

50361520-KPS/SEN 03-3034

**Inzet bio-olie en -vetten in de glastuin-
bouw.**

Inzetstrategieën en rentabiliteit

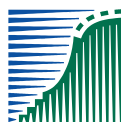
Arnhem, 22 december 2003

Auteur J.A.F. de Ruijter
KEMA Power Generation & Sustainables

In opdracht van het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuur
en Voedselkwaliteit

auteur : J.A.F. de Ruijter	22-12-03	beoordeeld : J.J. Erbrink	23-12-03
B 92 blz. 4 bijl. JAR		goedgekeurd : K.J. Braber	24-12-03

Dit rapport is mede mogelijk gemaakt door subsidieverlening door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het Onderzoeksprogramma Energie (PT-projectnummer 11290).



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**

In dit rapport is de internationaal gangbare cijfernotatie gebruikt met een decimale punt in plaats van de in Nederland gebruikelijke komma. Bij grote getallen zijn voor de leesbaarheid duizendtallen, waar dat qua automatische getalopmaak mogelijk was, middels een spatie gescheiden van honderdtallen, bijvoorbeeld “500 000” in plaats van “500000”.

© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens KEMA Nederland B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

INHOUD

blz.

SAMENVATTING	5
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Probleemstelling en aanpak	12
1.3 Leeswijzer	14
2 Uitgangspunten	15
2.1 Uitgangspunten brandstoffen en installaties	15
2.2 (Overige) bedrijfseconomische uitgangspunten	16
2.3 Teelten	19
3 Energetische analyse (mee)stoken van bio-olie	20
3.1 Warmte en CO ₂ -vraagpatronen	20
3.2 Inzetstrategieën	21
3.2.1 Piekscheerstrategie	23
3.2.2 Fractie-duurzame-energie-strategie	24
3.3 Gas- en bio-olieverbruik	25
3.4 Bio-olie bij fresia	30
4 Bedrijfseconomische analyse	33
4.1 Rentabiliteit bio-oliestoken bij tomatenteelt	33
4.1.1 Investerings	33
4.1.2 Besparing op energiekosten (tomaat)	33
4.1.3 Bedrijfsvoerings- en onderhoudskosten	38
4.1.4 Rentabiliteitsanalyse toepassing van bio-olie bij tomaat	38
4.1.5 Gevoeligheidsanalyse rentabiliteit tomatenteelt	41
4.1.6 Energie-investeringsaftrek	45
4.2 Rentabiliteit bio-oliestoken bij fresiateelt	46
4.2.1 Incidentele capaciteit	46
4.2.2 Effect bio-oliestoken op energiekosten	47
4.2.3 Rentabiliteit bio-oliestoken bij fresia	48
4.2.4 Gevoeligheidsanalyse rentabiliteitskentallen	50
5 Conclusies en aanbevelingen	54
5.1 Conclusies	54
5.2 Aanbevelingen	57

6	Literatuur.....	59
Bijlage A	Eigenschappen modelkas, kasklimaat en buitenklimaat	60
Bijlage B	Klimaatreferentiejaar.....	62
Bijlage C	Details jaarrondberekeningen.....	65
Bijlage D	Tariefsystemen	89

SAMENVATTING

In de geliberaliseerde gasmarkt worden tuinbouwbedrijven met een ongunstig gasprofiel geconfronteerd met fors hogere gaskosten dan in de eerdere gereguleerde situatie. Dit effect treedt vooral op, wanneer door de gasleverancier een 'CDS-achtig' tariefstelsel¹ wordt gehanteerd. Dit is momenteel bij de meeste vrije klanten het geval. In het CDS-systeem worden pieken in de afname met een beperkt aantal bedrijfsuren relatief zwaar belast, vooral via de zogenaamde tariefcomponent 'additionele capaciteit'². Voor additionele capaciteit moeten (jaarlijks) capaciteits- en transportkosten worden betaald, die evenredig zijn met de maximale (additionele) uurafname in een jaar, ongeacht de duur dat deze voorkomt.

Mogelijkheden om de gaspiek te reduceren bieden dus perspectief voor besparing op de energiekosten. Een potentieel interessante optie is het 'invullen' van de warmtepiek met bio-olie (zie kader) en de basiswarmtevraag met gas. Daardoor kan de maximale uurgasafname, en derhalve de gascontractcapaciteit, fors worden beperkt.

Bio-oliën zijn bijvoorbeeld:

- Opgewerkte frituurvetten en -oliën
- Technische vetzuren en mengsels daarvan
- Palmoliën
- (Dierlijke vetten en oliën worden in praktijk uitgesloten)

Behalve reductie van de jaarlijkse energiekosten, kan er nog een tweede overweging zijn om bio-olie in te zetten. Bio-olie wordt immers tot de duurzame energiebronnen gerekend. Duurzame energiestromen hoeven niet te worden meegenomen in de jaarlijkse registratie van het energieverbruik van het bedrijf, die tuinders in het kader van het Besluit glastuinbouw verplicht zijn te maken. In het Besluit zijn per gewas of gewasgroep normen vastgelegd voor het 'ten hoogste toegestane verbruik van energie'. Deze normen worden tot 2010 jaarlijks aangescherpt. Door inzet van bio-olie kan een glastuinbouwbedrijf dat op basis van alleen fossiele brandstoffen niet aan de energienormen kan voldoen, toch binnen de normen worden bedreven, zonder concessies aan het kasklimaat te moeten doen. Tevens wordt door de inzet van bio-olie een bijdrage geleverd aan de sectordoelstelling voor duurzame energie (aandeel van 4% in 2010), die de glastuinbouwsector in het kader van het GlaMi-convenant met de overheid heeft afgesproken.

Een vierde reden van bio-olie inzet kan zijn de vervanging van huisbrandolie (of andere stookolie) als 'back-up mogelijkheid' voor het geval dat de gasvoorziening mocht uitvallen, of het creëren van zo'n mogelijkheid.

¹ CDS = commodity-diensten-systeem, bij het openen van de gasmarkt voor grootzakelijke afnemers in 1999 geïntroduceerd door Gasunie, in 2002 overgegaan in het - op hoofdlijnen sterk overeenkomende - Prijsstelsel Gasverkoop, dat geldt voor afnemers met een jaarvolume van meer dan 1 miljoen m³.

² De gascontractcapaciteit (GCC) bestaat in het algemeen uit twee delen: de basislastcapaciteit (BC) en de additionele capaciteit (AC). De basislastcapaciteit is het jaarvolume gedeeld door 8000. De additionele capaciteit is de rest (AC=GCC-BC).

In deze studie is het economisch perspectief onderzocht van het (mee) stoken van bio-olie voor:

- a) onbelichte tomatenteelt, als representant voor energie-intensieve, onbelichte teelten
- b) fresiateelt, als representant voor energie-extensieve onbelichte teelten met een hoge piekvraag.

Hiertoe zijn voor beide teelten typische verbruiksprofielen opgesteld (energievraagpatronen en/of jaarbelastingduurkrommen) waarin de relevante vraagkenmerken zijn vervat. Op basis van gedefinieerde 'brandstofinzetstrategieën' worden met behulp van een 'inzetmodel' de verwachte jaarhoeveelheden gas, bio-olie en elektriciteit bepaald en tevens de pieken en andere relevante afnamekenmerken. Op basis van een bedrijfseconomisch model met een gastariefdeelmodel conform het Prijsstelsel Gasverkoop zijn voor verschillende varianten (wat betreft bio-olie-aandeel of regelstrategie) de gas-, bio-olie- en totaalenergiekosten in kaart gebracht. Aan de hand hiervan en van een raming van de benodigde investerings- en onderhoudskosten zijn de rentabiliteitskentallen bepaald: de eenvoudige terugverdientijd (TVT) en de netto-contante-waarde (NCW, uitgaande van een projectevaluatieperiode van 15 jaar en een rentevoet van 6%).

Bij de onderzochte tomatenteelt is de inzet van bio-olie financieel heel interessant, mits er niet al actief aan gaspiekreductie wordt gedaan, (bijvoorbeeld) middels de meestal in verband met CO₂-dosering aanwezige warmtebuffer. De terugverdientijd is in deze situatie ca 1.8 jaar uitgaande van een (all-in) bio-olieprijs van 300 EUR/ton³. Is er *wel* een adequate gaspiekreductie middels de warmtebuffer gerealiseerd, dan stijgt de terugverdientijd naar 6.3 jaar (zie tabel 0.1). In dit laatste geval wordt ook het risico van een stijgende bio-olieprijs fors hoger. Een 50% hogere bio-olieprijs verlengt dan de terugverdientijd van 6.3 naar 23 jaar. Indien er geen gaspiekscherende bufferregelstrategie geïmplementeerd is, is het risico veel geringer. 50% duurdere bio-olie betekent dan een TVT van 2¼ jaar in plaats van 1.8 jaar. Als de bio-olieprijs daalt met 25% daalt de TVT van 1.8 naar 1.6 jaar.

Als rekening wordt gehouden met de energie-investeringsaftrek (EIA), die voor de meerinvestering in de bio-olie-installatie kan worden verkregen, dan verbetert het bedrijfseconomisch perspectief nog iets. In de situatie zonder 'bufferpiekreductie' daalt de TVT van 1.8 naar 1.5 jaar, en met 'bufferpiekreductie' van 6.3 naar 5.4 jaar.

De belangrijkste cijfers van de onderzochte tomatenteelt zijn samengevat in tabel 0.1

³ Op moment van schrijven was nog niet geheel duidelijk welke energiebelasting en accijnsheffing van toepassing is op bio-olie-inzet in de glastuinbouw. Effecten hiervan liggen in de orde van grootte van enige tientallen euro's per ton en vallen binnen de bandbreedte van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse (zie § 4.2.4).

Inzet van bio-olie kan voor energie-intensieve teelten dus aantrekkelijk zijn. Voor energie-extensieve teelten met een hoge warmte-vraagpiek (zoals zich bijvoorbeeld voordoet bij grondstomen bij fresia's) is inzet van bio-olie nog eerder rendabel. Een en ander hangt echter sterk af van specifieke omstandigheden, zoals:

- de precieze vorm van het gascontract
- de bedrijfstijd van de gasafname (= verhouding het totale jaargasverbruik en de piek-gasafname)
- reeds gerealiseerde maatregelen om piekreductie te plegen
- het niveau van eventuele CO₂-bemesting
- de bio-olieprijs
- de gasprijs
- beschikbaarheid van een ketel voor bio-oliestook.

De grootste kansen zijn er voor teelten met een relatief klein aantal verwarmingsuren (resultierend in een korte 'bedrijfstijd' van de gasafname) en - in verhouding tot de hoogte van de basislastafname - hoge incidentele pieken in het gasverbruik (bijvoorbeeld optredend bij grondstomen bij fresia's).

Zolang de 'GigaJoule' prijs van bio-olie (EUR/GJ) hoger is dan de 'commodity-prijs' van aardgas (eveneens uitgedrukt in EUR/GJ) zal er een economisch optimum bestaan voor de inzet van bio-olie, dat per bedrijfssituatie verschilt. Bij een teelt met CO₂-dosering (zoals de tomaat) zal de optimale bio-olie-inzet in het algemeen op (of iets onder) het niveau liggen, dat nodig is om de gasstook te beperken tot het gasdebiet dat maximaal voor CO₂-doseren wordt gebruikt. Een verdere reductie van de gasstook door meer bio-olie heeft geen zin, omdat de contractcapaciteit voor gas dan niet verder daalt. Deze wordt dan immers bepaald door het gasverbruik dat optreedt bij het CO₂-doseren^{*)}. Bij een GigaJoule-prijs van bio-olie die lager ligt dan die van aardgas, is het wel zinvol zoveel mogelijk bio-olie in te zetten, met dien verstande dat CO₂ voor bemesting met gasstook moet worden gerealiseerd en voorkomen moet worden, dat hierbij onnodig warmte wordt vernietigd. Dit beperkt in die situatie de inzet van bio-olie.

^{*)} Er is hierbij vanuit gegaan dat CO₂-bemesting alleen plaats vindt met aardgas (omdat er nog onvoldoende zekerheid is over de kwaliteit van de rookgassen van bio-oliestook voor bemestingsdoeleinden).

Tabel 0.1 Belangrijkste uitgangspunten en rekenresultaten van de onderzochte tomatenteelt (voor 2 ha; energievoorziening: 2 ketels met warmtebuffer (100 m³/ha)). Gegeven zijn de uitgangssituatie zonder gaspiekscherende bufferstrategie (referentie R1) en de situatie waarin gaspiekreductie is gerealiseerd middels de warmtebuffer (referentie R2). Verder is in de vierde kolom de beste variant gegeven waarbij bio-olie is ingezet ter reductie van de gaspiek (V4). Hiervoor is één van de ketels omgebouwd voor bio-olie (capaciteit bio-olie 1000 kW_{th}/ha).

Cijfers voor 2 ha tomaat	uitgangs- situatie	piekreductie met buffer	piekreductie met bio-olie	eenheid
variantcode	Referentie R1	Referentie R2	Variant V4	
buitenklimaat	NEN 5060	NEN5060	NEN5060	
maximaal gasdebiet voor CO ₂ -bemesting	116	116	116	(m ³ /uur)/ha
aantal schermuren	2267	2267	2267	uur/jaar
inzet bio-olie als gasvraag groter zou worden dan	n.v.t.	n.v.t.	116	(m ³ /uur)/ha
jaargasverbruik	62.7 *)	64.3	60.4	m ³ /m ²
jaarbio-olieverbruik			2.3	liter/m ²
reductie primair energieverbruik t.o.v. referentie R1			3.5%	
reductie primair energieverbruik t.o.v. referentie R2			5.7%	
percentage duurzame energie (betrokken op totale brandstofinput v.ketels)			4.2%	
bedrijfstijd gasafname (= jaargasverbruik / contractcapaciteit)	2 704	4 285	5 210	uur/jaar
piekafname gas (contractcapaciteit)	232	150	116	(m ³ /uur)/ha
basislastcapaciteit	78	80	76	(m ³ /uur)/ha
additionele capaciteit	154	70	40	(m ³ /uur)/ha
commodity gasprijs (2-de kwartaal 2003)	14.26	14.26	14.26	EURct/m ³
capaciteits-, transport- en distributiekosten+REB+BSB**)	6.91	4.70	4.03	EURct/m ³
totaal gasprijs	21.17	18.96	18.29	EURct/m ³
gaskosten	13.28	12.19	11.06	EUR/m ² p.j
bio-oliekosten			0.65	EUR/m ² p.j
totaal brandstofkosten	13.28	12.19	11.71	EUR/m ² p.j
besparing op energiekosten t.o.v. R1		1.09	1.58	EUR/m ² p.j
besparing op energiekosten t.o.v. R2			0.48	EUR/m ² p.j
meerinvestering bio-olie (2000 kW _{th})			2.75	EUR/m ²
extra onderhoudskosten			0.05	EUR/m ² p.j.
terugverdientijd uitgaande van R1			1.8	jaar
terugverdientijd uitgaande van R2			6.4	jaar
netto contante waarde uitgaande van R1 (15 jaar, rentevoet 6%)			12.3	EUR/m ²
netto contante waarde uitgaande van R2 (15 jaar, rentevoet 6%)			1.6	EUR/m ²
terugverdientijd uitgaande van R1 (met EIA)			1.5	jaar
terugverdientijd uitgaande van R2 (met EIA)			5.4	jaar
netto contante waarde uitgaande van R1 en EIA (15 jaar, rentevoet 6%)			12.6	EUR/m ²
netto contante waarde uitgaande van R2 en EIA (15 jaar, rentevoet 6%)			2.0	EUR/m ²

*) het gasverbruik van deze casus is gebaseerd op een standaard langjarig gemiddeld klimaatreferentiejaar NEN5060. Ten opzichte NEN5060 zijn de jaren uit het laatste decennium en het begin van het nieuwe millennium gemiddeld relatief warm geweest (10 jarig-voortschrijdend gemiddelde temperatuur circa 0.8 tot 1.3 °C hoger (zie bijlage B)). Wordt gerekend met een gemiddeld 1 °C hogere temperatuur dan daalt het gasverbruik met ca 3.6 m³/m². Ook het niveau van CO₂-doserende heeft grote invloed op het gasverbruik. Wordt in plaats van 116 maximaal 85 m³/uur aardgas per ha gestookt voor CO₂-bemesting, dan daalt het jaarverbruik met ca 4.7 m³/m². Worden beide effecten gecombineerd dan daalt het jaargasverbruik naar ca **54.4 m³/m²**. Verder wordt opgemerkt, dat het in deze studie niet gaat om absolute verbruiken maar om de **verschillen** tussen de verschillende situaties.

**) REB = regulerende energiebelasting, BSB = brandstoffenbelasting

Bij de fresiateelt, waar hoge gaspieken optreden als gevolg van grondstomen, is het perspectief voor bio-olie nog wat beter. Omdat er geen CO₂-dosering wordt toegepast als er geen warmtevraag is, is er meestal ook geen warmtebuffer voorhanden om de pieken te scherpen. Voor de onderzochte model-casus heeft de optimale variant een terugverdientijd van 2.9 jaar. Heeft de tuinder voor de gaspieken 'incidentele capaciteit'⁴ gecontracteerd, dan is het potentieel van bio-olie iets minder. De terugverdientijd wordt dan circa 3.9 jaar (zie tabel 0.2). Wordt rekening gehouden met de mogelijkheid om EIA aan te vragen, dan reduceert de TVT in het eerste geval tot 2.3 jaar en in het tweede tot 3.1 jaar. In beide situaties (zonder respectievelijk met incidentele capaciteit) is het belangrijkste risico voor een minder rendabele investering gelegen in een stijgende bio-olieprijs. Bij een 50% hogere bio-olieprijs (tot 450 EUR/ton) stijgt - uitgaande van EIA - in het eerste geval de TVT van 2.3 tot ca 4.9 jaar en in het tweede geval van 3.1 tot bijna 9.8 jaar. Bij een 25% lagere bio-olieprijs neemt de TVT af van 2.3 tot circa 1.9 jaar respectievelijk van 3.1 naar 2.3 jaar in het eerste respectievelijk tweede geval.

Behalve financieel aantrekkelijk is bio-olie ook gunstig wat betreft het aan het bedrijf toe te rekenen primair energieverbruik en het gebruik van duurzame energie. Het eerste is van belang in het kader van de energienormering zoals geregeld in het Besluit glastuinbouw. Het tweede is relevant in het kader van het GlaMi-convenant. Bij de beste variant van de toma-tencasus (V4) daalt het primair energieverbruik met 3.5% respectievelijk 5.7% (uitgaande van referentie R1 respectievelijk R2) en is het percentage duurzame energie in het totale brandstofgebruik circa 4.2%. Bij de economisch meest aantrekkelijke variant bij de fresiateelt (V3), daalt het primair energieverbruik zelfs met 20.3% ten opzichte van dat van de referenties en is het percentage duurzame energie in het totale brandstofverbruik 23%.

In kentallen:

Tomatenteelt (energie-intensief)		Fresia teelt (energie-extensief)	
Gasverbruik	60 m ³ /m ²	Gasverbruik	20 m ³ /m ²
Bio-olie verbruik	2.10 kg/m ²	Bio-olie verbruik	4.86 kg/m ²
Percentage duurzame energie	4.2%	Percentage duurzame energie	23%
Investering tbv bio-olie stook	2.75 EUR/ m ²	Investering tbv bio-olie stook	4.00 EUR/ m ²
Besparing energiekosten (geen piekscherende W-bufferstrategie (PSWBS))	1.58 EUR/ m ²	Besparing energiekosten (geen incidentele capaciteit (IC) gecontracteerd)	1.44 EUR/ m ²
Besparing energiekosten (wel PSWBS)	0.48 EUR/ m ²	Besparing energiekosten (wel incidentele capaciteit gecontracteerd)	1.12 EUR/ m ²
Terugverdientijd (geen PSWBS)	1.5 jaar (met EIA)	Terugverdientijd (geen IC)	2.3 jaar (met EIA)
Terugverdientijd (wel PSWBS)	5.4 jaar (met EIA)	Terugverdientijd (wel IC)	3.1 jaar (met EIA)

⁴ Behalve basislast- (BC) en additionele capaciteit (AC) kan de gasafnemer binnen een CDS-achtig tariefsysteem ook incidentele capaciteit (IC) contracteren. Dit geeft hem het recht gedurende een van te voren afgesproken aantal malen (maximaal 31 per jaar) om meer gas per uur af te nemen dan de afgesproken contractcapaciteit (tot een maximum van de contractcapaciteit plus de incidentele capaciteit). Hij betaalt hiervoor een bepaalde vergoeding, die afhangt van de hoogte van de gecontracteerde IC en het aantal gecontracteerde IC-pieken. Door de verlaagde contractcapaciteit zullen de totale gaskosten bij enkele gaspieken per jaar en bij geschikt gecontracteerde incidentele capaciteit lager uitvallen dan zonder IC.

Tabel 0.2 Belangrijkste uitgangspunten en rekenresultaten van de onderzochte fresiateelt (voor 1.5 ha; energievoorziening: ketel met mogelijkheid tot stoomproductie voor grondstomen; géén warmtebuffer). Gegeven zijn de uitgangssituatie zonder gaspiekreductie (referentie R1), de situatie waarin gaspiekkostenreductie is gerealiseerd door contractering van 'incidentele capaciteit' (referentie R2) en de beste variant, waarbij bio-olie is ingezet ter reductie van de aardgaspiek (V3). Bij V3 moet ca 2/3 van de ketelcapaciteit op bio-olie kunnen worden gestookt.

Cijfers voor 1.5 ha fresiateelt	uitgangs- situatie	kostenreductie incid.capaciteit	piekreductie eenheid met bio-olie
variantcode	Referentie R1	Referentie R2	Variant V3
buitenklimaat	SEL ^{*)}	SEL	SEL
maximaal CO2-debiet voor bemesting	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t. (m ³ /uur)/ha
aantal schermuren	0	0	0 uur/jaar
grondstomen (met gasverbruik van 200 m ³ /uur per ha)	200	200	200 uur/jaar
inzet bio-olie als gasvraag groter zou worden dan	n.v.t.	n.v.t.	68 (m ³ /uur)/ha
gasverbruik	25.0	25.0	20.0 m ³ /m ²
bio-olieverbruik			5.3 liter/m ²
reductie primair energieverbruik t.o.v. referentie R1			20.3%
reductie primair energieverbruik t.o.v. referentie R2			20.3%
percentage duurzame energie (betrokken op totale brandstofinput v.ketels)			23.1%
bedrijfstijd gasafname (= jaargasverbruik / contractcapaciteit)	1 252	2 347	2 925 uur/jaar
contractcapaciteit	200	107	68 (m ³ /uur)/ha
basislastcapaciteit	31	31	25 (m ³ /uur)/ha
additionele capaciteit	169	75	43 (m ³ /uur)/ha
commodity gasprijs (2-de kwartaal 2003)	14.26	14.26	14.26 EURct/m ³
capaciteits-, transport- en distributiekosten+REB+BSB	13.88	12.57	6.49 EURct/m ³
totaal gasprijs	28.14	26.83	20.75 EURct/m ³
gaskosten	7.04	6.72	4.14 EUR/m ² p.j
bio-olie			1.46 EUR/m ² p.j
totaal brandstofkosten	7.04	6.72	5.60 EUR/m ² p.j
besparing op energiekosten t.o.v. R1		0.33	1.44 EUR/m ² p.j
besparing op energiekosten t.o.v. R2			1.12 EUR/m ² p.j
meerinvestering bio-olie (2200 kWth)			4.00 EUR/m ²
extra onderhoudskosten			0.08 EUR/m ² p.j.
terugverdientijd uitgaande van R1			2.9 jaar
terugverdientijd uitgaande van R2			3.9 jaar
netto contante waarde uitgaande van R1 (15 jaar, rentevoet 6%)			14.0 EUR/m ²
netto contante waarde uitgaande van R2 (15 jaar, rentevoet 6%)			10.8 EUR/m ²
terugverdientijd uitgaande van R1 (met EIA)			2.3 jaar
terugverdientijd uitgaande van R2 (met EIA)			3.1 jaar
netto contante waarde uitgaande van R1 en EIA (15 jaar, rentevoet 6%)			14.7 EUR/m ²
netto contante waarde uitgaande van R2 en EIA (15 jaar, rentevoet 6%)			11.5 EUR/m ²

*) zie Breuer, J.J.G., N.J. van de Braak, "Reference year for dutch greenhouses", Acta Horticulturae 248, 1989

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Bio-olie en -vetten (zogenaamde biofuels) kunnen als primaire of secundaire brandstof worden gebruikt in - van origine - gasgestookte verwarmingsketels. Hiervoor zijn relatief geringe aanpassingen aan de ketel nodig. De belangrijkste aanpassing betreft het aanbrengen van een aanvullende of een vervangende bio-fuel-brander met de benodigde branderbesturing en -regeling (zie [1]).

In dit rapport wordt aangegeven welke inzetstrategie leidt tot een economisch aantrekkelijke bedrijfsvoering bij twee voorbeeld 'rekencases'. Dit onderzoek is onderdeel van een bredere studie naar de inzet van bio-olie in de glastuinbouw, met de volgende deelonderzoeken:

- Marktoverzicht bio-oliën
- Emissiemetingen bij bio-oliestook in de glastuinbouw [1]
- Corrosie aspecten van bio-oliestook in de glastuinbouw
- Inzetstrategieën en rentabiliteit.

Het gebruik van bio-olie kan economisch aantrekkelijk zijn, omdat hiermee de afnamepiek in het gasverbruik kan worden gereduceerd, hetgeen binnen de meeste gascontracten gunstig is voor de capaciteitscomponent van de gasprijs en daarmee voor de resulterende ("all-in") kubieke meter prijs. Het economisch perspectief van het (additioneel) stoken van bio-oliën wordt met name bepaald door twee zaken: de benodigde meerinvesteringen en de besparing op de totale brandstofkosten (gas + biofuel). De besparing op de aardgaskosten per volume-eenheid gas (EUR/m³) zal bij de in de vrije energiemarkt gangbare, afnamepatroonafhankelijke tariefstelsels, sterk bepaald worden door de mate waarin gasafnamepieken kunnen worden vermeden en de 'bedrijfstijd' van de resulterende gasafname kan worden verhoogd. De inzet van bio-olie dient zodanig te zijn, dat de reductie van de "all-in" gasprijs zo groot is, dat op jaarbasis de lagere kosten van gasinkoop (door de lagere gasprijs en door een kleiner jaarvolume) groter zijn dan de extra brandstofkosten van de benodigde bio-olie. Bij een specifieke energieprijs (uitgedrukt in EUR/GJ) van bio-olie die hoger ligt dan de specifieke prijs van aardgas (eveneens uitgedrukt in EUR/GJ), ligt er ergens een optimum. Wordt er meer bio-olie ingezet, dan zullen de totale energiekosten weer toenemen. De brandstofinzetstrategie, die bepaalt wanneer hoeveel bio-olie (en gas) moet worden ingezet, is derhalve een belangrijk aspect voor het economisch rendabel en optimaal (mee)stoken van bio-olie in de energievoorziening van het tuinbouwbedrijf.

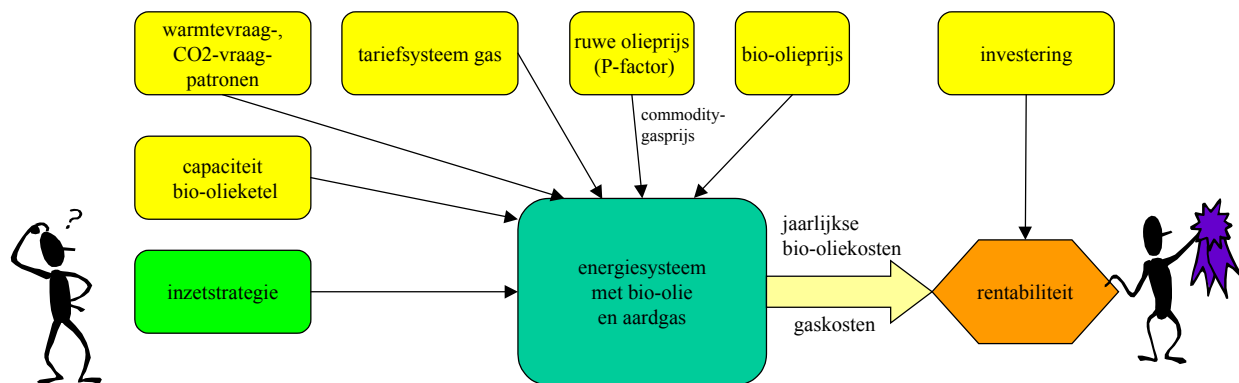
Behalve reductie van de jaarlijkse energiekosten, kan er nog een tweede overweging zijn om bio-olie in te zetten. Bio-olie wordt immers tot de duurzame energiebronnen gerekend. Duurzame energiestromen hoeven niet te worden meegenomen in de jaarlijkse registratie van het energieverbruik van het bedrijf, die tuinders in het kader van het Besluit glastuinbouw verplicht zijn te maken. In het Besluit zijn per gewas of gewasgroep normen vastgelegd voor het 'ten hoogste toegestane verbruik van energie'. Deze normen worden tot 2010 jaarlijks aangescherpt. Door inzet van bio-olie kan een glastuinbouwbedrijf dat op basis van alleen fossiele brandstoffen niet aan de energienormen kan voldoen, toch binnen de normen worden bedreven, zonder concessies aan het kasklimaat te moeten doen. Tevens wordt door de inzet van bio-olie een bijdrage geleverd aan de sectordoelstelling voor duurzame energie (aandeel van 4% in 2010), die de glastuinbouwsector in het kader van het GlaMi-convenant met de overheid heeft afgesproken.

Een vierde reden van bio-olie inzet kan zijn de vervanging van huisbrandolie of andere stookolie als 'back-up mogelijkheid' voor het geval dat de gasvoorziening mocht uitvallen, of het creëren van zo'n mogelijkheid.

1.2 Probleemstelling en aanpak

Hoewel in potentie interessant, is toepassing van bio-olie binnen een glastuinbouwbedrijf zeker niet automatisch winstgevend. Het effect van (mee-)stoken van bio-olie op de jaarlijkse overall kosten van de energievoorziening van het glastuinbouwbedrijf en uiteindelijk op de rentabiliteit van de benodigde investering is niet eenvoudig te bepalen. Dit komt omdat er vele factoren een rol spelen. De belangrijkste zijn (zie figuur 1.1):

1. tariefsysteem aardgas (vaak met volumecomponent, transport- en capaciteitscomponent)
2. volumeprijs aardgas (i.h.a. gekoppeld aan ruwe olieprijs)
3. prijs bio-olie
4. warmteverbruiksprofielen (met fluctuaties op dag/nacht- en seizoenstijdschaal)
5. (meer)investeringen (verband houdend met bio-olie-installatie)
6. beschikbare/benodigde installaties (aspecten onder andere: 'productiecapaciteiten' gas-/bio-olieketel, wel of niet CO₂ leverend, warmtebuffer en dergelijke)
7. inzetstrategie van productiemiddelen.



