh aan elektriciteit nodig heeft. Daarnaast is er 564,91 ton CO<sub>2</sub> nodig om de planten te bemesten. Er zijn twee verwarmingsketels om de serre te verwarmen: één op aardgas en één op extra zware stookolie. Wanneer CO<sub>2</sub> – bemesting wordt toegepast, wordt er verwarmd met de ketel op aardgas. De rookgassen van een verwarmingsketel op extra zware stookolie zijn niet geschikt om aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen. In vergelijking met het tomatenteeltbedrijf, bleek uit de gegevens van Dhr. Dockx dat de behoefte aan warmte voor de slateelt met 1.452,47 MWh vier keer kleiner is en dat het elektriciteitsverbruik aanzienlijk hoger ligt. De assimilatiebelichting verbruikt jaarlijks ongeveer 549,35 MWh. Dhr. Dockx verwarmt de serre met een verwarmingsketel op extra zware stookolie. Om aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen, gebruikt het slateeltbedrijf een CO<sub>2</sub> – kanon met petroleum als brandstof. Jaarlijks nemen de planten ongeveer 175 ton CO<sub>2</sub> op.

### 6.2 De technische aspecten

De grootte van de WKK – installatie werd voor het tomatenteeltbedrijf bepaald op basis van het aantal normale en stille uren dat de WKK – installatie in werking zal zijn. Het te installeren elektrisch vermogen bedraagt 1,2 MW. Zonder rookgascondensor zal er 8.246,86 MWh<sub>th</sub> en 6.994,51 MWh<sub>e</sub> opgewekt worden. Indien er wel een rookgascondensor geplaatst is, zal er voor 10.039,97 MWh<sub>th</sub> aan warmte geproduceerd worden. De geproduceerde elektriciteit zal Dhr. Smets kunnen verkopen, de warmte zal hij gebruiken om de serre te verwarmen. Zowel zonder als met rookgascondensor levert de WKK – installatie onvoldoende warmte om in de behoefte te voorzien. De verwarmingsketel zal daarom bijkomend ingezet moeten worden.

Voor het slateeltbedrijf werd de grootte van de WKK – installatie bepaald op basis van de elektriciteitsbehoefte. Het te installeren elektrisch vermogen bedraagt 239 kW, wat aanzienlijk kleiner is dan dat voor de tomatenteelt. De reden hiervoor ligt bij het verschil in de energievraag van beide ondernemingen: het tomatenteeltbedrijf heeft in totaal (warmte en elektriciteit opgeteld) 6.518 MWh aan energie nodig, terwijl de energiebehoefte van het slateeltbedrijf in totaal slechts 2.001,82 MWh

bedraagt. Omwille van het kleiner elektrisch vermogen zal er ook minder warmte en elektriciteit geleverd worden. Wanneer er geen rookgascondensator geplaatst is, zal deze installatie 1.148 MWh<sub>th</sub> en 795 MWh<sub>e</sub> produceren. Met rookgascondensator zal er 1.367 MWh<sub>th</sub> opgewekt worden. Ook in dit bedrijf zal de WKK – installatie de warmtevraag niet volledig kunnen invullen, de verwarmingsketel zal bijkomend ingezet moeten worden. De elektriciteit geproduceerd door de WKK – installatie zal gebruikt worden om de planten te belichten. Gedurende bepaalde maanden zal Dhr. Dockx nog elektriciteit dienen bij aan te kopen, gedurende andere maanden wekt de WKK – installatie meer elektriciteit op dan nodig en kan deze door de tuinbouwer verkocht worden. Tabel 6.1 vat de kenmerken van de WKK – installatie voor beide bedrijven samen, zowel voor een WKK – installatie zonder als met rookgascondensator.

Tabel 6.1: Kenmerken van de WKK – installatie zonder en met rookgascondensator voor het slateelt –en tomatenteeltbedrijf

Kenmerken	Tomatenteeltbedrijf		Slateeltbedrijf	
	Zonder rookgas-condensator	Met rookgas-condensator	Zonder rookgas-condensator	Met rookgas-condensator
Elektrisch vermogen	1.262,55 kW	1.262,55 kW	239 kW	239 kW
Elektrisch rendement	39%	39%	50%	60%
Thermisch rendement	46%	56%	34%	34%
Warmtekrachtverhouding	1,18	1,44	1,44	1,73
Thermisch vermogen	1.488,60 kW	1.812,27 kW	345,10	413,81
<b>Energieopwekking door de WKK - installatie</b>				
Warmte (MWh <sub>th</sub> )	8.246,86	10.039,97	1.148	1.367
Elektriciteit (MWh <sub>e</sub> )	6.994,51	6.994,51	795	795

### 6.3 De ecologische aspecten

Het plaatsen van een WKK – installatie is brandstofbesparend. Afhankelijk van de gebruikte referentierendementen, ligt de relatieve primaire energiebesparing voor Dhr. Smets tussen 18 en 22% indien er geen rookgascondensator geplaatst is. Als deze wel aanwezig is, zal de relatieve energiebesparing zich situeren tussen 25 en 28%. Het referentierendement voor een verwarmingsketel wordt algemeen bepaald op 90%, voor een elektriciteitscentrale kan het gebruikte referentierendement wel eens verschillen. Naarmate het referentierendement kleiner is, zal de

brandstofbesparing toenemen. Een kleiner rendement betekent immers dat de elektriciteitscentrale meer brandstof nodig heeft om de nodige energie te leveren.

De relatieve primaire energiebesparing ligt voor Dhr. Dockx tussen de 16 en 20% indien er geen rookgascondensator geplaatst is. Een WKK – installatie met rookgascondensator zal een relatieve primaire energiebesparing opleveren van 23 à 27%.

Door de uitstoot van schadelijke stoffen door een WKK – installatie te verminderen met de uitstoot die vermeden is omdat de verwarmingsketel nu slechts in beperkte mate ingezet moet worden, kan er bepaald worden welk effect het plaatsen van een WKK – installatie heeft op de luchtkwaliteit in de omgeving van het bedrijf. Zowel voor het slateelt – als tomatenteeltbedrijf blijkt dat zonder rookgasreiniging er lokaal bekeken meer CO<sub>2</sub>, CO en NO<sub>x</sub> zal uitgestoten worden dan wanneer er geen WKK – installatie geplaatst wordt. Omwille van rookgasreiniging echter, zullen de rookgassen gezuiverd zijn voor NO<sub>x</sub>, HC en CO. Het blijft natuurlijk de vraag of het tuinbouwbedrijf al de CO<sub>2</sub> in de rookgassen van de WKK - installatie ook werkelijk zal gebruiken om aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen. Wanneer er uitgegaan wordt van de CO<sub>2</sub> – behoefte zoals bepaald in deze studie, zal de WKK – installatie meer CO<sub>2</sub> produceren dan nodig waardoor het overschot aan CO<sub>2</sub> afgelucht zal worden en er zich een hoger gehalte aan CO<sub>2</sub> in de atmosfeer zal bevinden dan indien er geen WKK - installatie geplaatst is. Voor beide bedrijven geldt dat de uitstoot van SO<sub>x</sub> en fijn stof zal afnemen indien de tuinbouwers de WKK – installatie plaatsen. Het gaat echter om een reductie van telkens minder dan 1 ton. Met rookgascondensator zal de vermeden uitstoot van de verwarmingsketel hoger liggen dan voor een WKK – installatie zonder rookgascondensator, bij een WKK – installatie met rookgascondensator wordt er immers meer warmte gerecupereerd. De lokale en globale balans zullen dus een beter resultaat weergeven bij een WKK – installatie met rookgascondensator dan bij een WKK – installatie zonder rookgascondensator.

Wanneer eveneens de vermeden uitstoot van elektriciteitscentrales in rekening gebracht wordt en er uitgegaan wordt van rookgasreiniging en CO<sub>2</sub> – bemesting zal de luchtkwaliteit verbeteren. Wat het tomatenteeltbedrijf betreft, zal omwille van het plaatsen van een WKK – installatie zonder rookgascondensator, de CO<sub>2</sub> – uitstoot verminderen met 1.626,60 ton, met rookgascondensator gaat het om een vermindering van 2.198,36 ton CO<sub>2</sub>. Indien het slateeltbedrijf een WKK – installatie plaatst zonder rookgascondensator en er uitgegaan wordt van CO<sub>2</sub> – bemesting, zal globaal bekeken, de uitstoot van CO<sub>2</sub> met 302,96 ton verminderen, met rookgascondensator gaat het om een afname van 443,03 ton CO<sub>2</sub>. Omwille van de rookgasreiniging is ook de uitstoot van NO<sub>x</sub>, HC en CO beperkt. Reeds op lokaal niveau bleken de emissies van fijn stof en SO<sub>x</sub> te dalen door het plaatsen van een WKK – installatie. Globaal bekeken is de reductie groter maar nog steeds zeer beperkt.

Vlaanderen heeft zich tot doel gesteld de emissies van broeikasgassen te verminderen met 22,2 Mton CO<sub>2</sub> – equivalenten tegen 2010. Het plaatsen van een WKK – installatie op aardgas lijkt in zeer beperkte mate bij te dragen aan deze doelstelling. Een verminderde CO<sub>2</sub> – emissie van 2.641,03 ton (voor beide bedrijven samen, uitgaande van een WKK – installatie met rookgascondensor) is weinig vergeleken met de doelstelling die men wil bereiken.

## 6.4 De economische aspecten

Tabel 6.2 geeft een samenvatting van de NCW per beheervorm voor Dhr. Smets en Dhr. Dockx voor zowel een WKK – installatie zonder als met een rookgascondensor. De mogelijkheid dat er een derde investeerder in het beheer zou tussenkomen werd voor Dhr. Dockx niet onderzocht omdat de tuinbouwer de elektriciteit voor het grootste deel zelf zal gebruiken.

Tabel 6.2: De NCW per beheervorm voor beide glastuinbouwbedrijven voor een WKK – installatie zonder en met rookgascondensor

	WKK – installatie zonder rookgascondensor	WKK – installatie met rookgascondensor
<b>Investering volledig gefinancierd door de derde investeerder</b>		
NCW derde investeerder (€)	- 509.385,04	463.051,87
NCW tomatenteler (€)	784.109,23	956.157,22
<b>Investering voor 60% gefinancierd door de derde investeerder</b>		
NCW derde investeerder (€)	- 2.139.499,15	- 1.398.335,28
NCW tomatenteler (€)	2.414.223,35	2.817.544,37
<b>Investering voor 100% gefinancierd door de tuinbouwer</b>		
NCW tomatenteler (€)	473.394,06	1.518.588,68
<b>Uitbating in eigen beheer</b>		
NCW tomatenteler (€)	626.166,15	1.811.684,72
NCW slateler (€)	44.657,41	271.111,88

Wat het plaatsen van een WKK – installatie in het tomatenteeltbedrijf betreft, zal, indien de investering volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt, deze enkel bereid zijn een contract aan te gaan met de tuinbouwer wanneer er een rookgascondensor geïnstalleerd is. Met rookgascondensor wordt er een hoger thermisch rendement bereikt waardoor er meer warmtekrachtcertificaten toegekend worden en dus de opbrengst uit de verkoop van de warmtekrachtcertificaten hoger zal liggen. Er wordt meer warmte geproduceerd, wat maakt dat ook de warmteopbrengst hoger zal liggen.

Bovendien kan, omdat nu ook de warmte uit de rookgassen gerecupereerd wordt, de brandstofkost aan het factuurbedrag gewaardeerd worden. Ook indien er verdisconteerd wordt aan een hogere reële kapitaalkost na belastingen, blijft investeren in een WKK – installatie met rookgascondensor voor de derde investeerder economisch interessant. Wanneer echter de prijs van een warmtekrachtcertificaat zou dalen tot het minimum van €27, zal investeren in een WKK – installatie met rookgascondensor niet meer economisch haalbaar zijn voor hem. Hoewel de derde investeerder de WKK – installatie volledig financiert, zullen bepaalde investeringskosten toch voor rekening van de tuinbouwer zijn. De enige opbrengst voor de tuinbouwer is de warmte die hij goedkoop verkrijgt. Deze opbrengst blijkt voldoende hoog om tot een positieve NCW te komen, ongeacht het al dan niet plaatsen van een rookgascondensor. Ook bij een hogere discontovoet zou investeren in een WKK – installatie (met of zonder rookgascondensor) economisch haalbaar blijven voor de tuinbouwer.

Wanneer de investeringskost tussen beide partijen verdeeld wordt, blijkt het project zowel zonder als met een rookgascondensor niet economisch haalbaar te zijn voor de derde investeerder. Hoewel een gedeelte van de investeringskost en de exploitatiekosten gedragen wordt door de tuinbouwer, compenseert dit niet het verlies aan inkomsten. In deze situatie heeft de tuinbouwer immers ook recht op een gedeelte van de inkomsten uit de verkoop van elektriciteit en warmtekrachtcertificaten. Uit de sensitiviteitsanalyse blijkt dat wanneer de tuinbouwer ook 40% van de brandstofkosten op zich neemt, het voor de derde investeerder nog steeds niet economisch haalbaar is om een gedeelte van de investeringskost te financieren. Hierbij is er vanuit gegaan dat de tuinbouwer de opgewekte warmte niet meer zal moeten vergoeden omdat hij meedeelt in de kosten van de brandstofaankoop.

Terwijl het voor een derde investeerder niet economisch interessant is om de investeringskosten van de WKK – installatie zonder rookgascondensor volledig op zich te nemen, is dit voor de tuinbouwer wel het geval. De NCW voor de tuinbouwer is aanzienlijk groter dan de NCW voor de derde investeerder indien deze de investeringskosten volledig zou vergoeden, zowel indien de WKK – installatie zonder als met rookgascondensor geplaatst wordt. De reden hiervoor ligt in de warmteopbrengst die hoger is voor de tuinbouwer dan voor de derde investeerder indien deze de installatie volledig zou financieren. Voor de tuinbouwer wordt het totaal van de warmteproductie als opbrengst beschouwd, terwijl de vergoeding die de derde investeerder vraagt indien deze de WKK – installatie volledig financiert, slechts 33% van de totale warmteproductie bedraagt. Bovendien wordt er zowel een verhoogde investeringsaftrek als steun uit het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds aan de tuinbouwer toegekend. Het plaatsen van een rookgascondensor, zorgt ervoor dat de NCW van de tuinbouwer meer dan verdubbelt. De inkomsten uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten, een lagere waardering van de brandstofkosten en de toegenomen warmteopbrengst liggen aan de basis hiervan. Ook indien de prijs van een warmtekrachtcertificaat zou dalen tot €27 of een discontovoet van 7% gebruikt zou worden,

blijft volledig investeren in een WKK – installatie economisch haalbaar voor de tuinbouwer, zowel met als zonder rookgascondensor.

Welk effect het al dan niet plaatsen van een rookgascondensor op de NCW heeft, blijkt ook duidelijk in het voorbeeld van de slateelt. Omwille van de verhoogde inkomsten uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten blijkt investeren in een WKK – installatie vooral economisch haalbaar te zijn wanneer er een rookgascondensor geplaatst is. De NCW ligt wel lager dan bij de tomatenteelt. De WKK – installatie is immers kleiner wat maakt dat enerzijds de investeringskost kleiner is, anderzijds liggen echter ook de elektriciteitsopbrengst en de besparing op de brandstoffactuur lager. Net zoals voor de tomatenteler blijft investeren in een WKK – installatie met rookgascondensor economisch haalbaar wanneer er een verhoogde discontovoet toegepast wordt. Ook indien de tuinbouwer slechts €27 per warmtekrachtcertificaat zou verkrijgen, blijft investeren in een WKK – installatie met rookgascondensor economisch interessant.

Omwille van de relatie tussen de gas –en elektriciteitsprijs, zal een toename van de gasprijs leiden tot een toename van de elektriciteitsprijs. Een dergelijke prijsstijging zal enerzijds de brandstofkosten doen stijgen, anderzijds zal een stijging in de energieprijzen ook tot gevolg hebben dat de opbrengsten uit de warmteproductie en de verkoop van elektriciteit zullen toenemen. Wanneer deze opbrengsten de brandstofuitgaven compenseren, zal investeren in een WKK – installatie economisch interessanter worden naarmate de gas –en elektriciteitsprijs verhogen.

Tot besluit kan er gesteld worden dat zowel voor Dhr. Dockx als voor Dhr. Smets het plaatsen van een WKK – installatie met rookgascondensor economisch meer interessant is dan het plaatsen van een WKK – installatie zonder rookgascondensor, voornamelijk omwille van de verhoogde inkomsten uit de verkoop van warmtekrachtcertificaten. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat het verhoogde thermisch rendement dat in deze studie voorop gesteld werd ook in werkelijkheid bereikt dient te worden. Wat de beheervorm betreft, is het aangeraden de uitbating in eigen beheer uit te voeren. Het voordeel hierbij is dat de tuinbouwers zelf de werking van de WKK – installatie kunnen bepalen, zonder afhankelijk te zijn van de contracten die door de derde investeerder aangegaan worden met de elektriciteitsleverancier. Omwille van de beperkte onderhandelingsmacht die de tuinbouwers hebben, zullen de brandstofkosten hoger liggen dan voor een derde investeerder. De tuinbouwers zouden zich wel kunnen groeperen met andere tuinbouwers om zo meer onderhandelingsmacht te verwerven.



## 6.5 Vragen voor verder onderzoek

De situatie waarbij zowel de derde investeerder als de tuinbouwer een gedeelte van de investeringskosten op zich nemen, bleek economisch niet haalbaar te zijn. Er zou aldus nagegaan kunnen worden op welke manier de kosten en opbrengsten tussen beide partijen verdeeld moeten worden opdat een gedeelde financiering wel economisch interessant zou zijn voor beide partijen.

In deze studie werd ervan uitgegaan dat de tuinbouwer een contract zou afsluiten met een elektriciteitsleverancier en dat de prijs per MWh gedurende een volledig jaar vast zou liggen. De tuinbouwer zou echter de geproduceerde elektriciteit via de beurs kunnen verhandelen. Daarom zou het interessant zijn om te onderzoeken hoe de opbrengst uit de verkoop van elektriciteit gemaximaliseerd kan worden door deze via de lange en korte termijn beurs te verkopen. De hoeveelheid elektriciteit waarvan de tuinbouwer zeker is dat deze dagelijks geproduceerd zal worden door de WKK – installatie, zou dan verhandeld worden op de lange termijn beurs (OTC). Indien de WKK – installatie meer elektriciteit produceert, zou deze extra hoeveelheid verkocht kunnen worden via de korte termijn handel, de Belpex.

Voor de WKK – installaties die in deze studie voorop gesteld werden, diende aardgas als brandstof gebruikt te worden. Aardgas is een fossiele brandstof waarvan de voorraad beperkt is. Daarom zou het nuttig zijn na te gaan of de mogelijkheid bestaat een WKK – installatie op biogas te installeren in de besproken tuinbouwbedrijven. Er zal onderzocht dienen te worden welke aanpassingen aan de motor vereist zijn, of het bedrijf aan voldoende biomassa kan geraken om te vergisten, wat er met het digestaat zal moeten gebeuren, of de rookgassen geschikt zijn om aan CO<sub>2</sub> – bemesting te doen, .... Daarbij zou het ook interessant zijn te onderzoeken of samenwerken met andere tuinbouwbedrijven tot één van de mogelijkheden zou behoren.

Indien de tuinbouwers beslissen om een WKK – installatie te plaatsen, zou het tot slot interessant zijn om na te gaan of de opbrengsten die voorop gesteld werden, ook effectief verworven worden. En indien dit niet het geval zou zijn, welke redenen hiervoor aan de basis liggen. Worden de vooropgestelde rendementen gehaald? Hoe evolueert de inflatie?



## Bijlagen

### Bijlage 1: Calorische boven –en onderwaarde

Tabel 1: Calorische boven –en onderwaarde per brandstof

Brandstof	Bovenwaarde	Onderwaarde
Extra zware stookolie	42,60 MJ/kg	40,06 MJ/kg
	11,83 kWh/kg	11,13 kWh/kg
Gasolie	38,81 MJ/l	36,47 MJ/l
	10,78 kWh/l	10,13 kWh/l
Lamppetroleum	37,01 MJ/l	34,68 MJ/l
	10,28 kWh/l	9,63 kWh/l
Aardgas (Slochteren)	35,20 MJ/Nm <sup>3</sup>	31,86 MJ/Nm <sup>3</sup>
	9,78 kWh/Nm <sup>3</sup>	8,80 kWh/Nm <sup>3</sup>
Aardgas (rijk)	42,40 MJ/Nm <sup>3</sup>	38,16 MJ/Nm <sup>3</sup>
	11,78 kWh/Nm <sup>3</sup>	10,60 kWh/Nm <sup>3</sup>
Propanaan	26,20 MJ/l	26,20 MJ/l
	7,28 kWh/l	7,28 kWh/l
Kolen (vlam)	32,90 MJ/kg	31,10 MJ/kg
	9,14 kWh/kg	8,64 kWh/kg
Hout	18,59 MJ/kg	15,80 MJ/kg
	5,16 kWh/kg	4,39 kWh/kg

(Bron: kempisch instituut voor land –en tuinbouwonderzoek , 2005)

## Bijlage 2: Emissiewaarden

Tabel 1: Typische waarden van ongecontroleerde emissies van warmtekrachtkoppelingssystemen.