Figuur 1.1 Invloedsfactoren op de rentabiliteit van bio-oliestoken in de glastuinbouw.

Op de eerste 5 factoren heeft de tuinder geen of slechts beperkt grip. Op factor 6 kan hij invloed uitoefenen in de ontwerpfase van een project. Zodra het project gerealiseerd is, kan de tuinder eigenlijk alleen nog via de inzetstrategie invloed uitoefenen op het financiële resultaat van de “bio-olie-investering”.

In deze deelstudie zijn aan de hand van ‘case-studies’ (met behulp van modellen) de energetische en financiële effecten van twee verschillende inzetstrategieën onderzocht. Dit is voor verschillende groottes (vermogens) van de installaties gebeurd. Uitgangspunt is een tomatenteelt met een standaard energiesysteem bestaande uit twee gasketels (met elk een deel van de benodigde verwarmingscapaciteit) en een warmtebuffer (referentiesituatie). In de alternatieve situatie is één van de ketels omgebouwd voor bio-olie (door toevoeging van of vervanging van de oude brander door een bio-oliebrander). Voor deze teelt zijn typerende warmte- en CO₂-vraagpatronen bepaald over een jaar, die in beide situaties zo goed mogelijk door de beschikbare productiemiddelen moeten worden ingevuld. Middels een inzetmodel zijn voor de verschillende inzetstrategieën (en de varianten daarbinnen) de resulterende gas-, bio-olie- en elektriciteitsinkoopprofielen bepaald. Daarna zijn aan de hand van de relevante kenmerken van die profielen, uitgaande van de meest gangbare tariefsystemen, de energiekosten van de verschillende varianten in kaart gebracht. Na raming van de benodigde investerings- en onderhoudskosten zijn per variant de rentabiliteitscijfers bepaald. In een gevoeligheidsanalyse is verder onderzocht, wat het effect is van variaties in onder meer de gasprijs, de bio-olieprijs en de benodigde (meer)investering op de investeringsaantrekkelijkheid.

De twee inzetstrategieën die zijn onderzocht, zijn gekenschetst met de namen:

- “piekscheerstrategie”
- “fractie-duurzame-energie-strategie”.

Beide strategieën zijn nader uitgelegd in paragraaf 3.2.

Behalve voor de tomaat is ook het perspectief voor de fresiateelt nagegaan.

1.3 **Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt allereerst een opsomming gegeven van de uitgangspunten op technisch en bedrijfseconomisch terrein en wordt verder de keuze van de referentietelten vermeld. In hoofdstuk 3 wordt voor elk van de telten een analyse gemaakt van het jaarrond gasverbruik en bio-olieverbruik van een duaal gestookt energiesysteem, inclusief de consequenties voor de te contracteren gascapaciteiten (voor twee verschillende inzetstrategieën). Hoofdstuk 4 behandelt de rentabiliteitsanalyse van de verschillende 'cases'. Tenslotte geeft hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen van dit (deel)onderzoek.

Opmerkingen

In dit rapport is de internationaal gangbare cijfernotatie gebruikt met een decimale punt in plaats van de in Nederland gebruikelijke komma. Bij grote getallen zijn voor de leesbaarheid duizendtallen, waar dat qua automatische getalopmaak mogelijk was, middels een spatie gescheiden van honderdtallen, bijvoorbeeld "500 000" in plaats van "500000".

In dit rapport worden gasvolumina uitgedrukt in m³. Tenzij anders vermeld wordt hiermee bedoeld het volume in "normaal kubieke meters", dat wil zeggen het volume dat het gas zou innemen bij een gasdruk van 1.01325 bar en een temperatuur van 0 °C.

2 UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk zijn de technische en bedrijfseconomische uitgangspunten gegeven en is de keuze van de referentieteelten vermeld.

2.1 Uitgangspunten brandstoffen en installaties

bio-olie

Wat betreft de soort “bio-olie” is in deze case-study uitgegaan van frituurvet met de volgende kenmerken:

- soort bio-olie: frituurvet (grootste bio-olie afvalstroom in Nederland)
- stookwaarde (LHV): 39 MJ/kg
- dichtheid olie: 923 kg/m³
- prijsniveau (mei 2003): 300 EUR/ton⁵ (7.69 EUR/GJ); bandbreedte: 250-350 EUR/ton (6.4-9.0 EUR/GJ). Per liter komt dit neer op een prijs van 27.7 Eurocent en een bandbreedte van 23.1 - 32.3 Eurocent.

bio-olie-installatie

- aparte ketel voor alleen bio-olie, of ‘dual-fuel’-ketel waarin òf gas òf bio-olie wordt gestookt (maar niet beide tegelijkertijd). (In het geval dat voor bio-olie een aparte ketel wordt gebruikt, wordt aangenomen dat de capaciteit van de gasgestookte ketel(s) dienovereenkomstig kleiner is dan nodig zou zijn zonder bio-olie.)
- geen rookgascondensor (of in geval condensor aanwezig is wordt deze in bio-oliebedrijf ‘gebypassed’)
- geen CO₂-bemesting op basis van bio-oliestook (→ CO₂-dosering met gasketel)
- thermisch rendement bio-olieketel: 85% op onderwaarde
- benodigde investeringen:
 - referentie-investeringen voor bio-oliebrander, brandstofpompen, brandersturing (dual fuel bedrijf): 5 MW_{th}: 68 000 EUR⁶ (≈ 13.6 EUR/kW_{th}); 3.5 MW_{th}: 60 000 EUR⁷ (≈ 17.1 EUR/kW_{th})
 - brandstoftank: 30 000 liter: ca 15 000 EUR⁸.

⁵ ‘all-in’ prijs inclusief energiebelasting (BSB en REB) voor gebruik in glastuinbouw

⁶ gebaseerd op gerealiseerd project uit 2000 (exclusief bio-olietank)

⁷ gebaseerd op offerte 2003

⁸ gebaseerd op mondelinge communicatie met leverancier: RVS-olietank van 30 m³ inclusief installatiekosten (RVS uitvoering in verband met corrosiviteit van bio-olie)

aardgas

- Groningen-gas
- stookwaarde: 31.7 MJ/m³
- prijs van 'commodity': gekoppeld aan de prijs van zware stookolie (met 2% zwavel) in het voorgaande kwartaal (Platts); P-factor: 195.5 EUR/ton (voor 2 kwartaal 2003). Bij het Prijssysteem Gasverkoop van de Gasunie (3-0-3 formule), betekent dit een commodity-prijs van 0.1426 EUR/m³ (= 4.50 EUR/GJ), zie ook paragraaf 2.2 punt 3.

aardgasketel

- voorzien van rookgascondensor
- mede gebruikt ten behoeve van CO₂-bemesting
- rendement inclusief rookgascondensor: ca 98% op onderwaarde.

warmtebuffer

- 100 m³/ha
- temperatuurverschil warm-koud water: 45 °C.

Kas

- zie bijlage A.

2.2 (Overige) bedrijfseconomische uitgangspunten

Naast de reeds in de vorige paragraaf genoemde specifieke uitgangspunten betreffende de benodigde (meer)investeringen voor bio-oliestoken en het prijsniveau van bio-olie, worden in deze paragraaf de overige bedrijfseconomische uitgangspunten beschreven, die voor de berekening van de rentabiliteit van belang zijn.

1. De (fictieve) tuinder is qua gas- en elektriciteitsinkoop een vrije klant, die zijn energiecontracten op de vrije markt afsluit. In de praktijk kunnen de contracten van klant tot klant, afhankelijk van zijn feitelijke situatie en inkoopkracht, verschillen. In deze studie is een realistische inschatting gemaakt van de marktprijzen van gas en elektriciteit (prijsniveau voorjaar 2003).
2. Voor de inkoopkosten van gas wordt uitgegaan van het "Prijssysteem Gasverkoop" van de Gasunie Trade & Supply voor vrije afnemers [2]. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen een "commodity-component" en een "dienstencomponent" in de gasprijs (Het systeem lijkt sterk op het eerdere CDS-systeem: commodity-dienstensysteem, dat Gasunie in 1999 voor grote klanten introduceerde).

3. Voor de commodity-prijs wordt de volgende prijsformule gehanteerd [2]:

$$\text{Commod_prijs} = (37.4/500) * P - 0.36302 \text{ (Eurocent/m}^3\text{)}$$

Hierin is P gelijk aan de waarde - gemiddeld over de drie maanden direct voorafgaande aan het kwartaal waarvoor de gasprijs geldt - van stookolie met een zwavelgehalte van 2 gewichtsprocent, uitgedrukt in euro per ton. (De factoren gelden bij een verbrandingswaarde van het aardgas (bovenwaarde) van 35.17 MJ/m³). De gehanteerde P-waarde bedraagt: 195.5 EUR/ton (prijsniveau 2-de kwartaal 2003, [3]). Dit resulteert in een 'kale' commodity-prijs (exclusief brandstoffenbelasting (BSB) en regulerende energiebelasting (REB), zie punt 6) van 14.26 Eurocent/m³.
4. Bij de commodity dient de afnemer diensten te bestellen (zie ook bijlage D). De in rekening te brengen diensten zijn op te delen in een capaciteits- en een transportcomponent. In de capaciteitscomponent speelt de verdeling van de maximale uurhoeveelheid (Contractcapaciteit) in Basislastcapaciteit en Additionele Capaciteit een belangrijke rol. De Basislastcapaciteit is gelijk aan het jaarvolume gedeeld door 8000 uur. Het verschil tussen de Contractcapaciteit en de Basislastcapaciteit wordt de Additionele Capaciteit genoemd. Voor de beschikbaarstelling van Additionele Capaciteit moet separaat capaciteitskosten worden betaald, voor de Basislastcapaciteit niet. Naarmate het gasverbruik grotere pieken vertoont, dient, als gevolg van de kosten voor additionele capaciteit, meer betaald te worden voor dezelfde hoeveelheid gas. Voor zowel Basislast- als Additionele Capaciteit dienen transportkosten te worden betaald, zie volgend punt.
5. Als prijsbepalende factoren voor de dienstentarieven van de gasprijs [2] zijn gehanteerd (uitgangspunt locatie tuinbouwbedrijf: midden Zuid-Holland):
 - $D_b = 75$ km (afstand tot dichtstbijzijnde 'entry-point', i.c. Maasvlakte, t.b.v. transportkosten van de Basislastcapaciteit):
 - $D_a = 200$ km (afstand tot Noordbroek, t.b.v. transportkosten Additionele Capaciteit; maximaal 200 km)
 - $D_r = 1$ (vermenigvuldigingsfactor in de term in de 'transport-fee' die de toeslag voor het regionale gastransportnet (RTL) representeert)
 - $I_{1c} = 116.1$ (consumentenprijsindex 2003 in capaciteitstarieven gas)
 - $I_{1t} = 112.4$ (consumentenprijsindex 2002 in transporttarieven gas)
 - DTE-korting op tarieven transport (januari 2001): 6.5%
 - extra DTE-korting op tarieven transport (januari 2002): 5%
 - toeslag voor diensten van het regionale energiebedrijf: hier ingeschat of 1.36 Eurocent/m³ [3].
6. Belastingen aardgas: BSB (brandstoffenbelasting): 1.10 Eurocent/m³ (voor gasverbruiken > 5000 m³ en < 10 mln. m³ per jaar, prijsniveau 2003). Voor vrijstelling zie punt 7.

REB (regulerende energiebelasting): tuinbouwtarief: 0-5000 m³: 0.165 Eurocent/m³; 5000-170000 m³: 0.077 Eurocent/m³; 170000-1mln m³: 0.014 Eurocent/m³; >1mln m³: 0.0 Eurocent/m³.

7. Incidentele capaciteit: indien het uurafname-patroon over een jaar zodanig is dat bepaalde uurcapaciteiten slechts weinig (maximaal 31 periodes per jaar) gebruikt worden, dan zou het voordeliger kunnen zijn, gebruik te maken van Incidentele Capaciteit. In plaats van het jaarlijkse tarief voor Additionele Capaciteit (EUR 99.83 per m³/h), geldt voor Incidentele Capaciteit een tarief afhankelijk van de verwachte duur van het gebruik van deze dienst:

<u>Frequentie van voorkomen</u>	<u>Capaciteitstarief</u> (excl. transport)
1 periode van 24 uur per jaar of minder (IC ₁)	11.34 EUR/m ³ /h
2-4 periodes van 24 uur per jaar of minder (IC ₂)	4.538 EUR/m ³ /h
5-8 periodes van 24 uur per jaar of minder (IC ₅)	6.807 EUR/m ³ /h
9-21 periodes van 24 uur per jaar of minder (IC ₉)	22.69 EUR/m ³ /h
22-31 periodes van 24 uur per jaar of minder (IC ₂₂)	22.69 EUR/m ³ /h

Deze tarieven worden jaarlijks geïndexeerd (op basis van I_{1c}, zie [2]).

Het tarief voor transport van Incidentele Capaciteit is afhankelijk van de maand waarin gecontracteerd wordt. De maanden worden ingedeeld in:

‘zomer-maanden’: april, mei, juni, juli, augustus, september

‘flank-maanden’: maart, oktober, november

‘winter-maanden’: december, januari, februari

De wintermaanden zijn het duurst en de zomermaanden het goedkoopst. De berekening van het transporttarief voor Incidentele Capaciteit is vrij complex. Voor verdere details wordt verwezen naar [2].

8. Elektriciteitsprijzen: er wordt onderscheid gemaakt tussen plateau- en daluren (plateau-uren zijn de uren op maandag tot en met vrijdag van 7:00 uur 's ochtends tot 23:00 uur 's avonds; de overige uren zijn daluren). De volgende ‘volume-prijzen’ worden voor elektriciteitsinkoop gehanteerd (marktprijzen voorjaar 2003, exclusief REB, zie punt 11):

- plateautarief: 5.0 Eurocent/kWh
- daltarief: 2.0 Eurocent/kWh.

9. Transporttarieven elektriciteit. De volgende 3 componenten worden meegenomen:

- vastrecht transportdienst: 500 EUR/jr (trafo MS/LS)
- kW gecontracteerd: 25 EUR/kW
- kW max per maand: 1.5 EUR/kWmax per maand

10. Systeemdienstentarief: 0.007 EUR/kWh

11. REB elektriciteit: 0-10000 kWh: 6.39 Eurocent/kWh (exclusief BTW, 2003)
10000-50000 kWh: 2.07 Eurocent/kWh
50000-10 mln.kWh: 0.63 Eurocent/kWh
> 10 mln.kWh: 0.00 Eurocent/kWh
12. Projectevaluatieperiode: 15 jaar (periode waarover de kasstromen worden geanalyseerd)
13. (Technische) afschrijvingstermijn kapitaalgoederen: 15 jaar
14. Verdisconteringsrente: 6%
15. Bouw- en financieringsrente: 6%
16. Verzekeringspercentage: 0%
17. Er wordt geen rekening gehouden met inflatie.

2.3 Teelten

De analyse van de bedrijfseconomische aantrekkelijkheid van bio-olie is uitgevoerd voor twee teelten:

- tomatenteelt (onbelicht) met CO₂-dosering en warmtebuffering. Deze teelt representeert de klasse van zwaar gestookte, onbelichte teelten. De kas is voorzien van een beweegbaar energiescherm (dat dicht gaat indien de buitentemperatuur 10 °C lager is dan de kastemperatuur, behalve als er veel licht is, zie tabel A.2 in bijlage A)
- fresiateelt (onbelicht) zonder extra CO₂-dosering op momenten dat er geen warmtevraag is en zonder warmtebuffering, maar met grondontsmetting middels stomen. Deze teelt is een voorbeeld van een lichtgestookte teelt met een relatief laag totaal jaargasverbruik, maar een hoge gaspiek als gevolg van stomen.

Details/uitgangspunten van deze teelten zijn verstrekt in bijlage A voor de tomaat respectievelijk paragraaf 3.4 voor de fresia.

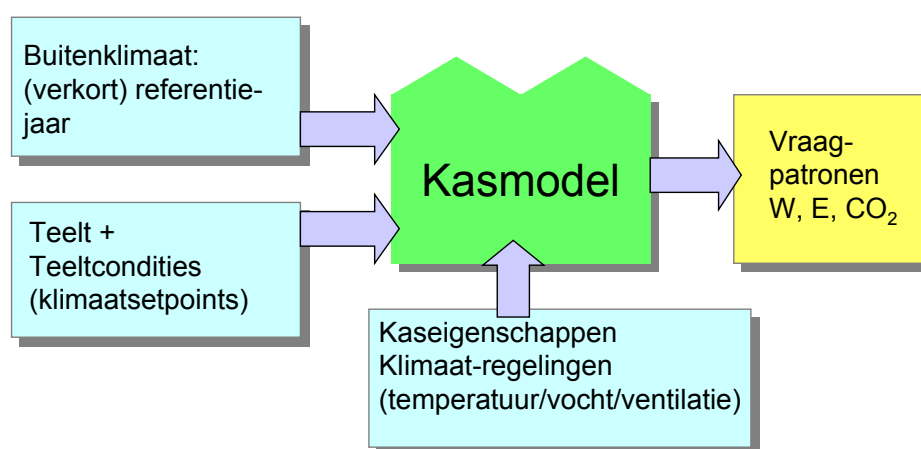
3 ENERGETISCHE ANALYSE (MEE)STOKEN VAN BIO-OLIE

In dit hoofdstuk wordt een analyse gemaakt van het jaarrond-gasverbruik en bio-olieverbruik van het duaal gestookte energiesysteem, bij twee verschillende inzetstrategieën voor de gekozen modelteelten (tomaat en fnesia). In paragraaf 3.1 wordt kort ingegaan op de vraagpatronen van warmte, CO₂ en elektriciteit, zoals die bij een gemiddelde tomatenteelt en een langjarig ‘gemiddeld’ weer verwacht worden. Paragraaf 3.2 behandelt de inzetstrategieën. In paragraaf 3.3 is aangegeven hoe deze vragen worden ingevuld door het gas/bio-oliesysteem en – ter referentie – ook hoe de invulling door alleen een gasgestookt (referentie)systeem zou zijn. Paragraaf 3.4 behandelt de energetische analyse van de fresiateelt.

3.1 Warmte en CO₂-vraagpatronen

De warmte, CO₂- en elektriciteitsvraag zijn bepaald met behulp van het dynamische kasmodel “SimKas” van KEMA. Hierin wordt aan de hand van (dynamische) massa- en energiebalansen, en aangenomen buitencondities, de relevante energie- en CO₂-stromen door de kasomhulling bepaald en de warmte- en CO₂-stroom die nodig zijn om de kastemperatuur en CO₂-concentratie op de gewenste waarde te houden. De bouwfysische kenmerken van de kas en de gehanteerde klimaatinstellingen zijn gegeven in tabel A.1 respectievelijk A.2 van appendix A. Wat betreft het buitenklimaat is uitgegaan van het Verkort Referentiejaar (NEN 5160), zie appendix B.

Het principe van de berekening is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 3.1 Schematische voorstelling berekeningswijze van vraagpatronen voor warmte (W), elektriciteit (E) en CO₂ voor een kas. Centraal staat een dynamisch procesmodel van de kas.

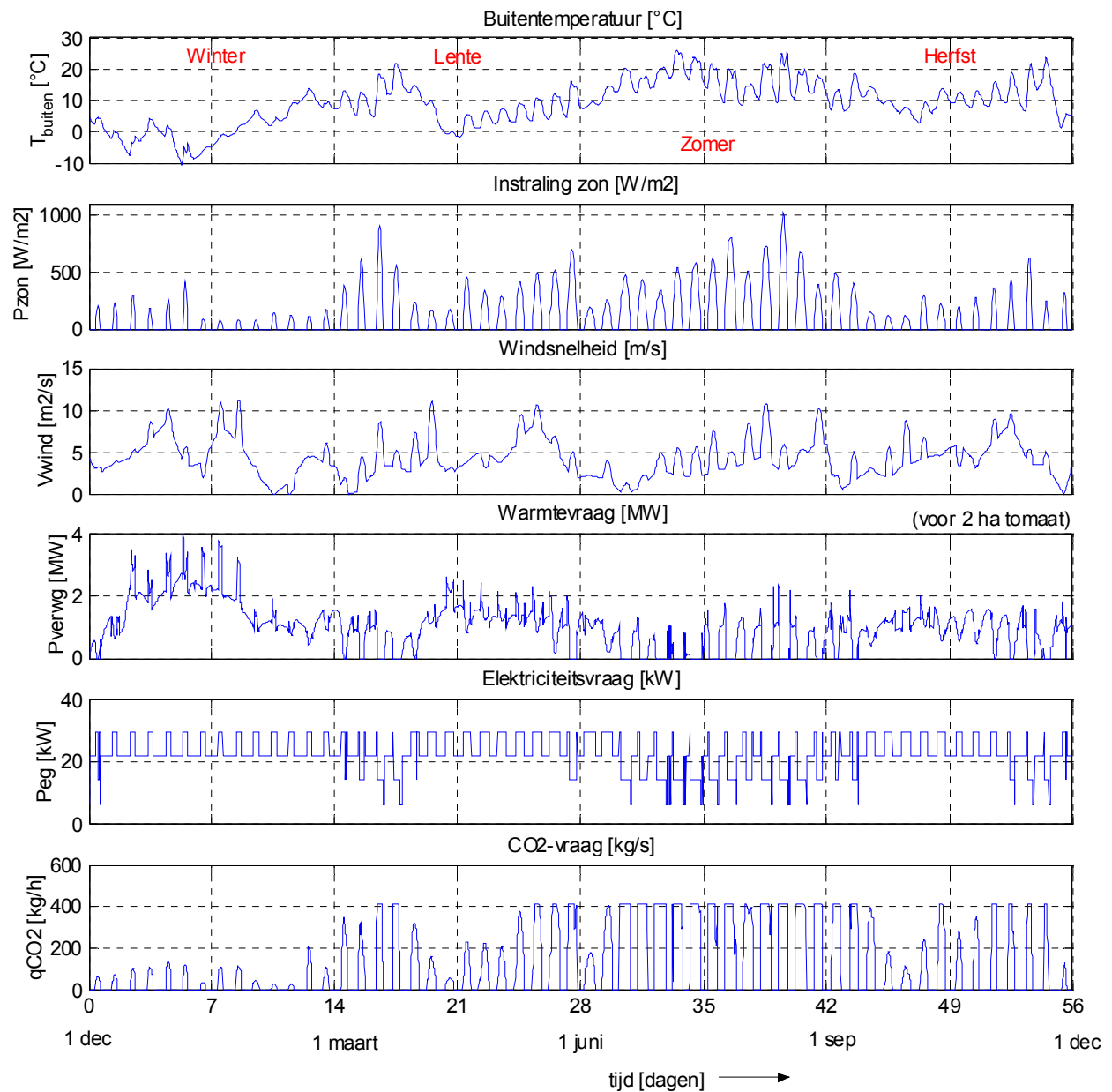
De berekende vraagpatronen van warmte, CO₂ en elektriciteit voor de (referentie-)tomaten-teelt, zijn gegeven in figuur 3.2. Ter illustratie zijn ook het verloop van de buitentemperatuur, de zonne-instraling en de windsnelheid gegeven.

Opmerkingen:

- De CO₂-levering (en daarmee de CO₂-vraag) is in de case-studies naar boven begrensd op een maximumwaarde van 205 kg/h/ha. (Dit komt overeen met een aardgashoeveelheid van ca 116 m³/h per ha. De begrenzing is ingevoerd omdat de capaciteit van de warmtebuffer beperkt is, evenals de hoeveelheid warmte die in de nacht kan worden gebruikt in de kas. Om warmteverliezen op warme dagen te voorkomen kan desgewenst een lagere maximale dosering worden gebruikt.)
- De piekvraag naar warmte is circa 4 MW/2ha (= 200 W/m²).
- De elektriciteitsvraag betreft met name het gebruik van ketel- en CO₂-ventilatoren en van de pompen voor het transport en distributie van het verwarmingswater.

3.2 Inzetstrategieën

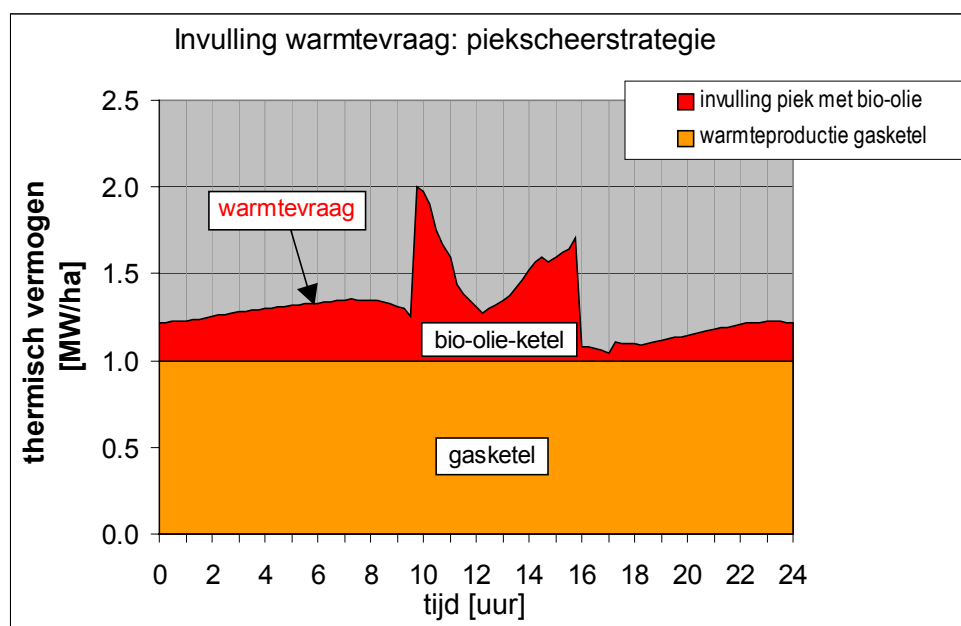
Bij een energiesysteem dat uit meer dan één energieproductiemiddel (van een verschillende soort) bestaat, is het brandstofverbruik afhankelijk van de wijze waarop de verschillende productiemiddelen worden ingezet, dat wil zeggen van de inzetstrategie. In deze studie zullen twee inzetstrategieën worden onderzocht: de 'piekscheerstrategie' en de 'fractie-duurzame-energiestrategie'. Het energiesysteem in kwestie bestaat uit een gasgestookte ketel en een bio-olie-gestookte ketel.



Figuur 3.2 Buitencondities en vraagpatronen van respectievelijk warmte, elektriciteit en CO₂ van de - normaal geventileerde - referentiekas (2 ha) met een tomatenteelt. In de onderste grafiek is duidelijk te zien dat de CO₂-vraag is begrensd op een maximumwaarde van 410 kg/h.

3.2.1 Piekscheerstrategie

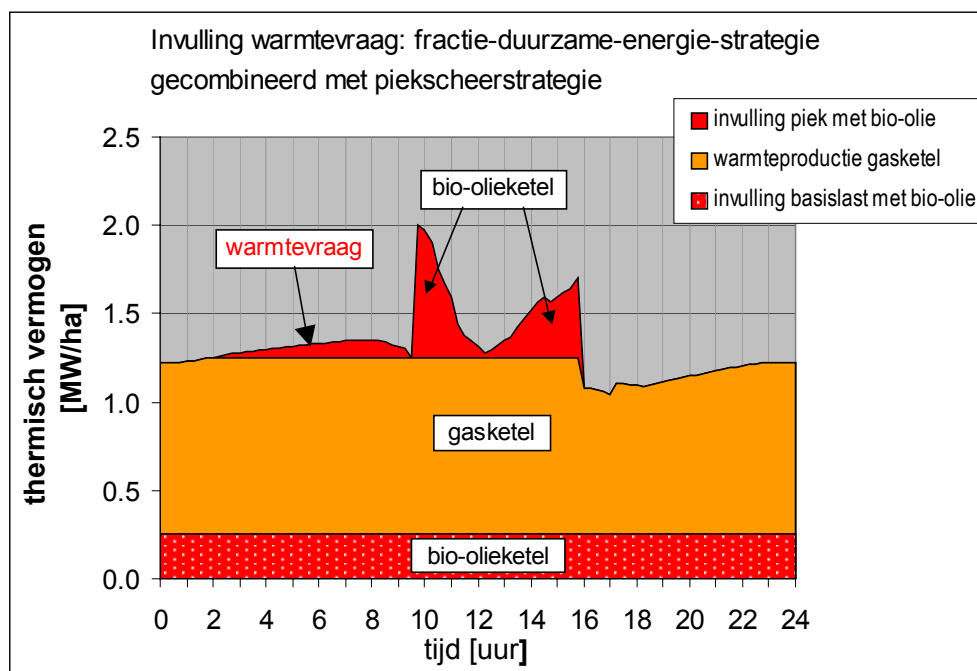
In de *piekscheerstrategie* zullen pieken in de warmtevraag worden ingevuld met bio-olie en de basislast met gas (zie figuur 3.3). Als er echter een CO₂-vraag is, zal deze door de gasketel worden geleverd (zie uitgangspunten paragraaf 2.1). Daarbij heeft CO₂-levering een hogere prioriteit dan warmtelevering, dat wil zeggen, dat als er geen of een kleinere warmtevraag is, dan de hoeveelheid die gepaard gaat met de productie van de benodigde hoeveelheid CO₂, de gevraagde (meer)hoeveelheid CO₂ toch geproduceerd wordt. In dat geval is er een overschot aan warmte (die zo mogelijk in de warmtebuffer wordt opgeslagen). Indien op basis van de warmtevraag de bio-olieketel in bedrijf is en tevens de gasketel, maar de belasting van de gasketel te laag is voor de benodigde CO₂, dan zal de bio-olieketel worden teruggeregeld en de gasketel worden opgeregeld, zodanig dat juist voldoende CO₂ geproduceerd wordt (tot het eerder genoemde maximum van 205 kg/h per ha).



Figuur 3.3 Invulling van warmtevraag met gasketel en bio-olieketel bij toepassing van de 'piekscheerstrategie'. De getekende warmtevraag is voor een koude winterdag waarbij het energiescherm tussen circa 4 uur 's middags en 9 uur 's ochtends gesloten is en overdag open. In dit voorbeeld wordt de bio-olieketel ingeschakeld indien de warmtevraag groter dan $\frac{1}{2}$ x de piekwarmtevraag.

3.2.2 Fractie-duurzame-energie-strategie

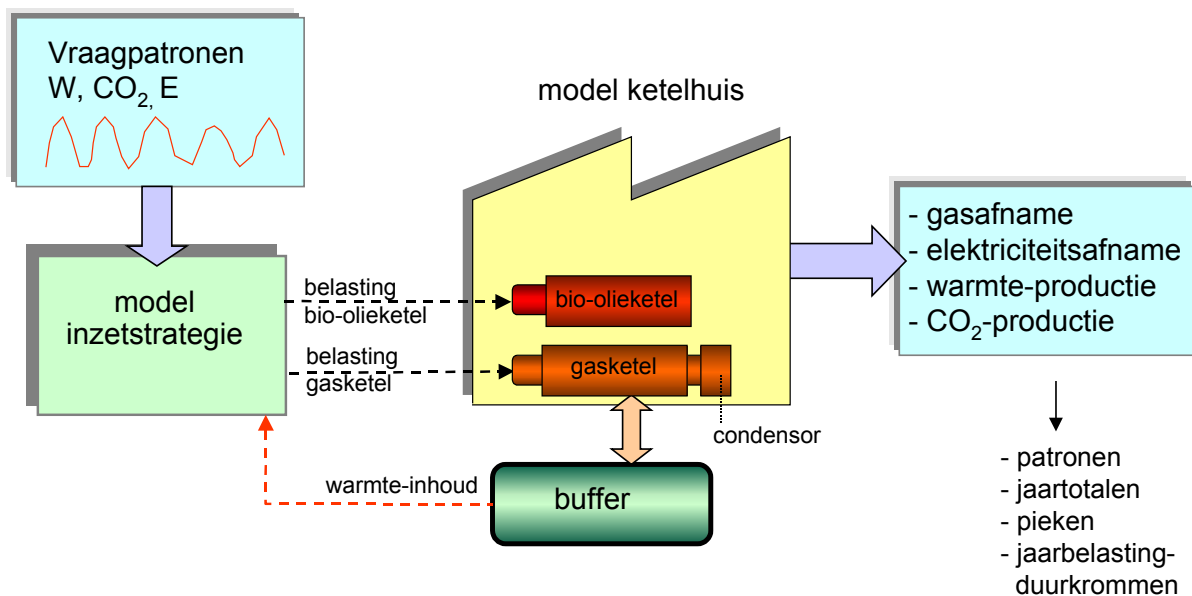
In de *fractie-duurzame-energie-strategie* (FDE-strategie) is het uitgangspunt een bepaald aandeel duurzame energie in het totale energieverbruik te realiseren. Hiertoe wordt bij een warmtevraag in eerste instantie de bio-olieketel ingezet tot een bepaald niveau. Is dat niveau bereikt (of is er een CO₂-vraag) dan komt de gasketel bij. Bij een in verhouding tot de CO₂-vraag geringere warmtevraag, wordt de bio-olieketel teruggeregeld. In de uitvoering die in deze studie onderzocht is wordt de FDE-strategie gecombineerd met de piekscheerstrategie (zie figuur 3.4). Dit omdat het in het algemeen gunstig voor de gasprijs is om de gaspiek (in verhouding tot basislast) zoveel mogelijk te reduceren.



Figuur 3.4 Invulling van warmtevraag met gasketel en bio-olieketel op basis van *fractie-duurzame-energie-strategie* gecombineerd met de *piekscheerstrategie*. Bij deze combinatiestrategie wordt een basis-warmteniveau (hier 250 kW/ha) ingevuld met de bio-olieketel. Bij een grotere warmtevraag komt de gasketel in bedrijf. Zodra het gasverbruik groter zou worden dan een bepaalde grens (in dit voorbeeld 116 m³/h/ha overeenkomend met 1 MW aan warmteproductie), dan wordt de belasting van de bio-olieketel verder opgevoerd en zo een gaspiek vermeden. De getekende warmtevraag is voor een koude winterdag in een situatie waarbij het energiescherm tussen circa 4 uur 's middags en 9 uur 's ochtends gesloten is.

3.3 Gas- en bio-olieverbruik

Op basis van een 'inzetmodel' waarin de belangrijkste kenmerken van de energieproductiemiddelen zijn opgenomen en tevens de gekozen inzetstrategie, wordt de inzet van elk van de productiemiddelen over het (verkorte) referentiejaar bepaald. De structuur van de berekeningen is schematisch getekend in figuur 3.5.



Figuur 3.5 Schematische voorstelling inzetberekeningen gas/bio-oliestook.

Voor de eerste referentieteeelt van deze studie (tomaat) zijn de volgende 5 casussen doorge-rekend (zie tabel 3.1 en verder de vraagpatronen in figuur 3.2). Hierbij worden de volgende opmerkingen geplaatst (zie ook uitgangspunten in paragraaf 2.1):

- in het warme deel van het jaar wordt, ook bij geen of geringe warmtevraag (Wvraag), toch CO₂ gedoseerd. Overtollige warmte wordt dan (voor zover mogelijk) opgeslagen in de buffer.
- Wpiek = piek in de warmtevraag (in dit geval 2 MW/ha). Bij volledige invulling met een gasketel met een rendement van 98% op onderwaarde betekent dit een gasverbruik van ca 232 m³/h per ha.
- Maximum CO₂-dosering: 205 kg/h per ha. Dit correspondeert met een gasverbruik van 116 m³/h (hierbij wordt circa 1 MW/ha aan warmte opgewekt).
- De CO₂-dosering gebeurt in alle gevallen (uitsluitend) met de gasketel.

Tabel 3.1 Overzicht onderzochte bio-olie-cases voor tomatenteelt

nummer	naam strategie	inschakelen bio-olie- ketel als	CO ₂ -dosering met	Opmerking
Referentie 1	standaard gasketelregeling met warmtebuffervulling bij CO ₂ -doseren	n.v.t.	gasketel	geen bio-olie! Alleen gasketel en warmtebuffer
Referentie 2	piekscheren met warmte-buffer	n.v.t.	gasketel	open-buffersysteem. Op koude dagen wordt een warmtevoorraad aangehouden voor invulling van warmtepieken
V3	bio-oliepiekscheerstrategie	Wvraag > $\frac{3}{4}$ Wpiek	gasketel	Wpiek $\approx$ 2 MW/ha
V4	bio-oliepiekscheerstrategie	Wvraag > $\frac{1}{2}$ Wpiek	gasketel	
V5	bio-oliepiekscheerstrategie	Wvraag > 0.4 Wpiek	gasketel	inschakelen, tenzij CO ₂ -levering meer dan 0.4 x Wpiek aan warmte produceert
V6	fractie duurzame energie + piekscheren	Wvraag < $\frac{1}{8}$ Wpiek of Wvraag-Wbio-olie > $\frac{1}{2}$ Wpiek	gasketel	CO ₂ -levering (met gasketel) heeft hogere prioriteit dan bio-olie-stoken. Basisniveau alleen met bio-olie ingevuld, indien warmte samenhangend met CO ₂ -invulling onvoldoende is.

In bijlage C zijn per variant ter illustratie van de gehanteerde rekenwijze de belangrijkste jaarrondpatronen gegeven (onder andere van de warmteproductie door de gasketel respectievelijk de bio-olieketel en de vulling van de buffer). Tevens zijn van de warmteproducties en de gas- en olieverbrijken jaarbelastingduurkrommen (JBDK's) gegeven, die van de jaarrondpatronen zijn afgeleid. De JBDK's geven in één oogopslag aan, hoeveel uur een bepaalde belasting (of meer) voor komt per jaar. Verder is een numeriek rapport met de belangrijkste jaarrondcijfers van elke casus opgenomen.

In tabel 3.2 zijn de berekende jaarenergieverbruiken van de bio-oliecasussen V3 tot en met V6 gegeven en ter vergelijking ook die van referentiecassus 1. Behalve de verbruiken zijn tevens de (procentuele) reducties ten opzichte van de referentiesituatie aangegeven.

Tabel 3.3 geeft dezelfde casussen V3 tot en met V6, maar nu in vergelijking met referentiecassus 2 (piekscheren met de warmtebuffer).

Uit tabel 3.2 blijkt, zoals op basis van de details van de bio-olie-inzetregelingen te verwachten was, dat het bio-olieverbruik van de varianten oploopt met het variantnummer (van V3 naar V6) en daarmee samenhangend het gasverbruik afneemt. Omdat de bio-olie be-

schouwd mag worden als een duurzame energiedrager, zal ook het percentage duurzame energie ('percentage DE') toenemen, en wel van 0.5% (V3) naar 23.2% (V6). In de tabel is ook aangegeven, wat dat voor het toegerekende primaire energieverbruik en de uitstoot aan CO₂ betekent. Ook voor deze beide kencijfers geldt uiteraard, dat naarmate er meer bio-olie wordt ingezet de prestatie beter is. Immers duurzame energie wordt in de toerekening van primaire energie en CO₂-uitstoot niet meegenomen. De reductie op het primaire energieverbruik ten opzichte van referentie 1 is in grafische vorm uitgezet in figuur 3.6.

Tabel 3.2 Jaarrondenergicijfers tomatenteelt voor verschillende cases met een toenemend aandeel bio-olie in de energievoorziening. Als referentie is een energievoorziening op basis van alleen een gasketel genomen met een 'standaard' regelstrategie (d.w.z. geen gaspijpschermen met warmtebuffer).

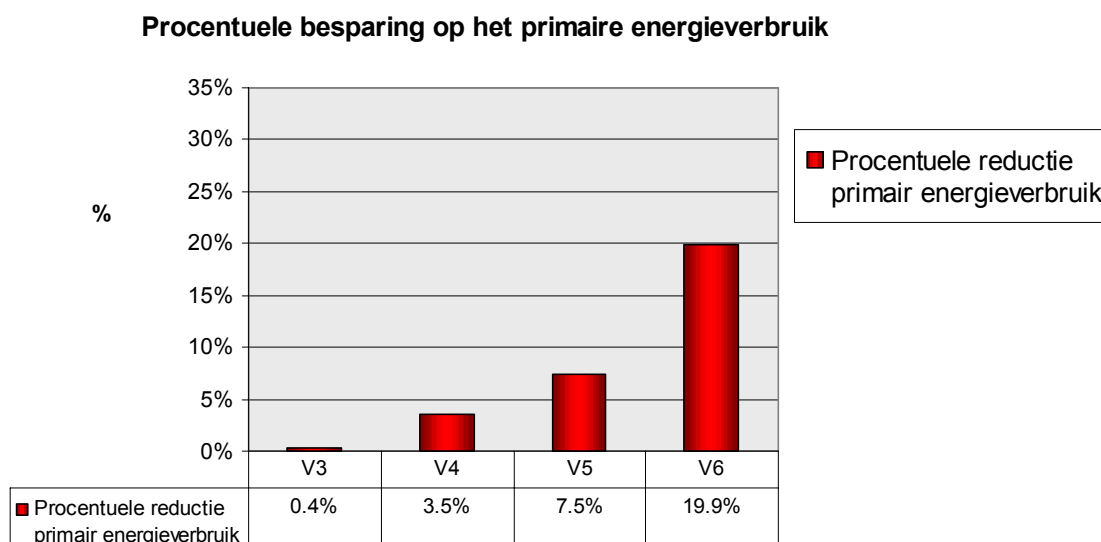
Jaarrondcijfers tomatenteelt		Referentie 1	V3	V4	V5	V6	
Energiesysteem: ↓	Inzetstrategie →	standaard strategie	bio-oliepijpschermen	bio-oliepijpschermen	bio-oliepijpschermen	bio-olie basislast 500kW+pijpschermen	per 2 ha
referentie: gasketel; alternatief: gasketel+bio-olieketel			3/4 Wpiek	1/2 Wpiek	0.4 Wpiek	1/2 Wpiek	
bio-olie-inzet, indien (rest) Vvraag groter dan →							
CO ₂ -dosering		gasketel	gasketel	gasketel	gasketel	gasketel	eenheid
Jaargasverbruik		1 254 813	1 249 906	1 208 831	1 157 021	994 144	m ³
Reductie gasverbruik			4 907	45 982	97 792	260 669	m ³
Procentuele besparing op gasverbruik			0.4%	3.7%	7.8%	20.8%	
Elektriciteitsinkoop plateau-uren		94 953	94 953	94 953	94 953	94 953	kWh
Elektriciteitsinkoop daluren		101 941	101 941	101 941	101 941	101 941	kWh
Totaal elektriciteitsinkoop		196 893	196 894	196 894	196 893	196 894	kWh
Procentuele besparing op totaal elektricit.verbruik			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Bio-olieverbruik			4 977	46 637	99 184	263 915	liter
Piek in gasafname		464	348	232	232	232	m ³ /h
Procentuele reductie piekafname			25.0%	50.0%	50.0%	50.0%	
Bedrijfstijd gasafname (jaargasverbruik/piek)		2 704	3 592	5 210	4 987	4 285	uur
Totaal aantal draaiuren gasketel		6 837	6 837	6 837	6 837	6 762	uur
Totaal aantal draaiuren bio-olieketel		0	116	803	1 274	4 380	uur
Dekkingsgraad bio-olie ¹⁾ (= percentage DE)		-	0.5%	4.2%	8.9%	23.2%	
Bruto primair energieverbruik (incl. bio-olie)		1 308 255	1 309 006	1 315 284	1 323 203	1 347 569	m ³ _{ae} ^{**)}
Primair energieverbruik (excl. bio-olie)		1 308 255	1 303 349	1 262 274	1 210 463	1 047 587	m ³ _{ae} ^{**)}
Besparing primair energieverbruik			4 907	45 982	97 792	260 669	m ³ _{ae}
Primair energieverbruik per m ² kas (b.w.)		2.301	2.292	2.220	2.129	1.842	GJ/m ²
Procentuele reductie primair energieverbruik			0.4%	3.5%	7.5%	19.9%	
CO ₂ -emissie energieopwekking		2316	2307	2234	2143	1854	ton
Reductie CO ₂ -emissie			9	81	173	461	ton
Procentuele reductie CO ₂ -emissie			0.4%	3.5%	7.5%	19.9%	

¹⁾ dekkingsgraad van bio-olie is hier gedefinieerd als de verhouding van de verbrandingsenergie in de gebruikte bio-olie en de totaal toegevoerde verbrandingsenergie naar de ketels

^{**)} op basis van een verondersteld rendement van het Nederlandse elektriciteitsproductiepark inclusief transport- en distributieverliezen van 41.9% op onderwaarde

Hoewel laatstgenoemde cijfers belangrijk zijn voor de milieuprestatie en de energiestaat in het kader van het GlaMi-convenant en het Besluit glastuinbouw, is voor de economische prestatie met name het cijfer 'piek in gasafname' van belang. Dit cijfer is in principe de te

contracteren gascapaciteit⁹. Dit cijfer neemt af van 464 m³/h bij de referentie via 348 m³/h bij variant V3 tot 232 m³/h bij variant V4. Bij V5 en V6 wordt de piek in de gasafname (en dus de gasafname) niet meer kleiner. Dit komt omdat op relatief warme dagen tot maximaal 116 m³/h/ha gas voor CO₂-doseren wordt gebruikt (wat overeenkomt met ca 205 kg/h/ha CO₂). Het feit dat de piek in de gasafname niet verder afneemt, betekent dat qua financiële prestatie niet dezelfde rangschikking voor bio-oliestoken hoeft te gelden als qua energieprestatie. De rentabiliteit hangt behalve van de reductie van de contractcapaciteit voor een belangrijk deel ook af van de prijs van de bio-olie. Zie hiervoor verder hoofdstuk 4, waar de bedrijfseconomische kant van het (bij-)stoken van bio-olie nader is uitgewerkt.



Figuur 3.6 Procentuele besparing op het primaire energieverbruik voor elk van de onderzochte bio-oliecasussen ten opzichte van referentie 1 (voor een tomatenteelt).

In de cijfers van tabel 3.3 in vergelijking met die van 3.2 valt op dat de energiebesparingen ten opzichte van referentie 2 (piekscheren met warmtebuffer) iets groter zijn dan die ten opzichte van referentie 1. Dit komt omdat referentie 2 iets meer energie verbruikt, wat verklaard kan worden uit het feit dat het extra gebruik van de warmtebuffer in de winter voor piekscheren (zie bijlage C, figuur C.3) op jaarbasis betekent dat er meer bufferverliezen zijn.

Een belangrijker verschil is echter het feit dat bij referentie 2 de piek in de gasafname op 300 m³/h ligt in plaats van 464 m³/h bij referentie 1. Dit betekent, dat in dit geval de procentuele afname van de contractcapaciteit door de toepassing van bio-olie veel kleiner is dan bij refe-

⁹ Dit geldt in een CDS-achtig gasprijssysteem, tenzij er incidentele capaciteit wordt gecontracteerd. In dat geval zal de contractcapaciteit lager liggen.

rentie 1 (bij V3 neemt deze zelfs toe). Daarmee is het potentieel voor besparing op de kosten van additionele capaciteit (zie paragraaf 2.2 en paragraaf 4.2) hier veel kleiner en daarmee de financiële pijler onder de toepassing van bio-olie zwakker.

Tabel 3.3 Jaarrondenergiecijfers tomatenteelt voor verschillende cases met een wisselend aandeel bio-olie in de energievoorziening. Als referentie is net als in tabel 3.2 een energievoorziening op basis van alleen een gasketel genomen, maar nu met een gaspiekscherende bufferregeling ('referentie 2').

Jaarrondcijfers tomatenteelt	Referentie 2	V3	V4	V5	V6	
Energiesysteem: ↓ Inzetstrategie →	piekscheren	bio-oliepiek-	bio-oliepiek-	bio-oliepiek-	bio-olie basislast	per 2 ha
referentie: gasketel; alternatief: gasketel+bio-olieketel	met buffer	scheren	scheren	scheren	500kW+piekscheren	
bio-olie-inzet, indien (rest) Wvraag groter dan →		3/4 Wpiek	1/2 Wpiek	0.4 Wpiek	1/2 Wpiek	
CO ₂ -dosering	gasketel	gasketel	gasketel	gasketel	gasketel	eenheid
Jaargasverbruik	1 285 632	1 249 906	1 208 831	1 157 021	994 144	m ³
Reductie gasverbruik		35 726	76 801	128 611	291 488	m ³
Procentuele besparing op gasverbruik		2.8%	6.0%	10.0%	22.7%	
Elektriciteitsinkoop plateau-uren	94 953	94 953	94 953	94 953	94 953	kWh
Elektriciteitsinkoop daluren	101 941	101 941	101 941	101 941	101 941	kWh
Totaal elektriciteitsinkoop	196 893	196 894	196 894	196 893	196 894	kWh
Procentuele besparing op totaal elektricit.verbruik		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Bio-olieverbruik		4 977	46 637	99 184	263 915	liter
Piek in gasafname	300	348	232	232	232	m ³ /h
Procentuele reductie piekafname		-16.0%	22.7%	22.7%	22.7%	
Bedrijfstijd gasafname (jaargasverbruik/piek)	4 285	3 592	5 210	4 987	4 285	uur
Totaal aantal draaiuren gasketel	6 990	6 837	6 837	6 837	6 762	uur
Totaal aantal draaiuren bio-olieketel	0	116	803	1 274	4 380	uur
Dekkingsgraad bio-olie ¹⁾ (= percentage DE)	-	0.5%	4.2%	8.9%	23.2%	
Bruto primair energieverbruik (incl. bio-olie)	1 339 074	1 309 006	1 315 284	1 323 203	1 347 569	m ³ _{ae} ^{**)}
Primair energieverbruik (excl. bio-olie)	1 339 074	1 303 349	1 262 274	1 210 463	1 047 587	m ³ _{ae} ^{**)}
Besparing primair energieverbruik		35 726	76 801	128 611	291 488	m ³ _{ae}
Primair energieverbruik per m ² kas (b.w.)	2.355	2.292	2.220	2.129	1.842	GJ/m ²
Procentuele reductie primair energieverbruik		2.7%	5.7%	9.6%	21.8%	
CO ₂ -emissie energieopwekking	2370	2307	2234	2143	1854	ton
Reductie CO ₂ -emissie		63	136	228	516	ton
Procentuele reductie CO ₂ -emissie		2.7%	5.7%	9.6%	21.8%	

¹⁾ dekkingsgraad van bio-olie is hier gedefinieerd als de verhouding van de verbrandingsenergie in de gebruikte bio-olie en de totaal toegevoerde verbrandingsenergie naar de ketels

^{**)} op basis van een verondersteld rendement van het Nederlandse elektriciteitsproductiepark inclusief transport- en distributieverliezen van 41.9% op onderwaarde

3.4 Bio-olie bij fresia

Vooraf

In een latere fase van het onderhavige project, is door de opdrachtgever gevraagd ook een analyse van het potentieel van bio-olie voor de fresiateelt te maken. De geringe budgettaire ruimte hiervoor liet een uitgebreide analyse op basis van vraagpatronen (met een tijdsresolutie van 15 minuten) zoals hiervoor voor de tomaat is behandeld niet toe. Gelukkig bleek er gezien de aard van het probleem hier een vereenvoudigde aanpak mogelijk. Dit heeft te maken met het feit dat bij de (gemiddelde) fresiateelt er geen CO₂-gedoseerd wordt, als de ketel niet in bedrijf hoeft te zijn voor verwarming (het grootste deel van de maanden april tot en met september). Omdat er in dit geval ook geen buffer nodig is en de ketel(s) alleen maar aangestuurd wordt (worden) door de warmtevraag, kan de inzet hier relatief eenvoudig berekend/bepaald worden aan de hand van een jaarbelastingduurkromme (JBDK) van de warmtevraag.

Het berekenen van de JBDK zelf is geen sinecure (onder andere omdat grondkoeling en -verwarming dienen te worden meegenomen). Er is daarom voor gekozen om als uitgangspunt de jaarbelastingduurkromme te nemen die (in grafische vorm) is gepubliceerd in het rapport Standaardteelten [4]. Deze curve wordt nog gecorrigeerd voor de bedrijfssituatie 'stomen', die niet in de genoemde curve is opgenomen. Het stomen van de grond (teeltbedden) gebeurt bij de meeste fresiatelers na elke teelt om de grond te ontsmetten. (Voor chemisch ontsmetten is tegenwoordig nauwelijks nog milieuruimte).

Probleem "duur gas"

In de liberale energiemarkt is echter met name bij lichtgestookte teelten het stomen met een gasgestookte ketel een kostbare zaak, omdat de benodigde (uur)gascapaciteit (m³/h) in het algemeen hoog ligt ten opzichte van de jaargemiddelde capaciteit ($\approx$ basislastcapaciteit). Daardoor zal de dienstencomponent in de 'all-in' gasprijs (met name het aandeel van transportkosten en (additionele) capaciteitskosten), relatief hoog zijn en leiden tot een hoge 'all-in' kubieke meter prijs. Het stoken van bio-olie voor stomen (en andere warmtevraagpieken) biedt een mogelijkheid om een gunstiger gasprofiel te realiseren en daarmee een aantrekkelijkere gasprijs. Een (andere) mogelijkheid om te besparen op de gaskosten – zonder dat er een andere brandstof wordt gestookt – is de gaspieken te contracteren als incidentele capaciteit (IC). Bij een beperkt aantal hoge pieken per jaar is hierdoor in het algemeen voordeel te behalen ten opzichte van de situatie zonder incidentele capaciteit, omdat de contractcapaciteit in deze situatie met IC lager komt te liggen en de ervoor in de plaats komende incidentele capaciteit (o.a. afhankelijk van het seizoen en het aantal pieken) goedkoper is. In de hierna volgende analyse zullen beide alternatieven worden onderzocht.

Uitgangspunten fresiateelt

Voor de fresiateelt worden de volgende aannamen gehanteerd (gebaseerd op data verstrekt door een fresiateler, aangevuld met gegevens uit [4]):

- bedrijfsgrootte: 1.5 ha
- circa 2 teelten per jaar; voor evenwichtige bedrijfsvoering zijn er per teelt 4 plantdata die ca 1 maand ten opzichte van elkaar zijn verschoven
- kastemperatuur:
 - eerste acht weken van teelt: luchttemperatuur van 11 °C (dag en nacht). Tevens wordt de grondtemperatuur geregeld. Is de grond kouder dan 14 °C, dan wordt de grond verwarmd. Is de grond warmer dan 16°C, dan wordt de grond gekoeld.
 - de volgende 22 weken is het verwarmingssetpoint van de luchttemperatuur 8°C (dag en nacht) en wordt de grondtemperatuur niet geregeld.
- jaargasverbruik zonder stomen: circa 21 m³/m² per jaar
- jaargasverbruik voor grondstomen (additioneel): circa 4 m³/m² jaar
- gascapaciteit voor grondstomen: 300 m³/h (grootte stoomvak ca 2000 m²)
- uit de hierboven genoemde gegevens kan worden afgeleid, dat er per jaar ca 200 uur gestoomd wordt (15000m² x 4m³/m² / 300m³/h)
- de gegevens van het gasverbruik voor stomen (zie hierboven) en verwarmen (zie [4]) worden gecombineerd tot één jaarbelastingduurkromme (JBDK). Daarbij wordt aangenomen dat stomen niet plaats vindt, als er een gaspiek voor kasverwarming nodig is, en dat de piek in het totale gasverbruik beperkt blijft tot 300 m³/h. De resulterende jaarbelastingduurkromme is gegeven in figuur 3.7. De JBDK laat zien dat de ketel ca 4000 uur in bedrijf is, dat een gasverbruik groter dan ca 150 m³/h slechts ca 250 uur optreedt en dat er circa 1300 uur een verbruik groter dan 100 m³/h is.
- rendement gasketel: 100%¹⁰ op onderwaarde (inclusief condensor)
- rendement bio-olieketel: 85% op onderwaarde (geen condensor).

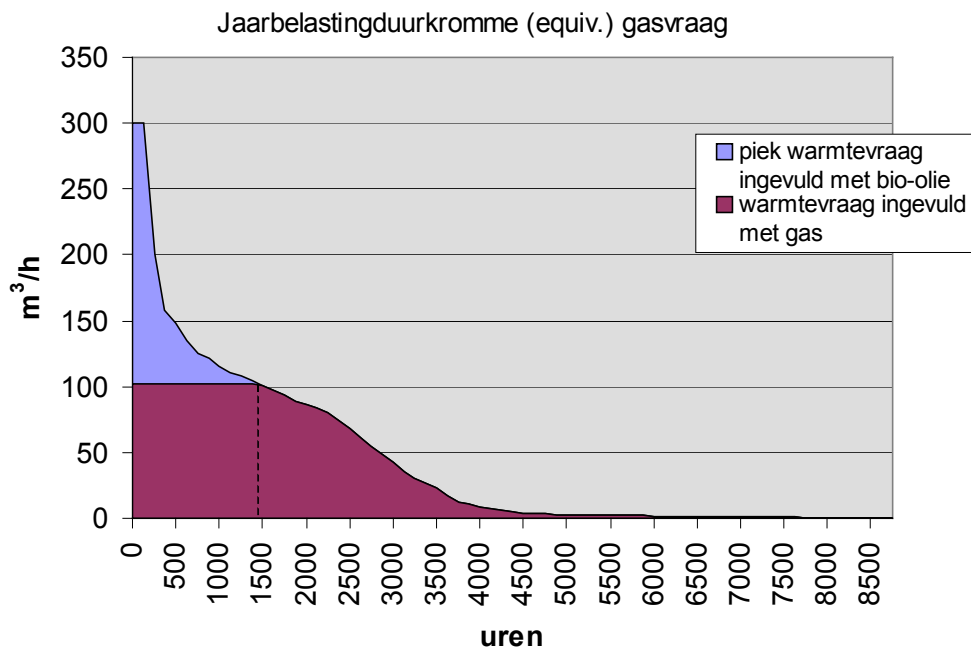
Piekreductie met bio-olie

In de JBDK is met gekleurde oppervlakken aangegeven, hoe met bio-oliestoken het piekgasverbruik kan worden gereduceerd. In het voorbeeld van figuur 3.7 is aangegeven hoe de 'basislast' van de warmtebehoefte met aardgas wordt ingevuld (paars oppervlak) tot een maximumverbruik van 102 m³/h (dit correspondeert met een warmtevraag van ca 60 W/m²), en de pieken met bio-olie. Uit het diagram kan direct worden afgelezen hoeveel de te contracteren gascapaciteit (in de situatie zonder incidentele capaciteit) afneemt door het stoken van bio-olie (namelijk 198 m³/h, dat wil zeggen een reductie van bijna 2/3). Het aantal uren dat er

¹⁰ Dit is iets hoger aangenomen dan bij de tomatenteelt waar 98% is gebruikt. Voor de resultaten maakt dit niet veel verschil. De 100% waarde is hier genomen, omdat in dat geval de warmtevraag uitgedrukt als equivalente gashoeveelheid en het werkelijke gasverbruik van de ketel direct in de dezelfde jaarbelastingduurkromme kunnen worden aangegeven (zie figuur 3.7).

met bio-olie gestookt moet worden is ca 1450 uur. Tweederde van de verwarmingscapaciteit moet in dit geval met bio-olie kunnen werken. Hoewel $\frac{2}{3}$ van de capaciteit met bio-olie wordt gestookt, wordt in dit voorbeeld slechts ongeveer $\frac{1}{5}$ van de totaal benodigde warmte met bio-olie opgewekt (dekkingsgraad van 20.3%) en dus $\frac{4}{5}$ met aardgas.

Bij een ander niveau van de maximale warmtevraag die met gas wordt ingevuld, zullen uiteraard de gas-/oliedekkingsgraden anders worden en ook de reductie van de maximale gasafname (en daarmee dus ook de gascontractcapaciteit). Hoe het bijstoken van bio-olie voor verschillende grensniveaus uitwerkt op de rentabiliteit van de benodigde extra investeringen, is nader uitgewerkt in paragraaf 4.2.



Figuur 3.7 Jaarbelastingduurkromme van de (equivalente) gasvraag voor een fresiateelt (voor 1.5 ha). Het (lichtblauwe plus paarse) oppervlak onder de kromme representeert de totale warmtevraag voor verwarming en stomen. De smalle hoge piek is met name een gevolg van het stomen. Tevens is aangegeven hoe de duurkromme met een combinatie van aardgas (voor de basislast, paarse oppervlak) en bio-olie (voor de pieken, lichtblauwe oppervlak) kan worden 'ingevuld'. In dit voorbeeld kan door de toepassing van bio-olie de contractcapaciteit met ca $\frac{2}{3}$ worden gereduceerd. De dekkingsgraad van de bio-oliewarmteproductie is dan ca 20.3%.

4 BEDRIJFSECONOMISCHE ANALYSE

In dit hoofdstuk zal de rentabiliteit van de in hoofdstuk 3 gedefinieerde bio-oliecasussen worden nagegaan, in paragraaf 4.1 voor de tomatenteelt en in paragraaf 4.2 voor de fresiateelt.