System	Fuel	Electrical efficiency (%)	Specific emissions (gr/kWhe)					
			CO <sub>2</sub>	CO	NOX	HC	SOX	Particulates
Diesel	Diesel 0.2%S	35	738.15	4.08	15.56(2)	0.46	0.91	0.32
	Dual(1)		593.35	3.81	11.30(3)	3.95	0.09	0.04
Gas engine	Natural gas	35	577.26	2.80	1.90	1.00	≈ 0	≈ 0
Gas turbine	Natural gas	25	808.16	0.13	2.14	0.10	≈ 0	0.07
	Diesel 0.2%S		1033.41	0.05	4.35	0.10	0.91	0.18
Gas turbine low Nox	Natural gas	35	577.26	0.30	0.50	0.05	≈ 0	0.05
Steam turbine (new)	Coal	25	1406.40	0.26	4.53	0.07	7.75	0.65
	Fuel oil		1100.00	≈ 0	1.94	0.07	5.18	0.65
Fuel cells (PAFC)	Natural gas	40	808.16	≈ 0	1.29	0.26	0.46	0.07
	Natural gas		505.10	0.03	0.03	0.05	≈ 0	≈ 0

(1) 90% of energy supplied by natural gas and 10% by Diesel oil  
(2) Engines of modern designs emit 11-12 gr NOX/kWhe  
(3) Engines of modern designs emit 7-8 gr NOX/kWhe

(Bron: Basishandboek warmtekrachtkoppeling, 2006)

Tabel 2: Typische waarden van emissies van water –en stoomketels.

System	Fuel	Specific emissions (gr / kWhth of useful heat)					
		CO2	CO	NOX	HC	SOX	Particulates
Boiler for hot water	Natural gas	252.55	0.03	0.19	0.02	≈0	0.02
	Diesel 0.2% S	322.94	0.06	0.25	0.02	0.37	0.03
Steam boiler	Coal	439.50	0.08	1.36	0.02	2.32	0.20
	Fuel oil	343.73	0.06	0.57	0.02	1.55	0.20
	Natural gas	252.55	0.03	0.39	≈0	≈0	0.02
Industrial steam boiler	Coal 2% S	439.50	0.16	1.12	0.08	5.65	0.98
	Fuel oil 1% S	343.73	0.06	0.78	0.02	2.03	0.30
	Natural gas	252.55	0.03	0.33	≈0	≈0	0.03

An 80% efficiency of the boiler has been considered.

(Bron: basishandboek warmtekrachtkoppeling)

Tabel 3: Emissiefactoren van een verwarmingsketel op extra zware stookolie

Schadelijke stof	Emissiefactor (mg/m <sup>3</sup> )	Emissiefactor (mg/kWh)
CO	80	8,43
NOX	600	63,22
SO2	1500	158,05
Fijn stof	100	10,53
Schadelijke stof	Emissiefactor (kton/PJ)	Emissiefactor (g/kWh)
CO2	76,6	306,4

(Bron: Derden, Goovaerts, Vercaemst, en Vrancken, 2005)

**Bijlage 3: referentierendementen voor de gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit en correctiefactoren van de rendementen voor de gescheiden opwekking van elektriciteit.**

Tabel 1: referentierendementen voor gescheiden opwekking van warmte.

	Brandstoftype	Stoom*/warm water	Direct gebruik van verbrandingsgassen **
Vast	Steenkool/cokes	88%	80%
	Bruinkool/ bruinkoolbriketten	86%	78%
	Turf/turfbriketten	86%	78%
	Houtbrandstoffen en houtafval	86%	78%
	Landbouwbiomassa	80%	72%
	Bio-afbreekbaar (stadsafval)	80%	72%
	Niet-hernieuwbaar (stads - en industrie- afval)	80%	72%
	Steenolie	86%	78%
Vloeibaar	Olie (gasolie + stookolie), LPG	89%	81%
	Biobrandstoffen	89%	81%
	Bio-afbreekbaar afval	80%	72%
	Niet - hernieuwbaar afval	80%	72%
Gasvormig	Aardgas	90%	82%
	Raffinaderijgas/ waterstof	89%	81%
	Biogas	70%	62%
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afvalgassen	80%	72%

*(Bron: Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties, 2006)*

Tabel 2: referentierendementen voor gescheiden opwekking van elektriciteit (%).

constructiejaar	1996 en daarvoor	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 - 2011	
	brandstoftype											
Vast	Steenkool/cokes	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.8	44.0	44.2	
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	37.3	38.1	38.8	39.4	39.9	40.3	40.7	41.4	41.6	41.8	
	Turf/turfbriketten	36.5	36.9	37.2	37.5	37.8	38.1	38.4	38.8	38.9	39.0	
	Houtbrandstoffen en houtafval	25.0	26.3	27.5	28.5	29.6	30.4	31.1	31.7	32.2	33.0	
	Landbouwbiomassa	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	25.0	
	Bio-afbreekbaar (stadsafval)	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	25.0	
	Niet-hernieuwbaar (stads - en industrie-afval)	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	25.0	
	Steenolie	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	39.0
	Olie (gasolie + stookolie), LPG	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	44.2
	Biobrandstoffen	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	44.2
Vloeibaar	Bio-afbreekbaar afval	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	25.0	
	Niet - hernieuwbaar afval	20.0	21.0	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	25.0	
	Aardgas	50.0	50.4	50.8	51.1	51.4	51.7	51.9	52.1	52.3	52.5	
	Raffinaderijgas/waterstof	39.7	40.5	41.2	41.8	42.3	42.7	43.1	43.5	43.8	44.0	
Gasvormig	Biogas	36.7	37.5	38.3	39.0	39.6	40.1	40.6	41.0	41.4	41.7	
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afvalgassen, recuperatiewarmte	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	

(Bron: Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties, 2006)

Tabel 3: correctiefactoren voor vermeden netverliezen voor de toepassing van referentierendementen voor de gescheiden opwekking van elektriciteit.

Spanning	Voor spanning geleverd aan het net	Voor elektriciteit ter plaatse gebruikt
> 200 kV	1	0.985
100 – 200 kV	0.985	0.965
50 – 100 kV	0.965	0.945
0.4 – 50 kV	0.945	0.925
<0.4 kV	0.925	0.860

*(Bron: Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties, 2006)*

Tabel 4: Vlaamse referentierendementen voor de gescheiden productie van warmte

De WKK – installatie staat haar warmte af in de vorm van:	Thermisch rendement van de referentieketel
Heet water	90%
Hete lucht	93%
Stoom	85%
De WKK – installatie maakt gebruik van biogas	70%

*(Bron: Besluit van de Vlaamse Regering van 7 juli 2006 ter bevordering van de elektriciteitsopwekking in kwalitatieve warmtekrachtinstallaties, 2006)*

Tabel 5: Vlaamse referentierendementen voor de gescheiden productie van elektriciteit

De WKK – installatie maakt gebruik van fossiele energiebronnen en is aangesloten op een spanningsnet met een nominale spanning:	Elektrisch rendement van de referentiecentrale
Hoger dan 15 kV	55%
Lager of gelijk aan 15 kV	50%
De WKK – installatie maakt gebruik van:	
biogas	42%
Vloeibare biobrandstoffen	42,7%
Hout of houtafval	34%
Andere vaste biomassastromen	25%

*(Bron: Besluit van de Vlaamse Regering van 7 juli 2006 ter bevordering van de elektriciteitsopwekking in kwalitatieve warmtekrachtinstallaties, 2006)*



#### Bijlage 4: bijlagen bij praktijkvoorbeeld 1

Tabel 1: Bepaling van de warmte -en CO<sub>2</sub> - behoefte

maand	gas in MWh aangekocht	gas in kWh aangekocht	Warmtebehoefte (kWh)	CO <sub>2</sub> - behoefte (kg)
jan/06	12,503	12.503,00	11.252,70	2.526,11
feb/06	65,536	65.536,00	58.982,40	13.240,89
mrt/06	187,549	187.549,00	168.794,10	37.892,40
apr/06	213,236	213.236,00	191.912,40	43.082,20
mei/06	314,751	314.751,00	283.275,90	63.592,29
jun/06	450,566	450.566,00	405.509,40	91.032,35
jul/06	267,067	267.067,00	240.360,30	53.958,22
aug/06	318,91	318.910,00	287.019,00	64.432,58
sep/06	366,187	366.187,00	329.568,30	73.984,42
okt/06	362,594	362.594,00	326.334,60	73.258,49
nov/06	213,751	213.751,00	192.375,90	43.186,25
dec/06	23,397	23.397,00	21.057,30	4.727,13
totaal	2796,047	2.796.047,00	2.516.442,30	564.913,34

Tabel 2: Bepaling van de warmtebehoefte afgeleid uit de aankoop van extra zware stookolie.

Datum	Aankoop Stookolie (kg)	Maand	Verbruik stookolie (kg)	Verbruik stookolie (kWh)	Warmtebehoefte (in kWh)
4/jan/06	30.193,00	jan/06	89.130,00	1.054.40	948.967,11
6/jan/06	30.097,00	feb/06	123.292,00	1.458.54	1.312.689,92
24/jan/06	28.840,00	mrt/06	61.388,00	726.220,	653.598,04
31/jan/06	30.730,00	apr/06	30.443,00	360.140,	324.126,62
6/feb/06	30.890,00	mei/06	-	-	-
15/feb/06	30.769,00	jun/06	-	-	-
24/feb/06	30.903,00	jul/06	-	-	-
8/mrt/06	30.993,00	aug/06	-	-	-
20/mrt/06	30.395,00	sep/06	-	-	-
6/apr/06	30.443,00	okt/06	29.684,00	351.161,	316.045,55
18/okt/06	29.684,00	nov/06	14.832,00	175.462,	157.916,30
20/nov/06	29.664,00	dec/06	14.832,00	175.462,	157.916,30
totaal	363.601,00	totaal	363.601,00	4.301.39	3.871.259,85

Tabel 3: Warmte en elektriciteit opgewekt door de WKK – installatie zonder rookgascondensor

Maand	Aantal uren dat de WKK zal draaien	Hoeveelheid warmte geproduceerd door de WKK (kWh)	Hoeveelheid elektriciteit geproduceerd door de WKK (kWh)
Jan	651	969.080,96	821.918,05
Feb	609	906.559,61	768.891,07
Mrt	617	918.468,44	778.991,45
Apr	510	759.187,85	643.898,93
Mei	402	598.418,66	507.543,86
Jun	357	531.431,49	450.729,25
Jul	341	507.613,84	430.528,50
Aug	341	507.613,84	430.528,50
Sep	376	559.714,96	474.717,64
Okt	455	677.314,65	574.458,85
Nov	390	580.555,41	492.393,30
Dec	491	730.904,38	619.910,54
Totaal	5540	8.246.864,07	6.994.509,94

Tabel 4: Bepaling van de warmte waarin de WKK – installatie zonder rookgascondensor niet voorziet en het brandstofverbruik van de verwarmingsketel.