4.1 Rentabiliteit bio-oliestoken bij tomatenteelt

4.1.1 Investerings

Bij de beoordeling van de rentabiliteit draait het vooral om de benodigde meerinvesteringen in relatie tot de te verwachten jaarlijkse 'profits'. Wat betreft de meerinvesteringen is in paragraaf 2.1 aangegeven dat het gaat om twee hoofdposten:

- aanpassing van (een deel van) de ketelcapaciteit voor bio-olie: bio-oliebrander, brandstofpompen, brandersturing/-regeling (dual-fuel bedrijfsvoering)
- bio-olie-opslagtank.

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de aan te passen ketel zelf er al is (bij een bestaande installatie) of (in geval van nieuwbouw) toch zou moeten worden aangeschaft. Er wordt geen rekening gehouden met het feit dat bij nieuwe installaties eventueel op een gasbrander kan worden bespaard. Voor de dimensionering van de bio-oliebrander is gekozen voor 2000 kW netto thermisch te leveren vermogen voor variant V3, V4 en V6 (= 50% van de totale verwarmingscapaciteit) en voor 2400 kW_{th} bij variant V5. In principe zou bij variant V3 met een kleinere brander kunnen worden volstaan, maar vanwege de hogere flexibiliteit qua bedrijfsvoering en de relatief geringe besparing op de branderkosten is ook bij deze variant uitgegaan van 2000 kW_{th}. Op basis van de referentie-investeringen genoemd in paragraaf 2.1 en rekening houdend met de kleinere schaal is voor de bio-oliebrander met toebehoren gerekend met een specifieke investeringsprijs van 20 EUR/kW_{th}. Daarmee komt de 2000 kW_{th} brander op 40 kEUR en de 2400 kW_{th} versie op 48 kEUR.

Verder is bij alle 4 varianten uitgegaan van een RVS opslagtank voor de bio-olie met een volume van 30 m³ en een geschatte aanschafprijs (inclusief leidingen) van 15 kEUR (RVS is uit voorzorg genomen, er van uitgaand dat dit in verband met de corrosiviteit van de bio-olie nodig is). Omdat de genoemde prijzen 'orde-van-grootte-ramingen' zijn, zal in de gevoeligheidsanalyse van de rentabiliteitscijfers ook met een hogere respectievelijk lagere prijs worden gerekend (+/- 40%).

4.1.2 Besparing op energiekosten (tomaat)

De meerinvestering voor de bio-olie-installatie en de extra onderhoudskosten hiervoor zullen moeten worden terugverdiend door een besparing op de energiekosten. De belangrijkste be-

sparing moet worden verkregen door een forse reductie van de contractcapaciteit voor aardgas (in verhouding tot de afname van het totale jaarvolume), waardoor met name de capaciteits- en transportkosten per m³ aardgas lager worden. Hierbij wordt nogmaals in herinnering gebracht, dat wordt uitgegaan van een 'commodity-diensten-tariefsysteem' voor aardgas, zoals beschreven in paragraaf 2.2 (in casu 'Prijsstelsel Gasverkoop').

De energiekosten zijn berekend op basis van het tariefmodel (conform paragraaf 2.2) en uitgaande van de kenmerken van het energieverbruik zoals bepaald in paragraaf 3.3. Tabel 4.1 geeft per variant een overzicht van de belangrijkste energiekostencijfers op jaarbasis en de besparing ten opzichte van de gehanteerde referentie (in dit geval referentie 1: geen bio-olie en geen 'warmtebufferpiekreductiestrategie'). De tabel bevat de volgende kolommen:

- beknopte variant-omschrijving
- aardgasverbruik per m² kas¹¹⁾ per jaar (m³/m²)
- volumekosten van aardgas (kosten 'commodity', EUR/m²)
- TDC+BSB+REB: transport-, distributiekosten en capaciteitskosten, brandstoffenbelasting en regulerende energiebelasting (EUR/m²)
- totale aardgasinkoopkosten per jaar (EUR/m²)
- 'all-in' gasprijs per kuub (EUR/m³)
- kosten bio-olie (EUR/m²)
- totale energiekosten (gas, bio-olie en elektriciteit, EUR/m²)
- jaarlijkse besparing op energiekosten (EUR/m²)
- procentuele besparing op jaarlijkse energiekosten (%).

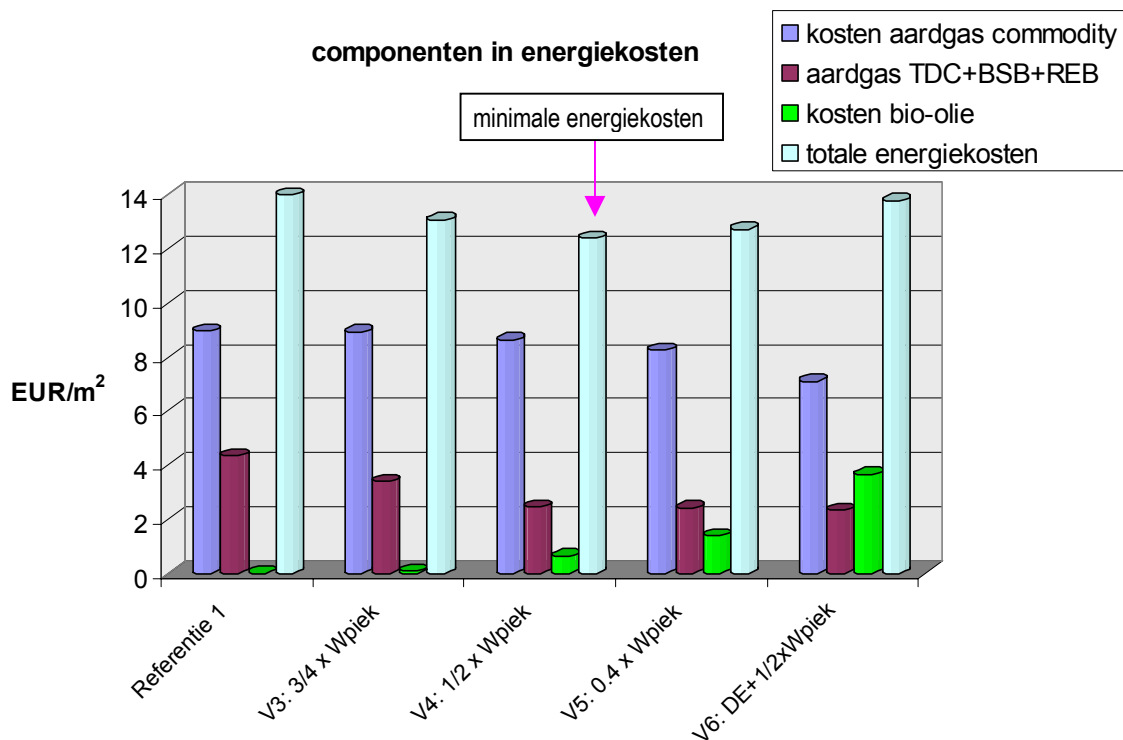
Tabel 4.1 Overzicht energiekosten tomatenteelt bij verschillende inzet van bio-olie en besparing op energiekosten ten opzichte van referentie 1.

Variant	aardgas volume	aardgasvo- lumekosten	aardgas TDC+BSB +REB	totaal aard- gasinkoop	gasprijs per m ³	kosten bio-olie	netto ener- giekosten totaal ^{*)}	besparing energiekos- ten totaal	besparing energie- kosten
per jaar	m ³ /m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ³	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	%
Referentie 1	62.7	8.95	4.33	13.28	0.2117	0.00	13.96		
V3: 3/4 x Wpiek	62.5	8.91	3.39	12.31	0.1969	0.07	13.05	0.91	6.5%
V4: 1/2 x Wpiek	60.4	8.62	2.44	11.06	0.1829	0.65	12.38	1.58	11.3%
V5: 0.4 x Wpiek	57.9	8.25	2.41	10.66	0.1843	1.37	12.71	1.25	8.9%
V6: DE+1/2xWpiek	49.7	7.09	2.34	9.43	0.1897	3.66	13.76	0.20	1.4%

^{*)} inclusief elektriciteit, ca 0.68 EUR/m²

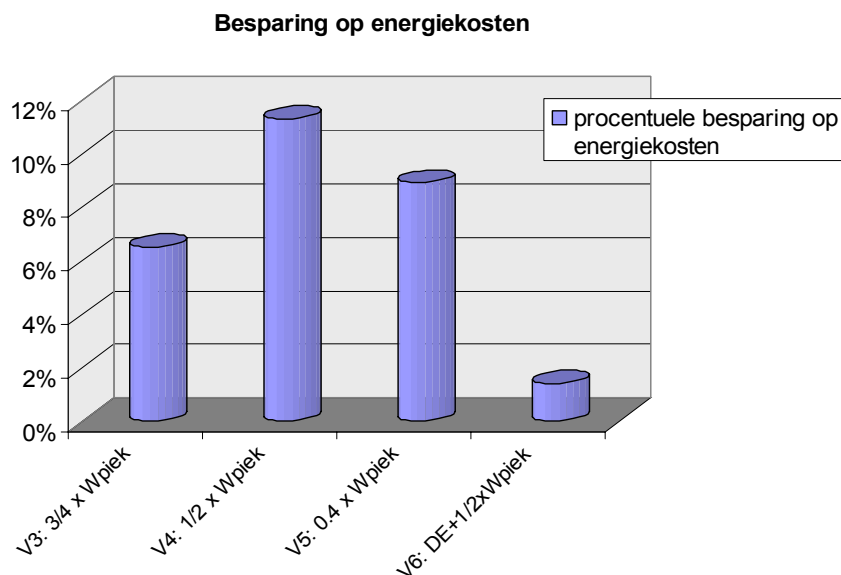
¹¹⁾ Het absolute aardgasverbruik is relatief hoog ten opzichte van wat bij tomatenteelten met schermen in bijvoorbeeld [5] wordt aangegeven. Verklaringen hiervoor zijn: SimKas gebruikt een relatief koud referentiejaar (zie ook bijlage B), andere geografische locatie (de Bilt vs Naaldwijk), andere schermstrategie (minder schermuren), andere CO₂-concentratie (langer en meer CO₂-doseren), en andere regeling. Er wordt hier benadrukt, dat het in deze studie niet zo zeer gaat om de absolute getallen maar om de verschillen tussen alternatieve en referentiesituatie. Een eventuele 'offset' in het gasverbruik (als gevolg van andere uitgangspunten) valt in het verschil grotendeels weg.

In figuur 4.1 zijn de belangrijkste componenten in de jaarlijkse energiekosten grafisch uitgezet. Uit de grafiek blijkt duidelijk dat er een minimum in de energiekosten is bij variant V4. Dit is te verklaren uit het verloop van de TDC+BSB+REB-kosten en de bio-oliekosten. Komende vanuit de referentiesituatie gaande naar V4 nemen met name de TDC-kosten sterk af. Verder gaand naar V5 en V6 treedt echter geen verdere daling van de TDC-kosten meer op. Dit komt omdat bij V5 en V6 de contractcapaciteit bepaald wordt door het gasdebiet dat nodig is voor CO₂-doseren. CO₂-dosering vindt alleen plaats met de gasketel. Daarentegen neemt bij V5 en V6 de kosten van bio-olie sterk toe, terwijl deze bij referentie 1 nul, bij V3 verwaarloosbaar en bij V3 nog klein zijn.



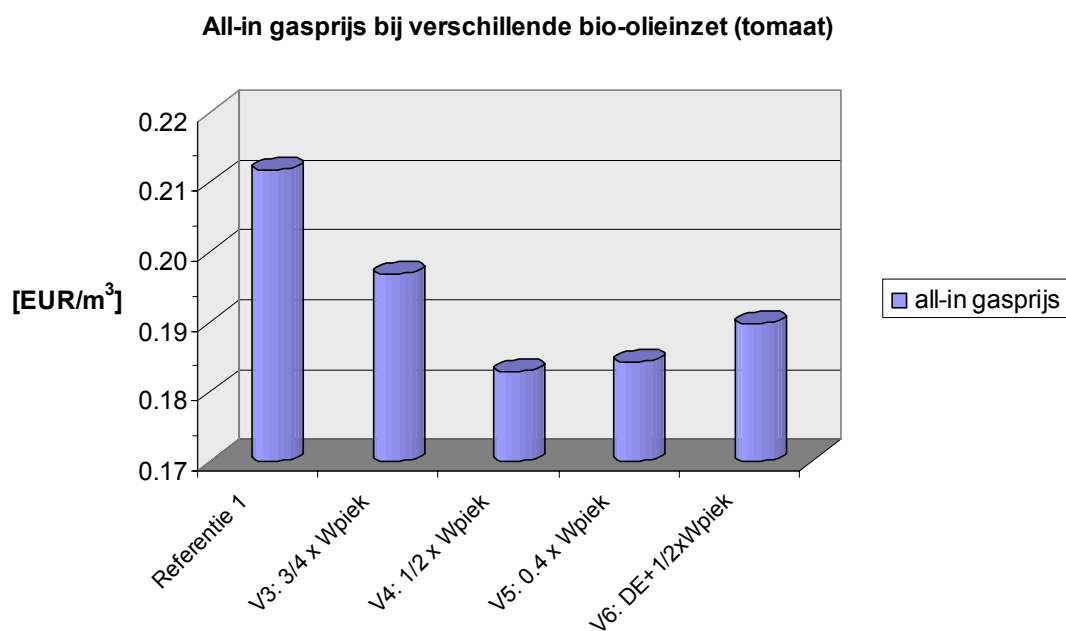
Figuur 4.1 Overzicht van de hoofdcomponenten in de energiekosten van de verschillende varianten en van referentie 1 in EUR/m² (voor tomatenteelt). "TDC+BSB+REB" omvat transport-, distributiekosten en capaciteitskosten, brandstoffenbelasting en regulerende energiebelasting. Tevens zijn de totale energiekosten gegeven.

De besparing op de energiekosten is uiteraard maximaal bij de variant met de laagste energiekosten. Variant V4 bespaart 11.3% op de energiekosten. In absolute zin is dit 1.58 EUR/m² per jaar, of te wel 31 600 EUR per jaar voor een kas van 2 ha. Figuur 4.2 laat in één oogopslag voor elk varianten de procentuele reducties van de jaarenergiekosten zien.



Figuur 4.2 Procentuele besparing op energiekosten (ten opzichte van referentie 1) voor tomatenteelt.

Figuur 4.2 toont in grafische vorm de resulterende 'all-in' gasprijs. Deze is (ook) bij V4 het laagst. De gasprijs loopt bij V5 en V6 weer iets op, omdat de gelijkblijvende TDC-kosten over iets minder kuubs gas moeten worden verdeeld. Het verschil in gasprijs tussen de referentie en variant V4 bedraagt bijna 3 Eurocent/m³.



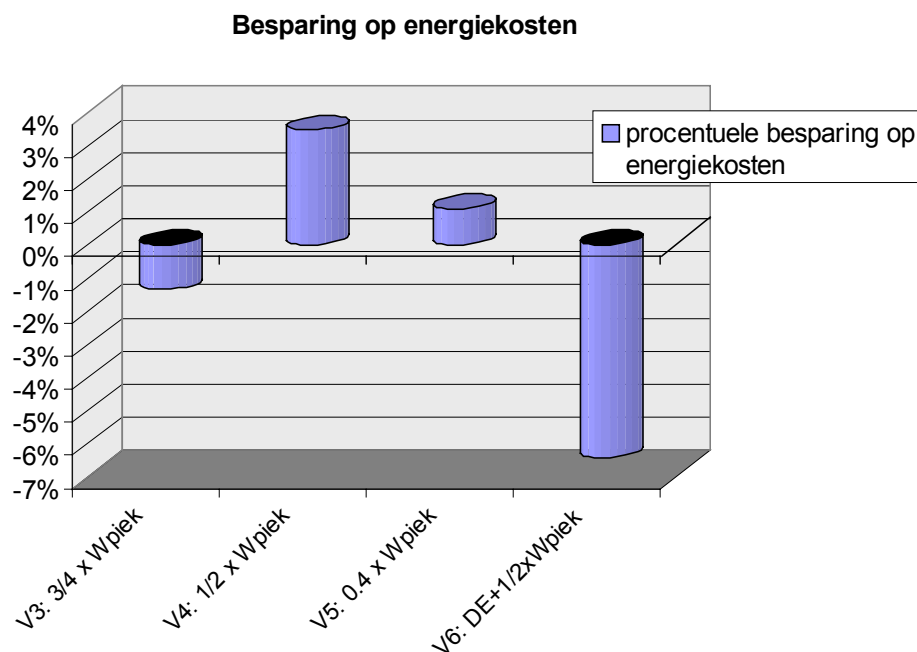
Figuur 4.3 'All-in' gasprijs voor de verschillende varianten en voor de uitgangssituatie referentie 1.

Tabel 4.2 laat dezelfde energie(kosten)cijfers zien als tabel 4.1 maar nu met en ten opzichte van referentie 2. Bij referentie 2 wordt geen bio-olie gebruikt, maar heeft wel een gaspiek-reductie plaats gehad door de warmtebuffer in de winter aan te wenden om de uurpieken af te vlakken (zie ook tabel 3.1). Uit de cijfers in de laatste kolom blijkt, dat in deze situatie de toepassing van bio-olie tot een veel kleinere besparing op de energiekosten leidt (V4 en V5), of, bij V3 respectievelijk V6, zelfs een verhoging van de energiekosten met zich meebrengt (zie ook figuur 4.4). Hieruit blijkt duidelijk, dat het potentieel om de investering terug te verdienen in dit geval veel kleiner is, dan in de situatie waarbij er nog niets aan gaspiekreductie is gedaan (zie verder de volgende paragraaf).

Tabel 4.2 Overzicht van energiekosten van tomatenteelt bij verschillende inzet van bio-olie en besparing op de energiekosten ten opzichte van referentie 2.

Variant	aardgas volume	aardgasvo- lumekosten	aardgas TDC+BSB +REB	totaal aard- gasinkoop	gasprijs per m ³	kosten bio-olie	netto ener- giekosten totaal *	besparing energiekos- ten totaal	besparing energie- kosten
per jaar	m ³ /m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ³	EUR/m ²	EUR/m ²	EUR/m ²	%
Referentie 2	64.3	9.17	3.02	12.19	0.1896	0.00	12.87		
V3: 3/4 x Wpiek	62.5	8.91	3.39	12.31	0.1969	0.07	13.05	-0.19	-1.3%
V4: 1/2 x Wpiek	60.4	8.62	2.44	11.06	0.1829	0.65	12.38	0.49	3.5%
V5: 0.4 x Wpiek	57.9	8.25	2.41	10.66	0.1843	1.37	12.71	0.15	1.1%
V6: DE+1/2xWpiek	49.7	7.09	2.34	9.43	0.1897	3.66	13.76	-0.89	-6.4%

*) inclusief elektriciteit, ca 0.68 EUR/m²



Figuur 4.4 Procentuele besparing op energiekosten (ten opzichte van referentie 2).

4.1.3 Bedrijfsvoerings- en onderhoudskosten

Ten behoeve van de rentabiliteitsberekeningen is uitgegaan van onderhoudskosten ter grootte van 2% van de investeringskosten per jaar voor de bio-oliebrander en 1% voor de bio-olietank. Er wordt uitgegaan van een levensduur van de bio-oliebrander en opslagtank van 15 jaar.

4.1.4 Rentabiliteitsanalyse toepassing van bio-olie bij tomaat

In deze paragraaf wordt op basis van de geraamde investeringen (paragraaf 4.1.1), de besparingen op energiekosten (paragraaf 4.1.2) en de onderhoudskosten (paragraaf 4.1.3) de volgende rentabiliteitscijfers bepaald:

- *Netto-contante-waarde NCW* (engels: Net Present Value (NPV)): dit is de som van alle verdisconteerde (d.w.z. naar het begin van de projectevaluatieperiode 'contant gemaakte') uitgaande en inkomende cashflows van het project. De interestvoet (verdisconteringsrente) is in principe gelijk aan het minimum rendement dat vereist wordt voor de investering. Een NCW groter dan 0 betekent een hoger rendement, een negatieve NCW juist een lager rendement. Hoe groter de NCW, hoe aantrekkelijker financieel gezien de optie is. De NCW zegt weinig over het risico van de investering. Daarvoor dienen meerdere aspecten te worden bekeken (zie ook de gevoeligheidsanalyse in paragraaf 4.1.5).
- *Interne rendementsgraad* van project (engels: Internal Rate of Return, IRR): dit is de verdisconteringsrente waarbij de netto-contante-waarde van de cashflows over de beschouwde periode juist 0 is. De IRR wordt ook wel het "*projectrendement*" genoemd.
- *(Eenvoudige) terugverdiëntijd (TVT) = investering / netto jaarlijkse financiële besparing*
Dit kental wordt vaak gebruikt als eerste indicatie om de rentabiliteit te beoordelen. Voor een evenwichtige, complete beoordeling is ze echter onvoldoende omdat er van wordt uitgegaan dat in alle perioden dezelfde besparing zal optreden, wat niet het geval hoeft te zijn, en omdat er geen rekening wordt gehouden met de tijdswaarde van de kasstromen.
- *Verbeterde terugverdiëntijd* (afgekort VTVT, ook wel genoemd 'Discounted Payback Period'): dit is de periode waarin de verdisconteerde opbrengsten juist de initiële investering zullen hebben terugbetaald. Deze 'pay-back indicator' houdt rekening met de tijdswaarde van de kasstromen. Alhoewel de (verbeterde) terugverdiëntijd op zich zelf geen voldoende criterium is om investeringsprojecten te beoordelen, geeft ze wel een indicatie omtrent het risico van het project: het is relatief eenvoudiger om kasstromen in de nabije toe-

komst in te schatten dan die in de verre toekomst. Een project met een korte pay-back periode heeft dus een lager risico dan een project met een lange pay-back periode.

In tabel 4.3 zijn de verschillende rentabiliteitscijfers gegeven voor de uitgangssituatie zonder piekscheren (referentie 1) en in tabel 4.4 voor de startsituatie waarbij reeds sprake is van piekscheren met de warmtebuffer (referentie 2). Tevens is in de laatste kolom de CO₂-kosteneffectiviteit gegeven¹².

Tabel 4.3 Rentabiliteitskentallen voor bio-oliestoken voor tomatenteelt, uitgaande van referentie 1 (geen bio-olie; geen gaspiekreductie).

Rentabiliteitskentallen tomatenteelt	evaluatie- periode	fiscale / financiële instrumenten	TVT	VTVT	NCW	IRR	CO ₂ -kosten- effectiviteit
Referentie 1: gasketel; geen bufferpiekreductiestrategie	jaar		jaar	jaar	EUR/m ²	%	EUR/ton
Systeemvariant							
Var.3: add.bio-olieketel; piekscheerstrategie: 3/4*Wpiek	15	geen	3.2	3.5	5.7	44.2	652
Var.4: add.bio-olieketel, piekscheerstrategie: 1/2*Wpiek	15	geen	1.8	1.9	12.3	121.8	70
Var.5: add.bioketel, piekscheerstrategie: 0.4*Wpiek	15	geen	2.6	2.8	8.5	59.2	37
Var.6: add.bioketel; fractieDE+piekscheerstrategie	15	geen	18.2	>30	-1.2	-2.8	12

Tabel 4.4 Rentabiliteitskentallen voor bio-oliestoken voor tomatenteelt, uitgaande van referentie 2 (geen bio-olie; gaspiekreductie met behulp van warmtebuffer).

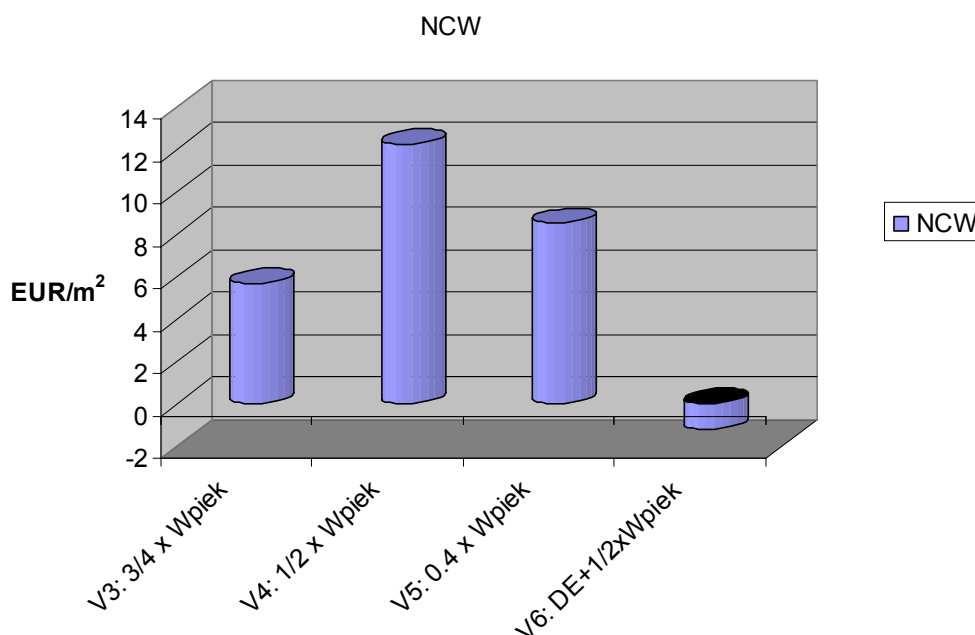
Rentabiliteitskentallen tomatenteelt	evaluatie- periode	fiscale / financiële instrumenten	TVT	VTVT	NCW	IRR	CO ₂ -kosten- effectiviteit
Referentie 2: gasketel; wel bufferpiekreductiestrategie	jaar		jaar	jaar	EUR/m ²	%	EUR/ton
Systeemvariant							
Var.3: add.bio-olieketel; piekscheerstrategie: 3/4*Wpiek	15	geen	-	-	-4.9	-	90
Var.4: add.bio-olieketel, piekscheerstrategie: 1/2*Wpiek	15	geen	6.3	7.7	1.6	16.5	42
Var.5: add.bioketel, piekscheerstrategie: 0.4*Wpiek	15	geen	32.7	>30	-2.1	-9.6	28
Var.6: add.bioketel; fractieDE+piekscheerstrategie	15	geen	-	-	-11.8	-	11

Uit tabel 4.3 volgt duidelijk dat gaspiekreductie met bio-olie in de situatie dat er nog niet aan piekreductie is gedaan zeer lucratief is. Zowel V3, V4 als V5 hebben een terugverdiendtijd van minder dan 3.2 jaar. Bij V4 is die zelfs minder dan 2 jaar. Variant 4 is volgens alle rentabiliteitscijfers (bij de gehanteerde uitgangspunten) de meest interessante optie: kortste terugverdiendtijd (1.8 jaar) en grootste netto-contante-waarde (12.3 EUR/m² over 15 jaar) en hoogste interne rendementsgraad (121.8%). Als er meer dan ½ x de warmtepiek aan bio-olie wordt bijgestookt (V4), dan daalt de rentabiliteit, omdat er steeds meer gas door duurdere bio-olie wordt vervangen terwijl de transport-, distributie- en capaciteitskosten van de gasle-

¹² De CO₂-kosteneffectiviteit is gedefinieerd als de jaarlijkse annuïteit van een lening ter grootte van de investering (bij het aangenomen rentepercentage - hier 6% - en bij een looptijd ter grootte van de projectevaluatieperiode, hier 15 jaar) gedeeld door de jaarlijkse CO₂-reductie.

vering niet verder afnemen. Om die reden is ook variant 6 waarbij de basis van de warmtevraag met bio-olie wordt ingevuld niet interessant.

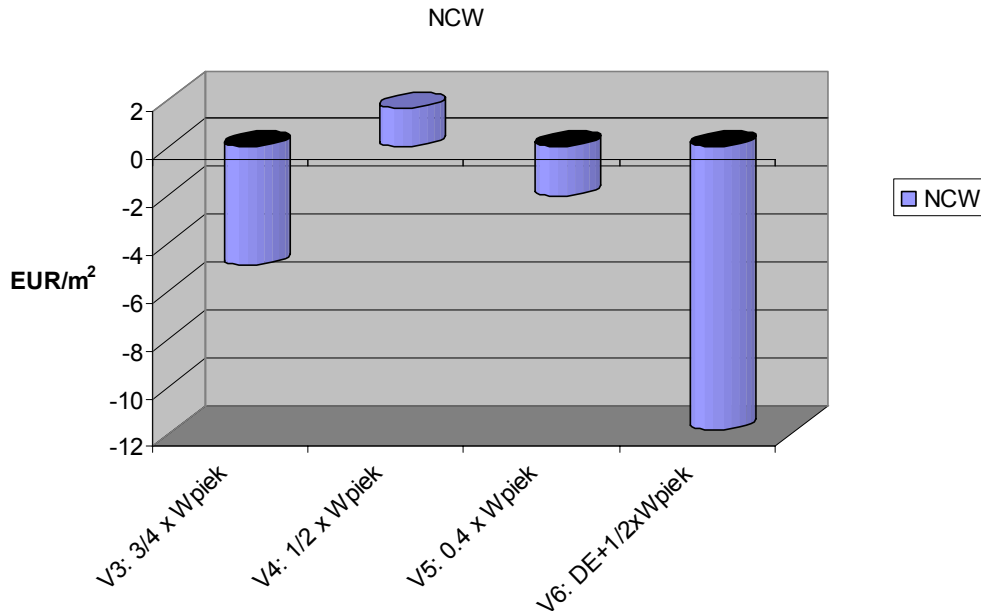
Figuur 4.5 toont in een balkendiagram de netto-contante-waarde voor de verschillende varianten. Hieruit komt V4 ook duidelijk naar voren als de meest interessante variant.



Figuur 4.5 Netto-contante-waarde van de bio-olievarianten uitgaande van referentie 1 (voor een projectevaluatieperiode van 15 jaar).

In de uitgangssituatie waarin al piekreductie is gerealiseerd met behulp van de warmtebuffer (referentie 2), is, zoals op basis van de energiekostenbesparingscijfers uit tabel 4.2 al was te verwachten, alleen versie V4 bedrijfseconomisch interessant. De eenvoudige terugverdientijd is in dit geval ca 6.3 jaar, de netto-contante-waarde 1.6 EUR/m² en de IRR 16.5% (zie tabel 4.4). Variant V5 verdient zich nauwelijks terug (en rekening houdend met verdiscontering van de kasstromen helemaal niet). De varianten V3 en V6 verdienen zich in het geheel niet terug. De netto-contante-waarden van de 4 varianten uitgaande van referentie 2 zijn grafisch uitgezet in figuur 4.6.

Opgemerkt wordt nog, dat er bij de bovengenoemde rentabiliteitscijfers geen rekening is gehouden met mogelijke (toekomstige) vergoedingen/subsidies voor CO₂-reductie (en andere subsidies). Indien in het kader van CO₂-reductieplannen of in het kader van CO₂-emissiehandel de reducties geld waard worden, dan kan de optie V6 alsnog interessant worden (deze heeft een relatief gunstige CO₂-kosteneffectiviteit van 11 à 12 EUR/ton).



Figuur 4.6 Netto-contante-waarde van de bio-olievarianten uitgaande van referentie 2 (voor een projectevaluatieperiode van 15 jaar).

4.1.5 Gevoeligheidsanalyse rentabiliteit tomatenteelt

In deze paragraaf zal worden nagegaan hoe gevoelig de rentabiliteitscijfers zijn voor onzekerheden in de belangrijkste bepalende parameters. Daartoe wordt voor elk van die parameters een onzekerheidsgebied geschat. Vervolgens wordt voor elke parameter het effect op de rentabiliteitskentallen berekend, wanneer die parameter tussen de uiterste waarden van het onzekerheidsgebied varieert. De verschillende effecten kunnen worden uitgezet in een zogenaamd 'tornado-diagram'. Hierin worden in volgorde van afnemende gevoeligheid middels balken de verschillende gevoeligheden uitgezet ten opzichte van de 'middenwaarde' (verwachte waarde). Het resulterende diagram heeft een vorm die enigszins lijkt op de trechtersvorm van een tornado, vandaar de benaming.

Figuur 4.7 toont het tornadodiagram voor de terugverdientijd (TVT) van (de meest rendabele) systeemvariant V4 (bio-olie-inzet als de warmtevraag groter is dan 1/2 x de piekwarmtevraag, uitgaande van referentie 1). De verwachte waarde van de TVT bedraagt 1.8 jaar. De parameters die invloed hebben op de TVT staan links in de figuur. Tussen rechte haken achter de parameterbeschrijving staat de aangenomen 'middenwaarde' van de betreffende parameter. De lengte van de bovenste rode balk geeft aan hoeveel de TVT langer wordt, indien de benodigde investeringen voor de bio-olie-aanpassingen aan de ketel 40% hoger zouden

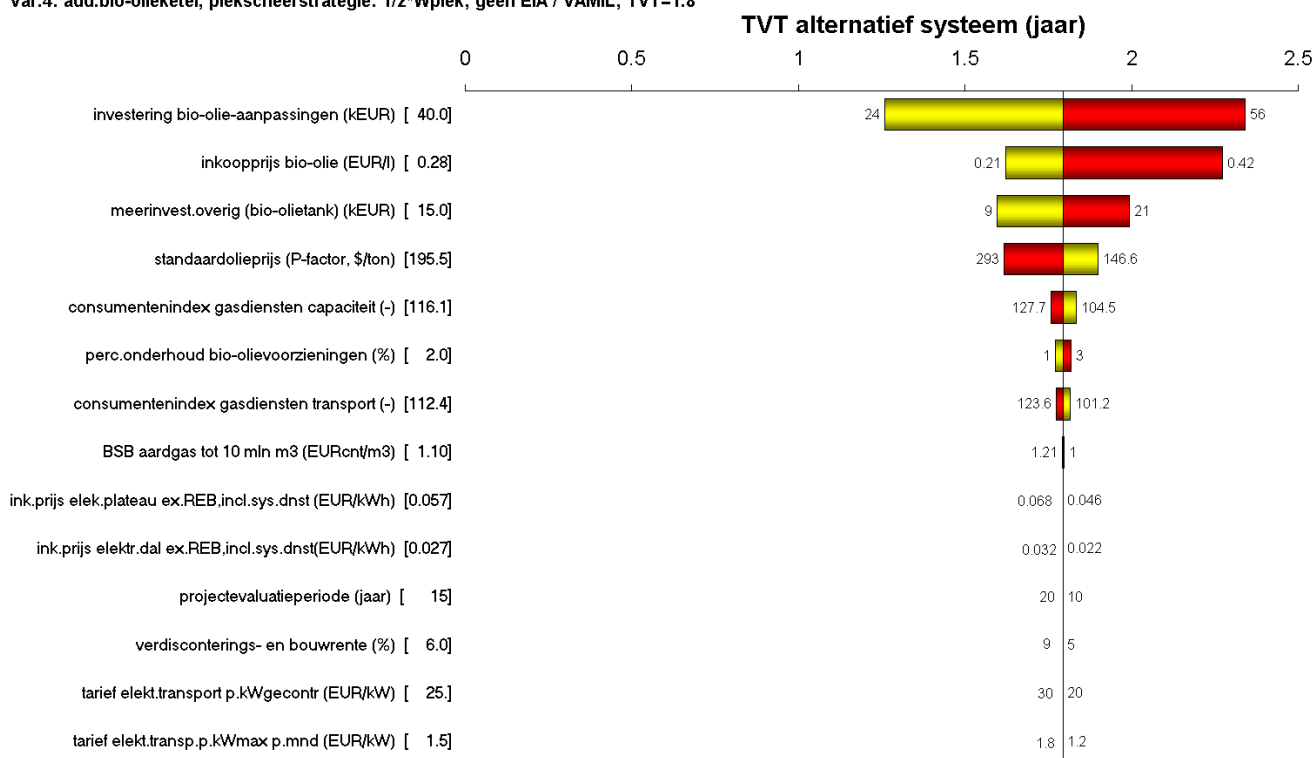
zijn dan de middenwaarde: een investering van 56 kEUR in plaats van 40 kEUR betekent een verlenging van de terugverdientijd van 1.8 jaar naar 2.3 jaar. Een 40% lagere investering (24 kEUR) betekent een TVT van ca 1.2 jaar.

De tweede parameter op de gevoeligheidsranglijst is de inkoopprijs van de bio-olie. Wordt de bio-olie 50% duurder (0.42 EUR/l in plaats van 0.28 EUR/l), dan stijgt de TVT met bijna een 0.5 jaar. Wordt de bio-olie 25% goedkoper dan daalt de TVT met ca 0.2 jaar. Hieruit blijkt dat het risico voor de tuinder wat betreft onzekerheid in de bio-olieprijs zeer beperkt blijft.

De derde parameter op de gevoeligheidsranglijst is de investering in de bio-olie-opslagtank. Een 40% hogere of lager investering verandert de TVT met ca (+ of -) 0.2 jaar. (In principe hadden de investeringen van de ketelaanpassingen en de bio-olieopslagtank ook samengenomen kunnen worden.)

Pas op de vierde plaats qua gevoeligheid staat de standaard-olieprijs (P-factor), die bepalend is voor de commodity-prijs van het aardgas. Een 50% hogere P-factor betekent een verkorting van de TVT met ca 0.2 jaar, een 25% lagere P-factor een verlenging van ca 0.1 jaar. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de rentabiliteit van de investering niet erg gevoelig is voor de hoogte van de (commodity) gasprijs. De reden hiervoor is dat er slechts relatief weinig kubieke meters aardgas worden 'verdrongen' door bio-olie.

Var.4: add.bio-olieketel, piekscheerstrategie: 1/2*Wpiek; geen EIA / VAMIL; TVT=1.8



Figuur 4.7 Tornado diagram voor de terugverdientijd van variant 4 uitgaande van referentie 1.

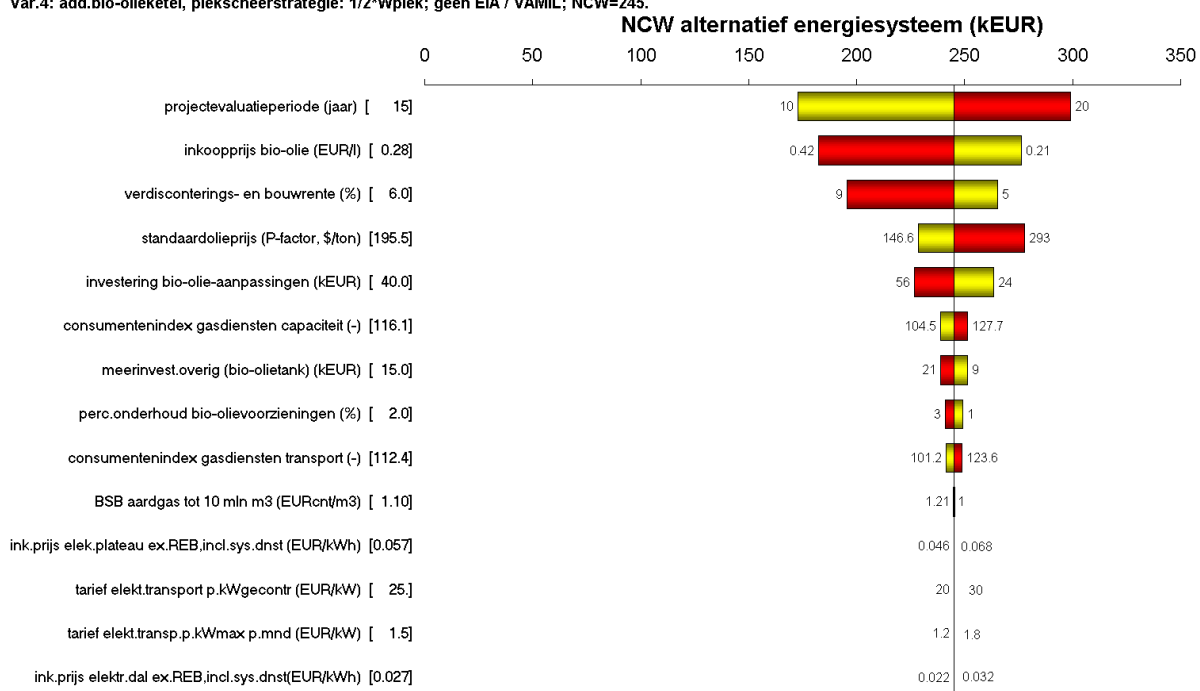
De overige invloedsfactoren (zoals de consumentenprijsindex in de capaciteitscomponent van de gasprijs, het percentage onderhoudskosten, etc.), hebben een verwaarloosbare impact op de rentabiliteit (< 0.05 jaar).

In figuur 4.8 is voor dezelfde invloedsfactoren het tornadodiagram gegeven voor de netto-contante-waarde. De middenwaarde is 245 kEUR (voor 2 ha) over een projectevaluatieperiode van 15 jaar. In dit geval heeft de projectevaluatieperiode zelf de meeste invloed op de netto-contante-waarde. Een periode van 20 jaar leidt tot een NCW van bijna 300 kEUR een periode van 10 jaar tot ca 170 kEUR. Gezien de definitie van de NCW is het logisch dat de NCW toeneemt met een langere periode. De mate waarin is echter afhankelijk van de specifieke situatie. Hierbij wordt nog opgemerkt dat de projectevaluatieperiode geen invloed heeft op de TVT, zie figuur 4.7. (Ook dit volgt uit de definitie van dat kental).

Ook bij de NCW is de prijs van bio-olie de tweede factor qua gevoeligheid. Een 50% hogere bio-olieprijs reduceert de NCW met 62 kEUR. Bij een 25% lagere prijs wordt deze 31 kEUR hoger.

De derde factor op de gevoeligheidsranglijst is de verdisconteringsrente (en bouwrente, dit laatste is hier echter niet aan de orde). Een 3% hogere rentevoet (9% in plaats van 6%) betekent een reductie van de NCW van 50 kEUR. Een 1% lagere rentevoet (5%) levert ca 20 kEUR extra op. De standaard-olieprijs komt op de 4-de plaats qua gevoeligheid (-16/+32 kEUR bij 25% lagere respectievelijk 50% hogere P-factor).

Var.4: add.bio-olieketel, piekscheerstrategie: 1/2*Wpiek; geen EIA / VAMIL; NCW=245.



Figuur 4.8 Tornadodiagram voor de netto-contante-waarde van variant 4 uitgaande van referentie 1.

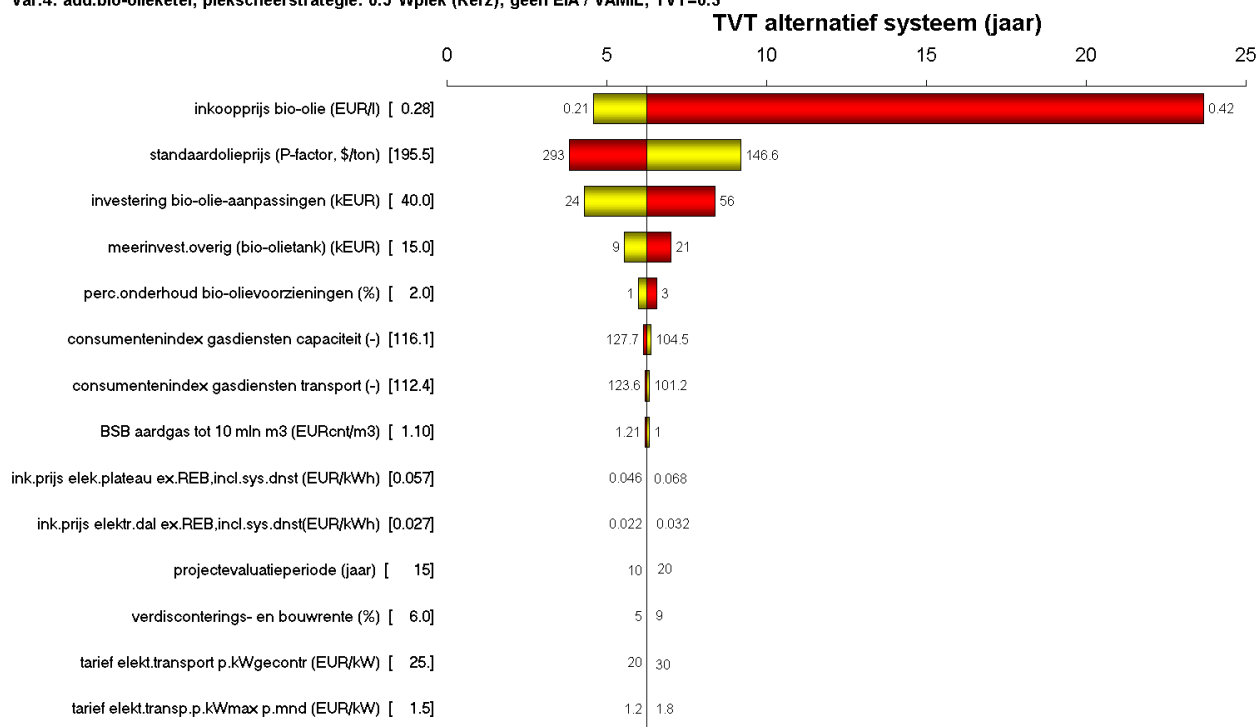
Pas op de vijfde plaats op de gevoeligheidsranglijst komt in deze situatie de grootte van investering in de bio-olieaanpassingen van de ketel. 40% meer of minder investering betekent slechts 18 kEUR minder of meer NCW over 15 jaar. Dit betekent dat de grootte van de investering relatief onbelangrijk is, voor wat de ondernemer er over een periode van 15 jaar aan kan verdienen.

In figuur 9 is wederom het tornadodiagram voor de terugverdientijd gegeven, maar nu voor de situatie waarbij er reeds gaspiekreductie heeft plaats gehad met het warmtebuffer (referentie 2). In dit geval is de situatie geheel anders dan bij figuur 4.7. Nu is de gevoeligheid voor de bio-olieprijs dominant. Stijgt de bio-olieprijs met 50% naar 0.42 EUR/l dan verandert de TVT van 6.3 jaar naar een (bedrijfseconomisch) onacceptabele 23 jaar. De standaardolieprijs komt nu op de tweede plaats qua gevoeligheid (3 jaar langer respectievelijk 2.5 jaar korter, bij een variatie van de P-waarde van +50% respectievelijk -25%)

De grootte van investering in de bio-oliebrander komt nu op de derde plaats. Het effect van een + of -40% variatie blijft beperkt tot +2.1 respectievelijk -2 jaar.

Concluderend kan op basis van de gevoeligheidsanalyses worden gesteld dat het risico van een niet-rendabele investering in het geval van referentiesituatie 2, veel groter is, dan bij referentie 1. Met name de onzekere prijs van de bio-olie vormt bij referentie 2 een groot risico en kan de rentabiliteit geheel onderuit halen.

Var.4: add.bio-olieketel; piekscheerstrategie: 0.5*Wpiek (Ref2); geen EIA / VAMIL; TVT=6.3



Figuur 4.9 Tornadodiagram voor de terugverdientijd van variant 4 uitgaande van referentiesituatie 2.

Overigens kunnen er in de toekomst redenen zijn om toch bio-olie (mee) te stoken, ook al is het bedrijfseconomisch wat betreft besparing op de energiekosten niet (erg) rendabel. Dit kan het geval zijn, als het bedrijf boven de wettelijke energienorm uitkomt, die in het kader van het Besluit Glastuinbouw is of nog wordt opgelegd. Zodra een (in de toekomst mogelijke) boete hoger wordt, dan de extra kosten voor bio-oliestoken, dan wordt de investering toch interessant. Ook in het kader van de in de toekomst verwachte CO₂-emissiehandel kan bio-olie(mee)stoken op glastuinbouwbedrijven toch interessant (of nog interessanter) worden.

Opmerking

De bandbreedte in de bio-olieprijs genoemd in paragraaf 2.1 (+/- 17%) is gebaseerd op de 'huidige' situatie (mei 2003). Bij de analyses van de risico's, zoals in deze paragraaf onderzocht is het reëel uit te gaan van een grotere onzekerheid, omdat de situatie naarmate de toekomst verder weg ligt onzekerder zal zijn. Er is hier gekozen voor een 3x zo grote onzekerheid naar boven (+50%) en 1.5x zo groot naar beneden (-25%). Deze keuze is uiteraard enigszins arbitrair.

4.1.6 Energie-investeringsaftrek

Bij de rentabiliteitscijfers van paragraaf 4.1.4 is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid om EIA (energie-investeringsaftrek) aan te vragen. Navraag bij Senter leerde, dat de investering in een bio-olie-installatie in principe onder de EIA-regeling valt (in 2003 onder nummer 251106 ad b, "biomassaverbrandingsinstallatie met benutting van warmte"). 55% van de benodigde investering mag van de fiscale winst worden afgetrokken. Bij een vennootschapsbelasting van 34.5% betekent dit effectief een reductie van circa 19% op de investering, ervan uitgaande dat er (voldoende) winst gemaakt wordt. Het effect op de rendementscijfers van een effectief verlaagde investering kan worden ingeschat met behulp van de Tornado-diagrammen van paragraaf 4.1.5. Rekening houdend met EIA daalt de terugverdientijd van de beste variant (V4) van 1.8 naar 1.5 jaar, uitgaande van R1, respectievelijk van 6.3 naar 5.4 jaar, uitgaande van R2, Voor de overige cijfers zie tabellen 4.3.a en 4.4.a.

Tabel 4.3.a Rentabiliteitskentallen voor bio-oliestoken voor tomatenteelt, uitgaande van referentie 1 (geen bio-olie; geen gaspiekreductie). In de investeringen is rekening gehouden met EIA

Rentabiliteitskentallen tomatenteelt	evaluatie- periode	fiscale / financiële instrumenten	TVT jaar	VTVT jaar	NCW EUR/m ²	IRR %	CO ₂ -kosten- effectiviteit EUR/ton
Referentie 1: gasketel; geen bufferpiekreductiestrategie	jaar						
Systeemvariant							
Var.3: add.bio-olieketel; piekscheerstrategie: 3/4*Wpiek	15	EIA	2.8	3.0	6.1	55.5	652
Var.4: add.bio-olieketel; piekscheerstrategie: 1/2*Wpiek	15	EIA	1.5	1.6	12.6	175.5	70
Var.5: add.bioketel; piekscheerstrategie: 0.4*Wpiek	15	EIA	2.3	2.4	9.0	77.0	37
Var.6: add.bioketel; fractieDE+piekscheerstrategie	15	EIA	15.7	>30	-0.8	-0.8	12

Tabel 4.4.a Rentabiliteitskentallen voor bio-oliestoken voor tomatenteelt, uitgaande van referentie 2 (geen bio-olie; gaspiekreductie met behulp van warmtebuffer). Ten aanzien van de investeringen is rekening gehouden met EIA.

Rentabiliteitskentallen tomatenteelt Referentie 2: gasketel; wel bufferpiekreductiestrategie Systeemvariant	evaluatie- periode jaar	fiscale / financiële instrumenten	TVT jaar	VTVT jaar	NCW EUR/m ²	IRR %	CO ₂ -kosten- effectiviteit EUR/ton
Var.3: add.bio-olieketel; piekscheerstrategie: 3/4*Wpiek	15	EIA	-	-	-4.5	-	90
Var.4: add.bio-olieketel, piekscheerstrategie: 1/2*Wpiek	15	EIA	5.4	6.4	2.0	20.7	42
Var.5: add.bioketel, piekscheerstrategie: 0.4*Wpiek	15	EIA	28.0	>30	-1.6	-7.9	28
Var.6: add.bioketel; fractieDE+piekscheerstrategie	15	EIA	-	-	-11.4	-	11

4.2 Rentabiliteit bio-oliestoken bij fresiateelt

4.2.1 Incidentele capaciteit

In paragraaf 3.4 is de aanpak van de analyse voor de fresiateelt beschreven en zijn tevens de specifieke uitgangspunten vermeld. De warmtevraag van de fresiateelt wordt gekenmerkt door een beperkt aantal hoge pieken, met name als gevolg van grondstomen, en een relatief klein totaal aantal verwarmingsuren per jaar (ca 4000, zie jaarbelastingduurkromme in figuur 3.7). De hoge pieken en 'korte basis' van de gasafname, betekenen in het commodity-diensten-gastariefsysteem hoge transport- en capaciteitskosten en derhalve een hoge 'all-in' gasprijs. Voor de in paragraaf 3.4 beschreven situatie betekent dit bij standaard gascontractering met een contractcapaciteit gebaseerd op de warmtevraagpiek (300 m³/h) een 'all-in' gasprijs van 28.14 Eurocent/m³ (zie ook paragraaf 2.2).

Een mogelijkheid om bij een dergelijk ongunstig profiel de kosten per kuub aardgas te verlagen (zonder bio-olie) is voor de gaspieken incidentele capaciteit te contracteren (zie ook appendix D). Dit kan zolang er minder dan 31 pieken per jaar zijn. Dit is bij de fresiateelt het geval. Op basis van de verwachte duur van het grondstomen (circa 8 uur + 4 uur voor het opstoken van ketel) en het totale aantal piekuren per jaar (ca 200) komen we op ca 16 dagen waarop het piekgasvermogen nodig is. Voor de kosten van incidentele capaciteit zijn de maanden waarin deze wordt afgenomen van belang. Voor onze analyse nemen we aan, dat deze als volgt over het jaar zijn verdeeld (gekoppeld aan de start van de teelten; 2 teelten per jaar, 4 plantdata per teelt, zie paragraaf 3.4): januari, februari, maart, juni, juli, augustus, september, december, elk 2 maal per maand. Op basis van de tarieven voor incidentele capaciteit uit het Prijsstelsel Gasverkoop (zie paragraaf 2.2, punt 7), vinden we bij een incidentele capaciteit van 140 m³/h (en dus een resterende contractcapaciteit van 160 m³/h) een 'all-in' gasprijs van 26.83 Eurocent/m³. Dit betekent een 1.3 Eurocent lagere prijs (5%) en is dus op zichzelf beschouwd de moeite waard. Toch is de gasprijs nog steeds erg hoog (vergelijk die met die bij tomatenteelt zonder bio-olie: 21.17 Eurocent/m³). Overigens kunnen

gasleveranciers andere waarden voor incidentele capaciteit hanteren dan genoemd in paragraaf 2.2 punt 7. (AgroEnergy hanteert met name voor IC₂ en IC₃ fors hogere tarieven (16.34 en 23.35 EUR/m³/h, juni 2003 [6]) waardoor het verschil in gasprijs minder groot is ('all-in prijs 27.84 Eurocent/m³).

4.2.2 Effect bio-oliestoken op energiekosten

De inzet van bio-olie kan de 'all-in' gemiddelde gasprijs verder verlagen. In tabel 4.5 is aangegeven wat een toenemend aandeel bio-olie in de invulling van de warmtepiek (zie ook figuur 3.7) betekent voor de benodigde hoeveelheid gas en bio-olie en voor de contract-, basislast en additionele capaciteit van de gasinkoop. De laatste kolom geeft verder de bedrijfstijd van de gasafname. Tabel 4.6 geeft aan wat toenemende bio-olie-inzet betekent voor de jaarlijkse gas- en bio-oliekosten en de 'all-in' gasprijs. Tevens is de besparing op de energiekosten aangegeven ten opzichte van twee referentiesituaties:

R1: alleen gas, geen incidentele capaciteit gecontracteerd

R2: alleen gas, wel incidentele capaciteit gecontracteerd (140 m³/h voor 16 dagen verdeeld over 8 maanden).

Tabel 4.5 Overzicht van de benodigde gas- en oliehoeveelheden en contract-, basislast- en additionele capaciteiten voor fresiateelt bij verschillende inzet van bio-olie.

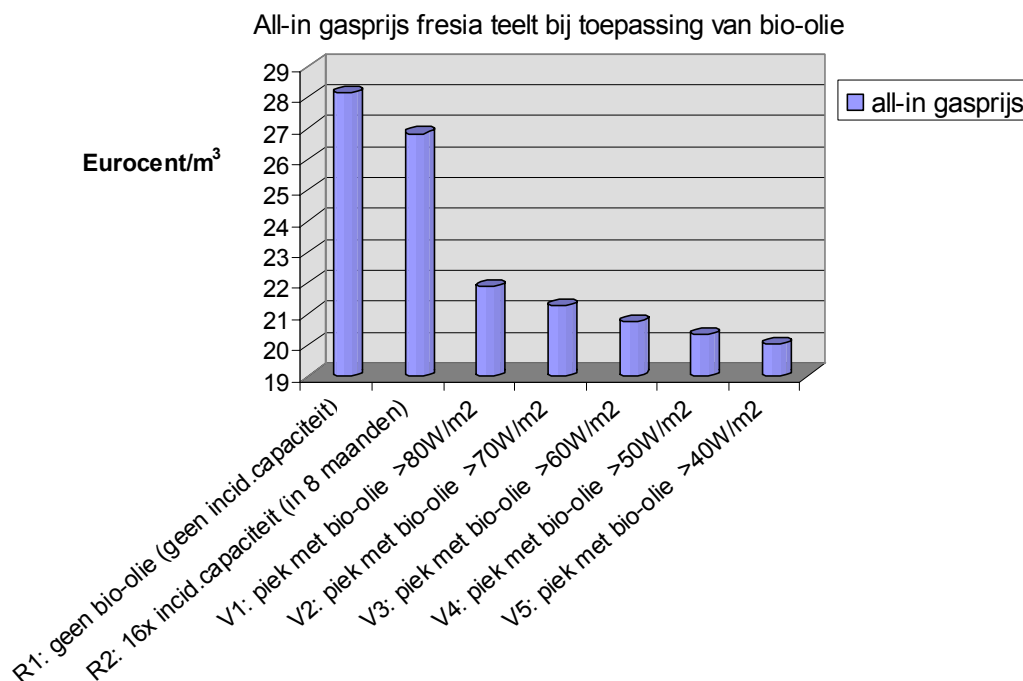
Variant	grens bio-olie W/m ²	dekkingsgraad bio-olie	gasvolume m ³ /jaar	vol.bio-olie l/jaar	contractcap. m ³ /h	basislastcap. m ³ /h	add.cap. m ³ /h	bedrijfstijd gas- afname, uur/jr
R1: geen bio-olie (geen incid.capaciteit)	n.v.t.	0.0%	375 524	0	300.0	46.9	253.1	1 252
R2: 16x incid.capaciteit (in 8 maanden)	n.v.t.	0.0%	375 524	0	160.0	46.9	113.1	2 347
V1: piek met bio-olie >80W/m ²	80.0	11.7%	331 593	45 470	136.4	41.4	95.0	2 431
V2: piek met bio-olie >70W/m ²	70.0	15.0%	319 117	58 383	119.4	39.9	79.5	2 674
V3: piek met bio-olie >60W/m ²	60.0	20.3%	299 266	78 929	102.3	37.4	64.9	2 925
V4: piek met bio-olie >50W/m ²	50.0	28.1%	269 885	109 339	85.3	33.7	51.5	3 166
V5: piek met bio-olie >40W/m ²	40.0	38.6%	230 451	150 155	68.2	28.8	39.4	3 379

Tabel 4.6 Overzicht van energiekosten, 'all-in' gasprijs en besparing op energiekosten bij verschillende inzet van bio-olie voor fresiateelt. Bij V3 treedt de grootste besparing op.

Variant	kosten gas kEUR	kosten bio-olie kEUR	E-kosten totaal kEUR	all-in' gasprijs EURcnt/m ³	fin.besparing tov R1: alleen gas, geen incid.cap.		fin.besparing tov R2: alleen gas, met incid.cap.	
	kEUR	kEUR	kEUR	EURcnt/m ³	kEUR/a	%	kEUR/a	%
R1: geen bio-olie (geen incid.capaciteit)	105.7	0.0	105.7	28.14				
R2: 16x incid.capaciteit (in 8 maanden)	100.7	0.0	100.7	26.83	4.92	4.7%	0.00	0.0%
V1: piek met bio-olie >80W/m ²	72.5	12.6	85.1	21.87	20.55	19.4%	15.63	15.5%
V2: piek met bio-olie >70W/m ²	67.9	16.2	84.0	21.27	21.63	20.5%	16.70	16.6%
V3: piek met bio-olie >60W/m ²	62.1	21.9	84.0	20.75	21.71	20.5%	16.78	16.7%
V4: piek met bio-olie >50W/m ²	54.9	30.3	85.2	20.33	20.50	19.4%	15.58	15.5%
V5: piek met bio-olie >40W/m ²	46.1	41.6	87.7	20.02	17.94	17.0%	13.02	12.9%

De resulterende gasprijs voor de verschillende varianten is grafisch uitgezet in figuur 4.10. Uit de figuur blijkt, dat bij een toenemend aandeel bio-olie de gasprijs – in tegenstelling tot bij de tomaat – steeds lager wordt, alhoewel de snelheid van de afname steeds minder wordt. Dit komt omdat in dit geval, bij een toenemend aandeel bio-olie de gascontractcapaciteit steeds verder afneemt, terwijl deze bij de tomaat op een bepaald punt niet verder afnam, vanwege de minimum-capaciteit die nodig was voor CO₂-doseran. Bij de fresia is die minimum capaciteit voor CO₂-doseran er niet. Er wordt bij deze teelt alleen CO₂ gedoseerd, als deze toch al voorhanden was.

Als gekeken wordt naar de totale energiekosten van gas en bio-olie samen, dan treedt er wel een minimum op (zie ook figuur 4.11). Dit minimum ligt bij V3. Het verschil met V1, V2 en V4 is echter niet groot.