Maand	Hoeveelheid warmte nodig in de serre (kWh)	Hoeveelheid warmte die niet opgevangen wordt door de WKK	Hoeveelheid brandstof dat ketel nodig heeft om warmte te produceren
Jan	960.219,81	-	-
Feb	1.371.672,32	465.112,72	516.791,91
Mrt	822.392,14	-	-
Apr	516.039,02	-	-
Mei	283.275,90	-	-
Jun	405.509,40	-	-
Jul	240.360,30	-	-
Aug	287.019,00	-	-
Sep	329.568,30	-	-
Okt	642.380,15	-	-
Nov	350.292,20	-	-
Dec	178.973,60	-	-
Totaal	6.387.702,15	465.112,72	516.791,91

Tabel 5: Warmte en elektriciteit opgewekt door de WKK – installatie met rookgascondensor

Maand	Aantal uren dat de WKK zal draaien	Hoeveelheid warmte geproduceerd door de WKK (kWh)	Hoeveelheid elektriciteit geproduceerd door de WKK (kWh)
Jan	651	1.179.786,72	821.918,05
Feb	609	1.103.671,45	768.891,07
Mrt	617	1.118.169,60	778.991,45
Apr	510	924.256,88	643.898,93
Mei	402	728.531,89	507.543,86
Jun	357	646.979,82	450.729,25
Jul	341	617.983,52	430.528,50
Aug	341	617.983,52	430.528,50
Sep	376	681.412,92	474.717,64
Okt	455	824.582,12	574.458,85
Nov	390	706.784,67	492.393,30
Dec	491	889.823,78	619.910,54
Totaal	5540	10.039.966,90	6.994.509,94

Tabel 6: Bepaling van de warmte waarin de WKK – installatie met rookgascondensator niet voorziet en het brandstofverbruik van de verwarmingsketel.

Maand	Hoeveelheid warmte nodig in de serre (kWh)	Hoeveelheid warmte die niet opgevangen wordt door de WKK	Hoeveelheid brandstof dat ketel nodig heeft om warmte te produceren
Jan	960.219,81	-	-
Feb	1.371.672,32	268.000,87	297.778,75
Mrt	822.392,14	-	-
Apr	516.039,02	-	-
Mei	283.275,90	-	-
Jun	405.509,40	-	-
Jul	240.360,30	-	-
Aug	287.019,00	-	-
Sep	329.568,30	-	-
Okt	642.380,15	-	-
Nov	350.292,20	-	-
Dec	178.973,60	-	-
Totaal	6.387.702,15	268.000,87	297.778,75

Tabel 7: Gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit en brandstofverbruik bij een WKK – installatie zonder rookgascondensor.

Maand	Brandstof nodig voor productie warmte bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof nodig voor productie elektriciteit bij gescheiden opwekking (kWh)	Totale hoeveelheid brandstof bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof die de WKK – installatie nodig heeft
Jan	1.076.756,62	1.494.396,45	2.571.153,07	2.107.057,65
Feb	1.007.288,45	1.397.983,77	2.405.272,22	1.971.118,45
Mrt	1.020.520,48	1.416.348,09	2.436.868,57	1.997.011,63
Apr	843.542,05	1.170.725,33	2.014.267,38	1.650.690,33
Mei	664.909,62	922.807,02	1.587.716,64	1.301.132,37
Jun	590.479,44	819.507,73	1.409.987,17	1.155.483,23
Jul	564.015,37	782.779,09	1.346.794,46	1.103.696,87
Aug	564.015,37	782.779,09	1.346.794,46	1.103.696,87
Sep	621.905,51	863.122,99	1.485.028,50	1.216.979,53
Okt	752.571,83	1.044.470,63	1.797.042,47	1.472.674,70
Nov	645.061,57	895.260,54	1.540.322,11	1.262.292,60
Dec	812.115,98	1.127.110,07	1.939.226,05	1.589.194,02
Totaal	9.163.182,30	12.717.290,80	21.880.473,10	17.931.028,25

Tabel 8: Gescheiden opwekking van de warmte en elektriciteit en brandstofverbruik bij een WKK – installatie met rookgascondensor.

Maand	Brandstof nodig voor opwekking warmte bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof nodig voor opwekking elektriciteit bij gescheiden opwekking (kWh)	Totale hoeveelheid brandstof bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof die de WKK – installatie nodig heeft (kWh)
Jan	1.310.874,14	1.494.396,45	2.805.270,58	2.107.057,65
Feb	1.226.301,61	1.397.983,77	2.624.285,38	1.971.118,45
Mrt	1.242.410,66	1.416.348,09	2.658.758,76	1.997.011,63
Apr	1.026.952,09	1.170.725,33	2.197.677,42	1.650.690,33
Mei	809.479,88	922.807,02	1.732.286,90	1.301.132,37
Jun	718.866,46	819.507,73	1.538.374,19	1.155.483,23
Jul	686.648,36	782.779,09	1.469.427,45	1.103.696,87
Aug	686.648,36	782.779,09	1.469.427,45	1.103.696,87
Sep	757.125,46	863.122,99	1.620.248,45	1.216.979,53
Okt	916.202,35	1.044.470,63	1.960.672,99	1.472.674,70
Nov	785.316,30	895.260,54	1.680.576,85	1.262.292,60
Dec	988.693,09	1.127.110,07	2.115.803,16	1.589.194,02
Totaal	11.155.518,77	12.717.290,80	23.872.809,58	17.931.028,25

Tabel 9: Bepaling van de vermeden uitstoot door elektriciteitscentrales waarbij de volledige productielevenscyclus in rekening gebracht is.

Wijze waarop elektriciteit opgewekt wordt	Percentage van de elektriciteitsproductie in de totale productie	Door de WKK – installatie geproduceerde elektriciteit (kWh)	CO2 - emissiefactor (g/kWh)	Vermeden CO2- uitstoot (ton)
Kernenergie	55,4%	3.874.958,51	31	120,12
Gasachtige brandstoffen	27,9%	1.951.468,27	398	776,68
Vaste brandstoffen	10,7%	748.412,56	508	380,19
Totaal	94%	6.574.839,34		1.277,00



Tabel 10: Bepaling van het jaarlijks afschrijvingsbedrag voor de derde investeerder en de tuinder wanneer de investeringskost voor 60% de derde investeerder gefinancierd wordt.

Jaar	Boekwaarde (investeerder)	Afschrijving (investeerder)	Boekwaarde (tuinder)	Afschrijving (tuinder)
1	503.310,27	100.662,05	695.047,52	139.009,50
2	402.648,22	80.529,64	556.038,01	111.207,60
3	322.118,57	64.423,71	444.830,41	88.966,08
4	257.694,86	51.538,97	355.864,33	71.172,87
5	206.155,89	50.331,03	284.691,46	69.504,75
6	155.824,86	50.331,03	215.186,71	69.504,75
7	105.493,83	50.331,03	145.681,96	69.504,75
8	55.162,81	50.331,03	76.177,21	69.504,75
9	4.831,78	4.831,78	6.672,46	6.672,46
10	-	-	-	-

Tabel 11: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom belastings - effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	- 148.971,74	50.635,49	34.215,03	- 64.121,21	1,001747	- 64.233,24
2	- 148.971,74	50.635,49	27.372,03	- 70.964,22	1,003497	- 71.212,40
3	- 148.971,74	50.635,49	21.897,62	- 76.438,63	1,005250	- 76.839,96
4	- 148.971,74	50.635,49	17.518,10	- 80.818,15	1,007007	- 81.384,42
5	- 165.366,04	56.207,92	17.107,52	- 92.050,61	1,008766	- 92.857,52
6	- 181.760,34	61.780,34	17.107,52	- 102.872,48	1,010528	- 103.955,56
7	- 198.154,64	67.352,76	17.107,52	- 113.694,36	1,012294	- 115.092,10
8	- 214.548,93	72.925,18	17.107,52	- 124.516,24	1,014062	- 126.267,24
9	- 230.943,23	78.497,60	1.642,32	- 150.803,31	1,015834	- 153.191,14
10	- 247.337,53	84.070,03	-	- 163.267,50	1,017609	- 166.142,45
Tot.						- 1.051.176,02

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom

$-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen

$b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 12: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom rekening gehouden met het effect op de belastingen	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	366.116,69	- 124.443,06	47.249,33	288.922,96	1,0017	289.427,73
2	366.116,69	- 124.443,06	37.799,46	279.473,09	1,0035	280.450,47
3	366.116,69	- 124.443,06	30.239,57	271.913,20	1,0053	273.340,85
4	366.116,69	- 124.443,06	24.191,66	265.865,28	1,0070	267.728,11
5	355.187,16	- 120.728,11	23.624,67	258.083,71	1,0088	260.346,07
6	344.257,62	- 117.013,17	23.624,67	250.869,12	1,0105	253.510,37
7	333.328,09	- 113.298,22	23.624,67	243.654,54	1,0123	246.649,99
8	322.398,56	- 109.583,27	23.624,67	236.439,95	1,0141	239.764,87
9	311.469,03	- 105.868,32	2.267,97	207.868,67	1,0158	211.160,08
10	300.539,50	- 102.153,37	-	198.386,12	1,0176	201.879,46
Totaal						2.524.258,00

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom

$-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen

$b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 13: Bepaling van het jaarlijks afschrijvingsbedrag voor de tuinder indien de investeringskost volledig door de tuinbouwer gefinancierd wordt.

Jaar	Boekwaarde (€)	Afschrijving (€)
1	1.171.994,46	234.398,89
2	937.595,57	187.519,11
3	750.076,45	150.015,29
4	600.061,16	120.012,23
5	480.048,93	117.199,45
6	362.849,48	117.199,45
7	245.650,04	117.199,45
8	128.450,59	117.199,45
9	11.251,15	11.251,15
10	-	-

Tabel 14: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer wanneer de de WKK – installatie volledig door de tuinbouwer gefinancierd wordt.

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belasting-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	243.155,93	- 82.648,70	79.672,18	240.179,41	1,001747	240.599,02
2	239.155,93	- 81.289,10	63.737,75	221.604,57	1,003497	222.379,57
3	235.155,93	- 79.929,50	50.990,20	206.216,63	1,005250	207.299,35
4	231.155,93	- 78.569,90	40.792,16	193.378,19	1,007007	194.733,12
5	199.832,10	- 67.922,93	39.836,09	171.745,26	1,008766	173.250,78
6	168.508,27	- 57.275,96	39.836,09	151.068,40	1,010528	152.658,90
7	137.184,44	- 46.628,99	39.836,09	130.391,54	1,012294	131.994,55
8	105.860,61	- 35.982,02	39.836,09	109.714,68	1,014062	111.257,53
9	74.536,77	- 25.335,05	3.824,26	53.025,99	1,015834	53.865,61
10	43.212,94	- 14.688,08	-	28.524,86	1,017609	29.027,15
Totaal						1.517.065,589

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 15: De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie in eigen beheer uitgebraat wordt.

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	266.078,29	- 90.440,01	79.672,18	255.310,46	1,001747	255.756,51
2	262.078,29	- 89.080,41	63.737,75	236.735,62	1,003497	237.563,54
3	258.078,29	- 87.720,81	50.990,20	221.347,68	1,005250	222.509,84
4	254.078,29	- 86.361,21	40.792,16	208.509,24	1,007007	209.970,19
5	222.754,46	- 75.714,24	39.836,09	186.876,31	1,008766	188.514,46
6	191.430,63	- 65.067,27	39.836,09	166.199,45	1,010528	167.949,26
7	160.106,80	- 54.420,30	39.836,09	145.522,59	1,012294	147.311,62
8	128.782,97	- 43.773,33	39.836,09	124.845,73	1,014062	126.601,36
9	97.459,13	- 33.126,36	3.824,26	68.157,04	1,015834	69.236,24
10	66.135,30	- 22.479,39	-	43.655,91	1,017609	44.424,64
Totaal						1.669.837,671

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 16: Bepaling van het jaarlijkse afschrijvingsbedrag voor de derde investeerder en de tuinder wanneer de WKK - installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Jaar	Boekwaarde investeerder	Afschrijving investeerder	Boekwaarde tuinder	Afschrijving tuinder
1	850.050,45	170.010,09	364.307,34	72.861,47
2	680.040,36	136.008,07	291.445,87	58.289,17
3	544.032,29	108.806,46	233.156,70	46.631,34
4	435.225,83	87.045,17	186.525,36	37.305,07
5	348.180,66	85.005,05	149.220,28	36.430,73
6	263.175,62	85.005,05	112.789,55	36.430,73
7	178.170,57	85.005,05	76.358,82	36.430,73
8	93.165,53	85.005,05	39.928,08	36.430,73
9	8.160,48	8.160,48	3.497,35	3.497,35
10	-	-	-	-

Tabel 17: Bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen voor de derde investeerder wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt.

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	214.889,05	- 73.040,79	57.786,43	199.634,69	1,001747	199.983,47
2	214.889,05	- 73.040,79	46.229,14	188.077,41	1,003497	188.735,15
3	214.889,05	- 73.040,79	36.983,31	178.831,58	1,005250	179.770,52
4	214.889,05	- 73.040,79	29.586,65	171.434,91	1,007007	172.636,10
5	185.736,29	- 63.131,76	28.893,21	151.497,74	1,008766	152.825,77
6	156.583,53	- 53.222,74	28.893,21	132.254,00	1,010528	133.646,42
7	127.430,76	- 43.313,72	28.893,21	113.010,26	1,012294	114.399,59
8	98.278,00	- 33.404,69	28.893,21	93.766,52	1,014062	95.085,11
9	69.125,24	- 23.495,67	2.773,75	48.403,32	1,015834	49.169,74
10	39.972,48	- 13.586,65	-	26.385,83	1,017609	26.850,46
Tot.						<b>1.313.102,322</b>

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen



Tabel 18: Bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen voor de tuinbouwer wanneer de WKK – installatie volledig door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	179.416,42	- 60.983,64	24.765,61	143.198,39	1,001747	143.448,57
2	179.416,42	- 60.983,64	19.812,49	138.245,27	1,003497	138.728,74
3	179.416,42	- 60.983,64	15.849,99	134.282,77	1,005250	134.987,81
4	179.416,42	- 60.983,64	12.679,99	131.112,77	1,007007	132.031,43
5	179.416,42	- 60.983,64	12.382,81	130.815,58	1,008766	131.962,31
6	179.416,42	- 60.983,64	12.382,81	130.815,58	1,010528	132.192,86
7	179.416,42	- 60.983,64	12.382,81	130.815,58	1,012294	132.423,81
8	179.416,42	- 60.983,64	12.382,81	130.815,58	1,014062	132.655,17
9	179.416,42	- 60.983,64	1.188,75	119.621,53	1,015834	121.515,62
10	179.416,42	- 60.983,64	-	118.432,78	1,017609	120.518,24
Tot.						1.320.464,56

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 19: Bepaling van het jaarlijks afschrijvingsbedrag voor de derde investeerder en tuinbouwer wanneer de WKK - installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar	Boekwaarde investeerder (€)	Afschrijving investeerder (€)	Boekwaarde tuinder (€)	Afschrijving tuinder (€)
1	510.030,27	102.006,05	704.327,52	140.865,50
2	408.024,22	81.604,84	563.462,01	112.692,40
3	326.419,37	65.283,87	450.769,61	90.153,92
4	261.135,50	52.227,10	360.615,69	72.123,14
5	208.908,40	51.003,03	288.492,55	70.432,75
6	157.905,37	51.003,03	218.059,80	70.432,75
7	106.902,34	51.003,03	147.627,05	70.432,75
8	55.899,32	51.003,03	77.194,30	70.432,75
9	4.896,29	4.896,29	6.761,54	6.761,54
10	-	-	-	-

Tabel 20: De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen voor de derde investeerder wanneer de WKK - installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar (t)	$O_t - Q_t$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	- 34.786,37	11.823,89	34.671,86	11.709,38	1,00174	11.729,83
2	- 34.786,37	11.823,89	27.737,49	4.775,00	1,00349	4.791,70
3	- 34.786,37	11.823,89	22.189,99	- 772,49	1,00525	- 776,55
4	- 34.786,37	11.823,89	17.751,99	- 5.210,49	1,00700	- 5.247,00
5	- 52.278,03	17.769,30	17.335,93	- 17.172,80	1,00876	- 17.323,33
6	- 69.769,68	23.714,72	17.335,93	- 28.719,04	1,01052	- 29.021,40
7	- 87.261,34	29.660,13	17.335,93	- 40.265,28	1,01229	- 40.760,30
8	- 104.753,00	35.605,54	17.335,93	- 51.811,52	1,01406	- 52.540,12
9	- 122.244,66	41.550,96	1.664,25	- 79.029,45	1,01583	- 80.280,81
10	- 139.736,31	47.496,37	-	- 92.239,94	1,01760	- 93.864,18
Totaal						-303.292,15

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 21: De bepaling van de som van de verdisconteerde kasstromen van de tuinder wanneer de WKK - installatie voor 60% door de derde investeerder gefinancierd wordt

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b^*(O_t - Q_t)$	$b^*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	429.091,84	- 145.848,31	47.880,18	331.123,71	1,001747	331.702,21
2	429.091,84	- 145.848,31	38.304,15	321.547,67	1,003497	322.672,19
3	429.091,84	- 145.848,31	30.643,32	313.886,84	1,005250	315.534,87
4	429.091,84	- 145.848,31	24.514,65	307.758,17	1,007007	309.914,53
5	417.430,73	- 141.884,71	23.940,09	299.486,12	1,008766	302.111,41
6	405.769,63	- 137.921,10	23.940,09	291.788,62	1,010528	294.860,68
7	394.108,52	- 133.957,49	23.940,09	284.091,13	1,012294	287.583,70
8	382.447,42	- 129.993,88	23.940,09	276.393,63	1,014062	280.280,39
9	370.786,31	- 126.030,27	2.298,25	247.054,29	1,015834	250.966,17
10	359.125,21	- 122.066,66	-	237.058,55	1,017609	241.232,87
Totaal						2.936.859,02

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom

$-b^*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen

$b^*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 22: Bepaling van het jaarlijks afschrijvingsbedrag voor de tuinder wanneer de WKK - installatie volledig door de tuinder gefinancierd wordt.

Jaar	Boekwaarde investeerder	Afschrijving investeerder
1	1.214.357,79	242.871,56
2	971.486,23	194.297,25
3	777.188,98	155.437,80
4	621.751,19	124.350,24
5	497.400,95	113.235,78
6	384.165,17	113.235,78
7	270.929,39	113.235,78
8	157.693,61	113.235,78
9	44.457,83	44.457,83
10	-	-

Tabel 23: Bepaling van de NCW voor de tuinder wanneer de WKK - installatie volledig door de tuinder gefinancierd wordt.

Jaar (t)	Netto - kasstroom ( $O_t - Q_t$ )	Effect van de netto-kasstroom op de belastingen $-b*(O_t - Q_t)$	Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen ( $\hat{A}_t$ )	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	420.316,45	- 142.865,56	82.552,04	360.002,93	1,001747	360.631,88
2	416.316,45	- 141.505,96	66.041,63	340.852,12	1,003497	342.044,15
3	412.316,45	- 140.146,36	52.833,31	325.003,39	1,005250	326.709,79
4	408.316,45	- 138.786,76	42.266,65	311.796,33	1,007007	313.980,98
5	375.163,68	- 127.518,14	38.488,84	286.134,39	1,008766	288.642,64
6	342.010,92	- 116.249,51	38.488,84	264.250,25	1,010528	267.032,38
7	308.858,16	- 104.980,89	38.488,84	242.366,11	1,012294	245.345,73
8	275.705,40	- 93.712,26	38.488,84	220.481,97	1,014062	223.582,48
9	242.552,64	- 82.443,64	15.111,22	175.220,21	1,015834	177.994,66
10	209.399,87	- 71.175,02	-	138.224,86	1,017609	140.658,83
Tot.						<b>2.686.623,538</b>

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 24: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto - kasstromen wanneer de WKK - installatie in eigen beheer uitgebaat wordt.