Figuur 4.10 All-in gasprijs bij verschillende aandelen bio-olie in de invulling van de piek in de warmtevraag bij een fresiateelt.

4.2.3 Rentabiliteit bio-oliestoken bij fresia

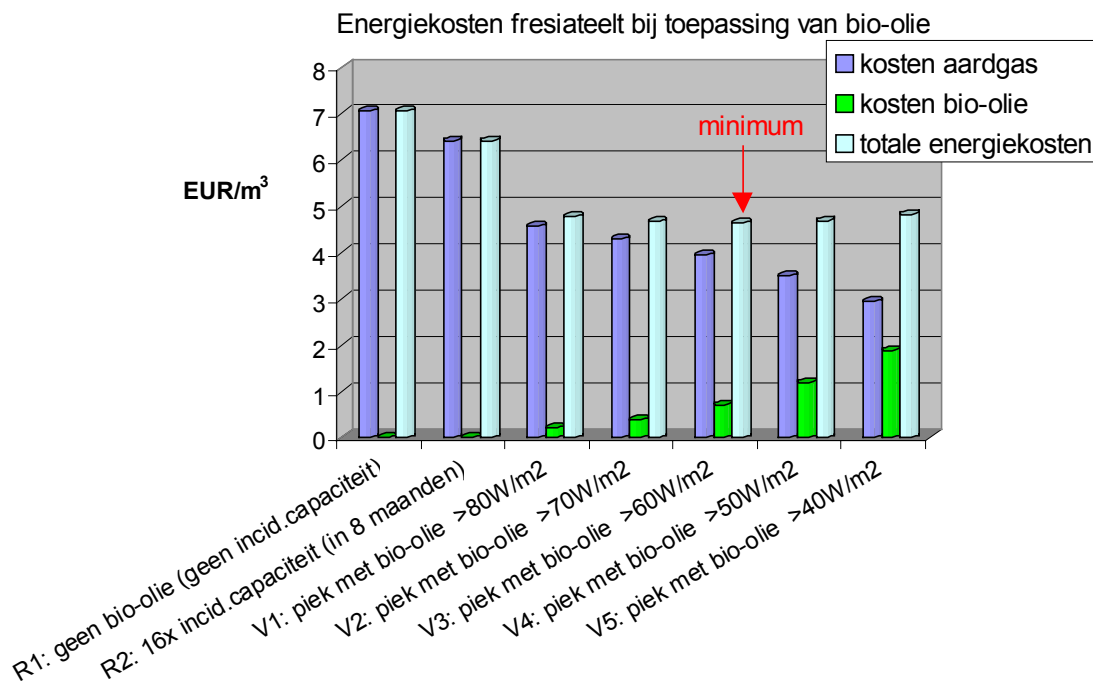
Investering

De grootte van de benodigde investering voor bio-olie wordt geraamd op ca 60 kEUR. Hierbij is uitgegaan van een bio-oliebrander (inclusief installatie en besturing/regeling) van ca 2200 kW_{th}, en een RVS bio-olieopslagtank van 30 m³. Met de gekozen bio-oliebrander kan (desnoods) tot ca 80% van de piekwarmtevraag worden gestookt. De resterende 20% (basislast) dient dan met de aardgasbrander te kunnen worden geleverd. We gaan er vanuit dat

de bio-oliebrander in een reeds aanwezige, ketel wordt geïnstalleerd ('dual fuel' of aparte ketel). Indien een nieuwe ketel moet worden geplaatst, dan zal de investering uiteraard veel hoger worden en de rentabiliteit dienovereenkomstig minder.

Onderhoudskosten

De jaarlijkse onderhoudskosten worden geraamd op 2% van de investering.



Figuur 4.11 Overzicht van de gas-, bio-olie- en totaalenergiekosten bij verschillende inzet van bio-olie (fresia).

Rentabiliteitskentallen

Aan de hand van de besparingen op energiekosten, de extra onderhoudskosten en grootte van de investering, kan de eenvoudige terugverdientijd (TVT) worden berekend. Uitgaande van een rentevoet van 6% en een projectevaluatieperiode van 15 jaar is tevens de netto-contante-waarde berekend. De rentabiliteitscijfers zijn zowel ten opzichte van referentie R1 als R2 bepaald en zijn gegeven in tabel 4.7.

Uit de tabel blijkt duidelijk dat zowel in de uitgangssituatie zonder als met contractering van incidentele capaciteit het toepassen van bio-olie interessant is. De verwachte terugverdientijd van de investering is voor de eerste situatie voor alle varianten korter dan 3.6 jaar en in de tweede situatie korter dan 5.1 jaar. V3 scoort het beste met een TVT van ca 2.9 respectievelijk 3.85 jaar. De netto-contante-waarde van V3 bedraagt respectievelijk 14.0 en 10.8 EUR/m².

Tabel 4.7 Terugverdiëntijd (TVT) en netto-contante-waarde (NCW) voor de verschillende varianten ten opzichte van uitgangssituatie R1 respectievelijk R2 (fresia). Hierbij is nog geen rekening gehouden met EIA.

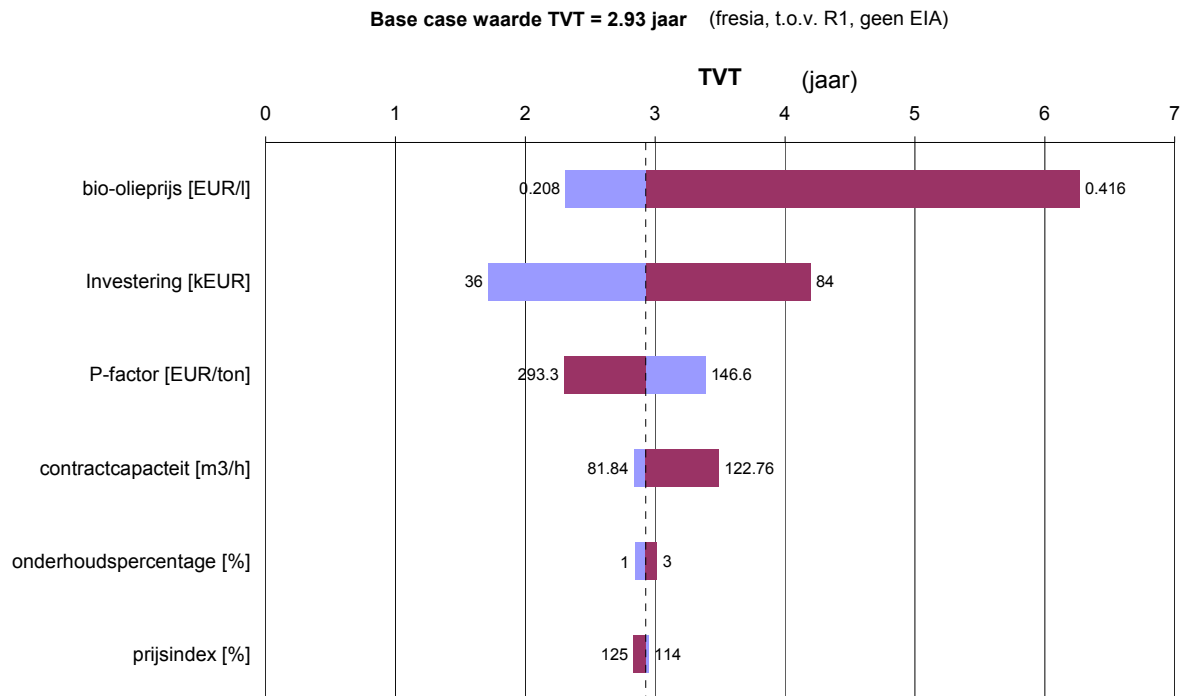
Rentabiliteitscijfer →	TVT (R1)	NCW tov R1	TVT (R2)	NCW tov R2
Variant	jaar	EUR/m ²	jaar	EUR/m ²
V1: piek met bio-olie >80W/m ²	3.10	13.2	4.16	10.0
V2: piek met bio-olie >70W/m ²	2.94	13.9	3.87	10.7
V3: piek met bio-olie >60W/m ²	2.93	14.0	3.85	10.8
V4: piek met bio-olie >50W/m ²	3.11	13.2	4.17	10.0
V5: piek met bio-olie >40W/m ²	3.58	11.5	5.08	8.4

Energie-investeringsaftrek

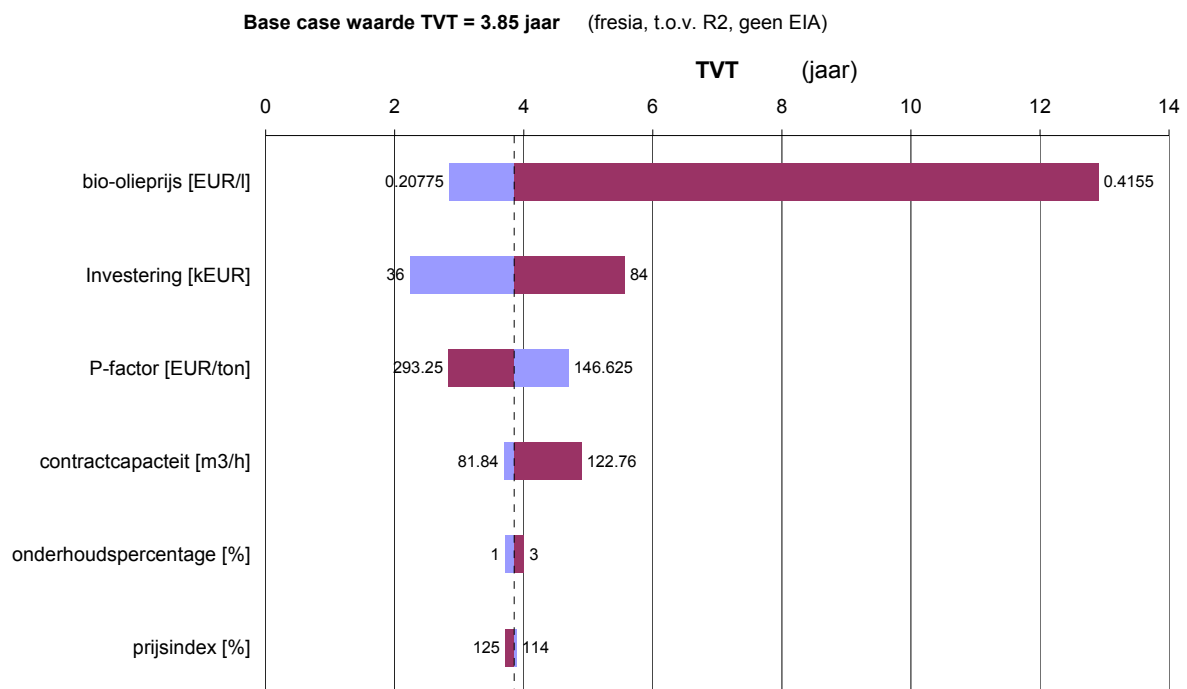
Bij de bovenstaande getallen is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid om EIA (energie-investeringsaftrek) aan te vragen. Navraag bij Senter leerde, dat de investering in een bio-olie-installatie in principe onder de EIA regeling valt (in 2003 onder nummer 251106 ad b, "biomassaverbrandingsinstallatie met benutting van warmte"). 55% van de investering mag van de fiscale winst worden afgetrokken. Bij een vennootschapsbelasting van 34.5% betekent dit effectief een reductie van circa 19% op de investering, ervan uitgaande dat er (voldoende) winst gemaakt wordt. Rekening houdend met EIA daalt de terugverdiëntijd van variant V3 naar 2.3 jaar (uitgaande van R1) respectievelijk naar 3.1 jaar (uitgaande van R2).

4.2.4 Gevoeligheidsanalyse rentabiliteitskentallen

Ter illustratie van de gevoeligheid van de rentabiliteitscijfers zijn in figuur 4.12 en figuur 4.13 de tornadodiagrammen gegeven van de terugverdiëntijd voor uitgangssituatie R1 respectievelijk R2 (zonder EIA). Hieruit blijkt dat bij de aangenomen onzekerheden in de invloedsfactoren (+/- 40% in investering, +50%/-25% in P-factor en bio-olieprijs, en +/-20% in contractcapaciteit, zie extreme waarden aan weerszijden van balken), de variatie in de bio-olieprijs de grootste invloed heeft op de TVT ('basisprijs' 0.277 EUR/l). Uitgaande van R1 verdubbelt bij een 50% hogere bio-olieprijs de terugverdiëntijd naar ca 6.2 jaar. Een 25% lagere bio-olieprijs reduceert de TVT tot ca 2.3 jaar. In het geval van uitgangssituatie R2 is de invloed van de bio-olieprijs nog groter. Een 50% hogere bio-olieprijs verhoogt de TVT van 3.85 tot 12.8 jaar (factor 3.3). In die situatie is bijstoken met bio-olie bedrijfseconomisch eigenlijk niet interessant meer.



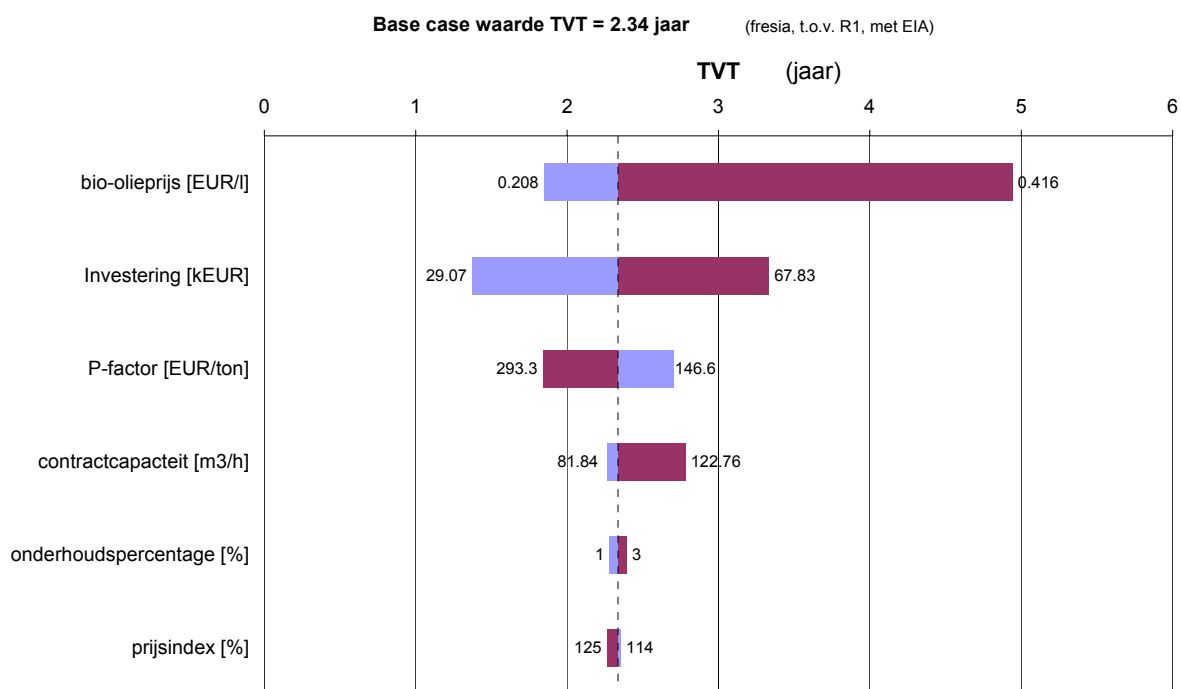
Figuur 4.12 Tornadodiagram terugverdientijd bio-olievariant V3 voor fresiateelt uitgaande van R1 (zonder EIA)



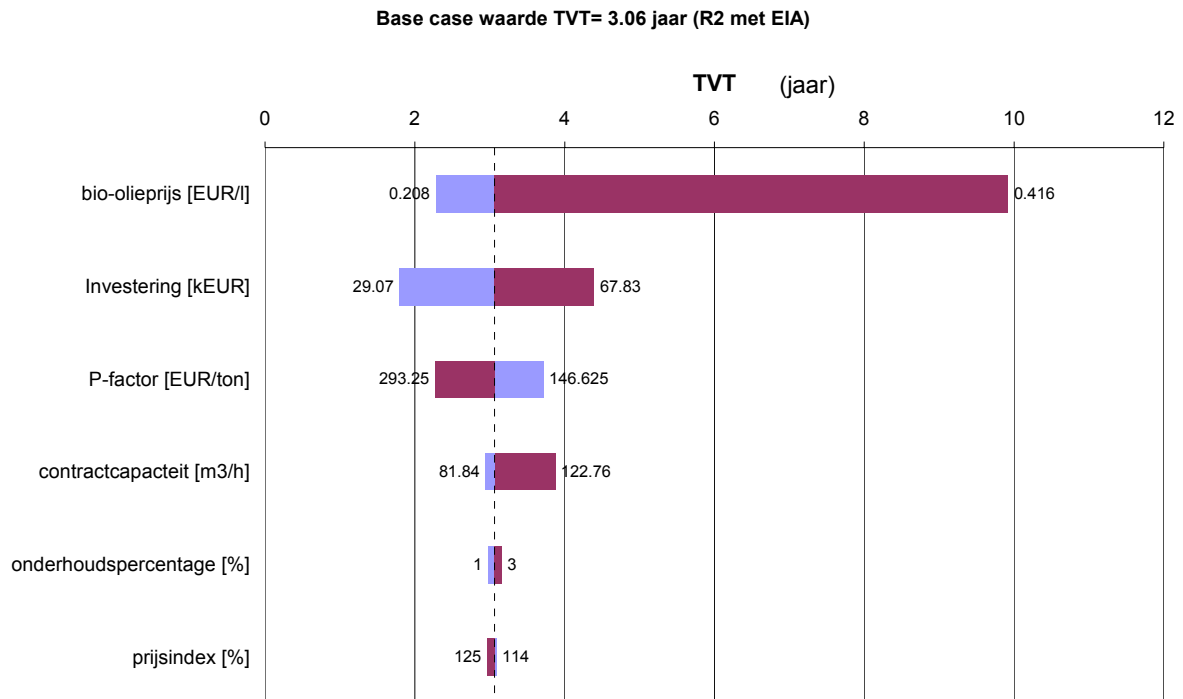
Figuur 4.13 Tornadodiagram terugverdientijd bio-olievariant V3 voor fresiateelt uitgaande van R2 (contractering van 140 m³/h incidentele capaciteit; zonder EIA).

Figuur 4.14 en 4.15 geeft de tornado-diagrammen in de situatie dat voor de totale meerinvestering maximaal van de EIA gebruik kan worden gemaakt. Ook in deze situatie blijft de onzekerheid in de bio-olieprijs de grootste risicofactor. In het geval van uitgangssituatie R1 wordt de TVT ruim 2x zolang (van circa 2.3 jaar tot circa 4.9 jaar). Bij R2 treedt er een (ruime) verdrievoudiging op (van circa 3.1 jaar naar 9.8 jaar).

Uit de tornado-diagrammen blijkt duidelijk, dat met name de bio-olieprijs het grootste risico van de investering in bio-oliestoken bij de fresiateelt is. Om dit risico zo veel mogelijk te beperken zou de tuinder kunnen proberen met zijn leverancier (handelaar of 'producent') langjarige prijsafspraken te maken.



Figuur 4.14 Tornadodiagram terugverdientijd bio-olievariant V3 voor fresiateelt uitgaande van R1 (met EIA)



Figuur 4.15 Tornado diagram terugverdiëntijd bio-olievariant V3 voor fresiateelt uitgaande van R2 (contractering van 140 m³/h incidentele capaciteit; met EIA).

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

Algemeen

1. Invulling van de pieken in de warmtevraag middels het stoken van bio-olie biedt in een 'CDS-achtig' gastariefsysteem goede mogelijkheden voor een significante reductie van de 'all-in' gasprijs. Terugverdiertijden van de benodigde investering van 1,5 à 2 jaar zijn mogelijk. De grootte van de investering bedraagt ca 50.000 à 60.000 EUR (2,5 à 4 EUR/m²) voor de beschouwde rekenvoorbeelden.
2. Op een tuinbouwbedrijf kan bij de huidige (relatief hoge) bio-olieprijzen (voorjaar 2003: 300 EUR/ton) het vervangen van een deel van de gasstook door (bio-)oliestook zeer rendabel zijn. Veel hangt echter af van de specifieke situatie. Hoe ziet het warmtevraagprofiel eruit (teeltafhankelijk)? Wordt er aan CO₂-bemesting gedaan op momenten dat er geen warmtevraag is, en zo ja tot welk niveau? Wat is er eventueel al aan gaspiekreductie gedaan met andere middelen? Welk deel van de piek wordt met bio-olie ingevuld? Is er een nieuwe ketel nodig, of kan een bestaande ketel worden aangepast? Wat is het niveau van de bio-olieprijs? Kan de bio-olieketel voor CO₂-doseren worden gebruikt?
3. De grootste kansen zijn er voor teelten met een relatief klein aantal verwarmingsuren (korte bedrijfstijd) en - in verhouding tot de hoogte van de basislastafname - hoge incidentele pieken (bijvoorbeeld fresia).
4. Zolang de 'GigaJoule' prijs van bio-olie (EUR/GJ) hoger is dan de 'commodity-prijs' van aardgas (eveneens uitgedrukt in EUR/GJ) zal er een economisch optimum bestaan voor de inzet van bio-olie, dat per bedrijfssituatie verschilt (onder andere afhankelijk van de vorm van de jaarbelastingduurkromme van de warmtevraag en het niveau van CO₂-dosering).
5. Behalve financieel aantrekkelijk, is bio-oliestoken ook goed voor een reductie van het aan het bedrijf toe te rekenen primaire energieverbruik en een reductie van de (netto) CO₂-uitstoot. Het eerste betekent, dat bio-oliestoken een potentieel middel is om aan de energienormen te (blijven) voldoen, die in het kader van het Besluit glastuinbouw worden opgelegd. Het tweede biedt op termijn perspectief in het kader van de voorgenomen CO₂-emissiehandel.

6. Inzet van bio-olie draagt ook bij aan het gebruik van duurzame energie (DE) op het glas-tuinbouwbedrijf en daarmee aan het realiseren van de doelstelling voor DE uit het GlaMi-convenant (4% op sectorniveau in 2010).

Tomaat (als voorbeeld van een energie-intensieve teelt)

7. Voor tuinders, die nog zonder actieve gaspiekreductie stoken, is investeren in bio-olie (financieel) interessant. Voor tuinders, die ervoor gekozen hebben met actieve gaspiekreductie te stoken (bijvoorbeeld met een piekscherende regelstrategie op basis van een 'open warmtebuffer'), is investeren in bio-olie stoken minder aantrekkelijk, maar kan nog steeds interessant zijn, afhankelijk van de mate waarin de piekreductie met de warmtebuffer (of anderszins) wordt gerealiseerd en de hoeveelheid bio-olieinzet.
8. Voor een investering in een bio-olie-installatie kan in principe gebruik worden gemaakt van de energie-investeringsaftrek-regeling (EIA). Effectief betekent dit in het optimale geval een reductie van ca 19% op de benodigde investering.

Situaties zonder gaspiekscherende warmtebufferregeling:

9. Een terugverdientijd (TVT) van de benodigde 'bio-olie-investeringen' is mogelijk van ca 1.5 jaar (1.8 jaar zonder EIA). Hierbij is uitgegaan van brandervervanging bij een reeds aanwezige ketel, CO₂-dosering met uitsluitend de gasketel en een maximale CO₂-doseerhoeveelheid van 205 kg/h per ha (corresponderend met een gasverbruik van ca 116 m³/h en een warmteproductie in de ketel van ca 1 MW_{th}). De TVT is minimaal, indien (de bovenste) 50% van de piekwarmtevraag (dat wil zeggen het vermogen boven 1 MW_{th}) met bio-olie wordt ingevuld.
10. Het risico van de investeringen is gering (in de situatie zonder gaspiekscherende warmtebufferregeling). Het effect van de dominante invloedsfactoren op de rentabiliteitscijfers blijft beperkt. De grootste onzekerheid wordt gevormd door een 40% hoger investeringsniveau: de de TVT stijgt van 1.5 naar maximaal 2 jaar (zonder EIA van 1.8 naar 2.3 jaar).
11. Het precieze niveau van de bio-oliebijstook is van beperkte invloed op de TVT. Wordt in plaats vanaf 50% van de piekwarmtevraag, al vanaf een warmtevraag van 40% bio-olie ingezet, dan stijgt de TVT van 1.8 naar 2.6 jaar (zonder EIA). Wordt pas vanaf 75% bio-oliegestookt, dan stijgt de TVT ook en wel naar 3.2 jaar.
12. Algemeen kan worden gesteld, dat – zolang de 'GigaJoule' prijs van bio-olie (EUR/GJ) hoger is dan de 'commodity-prijs' van aardgas (eveneens uitgedrukt in EUR/GJ) en als er sprake is van CO₂-bemesting – het geen zin heeft om meer bio-olie in te zetten dan no-

dig is om de resterend benodigde gasstook te beperken tot het niveau dat maximaal voor CO₂-doseran wordt gebruikt. Immers de gascontractcapaciteit zal bij verder gaande bio-olie-inzet niet verder dalen. Bij de onderzochte tomatencasus is dit niveau van bio-olieinzet optimaal. Bij een GigaJoule-prijs van bio-olie die lager ligt dan die van aardgas, is het wel zinvol zoveel mogelijk bio-olie in te zetten, met dien verstande dat CO₂ voor bemesting met gasstook moet worden gerealiseerd en hierbij niet onnodig warmte moet worden vernietigd. Dit beperkt in die situatie de inzet van bio-olie.

13. De netto-contante-waarde over een projectevaluatieperiode van 15 jaar, bij een rentevoet van 6% en zonder EIA bedraagt 12.3 EUR/m². Met EIA is dit 12.6 EUR/m². Daarvoor is een relatief geringe investering nodig (ca 2,75 EUR/m²)

Situaties met gaspiekscherende warmtebufferregeling:

14. Is er wel een gaspiekscherende warmtebufferstrategie geïmplementeerd, dan is de TVT 6.3 jaar (zonder EIA) respectievelijk 5.4 jaar (met EIA).
15. Het investeringsrisico is in deze situatie veel groter. De onzekerheid in de bio-olie prijs is hier de dominante invloedsfactor. Bij een 50 % hogere bio-olieprijs stijgt de TVT van 6.3 jaar naar ca 23 jaar (van 5.4 naar 20.4 jaar in het geval van EIA). Tevens is in deze situatie de TVT veel gevoeliger voor het juiste niveau van de bio-olieinzet. Bij doseren vanaf 40% van de warmtevraag (in plaats vanaf 50%) stijgt de TVT naar bijna 33 jaar (28 jaar bij EIA). Bij doseren vanaf 75% verdient het bio-oliestoken zich in het geheel niet terug.
16. De netto-contante-waarde over een projectevaluatieperiode van 15 jaar, bij een rentevoet van 6% en zonder EIA bedraagt 1.6 EUR/m². Met EIA is dit 2.0 EUR/m².

In beide situaties:

17. De fractie-duurzame-energie-strategie (gecombineerd met de piekscheerstrategie), waarbij (naast de pieken) een te kiezen basisniveau van de warmtevraag met bio-olie wordt ingevuld, is financieel gezien niet interessant. De TVT is ca 18 jaar bij een bio-oliebasislast van 500 kW/2ha in de situatie zonder bufferpiekscheren. In de situatie met bufferpiekscheren verdient deze variant zich in het geheel niet terug. Het percentage duurzame energie is bij het genoemde basislastniveau circa 23%. (Bij alleen piekscheren met bio-olie boven 50% van de piekwarmtevraag, is de fractie DE ca 4%).
18. Bovengenoemde situatie kan mogelijk financieel wel interessant worden, indien de reductie van de CO₂-emissie een waarde gaat vertegenwoordigen, die hoger ligt dan de kosten die hiermee gemoeid zijn. Dat kan het geval worden bij een toekomstige handel in

CO₂-emissierechten. De kostprijs van het reduceren van de CO₂-emissie ligt nu rond de 11 à 12 EUR/ton. De marktwaarde van CO₂-emissiereductie kan mogelijk hoger worden.

Fresia (als voorbeeld van een energie-extensieve teelt met hoge gaspiek)

19. Bio-olie bijstoken bij de fresiateelt is onder de gehanteerde uitgangspunten financieel aantrekkelijk. De terugverdientijd van de benodigde investering bedraagt voor de aantrekkelijkste variant ca 2.3 jaar (2.9 jaar zonder EIA) in het geval dat géén incidentele capaciteit wordt gecontracteerd, of 3.1 jaar (3.9 jaar zonder EIA), indien dit wel het geval is.
20. De netto-contante-waarde over 15 jaar bij een rentevoet van 6% bedraagt 14.7 EUR/m² in het eerste geval en 11.5 EUR/m² in het tweede geval (zonder EIA worden deze cijfers 14.0 respectievelijk 10.8 EUR/m²), bij een investeringsniveau van circa 4 EUR/ m²
21. In beide situaties (zonder respectievelijk met incidentele capaciteit) is het belangrijkste risico voor een minder rendabele investering gelegen in een verder stijgende bio-olieprijs. Bij een 50% hogere bio-olieprijs stijgt - uitgaande van EIA - in het eerste geval de TVT van 2.3 tot ca 4.9 jaar en in het tweede geval van 3.1 tot bijna 9.8 jaar.
22. De terugverdientijd en netto-contante-waarde zijn relatief ongevoelig voor het warmtevraagniveau, waarboven bio-olie gestookt gaat worden (althans in het onderzochte gebied van 40 W/m² tot en met 80 W/m²). De TVT varieert in het onderzochte gebied maximaal 0.7 jaar in de uitgangssituatie zonder en 1.2 jaar in de situatie met incidentele capaciteit.
23. Bij de economisch meest aantrekkelijke variant (V3, bio-olie vanaf een warmtevraag van 60 W/m²), daalt het primair energieverbruik met circa 20.3% ten opzichte van dat van de referenties en is het percentage duurzame energie in het totale brandstofverbruik circa 23%!

5.2 Aanbevelingen

De bevindingen in dit rapport zijn gebaseerd op een gastariefsysteem conform het Prijssysteem Gasverkoop van de Gasunie Trade & Supply, dat is gebaseerd op het eerdere CDS-systeem, het 'commodity-diensten-systeem' van Gasunie. Het Prijssysteem Gasverkoop en het CDS zijn op hoofdlijnen aan elkaar gelijk. Veel aanbieders van gas hanteren voor vrije klanten een 'CDS-achtig' tariefsysteem voor gas. De conclusies zullen op hoofdlijnen dan ook gelden voor deze systemen.