Jaar (t)	Netto - kasstroom ( $O_t - Q_t$ )	Effect van de netto-kasstroom op de belastingen - $b*(O_t - Q_t)$	Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen ( $\hat{A}_t$ )	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	451.989,90	- 153.631,37	82.552,04	380.910,58	1,001747	381.576,06
2	447.989,90	- 152.271,77	66.041,63	361.759,77	1,003497	363.024,92
3	443.989,90	- 150.912,17	52.833,31	345.911,04	1,005250	347.727,21
4	439.989,90	- 149.552,57	42.266,65	332.703,98	1,007007	335.035,12
5	406.837,14	- 138.283,94	38.488,84	307.042,04	1,008766	309.733,56
6	373.684,38	- 127.015,32	38.488,84	285.157,90	1,010528	288.160,15
7	340.531,61	- 115.746,70	38.488,84	263.273,76	1,012294	266.510,41
8	307.378,85	- 104.478,07	38.488,84	241.389,62	1,014062	244.784,14
9	274.226,09	- 93.209,45	15.111,22	196.127,86	1,015834	199.233,36
10	241.073,33	- 81.940,82	-	159.132,50	1,017609	161.934,64
Tot.						2897719,576

( $O_t - Q_t$ ): netto - kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto - kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

## Bijlage 5: bijlagen bij praktijkvoorbeeld 2

Tabel 1: Warmte en elektriciteit opgewekt door de WKK – installatie zonder rookgascondensator

Maand	Elektriciteit NU WKK (kWh)	Elektriciteit SU WKK (kWh)	Totaal Elektriciteit (kWh)	Warmte WKK (kWh)
dec	27.930,16	30.680,00	58.610,16	84.628,27
jan	55.391,49	40.574,92	95.966,41	138.567,63
feb	40.073,85	29.506,81	69.580,66	100.468,77
mrt	23.283,20	28.484,95	51.768,15	74.748,96
apr	5.522,21	5.974,07	11.496,27	16.599,68
mei	22.982,02	41.926,12	64.908,14	93.722,03
jun	35.965,65	44.125,38	80.091,02	115.644,87
jul	36.355,58	38.989,59	75.345,17	108.792,25
aug	38.918,76	47.636,47	86.555,23	124.978,66
sep	18.165,96	20.025,00	38.190,96	55.144,61
okt	43.630,89	28.430,27	72.061,16	104.050,40
nov	50.634,83	39.792,52	90.427,35	130.569,68
Totaal	398.854,59	396.146,10	795.000,69	1.147.915,81



Tabel 2: Aan –en verkoop van elektriciteit

Maand	aantal NU verkoop elektriciteit (kWh)	Aantal SU verkoop elektriciteit (kWh)	Aankoop NU elektriciteit (kWh)	Aankoop SU elektriciteit (kWh)
dec	0	0	2687,839695	2438,996124
jan	0	0	4403,507752	2886,082031
feb	0	0	4024,152091	2469,189189
mrt	0	0	2045,803846	2622,045977
apr	0	0	392,7929688	424,9335938
mei	18751,02273	37365,11538	0	0
jun	31300,64516	39694,375	0	0
jul	32400,57692	35400,59091	0	0
aug	34847,76	43849,47368	0	0
sep	0	0	380,0409836	0
okt	0	0	365,1120332	713,7306122
nov	0	0	1271,167347	832,4795082
Totaal	117300,0048	156309,555	15570,41672	12387,45704

Tabel 3: warmte en elektriciteit opgewekt door de WKK – installatie met rookgascondensator

Maand	Elektriciteit NU WKK (kWh)	Elektriciteit SU WKK (kWh)	Totaal Elektriciteit (kWh)	Warmte WKK (kWh)
dec	27.930,16	30.680,00	58.610,16	101.479,85
jan	55.391,49	40.574,92	95.966,41	166.159,87
feb	40.073,85	29.506,81	69.580,66	120.474,58
mrt	23.283,20	28.484,95	51.768,15	89.633,33
apr	5.522,21	5.974,07	11.496,27	19.905,08
mei	22.982,02	41.926,12	64.908,14	112.384,40
jun	35.965,65	44.125,38	80.091,02	138.672,62
jul	36.355,58	38.989,59	75.345,17	130.455,47
aug	38.918,76	47.636,47	86.555,23	149.865,00
sep	18.165,96	20.025,00	38.190,96	66.125,27
okt	43.630,89	28.430,27	72.061,16	124.769,41
nov	50.634,83	39.792,52	90.427,35	156.569,34
Totaal	398.854,59	396.146,10	795.000,69	1.376.494,23

Tabel 4: Gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit en brandstofverbruik bij een WKK – installatie zonder rookgascondensor.

Maand	Brandstof nodig voor productie warmte bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof nodig voor productie elektriciteit bij gescheiden opwekking (kWh)	Totale hoeveelheid brandstof bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof die de WKK – installatie nodig heeft
Jan	94.031,41	106.563,93	200.595,35	168.515,81
Feb	153.964,03	174.484,38	328.448,41	275.922,40
Mrt	111.631,96	126.510,29	238.142,25	200.058,15
Apr	83.054,41	94.123,91	177.178,31	148.843,66
Mei	18.444,08	20.902,32	39.346,40	33.054,06
Jun	104.135,59	118.014,80	222.150,39	186.623,73
Jul	128.494,30	145.620,04	274.114,33	230.277,51
Aug	120.880,27	136.991,21	257.871,49	216.632,25
Sep	138.865,18	157.373,15	296.238,33	248.863,41
Okt	61.271,79	69.438,11	130.709,90	109.806,56
Nov	115.611,56	131.020,29	246.631,85	207.190,07
Dec	145.077,43	164.413,37	309.490,80	259.996,51
Totaal	1.275.462,02	1.445.455,79	2.720.917,81	2.285.784,12

Tabel 5: Gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit en brandstofverbruik bij een WKK – installatie met rookgascondensor.

Maand	Brandstof nodig voor productie warmte bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof nodig voor productie elektriciteit bij gescheiden opwekking (kWh)	Totale hoeveelheid brandstof bij gescheiden opwekking (kWh)	Brandstof die de WKK – installatie nodig heeft
Jan	112.755,39	106.563,93	219.319,33	168.515,81
Feb	184.622,08	174.484,38	359.106,46	275.922,40
Mrt	133.860,65	126.510,29	260.370,93	200.058,15
Apr	99.592,59	94.123,91	193.716,50	148.843,66
Mei	22.116,76	20.902,32	43.019,07	33.054,06
Jun	124.871,56	118.014,80	242.886,36	186.623,73
Jul	154.080,69	145.620,04	299.700,72	230.277,51
Aug	144.950,52	136.991,21	281.941,74	216.632,25
Sep	166.516,67	157.373,15	323.889,82	248.863,41
Okt	73.472,52	69.438,11	142.910,63	109.806,56
Nov	138.632,68	131.020,29	269.652,96	207.190,07
Dec	173.965,93	164.413,37	338.379,30	259.996,51
Totaal	1.529.438,03	1.445.455,79	2.974.893,82	2.285.784,12

Tabel 6: Bepaling van het jaarlijkse afschrijvingsbedrag voor de WKK – installatie zonder rookgascondensor.

Jaar	Boekwaarde	Afschrijving
1	365.772,00	73.154,40
2	292.617,60	58.523,52
3	234.094,08	46.818,82
4	187.275,27	37.455,05
5	149.820,21	36.577,20
6	113.243,01	36.577,20
7	76.665,81	36.577,20
8	40.088,61	36.577,20
9	3.511,41	3.511,41
10	-	-

Tabel 7: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer voor een WKK – installatie zonder rookgascondensor

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	47.597,36	- 16.178,34	24.865,18	56.284,20	1,001747082	56.382,53
2	46.217,62	- 15.709,37	19.892,14	50.400,39	1,003497216	50.576,65
3	44.837,87	- 15.240,39	15.913,72	45.511,20	1,005250407	45.750,15
4	43.458,13	- 14.771,42	12.730,97	41.417,69	1,007006662	41.707,89
5	38.568,60	- 13.109,47	12.432,59	37.891,72	1,008765985	38.223,88
6	33.679,06	- 11.447,51	12.432,59	34.664,14	1,010528382	35.029,09
7	28.789,52	- 9.785,56	12.432,59	31.436,55	1,012293857	31.823,03
8	23.899,99	- 8.123,61	12.432,59	28.208,97	1,014062417	28.605,66
9	19.010,45	- 6.461,65	1.193,53	13.742,33	1,015834067	13.959,92
10	14.120,91	- 4.799,70	-	9.321,22	1,017608812	9.485,35
Tot.						351.544,16

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 8: Het jaarlijkse afschrijvingsbedrag voor een WKK – installatie met rookgascondensor

Jaar	Boekwaarde	Afschrijving
1	397.772,00	79.554,40
2	318.217,60	63.643,52
3	254.574,08	50.914,82
4	203.659,27	40.731,85
5	162.927,41	39.777,20
6	123.150,21	39.777,20
7	83.373,01	39.777,20
8	43.595,81	39.777,20
9	3.818,61	3.818,61
10	-	-

Tabel 9: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer voor een WKK – installatie met rookgascondensor

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belastings-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	85.727,08	- 29.138,63	27.040,54	83.628,99	1,001747082	83.775,09
2	84.219,34	- 28.626,15	21.632,43	77.225,62	1,003497216	77.495,69
3	82.711,59	- 28.113,67	17.305,95	71.903,87	1,005250407	72.281,39
4	81.203,85	- 27.601,19	13.844,76	67.447,42	1,007006662	67.920,00
5	75.989,17	- 25.828,72	13.520,27	63.680,72	1,008765985	64.238,94
6	70.774,48	- 24.056,25	13.520,27	60.238,50	1,010528382	60.872,72
7	65.559,79	- 22.283,77	13.520,27	56.796,29	1,012293857	57.494,53
8	60.345,11	- 20.511,30	13.520,27	53.354,07	1,014062417	54.104,36
9	55.130,42	- 18.738,83	1.297,95	37.689,54	1,015834067	38.286,31
10	49.915,73	- 16.966,36	-	32.949,38	1,017608812	33.529,57
Tot.						609.998,62

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen



## Bijlage 6: bijlagen bij de sensitiviteitsanalyse

Tabel 1: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de derde investeerder

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	154.112,43	-11.882,60
2	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	154.112,43	-11.882,60
3	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	154.112,43	-11.882,60
4	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	154.112,43	-11.882,60
5	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	137.718,13	-28.276,90
6	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	121.323,83	-44.671,20
7	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	104.929,53	-61.065,49
8	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	88.553,23	-77.459,79
9	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	72.140,94	-93.854,09
10	331.365,40	131.665,50	-	297.035,88	55.746,64	-110.248,39

Tabel 2: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de tuinbouwer

Kasstroom Jaar	Uit (€)			In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Gas bijstook	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	102.741,62	229.027,55
2	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	102.741,62	229.027,55
3	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	102.741,62	229.027,55
4	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	102.741,62	229.027,55
5	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	91.812,09	218.098,02
6	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	80.882,55	207.168,48
7	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	69.953,02	196.238,95
8	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	59.023,49	185.309,42
9	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	48.093,96	174.379,89
10	220.910,27	17.054,13	87.777,00	254.003,41	198.023,92	37.164,43	163.450,35

Tabel 3: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de derde investeerder

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belasting-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	-11.882,60	4.038,90	34.215,03	26.371,33	1,001747	26.417,40
2	-11.882,60	4.038,90	27.372,03	19.528,32	1,003497	19.596,62
3	-11.882,60	4.038,90	21.897,62	14.053,92	1,005250	14.127,71
4	-11.882,60	4.038,90	17.518,10	9.674,39	1,007007	9.742,18
5	-28.276,90	9.611,32	17.107,52	-1.558,06	1,008766	-1.571,72
6	-44.671,20	15.183,74	17.107,52	-12.379,94	1,010528	-12.510,28
7	-61.065,49	20.756,16	17.107,52	-23.201,82	1,012294	-23.487,06
8	-77.459,79	26.328,58	17.107,52	-34.023,69	1,014062	-34.502,15
9	-93.854,09	31.901,01	1.642,32	-60.310,76	1,015834	-61.265,73
10	-10.248,39	37.473,43	-	-72.774,96	1,017609	-74.056,44
Totaal						-137.509,48

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 4: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belasting-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	229.027,55	-77.846,46	47.249,33	198.430,41	1,0017	198.777,09
2	229.027,55	-77.846,46	37.799,46	188.980,55	1,0035	189.641,45
3	229.027,55	-77.846,46	30.239,57	181.420,66	1,0053	182.373,19
4	229.027,55	-77.846,46	24.191,66	175.372,74	1,0070	176.601,52
5	218.098,02	-74.131,52	23.624,67	167.591,16	1,0088	169.060,27
6	207.168,48	-70.416,57	23.624,67	160.376,58	1,0105	162.065,09
7	196.238,95	-66.701,62	23.624,67	153.162,00	1,0123	155.044,95
8	185.309,42	-62.986,67	23.624,67	145.947,41	1,0141	147.999,79
9	174.379,89	-59.271,72	2.267,97	117.376,13	1,0158	119.234,67
10	163.450,35	-55.556,78	-	107.893,58	1,0176	109.793,46
Totaal						1.610.591,463

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 5: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de derde investeerder

Kasstroom Jaar	Uit (€)		In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	209.142,75	73.271,85
2	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	209.142,75	73.271,85
3	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	209.142,75	73.271,85
4	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	209.142,75	73.271,85
5	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	191.651,10	55.780,20
6	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	174.159,44	38.288,54
7	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	156.667,78	20.796,88
8	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	139.176,12	3.305,22
9	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	121.684,47	-14.186,43
10	301.241,27	131.665,50	-	297.035,88	104.192,81	-31.678,09

Tabel 6: Bepaling van de jaarlijkse netto - kasstroom voor de tuinbouwer

Kasstroom Jaar	Uit (€)			In (€)			Netto (€)
	Gas WKK	Gas bijstook	Exploitatie	Opbrengst Q	Opbrengst E	WKC	
1	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	139.428,50	321.033,61
2	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	139.428,50	321.033,61
3	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	139.428,50	321.033,61
4	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	139.428,50	321.033,61
5	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	127.767,40	309.372,51
6	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	116.106,29	297.711,40
7	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	104.445,19	286.050,30
8	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	92.784,08	274.389,19
9	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	81.122,98	262.728,09
10	200.827,52	8.933,36	87.777,00	281.119,07	198.023,92	69.461,87	251.066,98

Tabel 7: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de derde investeerder

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b^*(O_t - Q_t)$	$b^*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belasting-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	73.271,85	-24.905,10	34.671,86	83.038,61	1,001747	83.183,68
2	73.271,85	-24.905,10	27.737,49	76.104,24	1,003497	76.370,39
3	73.271,85	-24.905,10	22.189,99	70.556,74	1,005250	70.927,19
4	73.271,85	-24.905,10	17.751,99	66.118,74	1,007007	66.582,01
5	55.780,20	-18.959,69	17.335,93	54.156,44	1,008766	54.631,17
6	38.288,54	-13.014,27	17.335,93	42.610,19	1,010528	43.058,81
7	20.796,88	-7.068,86	17.335,93	31.063,95	1,012294	31.445,85
8	3.305,22	-1.123,45	17.335,93	19.517,71	1,014062	19.792,17
9	-14.186,43	4.821,97	1.664,25	-7.700,22	1,015834	-7.822,14
10	-31.678,09	10.767,38	-	-20.910,71	1,017609	-21.278,92
Totaal						416890,2177

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b^*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b^*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

Tabel 8: Bepaling van de som van de verdisconteerde netto – kasstromen voor de tuinbouwer

Jaar (t)	$(O_t - Q_t)$	$-b*(O_t - Q_t)$	$b*(\hat{A}_t)$	Netto - kasstroom met belasting-effect	$A_{t-i}$	Netto - kasstroom verdisconteerd
1	229.027,55	-77.846,46	47.249,33	198.430,41	1,0017	198.777,09
2	229.027,55	-77.846,46	37.799,46	188.980,55	1,0035	189.641,45
3	229.027,55	-77.846,46	30.239,57	181.420,66	1,0053	182.373,19
4	229.027,55	-77.846,46	24.191,66	175.372,74	1,0070	176.601,52
5	218.098,02	-74.131,52	23.624,67	167.591,16	1,0088	169.060,27
6	207.168,48	-70.416,57	23.624,67	160.376,58	1,0105	162.065,09
7	196.238,95	-66.701,62	23.624,67	153.162,00	1,0123	155.044,95
8	185.309,42	-62.986,67	23.624,67	145.947,41	1,0141	147.999,79
9	174.379,89	-59.271,72	2.267,97	117.376,13	1,0158	119.234,67
10	163.450,35	-55.556,78	-	107.893,58	1,0176	109.793,46
Totaal						1.610.591,463

$(O_t - Q_t)$ : netto – kasstroom  
 $-b*(O_t - Q_t)$ : Effect van de netto – kasstroom op de belastingen  
 $b*(\hat{A}_t)$ : Effect van het afschrijvingsbedrag op de belastingen

## Lijst van geraadpleegde werken

BBT – kenniscentrum, VITO. (2001). *Gebruik als biobrandstof*. Opgevraagd op 8 september 2007 van de volgende website:

[http://www.emis.vito.be/AFSS/fiches/technieken/gebruik\\_als\\_biobrandstof.pdf](http://www.emis.vito.be/AFSS/fiches/technieken/gebruik_als_biobrandstof.pdf)

Belpex (z.d.). *Market exchange*. Opgevraagd op 10 februari 2008, van de volgende website:

<http://www.belpex.be/index.php?id=6>

Biogas-e vzw. (z.d.). *Biogas. Digestaat*. Opgevraagd op 8 oktober 2007, van de volgende website:

<http://www.biogas-e.be/vergisting/eindproducten>

Biogas-e vzw. (z.d.). *Biogas. Zuivering*. Opgevraagd op 8 oktober 2007, van de volgende website:

<http://www.biogas-e.be/vergisting/eindproducten>

BiogaS International. (z.d.). *Biomassa vergisting installatie*. Opgevraagd op 8 oktober 2007, van de volgende website:

<http://www.biogas.nl>

Bom, J. (z.d.). *Öko – Institut: aardgascentrale minder CO<sub>2</sub> – uitstoot dan kerncentrale*. Opgevraagd op 26 mei 2008 van de volgende website:

<http://www.peopleplanetprofit.be/artikel.php?IK=1053>

Cogen Projects. (2003). *CO<sub>2</sub> – bemesting met rookgassen van W/K – gasmotoren*. Opgevraagd op 10 september 2007, van de volgende website:

<http://gtb.cogenprojects.nl>

Cogen Vlaanderen. (2006). *Basishandboek warmtekrachtkoppeling*. Opgevraagd op 20 augustus 2007, van de volgende website:

[http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/economie/energiesparen/doc/wkk\\_basishandboekcogen.pdf](http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/economie/energiesparen/doc/wkk_basishandboekcogen.pdf)

Cogen Vlaanderen. (2004). *WKK – wegwijzer*. Opgevraagd 17 september 2007, van de volgende website:

[http://www.sabvba.com/upload/20060310074130\\_Warmtekrachtkoppeling.pdf](http://www.sabvba.com/upload/20060310074130_Warmtekrachtkoppeling.pdf)

Cogen Vlaanderen. (2007). *Steun bij investering voor warmtekrachtkoppeling (WKK) in Vlaanderen*. Opgevraagd op 19 september 2007, van de volgende website:  
<http://www.cogenvlaanderen.be>

Commissie AMPERE. (2000). *Hoofdrapport, sectie D4 Warmte – Kracht Koppeling*. Opgevraagd op 5 mei 2007, van de volgende website:  
[http://mineco.fgov.be/energy/ampere\\_commission/Rapport\\_nl.html](http://mineco.fgov.be/energy/ampere_commission/Rapport_nl.html)

Dexters, A. (2007). *Hoe dimensioneert men een WKK?* Opgevraagd op 19 september 2007, van de volgende website:  
<http://www.vei.be/technologie/Documenten.html>

Derden, A., Goovaerts, L., Vercaemst P., Vrancken K. (2005). *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de glastuinbouw*. Gent, Academia Press. Opgevraagd op 4 mei 2007, van de volgende website:  
[http://www.emis.vito.be/EMIS/media/bbt\\_rapport\\_glastuinbouw\\_volledig\\_rapport.pdf](http://www.emis.vito.be/EMIS/media/bbt_rapport_glastuinbouw_volledig_rapport.pdf)

Electrabel. (2007). *Warmtekrachtkoppeling in partnership*. Opgevraagd op 15 september 2007, van de volgende website:  
[http://www.electrabel.be/smallmedium/productsandservices/cogenerationsm\\_nl.asp](http://www.electrabel.be/smallmedium/productsandservices/cogenerationsm_nl.asp)

Energik. (2004). *Handboek Warmtekrachtkoppeling*. Opgevraagd op 8 september, van de volgende website:  
<http://www.energik.be/belcogen/index.html>

Europees Parlement en de Raad. Europese richtlijn 2003/54/EG betreffende de gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit. Opgevraagd op 18 februari 2008 van de volgende website:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:176:0037:0055:NL:PDF>

Europees Parlement en de Raad. Europese richtlijn 2003/55/EG betreffende de gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor aardgas. Opgevraagd op 18 februari 2008 van de volgende website:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:176:0057:0078:NL:PDF>



Fritsche, U.R. (2007). *Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung. Arbeitspapier*. Opgevraagd op 26 mei 2008 van de volgende website:

<http://www.peopleplanetprofit.be/beelden/oko-institut.pdf>

FOD economie, KMO, Middenstand en Energie (z.d.). *Elektriciteitsproductie en uitwisseling van elektriciteit (1979 – 2004)*. Opgevraagd op 30 april 2008 (a) van de volgende website:

[http://www.statbel.fgov.be/figures/d64\\_nl.asp#3](http://www.statbel.fgov.be/figures/d64_nl.asp#3)

FOD economie, KMO, Middenstand en Energie (z.d.). *Energiestatistieken*. Opgevraagd op 30 april 2008 (b) van de volgende website:

[http://economie.fgov.be/energy/energy\\_statistics/home\\_nl.htm](http://economie.fgov.be/energy/energy_statistics/home_nl.htm)

FOD economie, KMO, Middenstand en Energie (z.d.). *Jaarlijkse gemiddelde eindprijzen voor de verschillende energiedragers*. Opgevraagd op 23 april 2008 van de volgende website:

[http://www.statbel.fgov.be/figures/d64\\_nl.asp#3](http://www.statbel.fgov.be/figures/d64_nl.asp#3)

Kempisch instituut voor land –en tuinbouwonderzoek. (2007). *Energieprofiel bepaling – energiekenngetallen van uw serre*. Opgevraagd op 8 september 2007, van de volgende website:

<http://glasreg.khk.be/rekenbladen/energieprofiel.asp>

Kempisch instituut voor land –en tuinbouwonderzoek. (2005). *Energieprijzen vergelijken*. Opgevraagd op 10 augustus 2007 van de volgende website:

<http://glasreg.khk.be/energie/publicaties.asp>

KVIV. (2003). *Energieliberalisering. Elektriciteitsmonopolie doorbroken*. Opgevraagd op 24 april 2008 van de volgende website:

<http://www.kviv.be/Over/energieliberalisering2.pdf>

Maertens, A., Van Lierde, D. (2002). *Bepaling van het energieverbruik in de Vlaamse land –en tuinbouw*. Opgevraagd op 4 augustus 2007, van de volgende website:

[http://www.milieurapport.be/upload/main/miradata/MIRA-T/01\\_sectoren/01\\_05/land\\_O&O\\_01.pdf](http://www.milieurapport.be/upload/main/miradata/MIRA-T/01_sectoren/01_05/land_O&O_01.pdf)

Marien, H. (2007). *Is investeren in energie-efficiëntie rendabel? Studiedag 19 april 2007. Klare taal rond energie: energieproblematiek in de glastuinbouw*.