Recentelijk heeft AgroEnergy echter een nieuw tariefsysteem geïntroduceerd, het dagvolumesysteem, waarbij transport- en capaciteitskosten op een heel andere manier worden verrekend. De tuinder moet voor 365 dagen een dagvolume inschatten. Rond dat dagvolume wordt een band van -8% tot +8% gehanteerd. Blijft het werkelijke verbruik op een dag daarbinnen, dan betaalt de tuinder geen 'flexibiliteitskosten'. Komt het er buiten, dan moeten over het meerdere (of mindere) flexibiliteitskosten worden betaald ter hoogte van 50% van de commodity-prijs (zie appendix D). Het is duidelijk dat de structuur van dit tariefsysteem geheel anders is dan het CDS-systeem. Of het goedkoper is hangt er sterk vanaf, hoe goed de tuinder a priori zijn dagverbruik kan inschatten. Vanwege de geheel andere tariefstructuur zijn de conclusies van dit onderzoek niet van toepassing op het dagvolume-systeem.

Mochten veel tuinders overgaan op dit systeem, dan wordt aanbevolen de rentabiliteitsanalyse additioneel voor dit tariefsysteem uit te werken.

6 LITERATUUR

- [1] Erbrink, J.J., "Inzet bio-olie en vetten in de glastuinbouw. Praktijkexperimenten", KEMA, gepland 1-ste helft 2004.
- [2] "Prijssysteem Gasverkoop", www.gasunie.nl
- [3] Berekening gasprijs CDS-systeem, www.tuinbouw.nl/energiebureau
- [4] Swinkels, G.L.A.M., H.F. de Zwart, "Standaard teelten", IMAG, maart 2000.
- [5] Wageningen UR, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, "Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw", 2001-2002.
- [6] www.agro-energy.nl/gasprijs.html (juni, 2003).

BIJLAGE A EIGENSCHAPPEN MODELKAS, KASKLIMAAT EN BUITENKLIMAAT

De *energievraag* in een kas hangt af van de bouwfysische kenmerken van de kas, het gewenste binnenklimaat, de teelt en de optredende buitencondities. Ter bepaling van het benodigde energieverbruik is het nodig hierover bepaalde aannamen te maken.

Wat betreft kasomhulling wordt in deze studie uitgegaan van een enkel-glas kasdek (maar met dubbelglasgevels). De kas is voorzien van (een beweegbaar) energiescherm. De belangrijkste constructietechnische en bouwfysische kenmerken zijn samengevat in tabel A.1.

Tabel A.6.1 Kenmerken (referentie)kas.

Kas	Specificatie	Opmerkingen / aannamen
Oppervlak	2 ha	
Type	Venlo	kapbreedte 3.2 m
Gemiddelde hoogte	4 m	
Kap	enkel glas dakhoek 23°	warmtedoorgangscoefficiënt $U=6.82 \text{ W/m}^2\text{K}$ bij windsnelheid 0 m/s
Gevel	geïsoleerd	warmtedoorgangscoefficiënt $U=3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Scherm	energiescherm (transparant, vocht-doorlatend)	circa 42 % energiebesparing indien gesloten.
Verhouding oppervlak ventilatieramen/kasoppervlak	0.234	

Als modelteelt is een *tomatenteelt* gekozen. De tomaat staat model voor een energie-intensieve groenteteelt. Deze teelt komt in Nederland veel voor (circa 1180 ha in 2001, corresponderend met circa 30% van het glasgroente-areaal van in totaal 3985 ha; bron CBS).

De in deze studie gehanteerde setpoints van de belangrijkste kasklimaatgrootheden gedurende het jaar zijn weergegeven in tabel A.2.

Tabel A.6.2 Teeltdata en teeltcondities voor referentieteeltoomaat.

Teelt	Specificatie	Opmerkingen
Gewas	ronde tomaat	steenwol, hoge draad
Plantdatum	week 50	
Ruimdatum	week 47	De verwachte jaarproductie bedraagt ca 55.4 kg/m ² [2]. LAI max = 4.
Assimilatiebelichting	geen	
Kasoppervlak	2 ha	
Teeltklimaat		
Verwarmingstemperatuur	11-12 t.m. 10-1: dag 19°C, nacht 18 °C 11-01 t.m. 20-11: dag 18°C, nacht 17°C 20-11 t.m. 10-11: dag 10°C, nacht 8 °C	'lichtverhoging': tussen 100 en 300 W/m ² globale instraling wordt de verwarmings- temperatuur lineair met 0 tot 2 °C ver- hoogd
Ventilatietemperatuur	2 °C boven verwarmingstemperatuur	'lichtverhoging': tussen 100 en 300 W/m ² globale instraling wordt de ventilatie- temperatuur lineair met 0 tot 4 °C ver- hoogd
RV	streefwaarde: max. 85%	
Minimum buis temp.	geen	
Energiescherm	transparant; vochtdoorlatend	dicht als buitentemperatuur 10 °C lager is dan kastemperatuur, mits globale instra- ling minder dan 50 W/m ² (2267 schermu- ren bij verkort referentiejaar, NEN 5060)
CO ₂ -bemesting	door ketel; gewenste waarde: 800 ppm	maximale dosering: 205 kg/ha.h

Voor de bepaling van de energievraag wordt verder aangenomen, dat de kas bloot staat aan het zogenaamde 'Verkort referentiejaar voor buitencondities' conform NEN 5060. De kenmerken en achtergronden hiervan zijn beschreven in bijlage B.

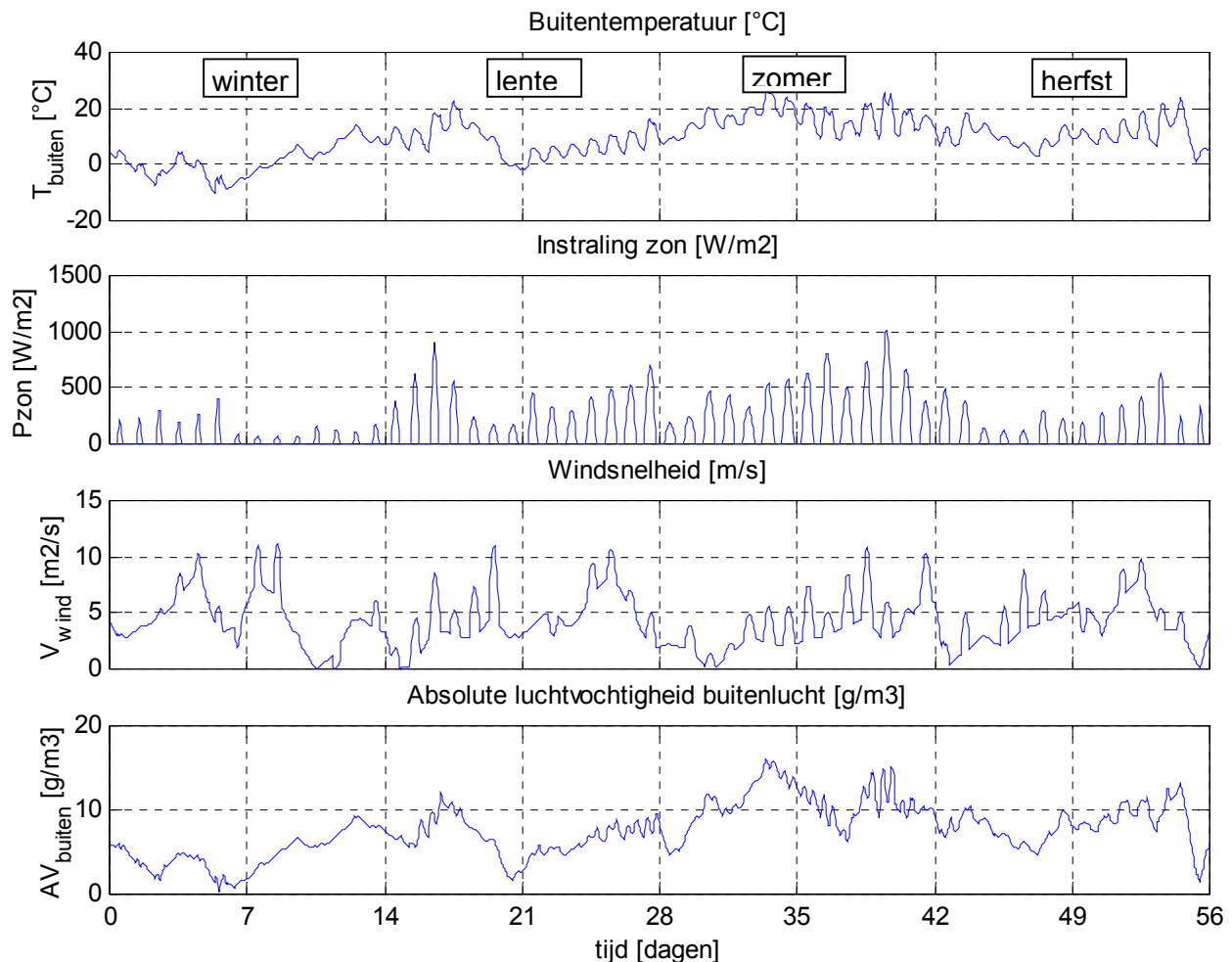
Bijlage B

BIJLAGE B KLIMAATREFERENTIEJAAR

Voor jaarrond-energievraagberekeningen aan gebouwen dient voor de buitencondities (weerdata) een zogenaamd “referentiejaar” te worden genomen dat in voldoende mate zowel dag-/nachtvariaties laat zien, als ook kenmerkende lange-termijn variaties over een jaar. Uiteraard zijn exacte voorspellingen van het weer in een bepaald jaar onmogelijk. In het algemeen zal een representatieve schatting van de energievraag kunnen worden verkregen door uit te gaan van historische weerdata van een meerdere opeenvolgende jaren (bijvoorbeeld 10). Dit betekent echter een zeer groot gegevensbestand en een dito aantal berekeningen. Teneinde het rekenwerk te beperken zijn zogenaamde referentiejaren ontwikkeld (o.a. door de Technische Universiteit Eindhoven en door de Technisch Fysische Dienst TNO-TPD). Deze referentiejaren hebben de lengte van één jaar en zijn opgebouwd uit aangeschakelde reeksen uurlijkse waarnemingen van het werkelijke klimaat gedurende maanden van verschillende jaren. Deze delen zijn uit de 10 jaren waarvan de waarnemingen beschikbaar zijn zo gekozen, dat de berekende warmte- en koudebehoefte over deze periode van 10 jaar gemiddeld en over dat gekozen samengestelde jaar zo goed mogelijk met elkaar overeenstemmen. Om de berekeningen verder te versnellen is door de TU Delft het zogenaamd “Verkort referentiejaar” ontwikkeld, dat werkt met representatieve dagen voor de verschillende seizoenen. Het is gebaseerd op een statistische analyse van de werkelijke uurlijkse klimaatgegevens van het KNMI, over een periode van 10 jaar (1961-1970), voor De Bilt. Het resulterende klimaatmodel bestaat uit een beknopt bestand van klimaatgegevens waarin de karakteristieke eigenschappen van het klimaat gehandhaafd zijn, voor zover deze van belang zijn bij de bepaling van het energieverbruik in gebouwen, en bij het berekenen van de gemiddelde opbrengst van zonneboilersystemen. In het “Verkort referentiejaar voor buitencondities” (dat als NEN-norm is aanvaard door de normcommissie 35174 “Klimaatbeheersing in gebouwen [1]”) zijn de gegevens van een heel jaar geconcentreerd in 4 seizoenen van 14 dagen.

In dit voorbeeld zal gebruik gemaakt worden van het “Verkort referentiejaar” (volgens NEN 5060). Doordat maar 56 dagen hoeven te worden doorgerekend, kan de simulatie veel sneller worden uitgevoerd (bij een tijdstap van 15 minuten hoeven nu “slechts” 5376 situaties te worden doorgerekend versus 35 040 bij een heel jaar of 350 400 bij 10 opeenvolgende jaren). De cumulatieve verbruiken berekend over het Verkort referentiejaar (VRJ) worden teruggerekend naar een vol jaar.

Figuur B.1 toont het verloop van buitentemperatuur, zonne-instraling, windsnelheid en absolute luchtvochtigheid van het “Verkort referentiejaar”.



Figuur B.1 Verloop van buitencondities verkort referentiejaar

De Bilt kan als representatief voor het geografisch gemiddelde van Nederland worden beschouwd. Voor specifieke geografische locaties verdient het aanbeveling de data-set van het Verkort referentiejaar te corrigeren. Desgewenst kunnen ook andere datasets worden gehanteerd mits deze maar voldoende representatief zijn (bijvoorbeeld “SEL-referentiejaar”, [2]).

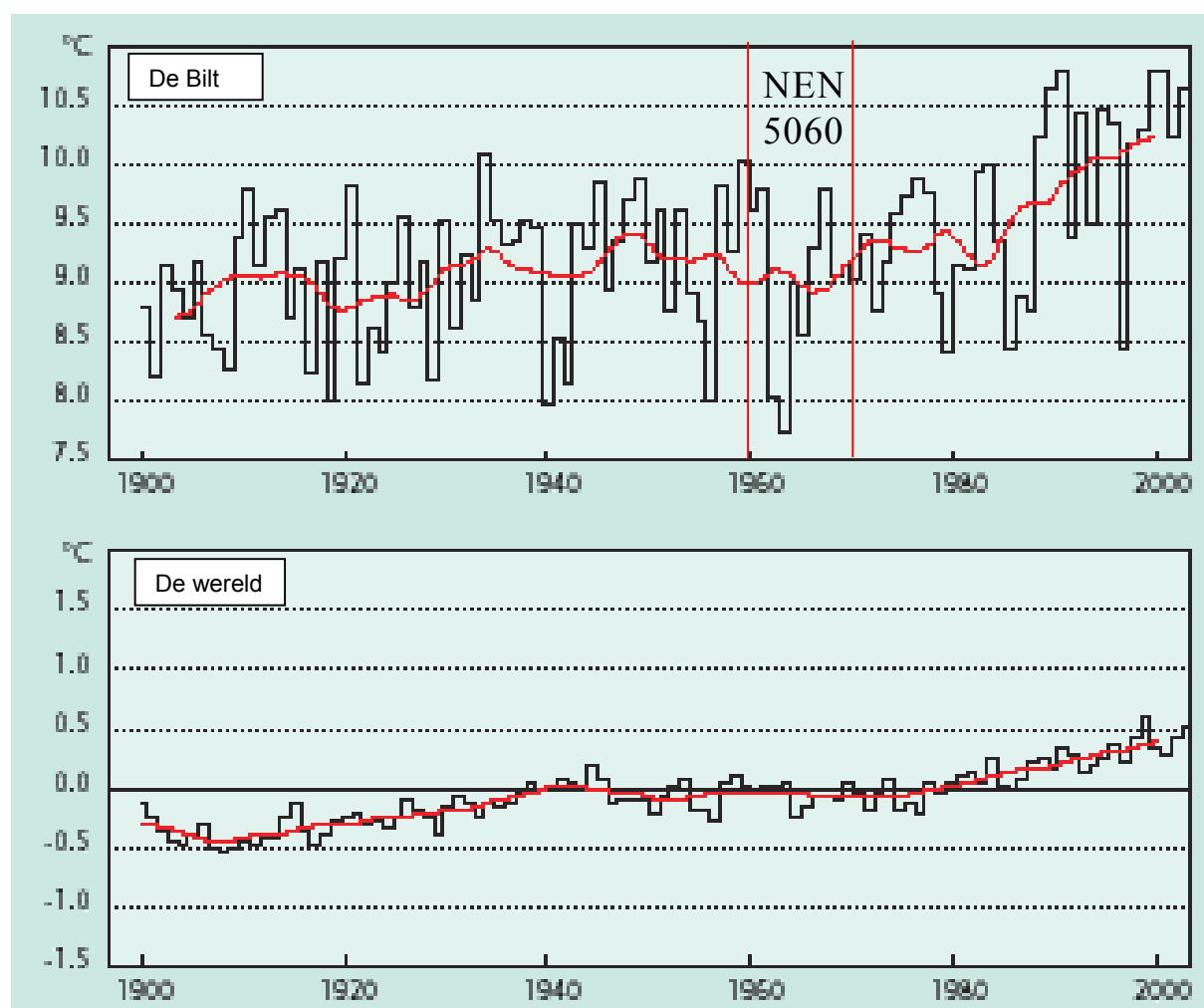
Het verkort referentiejaar is gebaseerd op gegevens van 1961-1970. Eind 2001 heeft het KNMI bekend gemaakt, dat de jaren negentig van de vorige eeuw in Nederland 0.8 graden warmer waren dan de voorgaande periode van 30 jaar. Ook werd aangegeven dat er een verband bestaat tussen de wereldwijde temperatuurstijging en de recente warme periode in Nederland (zie figuur B.2). Het KNMI verwacht ook dat de eerste 10 jaar van de 21-ste eeuw duidelijk warmer worden dan het gemiddelde over 1961-1990, maar ongeveer net zo warm als de zeer warme jaren negentig. Met deze jongste inzichten in de klimaatontwikkeling is in deze studie nog geen rekening gehouden.

Bijlage B

De absolute warmtebehoefte van een kas die op basis van het VRJ is berekend, zal derhalve in vergelijking met de warmtebehoefte die zou behoren bij het gemiddelde klimaat van de negentiger jaren, wat hoger zijn. Echter, omdat het in deze studie gaat om verschillen in energieverbruik tussen een alternatief en een referentie-energiesystemen, waarbij voor beiden van hetzelfde buitenklimaat wordt uitgegaan, is dit geen probleem. In het verschil van de verbruiken valt het effect van een gemiddeld iets lagere buitentemperatuur grotendeels weg.

Literatuur

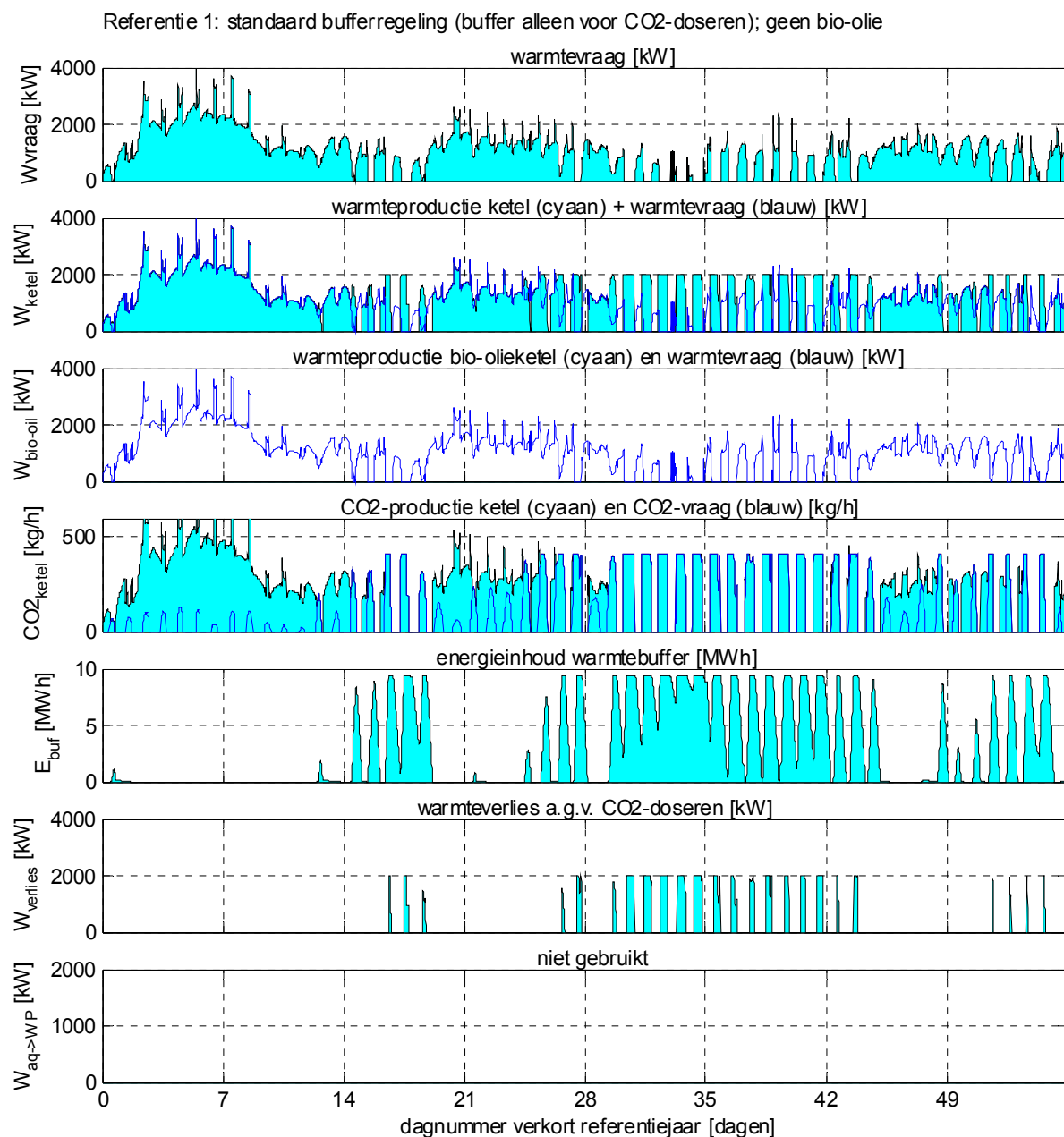
- [1] NEN 5060: "Verkort referentiejaar voor buitencondities", 1987.
- [2] Breuer, J.J.G., N.J. van de Braak, "Reference year for dutch greenhouses", Acta Horticulturae 248, 1989.



Figuur B.2 Boven zwarte lijn: jaargemiddelde temperatuur in De Bilt van 1900 tot 2002. De rode lijn in deze grafiek geeft het 10-jarig voortschrijdend gemiddelde van deze temperatuur. In de onderste grafiek staat de jaargemiddelde (zwart) en 10-jaar-gemiddelde (rood) 'wereldtemperatuur' uitgezet (relatief ten opzichte van het gemiddelde van de periode 1977-1980 (bron KNMI)).

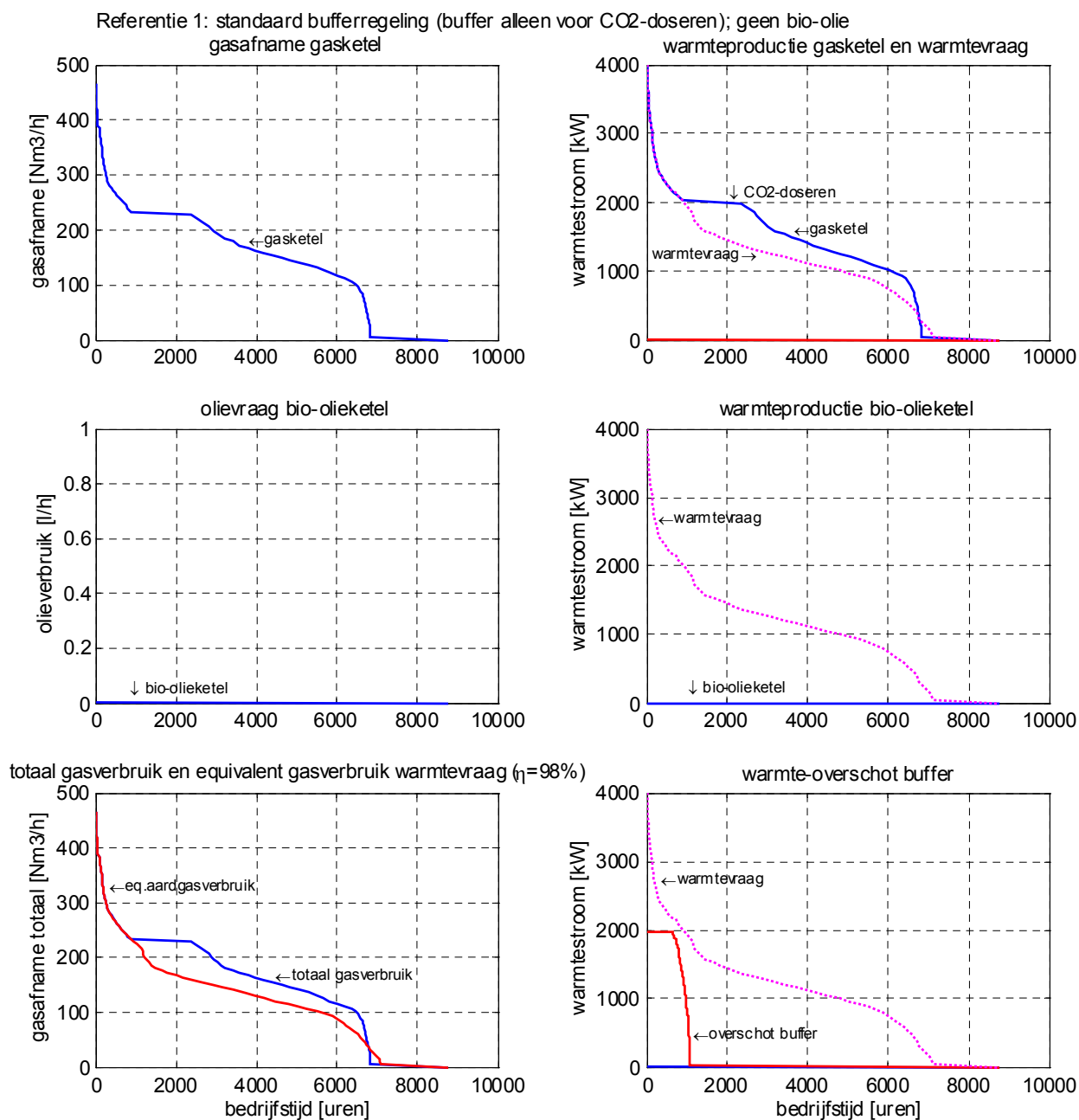
BIJLAGE C DETAILS JAARRONDBEREKENINGEN

In deze bijlage zullen voor de referenties 1 en 2 en de varianten V3 tot en met V6 (zie tabel 3.1) de jaarrond warmtevraag- en –productiepatronen voor de tomatenteelt (2 ha) worden gegeven en tevens de daarvan afgeleide jaarbelastingduurkrommen. Verder wordt per casus een numeriek rapport met de belangrijkste jaarrondcijfers gegeven.



Figuur C.1 Vraag- en productiepatronen van referentie 1: geen bio-olie; geen piekscheren met warmtebuffer.

Bijlage C



Figuur C.2 Jaarbelastingduurkrommen van gasafname en warmteproductie van referentie 1.