Mercken, R. (2004). *De investeringsbeslissing. Een beleidsgerichte analyse*. Antwerpen – Apeldoorn. Garant. 350 blz.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Beleidsdomein Landbouw en Visserij. (2005). *Koolzaad, van zaad tot olie*. Opgevraagd op 11 oktober 2007 van de volgende website:

<http://www.vlaanderen.be/landbouw>

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. (2000). Decreet van 17 juli 2000 houdende de organisatie van de elektriciteitsmarkt. Opgevraagd op 18 februari 2008 van de volgende website:

[http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_n.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_n.htm)

Ministerie van Economische Zaken. *Wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt*. Opgevraagd op 18 februari 2008 van de volgende website:

[http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_n.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_n.htm)

MIRA. (2006). Milieurapport Vlaanderen, achtergronddocument 2006, Energie, Couder J., Brouwers J. en Verbruggen A., Vlaamse Milieumaatschappij. Opgevraagd op 18 februari 2008 van de volgende website:

[http://www.milieurapport.be/Upload/main/miradata/MIRA-T/01\\_sectoren/01\\_04/AG\\_Energie.pdf](http://www.milieurapport.be/Upload/main/miradata/MIRA-T/01_sectoren/01_04/AG_Energie.pdf)

MIRA/VMM. (z.d.). *Emissies van broeikasgassen door de energiesector (Vlaanderen, 1990 – 2006)*. Opgevraagd op 24 mei 2008 (a) van de volgende website:

<http://www.milieurapport.be/default.aspx?PageID=86&ChapID=2186&NodeID=3762>

MIRA/VMM. (z.d.). *Energetische productie van de elektriciteitsbedrijven en de petroleumraffinaderijen (Vlaanderen, 1990 – 2006)*. Opgevraagd op 24 mei 2008 (b) van de volgende website:

<http://www.milieurapport.be/default.aspx?PageID=86&ChapID=2186&NodeID=3741>

MIRA/VMM. (z.d.). *Verzurende emissies door de energiesector (Vlaanderen, 1990 – 2006)*. Opgevraagd op 24 mei 2008 (c) van de volgende website:

<http://www.milieurapport.be/default.aspx?PageID=86&ChapID=2186&NodeID=3764>

Nationale Bank van België. (2008). *Geharmoniseerde consumptieprijsindex*. Opgevraagd op 3 maart 2008 van de volgende website:

<http://www.nbb.be/belgostat/DataAccesLinker?Lang=N&Dom=226&Table=1002>

Natuurwetenschappen. (2003). *Experimenten en klussen. Wie heeft de verbrandingsmotor uitgevonden en wanneer?* Opgevraagd op 7 mei 2008 van de volgende website:  
<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=print&sid=396>

Neefs, V. (2005). *Warmtekrachtkoppeling in partnership*. Opgevraagd op 23 april 2008 van de volgende website:  
<http://www.proeftuinnieuws.be/Publications/Thema's/2005/Energie/Warmtekrachtkoppeling%20in%20partnership.pdf>

Organisatie voor duurzame energie Vlaanderen. (2001). *Biomassa*. Opgevraagd 8 september 2007, van de volgende website:  
<http://www.ode.be>

Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen. (2006). *Vergisting. Omzetten van biomassa in een energierijk gas*. Opgevraagd op 8 september 2007, van de volgende website:  
<http://www.ode.be>

Pilat, P. Xios Hogeschool Limburg, Departement Industriële wetenschappen + technologie. (z.d). *Toegepaste mechanica*.

POLARGEN. (z.d.). *Wie en wat?* Opgevraagd op 23 april 2008 van de volgende website:  
<http://www.polargen.be/who.html>

Peeters, E., Aernouts, K., Daems, T. (2007). *WKK- inventaris Vlaanderen. Stand van zaken 2005(2)*. Opgevraagd op 27 august 2007, van de volgende website:  
[http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/economie/energiesparen/doc/energiegegevens\\_wkkinventaris.pdf](http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/economie/energiesparen/doc/energiegegevens_wkkinventaris.pdf)

Stroobandt, A. (2007a). *Steun bij investering voor warmtekrachtkoppeling (WKK) in Vlaanderen*. Opgevraagd 11 oktober 2007 van de volgende website:  
<http://www.cogenvlaanderen.be/>

Stroobandt, A. (2007b). *Uitbatingsteun via certificaten voor WKK in Vlaanderen*. Opgevraagd 11 oktober 2007 van de volgende website:  
<http://www.cogenvlaanderen.be/>

Venderickx, K. Xios Hogeschool Limburg, Departement Industriële wetenschappen + technologie. (z.d). *Thermodynamica*.

Vlaamse Milieumaatschappij. (2006). *Milieu – indicatoren in zakformaat*. Opgevraagd op 4 augustus 2007, van de volgende website:

<http://www.milieurapport.be/Upload/main/docs/Administrators/ZBMiraT2006web.pdf>

Vlaams minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur. (2003). *Het klimaat verandert. U ook? Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006 – 2012*. Opgevraagd op 7 mei 2008 van de volgende website:

[http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/toncontract/vkp\\_2006-2012\\_def.pdf](http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/toncontract/vkp_2006-2012_def.pdf)

Vlaamse Overheid, Departement Landbouw en Visserij. (2006). *Landbouwrapport 2005*. Opgevraagd op 25 augustus 2007, van de volgende website:

<http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/landbouw/publicaties/volt/41.html>

Vlaamse Overheid, Departement Landbouw en Visserij. (2008). *Steun aan de investeringen*. Opgevraagd op 11 oktober 2007 van de volgende website:

<http://lv.vlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?id=199>

Vlaamse Overheid, Vlaams Energieagentschap. (2007). *Verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen*. Opgevraagd op 11 oktober 2007, van de volgende website:

<http://www.energiesparen.be>

Vlaamse Overheid. (2006). *Landbouw en energie*. Opgevraagd op 8 oktober 2007, van de volgende website:

<http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/landbouw/publicaties/dier/le.html>

Vlaamse Regering. (2006a). *Besluit van de Vlaamse Regering van 7 juli 2006 ter bevordering van de elektriciteitsopwekking in kwalitatieve warmtekrachtinstallaties*. Opgevraagd op 10 september van de volgende website:

[http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_n.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_n.htm)

Vlaamse Regering. (2006b). *Ministerieel besluit van 6 oktober 2006 inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties*. Opgevraagd op 10 september 2008 van de volgende website:

[http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_n.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_n.htm)

VREG. (2007). *Marktrapport: de Vlaamse energiemarkt in 2006*. Opgevraagd op 24 april 2008 van de volgende website:

[http://www.vreg.be/nl/03\\_algemeen/05\\_publicaties/02\\_rapporten.asp#2007](http://www.vreg.be/nl/03_algemeen/05_publicaties/02_rapporten.asp#2007)

VREG (2008). *Aantal verhandelde warmtekrachtcertificaten en gemiddelde prijs*. Opgevraagd op 30 januari 2008 van de volgende website:

<http://www.vreg.be/vreg/documenten/statistieken/54945.pdf>

VREG. (z.d.). *Energiemarkt. Wie doet wat?* Opgevraagd op 18 februari 2008 (a) van de volgende website: [http://www.vreg.be/nl/06\\_sector/01\\_algemeen/02\\_energiemarkt/02\\_wiedoetwat.asp#](http://www.vreg.be/nl/06_sector/01_algemeen/02_energiemarkt/02_wiedoetwat.asp#)

VREG. (z.d.). *Energiemarkt. Wie doet wat? Evenwichtsverantwoordelijke (EV) en bevrachter*. Opgevraagd op 18 februari 2008 (b) van de volgende website:

[http://www.vreg.be/nl/06\\_sector/01\\_algemeen/02\\_energiemarkt/02\\_wiedoetwat/04\\_evenwichtsverantwoordelijke.asp](http://www.vreg.be/nl/06_sector/01_algemeen/02_energiemarkt/02_wiedoetwat/04_evenwichtsverantwoordelijke.asp)

VREG. (z.d.). *Energiemarkt. Wie doet wat? Levering van energie*. Opgevraagd op 18 februari 2008 (c) van de volgende website:

[http://www.vreg.be/nl/06\\_sector/01\\_algemeen/02\\_energiemarkt/02\\_wiedoetwat/06\\_levering.asp](http://www.vreg.be/nl/06_sector/01_algemeen/02_energiemarkt/02_wiedoetwat/06_levering.asp)

VREG. (z.d.). *Energiemarkt. Wie doet wat? Productie van elektriciteit en ontginning van aardgas*. Opgevraagd op 18 februari 2008 (d) van de volgende website:

[http://www.vreg.be/nl/06\\_sector/01\\_algemeen/02\\_energiemarkt/02\\_wiedoetwat/01\\_productie.asp](http://www.vreg.be/nl/06_sector/01_algemeen/02_energiemarkt/02_wiedoetwat/01_productie.asp)

VREG.(z.d.). *Leveranciers. Openbaredienstverplichtingen. Quotumverplichting warmtekrachtcertificaten*. Opgevraagd op 18 februari 2008 (e) van de volgende website:

[http://www.vreg.be/nl/06\\_sector/02\\_leveranciers/02\\_openbaredienstverplichtingen/04\\_warmtekrachtcertificaten.asp](http://www.vreg.be/nl/06_sector/02_leveranciers/02_openbaredienstverplichtingen/04_warmtekrachtcertificaten.asp)

Warmtekrachtondersteuningsmaatschappij. (2006). *Statuten*. Opgevraagd op 23 april 2008 van de volgende website:

<http://www.wom.be/statuten.html>