Grondoppervlak kas: 20000 m2

RESULTATEN

		Gemiddeld	Minimum	Maximum
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2 [grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48 [W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18 [m/s]
Warmtevraag	Pverwg	1014.686	0	3996.4394 [kW]
CO2-vraag	qCO2	115.3354	0	409.9997 [kg/uur]
Elektriciteitsvraag	Peg	22.4793	6	29.6 [kW]
Fgas WK1 (tbv EWP)	FgasWK1	0	0	0 [m3/h]
Fgas WK2 (tbv assim)	FgasWK2	0	0	0 [m3/h]
Fgashulpketel	FgasHK	143.2435	0	463.57 [m3/h]
Fgas totaal	Fgastot	143.2435	0	463.57 [m3/h]
Folie bio-olieketel	FolieKbo	1.8088e-016	0	2.7392e-014 [l/h]
Elektriciteitsinkoop	Pe_ink	22.4764	6	29.6 [kW]
Elektriciteitsverkoop	Pe_verk	0	0	0 [kW]
Thermisch vermogen bron	Pth_bron	0	0	0 [kW]
Warmteverlies CO2 dos.	Ploss_CO2	211.781	0	1988.3775 [kW]

TOTALEN

Zoninstraling	Pzon	73230.0553 [GJ/jaar]
Warmtevraag	Everwg	31999.1365 [GJ/jaar]
CO2-vraag	Mco2g	1009436.4834 [m3 a.e./jaar]
Elektriciteitsvraag	Eelg	1010338.2872 [kg/jaar]
		570812.5916 [m3 a.e./jaar]
		708.9077 [GJ/jaar]
		196918.8036 [kWh/jaar]
Jaargasvraag WK1 (tbv EWP)	gasWK1	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag WK2 (assim)	gasWK2	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag hulpketel	gasHK	1254813.3414 [m3/jaar]
Jaargasvraag totaal	gastot	1254813.3414 [m3/jaar]
Jaarolievraag bio-olieketel	olie Kbo	0.0 [l/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_ink_tot	196893.3839 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal plateauuren	E_ink_plat	94952.6084 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal daluren	E_ink_dal	101940.7755 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_tl_tot	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot. plateauuren	E_tl_plat	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot.dal	E_tl_dal	0 [kWh/jaar]
Jaarwarmtevraag	Qvraag	31999.1365 [GJ/jaar]
Jaarlevering warmtebron EWP	Q_ewp	0 [GJ/jaar]
Jaarlevering gasgestookte ketel	Q_K	38943.91 [GJ/jaar]
Jaarlevering bio-olieketel	Q_Kbo	0.00 [GJ/jaar]
Jaaroverschot warmte agv CO2-dos.	Qloss_CO2	6678.7253 [GJ/jaar]
Dekkingsgraad bio-olieketel	Dgr_Kbo	0.0 [%]
Dekkingsgraad ketel	Dgr_K	121.703 [%]
contractcapaciteit	contr.cap	463.57 [m3/h]
basislastcapaciteit	basislcap	156.8517 [m3/h]
additionele capaciteit	addit.cap	306.7183 [m3/h]
bedrijfstijd contractcapaciteit	bedr.tijd	2706.8477 [h]
P-waarde zware stookolie	P	195.5 [EUR/ton]
commodity prijs aardgas	T_comm	14.2604 [EURct/m3]
tot.gasprijs (ex.region.diensten/BSB/REB)		18.6835 [EURct/m3]
tot.gasprijs (incl.region.diensten/BSB/REB)		21.1636 [EURct/m3]
kosten commodity aardgas	C_comm	178941.0984 [EUR/jaar]
kosten additionele capaciteit	C_AC	31817.2488 [EUR/jaar]
transportkosten basislastcapaciteit		5860.022 [EUR/jaar]
transportkosten addition.capaciteit		17825.2381 [EUR/jaar]
kosten diensten reg.gasbedrijf	C_reg_dnst	17065.4614 [EUR/jaar]

Bijlage C

```

kosten BSB aardgas (max 10 mln m3) C_BSB          13802.9468 [EUR/jaar]
REB aardgas (tuinderstarief 2003) REBg            251.5 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(ex.reg.dnst/BSB/REB)        234443.6074 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(incl.reg.dnst/BSB/REB)       265563.5156 [EUR/jaar]
Prijs bio-olie per liter                          0.277 [EUR/ltr]
totale kosten (bio-)olie                          4.3891e-013 [EUR/jaar]

elektr.tarieven (D/N/DTL/NTL) 0.05 0.02 0.087 0.072 [EUR/kWh]
jaargemid.maximale maandelijkse Eenkoop (uurgemidd.) 4.3891e-013 [kW/jaar]
max inkoop per maand [kW]:
ans = Columns 1 through 6
  29.5997500  29.59975000  29.5997500  29.5997500  29.5997500  29.59975000
Columns 7 through 12
  29.5997500  29.59975000  29.5997500  29.5997500  29.5997500  29.59975000
max verkoop per maand [kW]:
ans = 1.0e-003 *
Columns 1 through 6
  0.2500000  0.25000000  0.2500000  0.250000  0.25000000  0.25000000
Columns 7 through 12
  0.2500000  0.25000000  0.2500000  0.250000  0.25000000  0.25000000
maximum van max_maand_E-inkooppieken:            29.5998 [kW]
maximum van max_maand_E-verkooppieken:            0.00025 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-inkooppieken:           29.5998 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-verkooppieken:           0.00025 [kW]
tot.kosten el.inkoop dag (ex.dnst/REB)             4747.6304 [EUR/jaar]
tot.kosten el.inkoop nacht(ex.dnst/REB)            2038.8155 [EUR/jaar]
totale kosten REB over el.inkoop REBe             2392.4283 [EUR/jaar]
totale kosten el.inkoop incl.REB (ex.dnst)         9178.8742 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop dag (ex.dnst/REB)            0 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop nacht(ex.dnst/REB)           0 [EUR/jaar]
tot.opbrengst el.teruglev.(ex.dnst/REB)            0 [EUR/jaar]
netto kosten elektr.in-/verkoop(incl.REB)          9178.8742 [EUR/jaar]

```

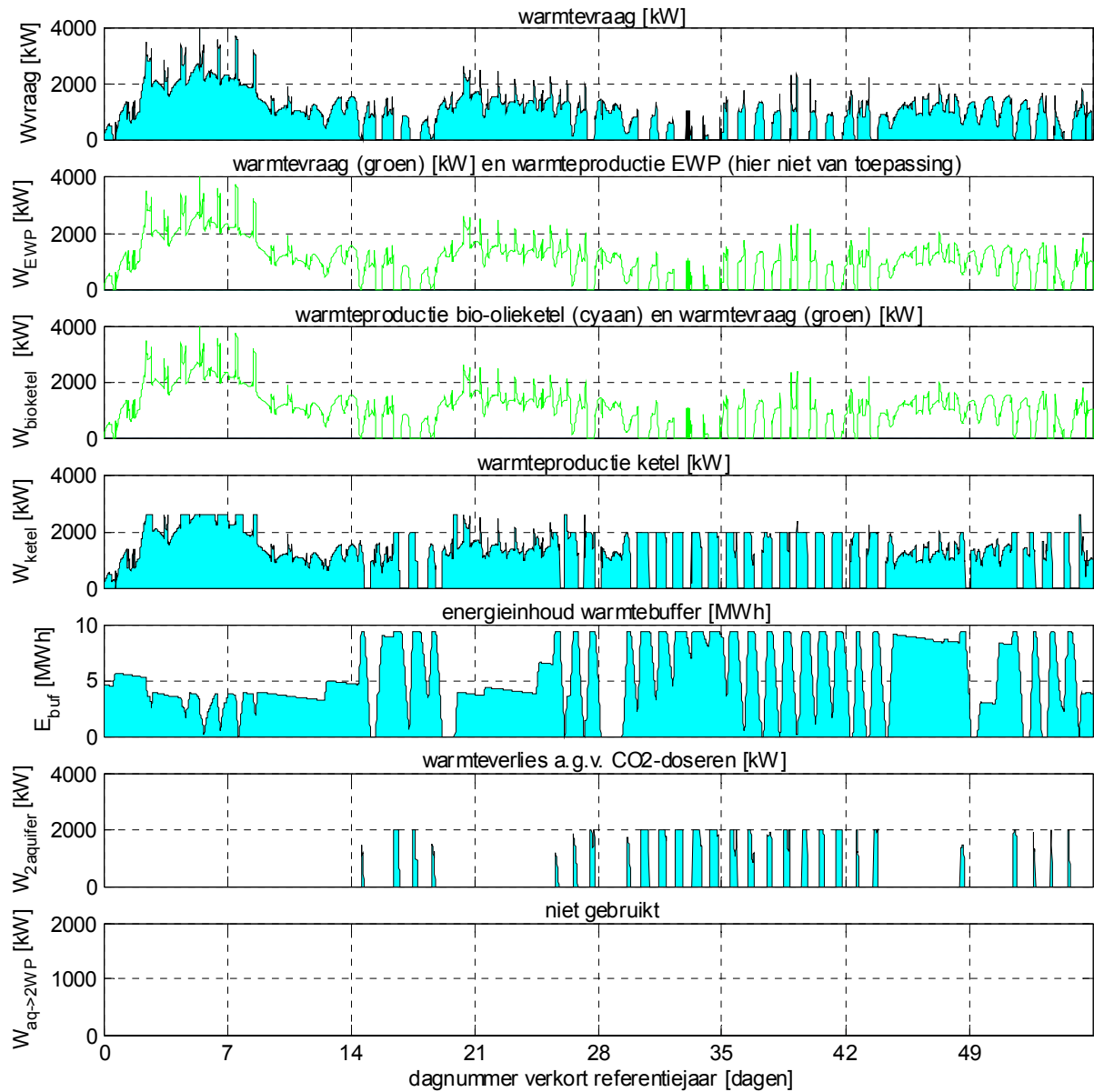
RESULTATEN per m2 grondoppervlak

		Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2	[grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48	[W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18	[m/s]
Warmtevraag	Pverwg	50.7343	0	199.822	[W/m2]
CO2-vraag	qCO2	57.6677	0	204.9998	[kg/uur.ha]
Elektriciteitsvraag (excl.EWP) Peg		1.124	0.3	1.48	[W/m2]
Gasinkoop WK1 (tbv EWP) FgasWK1/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop WK2 (assim) FgasWK2/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop hulpketel FgasHK/ha		71.6218	0	231.785	[m3/h.ha]
Gasinkoop totaal Fgastot/ha		71.6218	0	231.785	[m3/h.ha]

TOTALEN (per m2 grondoppervlak)

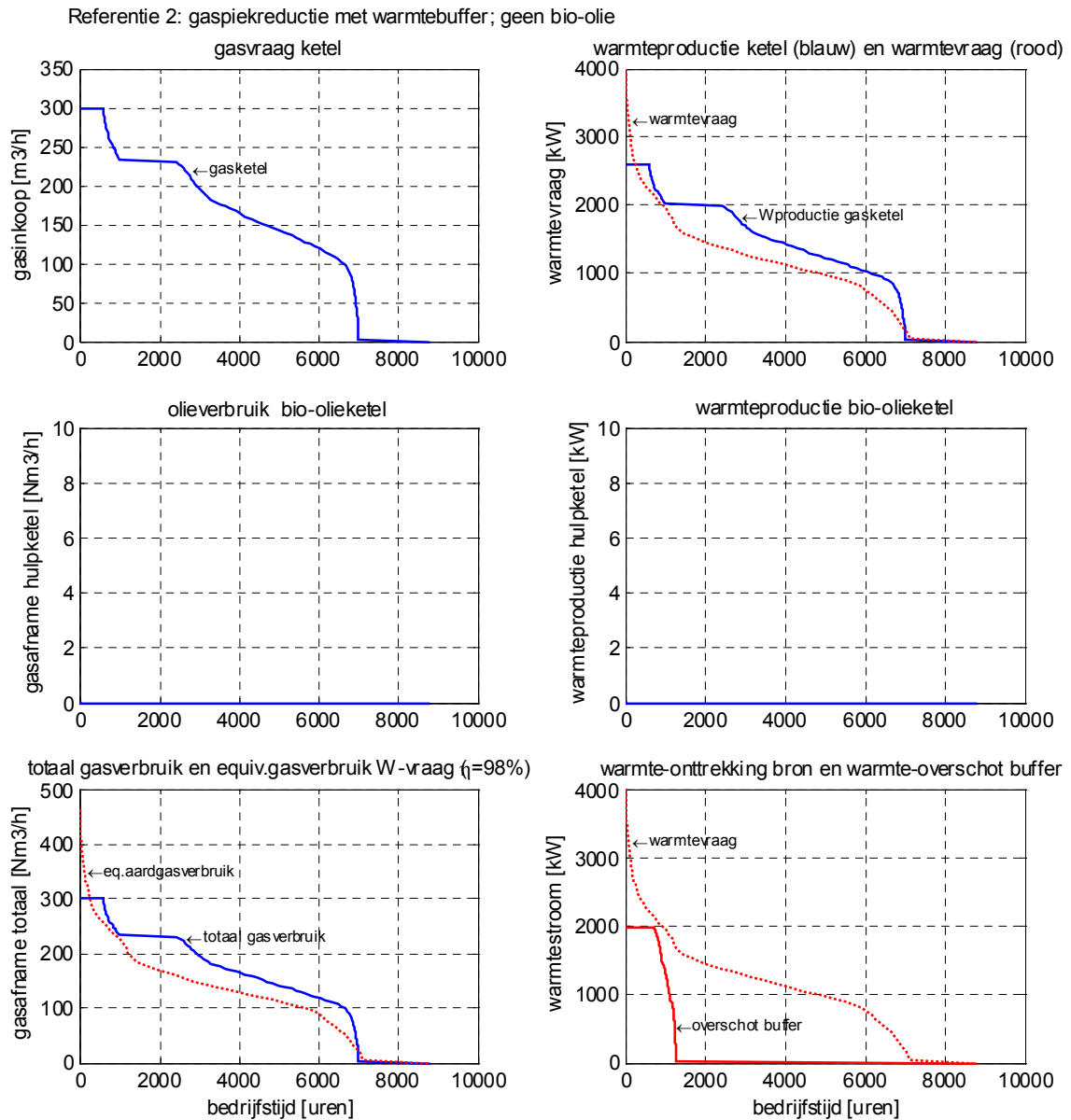
Zoninstraling	Pzon	3.6615	[GJ/jaar.m2]
Warmtevraag kas (ex.EWP-bron) Eelg		1.6	[GJ/jaar.m2]
		50.4718	[m3 a.e./jaar.m2]
CO2-vraag	Mco2g	50.5169	[kg/jaar.m2]
		28.5406	[m3 a.e./jaar.m2]
Elektriciteitsvraag (exc.EWP) Eelg		0.035445	[GJ/jaar.m2]
		9.8459	[kWh/jaar.m2]
jaargasvraag WK1 gasWK1/m2jr		0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag WK2 gasWK2/m2jr		0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag hulpketel gasHK/m2jr		62.7407	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag totaal gastot/m2jr		62.7407	[m3/jaar.m2]
jaarbIO-olievraag olietot/m2jr		0.0	[l/jaar.m2]
jaargasvraag bronwarmte Qbron/m2jr		0	[GJ/jaar.m2]
Jaaroverschot warmte agv. CO2-dos.		0.33394	[GJ/jaar.m2]

Referentie 2: gaspiekreductie met warmtebuffer; geen bio-olie



Figuur C.3 Vraag- en productiepatronen voor referentie 2: geen bio-olie; piekscheren met warmtebuffer.

Bijlage C



Figuur C.4: Jaarbelastingduurkrommen van gasafname en warmteproductie van referentie 2.

Referentie 2: gaspiekreductie met behulp van warmtebuffer; contractcapaciteitsbegrenzing
op 300 m³/h (2 ha)

Datum : 18-7-2003
Tijd : 1:02 uur

Grondoppervlak kas: 20000 m2

RESULTATEN

		Gemiddeld	Minimum	Maximum
Warmtevraag	Pverwg	1014.686	0	3996.4394 [kW]
CO2-vraag	qCO2	115.3354	0	409.9997 [kg/uur]
Elektriciteitsvraag	Peg	22.4793	6	29.6 [kW]
Fgasketel	FgasK	146.7616	0	300 [m3/h]
Fgashulpketel	FgasHK	4.0652e-016	0	2.6981e-014 [m3/h]
Fgas totaal	Fgastot	146.7616	0	300 [m3/h]
Elektriciteitsinkoop	Pe_ink	22.4764	6	29.6 [kW]
Elektriciteitsverkoop	Pe_verk	0	0	0 [kW]
Warmteverlies CO2 dos.	Ploss_CO2	240.9259	0	1990.3322 [kW]

TOTALEN

Warmtevraag	Everwg	31999.1365 [GJ/jaar]
		1009436.4834 [m3 a.e./jaar]
CO2-vraag	Mco2g	1010338.2872 [kg/jaar]
		552097.4247 [m3 a.e./jaar]
Elektriciteitsvraag	Eelg	708.9077 [GJ/jaar]
		196918.8036 [kWh/jaar]
Jaargasvraag ketel	gasket	1285631.9945 [m3/jaar]
Jaargasvraag hulpketel	gasHK	3.5611e-012 [m3/jaar]
Jaargasvraag totaal	gastot	1285631.9945 [m3/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_ink_tot	196893.3839 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal dag	E_ink_dag	132933.6518 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal nacht	E_ink_na	63959.7321 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot. dag	E_tldag	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot.nacht	E_tlnacht	0 [kWh/jaar]
Jaaroverschot warmte agv CO2-dos.	Qloss_CO2	7597.8406 [GJ/jaar]
contractcapaciteit	contr.cap	300 [m3/h]
basislastcapaciteit	basislcap	160.704 [m3/h]
additionele capaciteit	addit.cap	139.296 [m3/h]
P-waarde zware stookolie	P	195.5 [EUR/ton]
commodity prijs aardgas	T_comm	14.2604 [eurocent/m3]
tot.gasprijs (ex.region.diensten/BSB/REB)		16.481 [EURct/m3]
tot.gasprijs (incl.region.diensten/BSB/REB)		18.9606 [EURct/m3]
kosten commodity aardgas	C_comm	183335.9542 [EUR/jaar]
kosten additionele capaciteit	C_AC	14449.791 [EUR/jaar]
transportkosten basislastcapaciteit		6003.9462 [EUR/jaar]
transportkosten addition.capaciteit		8095.3249 [EUR/jaar]
kosten diensten reg.gasbedrijf	C_reg_dnst	17484.5951 [EUR/jaar]
kosten BSB aardgas (max 10 mln m3)	C_BSB	14141.9519 [EUR/jaar]
REB aardgas (tuinderstarief 2001)	REBg	251.5 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(ex.reg.dnst/BSB/REB)		211885.0163 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(incl.reg.dnst/BSB/REB)		243763.0634 [EUR/jaar]
elektr.tarieven (D/N/DTL/NTL) 0.05 0.02 0.087 0.072 [EUR/kWh]		
tot.kosten el.inkoop dag (ex.dnst/REB)		6646.6826 [EUR/jaar]
tot.kosten el.inkoop nacht(ex.dnst/REB)		1279.1946 [EUR/jaar]
totale kosten REB over el.inkoop	REBe	2392.4283 [EUR/jaar]

Bijlage C

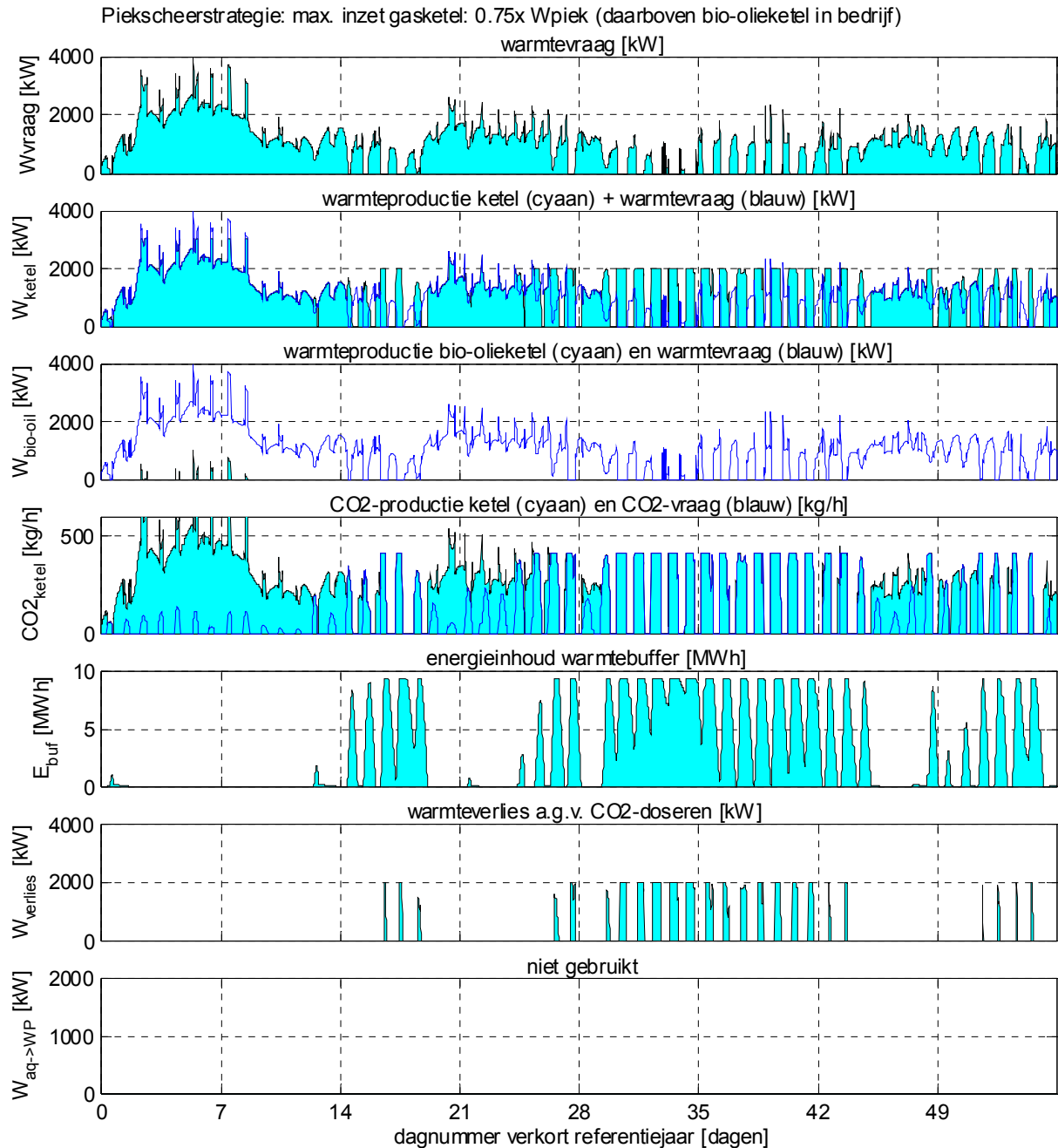
totale kosten el.inkoop incl.REB (ex.dnst)	10318.3056	[EUR/jaar]
tot.opbrengst el.verkoop dag (ex.dnst/REB)	0	[EUR/jaar]
tot.opbrengst el.verkoop nacht (ex.dnst/REB)	0	[EUR/jaar]
tot.opbrengst el.teruglev. (ex.dnst/REB)	0	[EUR/jaar]
netto kosten elektr.in-/verkoop(ex.REB verk)	10318.3056	[EUR/jaar]

RESULTATEN per m2 grondoppervlak

		Gemiddeld	Minimum	Maximum
Warmtevraag	Pverwg	50.7343	0	199.822 [W/m2]
CO2-vraag	qCO2	0.0057668	0	0.0205 [kg/uur.m2]
		57.6677	0	204.9998 [kg/uur.ha]
Elektriciteitsvraag	Peg	1.124	0.3	1.48 [W/m2]
Gasinkoop ketel	Fgasket/m2	0.0073381	0	0.015 [m3/h.m2]
Gasinkoop hulpketel	FgasHK/m2	2.0326e-020	0	1.349e-018 [m3/h.m2]
Gasinkoop totaal	Fgastot/m2	0.0073381	0	0.015 [m3/h.m2]

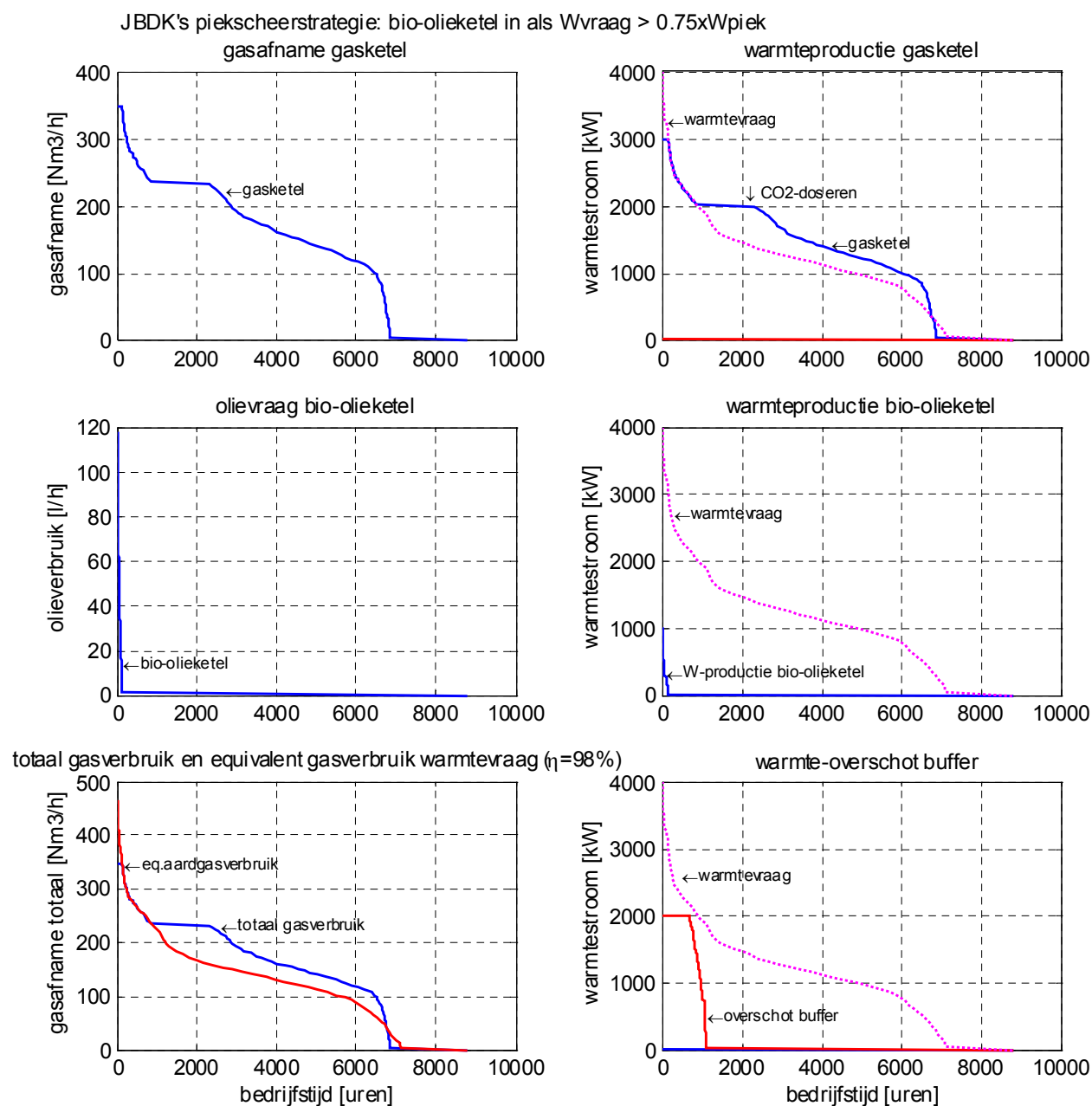
TOTALEN (per m2 grondoppervlak)

jaargasvraag ketel	gasket/m2jr	64.2816	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag hulpketel	gasHK/m2jr	1.7806e-016	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag totaal	gastot/m2jr	64.2816	[m3/jaar.m2]



Figuur C.5 Vraag- en productiepatronen variant V3. Het meerdere boven de grens van $\frac{3}{4}$ van de piekwarmtevraag, wordt geproduceerd met bio-olie.

Bijlage C



Figuur C.6 Jaarbelastingduurkrommen voor de gas/bio-olieafname, en voor de warmteproductie van de gas-respectievelijk bio-olieketel voor variant V3.

Resultaten inzetberekeningen van variant
V3: Bio-olie; peikscheerstrategie (limiteer inzet gasketel op 1.5 MW/ha (75% van W_{peak}) (~ ca 1.5x116 m³/h/ha); rendement bio-olieketel: 85% (op bovenwaarde). Draaiuren: bio-olieketel: 115.7 uur LHVbo = 36.0 MJ/l; rho=0.923 kg/l
 Datum : 16-7-2003 Tijd : 16:21 uur

Grondoppervlak kas: 20000 m2					V3
RESULTATEN					
		Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2	[grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48	[W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18	[m/s]
Warmtevraag	Pverwg	1014.686	0	3996.4394	[kW]
CO2-vraag	qCO2	115.3354	0	409.9997	[kg/uur]
Elektriciteitsvraag	Peg	22.4793	6	29.6	[kW]
Fgas WK1 (tbv EWP)	FgasWK1	0	0	0	[m3/h]
Fgas WK2 (tbv assim)	FgasWK2	0	0	0	[m3/h]
Fgashulpketel	FgasHK	142.6833	0	347.9872	[m3/h]
Fgas totaal	Fgastot	142.6833	0	347.9872	[m3/h]
Folie bio-olieketel	FolieKbo	0.56816	0	117.2282	[l/h]
Elektriciteitsinkoop	Pe_ink	22.4764	6	29.6	[kW]
Elektriciteitsverkoop	Pe_verk	0	0	0	[kW]
Thermisch vermogen bron	Pth_bron	0	0	0	[kW]
Warmteverlies CO2 dos.	Ploss_CO2	211.781	0	1988.3775	[kW]

TOTALEN					
Zoninstraling	Pzon	73230.0553	[GJ/jaar]		
Warmtevraag	Everwg	31999.1365	[GJ/jaar]		
		1009436.4834	[m3 a.e./jaar]		
CO2-vraag	Mco2g	1010338.2872	[kg/jaar]		
		570812.5916	[m3 a.e./jaar]		
Elektriciteitsvraag	Eelg	708.9077	[GJ/jaar]		
		196918.8036	[kWh/jaar]		
Jaargasvraag WK1 (tbv EWP)	gasWK1	0	[m3/jaar]		
Jaargasvraag WK2 (assim)	gasWK2	0	[m3/jaar]		
Jaargasvraag hulpketel	gasHK	1249906.1245	[m3/jaar]		
Jaargasvraag totaal	gastot	1249906.1245	[m3/jaar]		
Jaarolievraag bio-olieketel	olie_Kbo	4977.0758	[l/jaar]		
Jaar E-vraag totaal	E_ink_tot	196893.3839	[kWh/jaar]		
Jaar E-vraag totaal plateauuren	E_ink_plat	94952.6084	[kWh/jaar]		
Jaar E-vraag totaal daluren	E_ink_dal	101940.7755	[kWh/jaar]		
Jaar E-vraag totaal	E_tl_tot	0	[kWh/jaar]		
Jaar E-teruglev.tot. plateauuren	E_tl_plat	0	[kWh/jaar]		
Jaar E-teruglev.tot.dal	E_tl_dal	0	[kWh/jaar]		
Jaarwarmtevraag	Qvraag	31999.1365	[GJ/jaar]		
Jaarlevering warmtebron EWP	Q_ewp	0	[GJ/jaar]		
Jaarlevering gasgestookte ketel	Q_K	38791.6115	[GJ/jaar]		
Jaarlevering bio-olieketel	Q_Kbo	152.2985	[GJ/jaar]		
Jaaroverschot warmte agv CO2-dos.	Qloss_CO2	6678.7253	[GJ/jaar]		
Dekkingsgraad bio-olieketel	Dgr_Kbo	0.47595	[%]		
Dekkingsgraad ketel	Dgr_K	121.2271	[%]		
contractcapaciteit	contr.cap	347.9872	[m3/h]		
basislastcapaciteit	basislcap	156.2383	[m3/h]		
additionele capaciteit	addit.cap	191.749	[m3/h]		
bedrijfstijd contractcapaciteit	bedr.tijd	3591.8159	[h]		
P-waarde zware stookolie	P	195.5	[EUR/ton]		
commodity prijs aardgas	T_comm	14.2604	[EURct/m3]		
tot.gasprijs (ex.region.diensten/BSB/REB)		17.2103	[EURct/m3]		
tot.gasprijs (incl.region.diensten/BSB/REB)		19.6905	[EURct/m3]		
kosten commodity aardgas	C_comm	178241.3108	[EUR/jaar]		
kosten additionele capaciteit	C_AC	19890.9711	[EUR/jaar]		
transportkosten basislastcapaciteit		5837.1052	[EUR/jaar]		
transportkosten addition.capaciteit		11143.6818	[EUR/jaar]		
kosten diensten req.gasbedrijf	C req dnst	16998.7233	[EUR/jaar]		

Bijlage C

```

kosten BSB aardgas (max 10 mln m3) C_BSB          13748.9674 [EUR/jaar]
REB aardgas (tuinderstarief 2003) REBg            251.5 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(ex.reg.dnst/BSB/REB)         215113.069 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(incl.reg.dnst/BSB/REB)        246112.2597 [EUR/jaar]
Prijs bio-olie per liter                          0.277 [EUR/ltr]
totale kosten (bio-)olie                          1378.65 [EUR/jaar]

elektr.tarieven (D/N/DTL/NTL) 0.05 0.02 0.087 0.072 [EUR/kWh]
jaargemid.maximale maandelijkse Eenkoop (uurgemidd.) 1378.65 [kW/jaar]
max inkoop per maand [kW]:
ans = Columns 1 through 6
  29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000
Columns 7 through 12
  29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000
max verkoop per maand [kW]:
ans = 1.0e-003 *
Columns 1 through 6
  0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000
Columns 7 through 12
  0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000
maximum van max_maand_E-inkooppieken:             29.5998 [kW]
maximum van max_maand_E-verkooppieken:             0.00025 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-inkooppieken:            29.5998 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-verkooppieken:            0.00025 [kW]
tot.kosten el.inkoop dag (ex.dnst/REB)              4747.6304 [EUR/jaar]
tot.kosten el.inkoop nacht(ex.dnst/REB)             2038.8155 [EUR/jaar]
totale kosten REB over el.inkoop REBe              2392.4283 [EUR/jaar]
totale kosten el.inkoop incl.REB (ex.dnst)          9178.8742 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop dag (ex.dnst/REB)             0 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop nacht(ex.dnst/REB)            0 [EUR/jaar]
tot.opbrengst el.teruglev.(ex.dnst/REB)            0 [EUR/jaar]
netto kosten elektr.in-/verkoop(incl.REB)          9178.8742 [EUR/jaar]

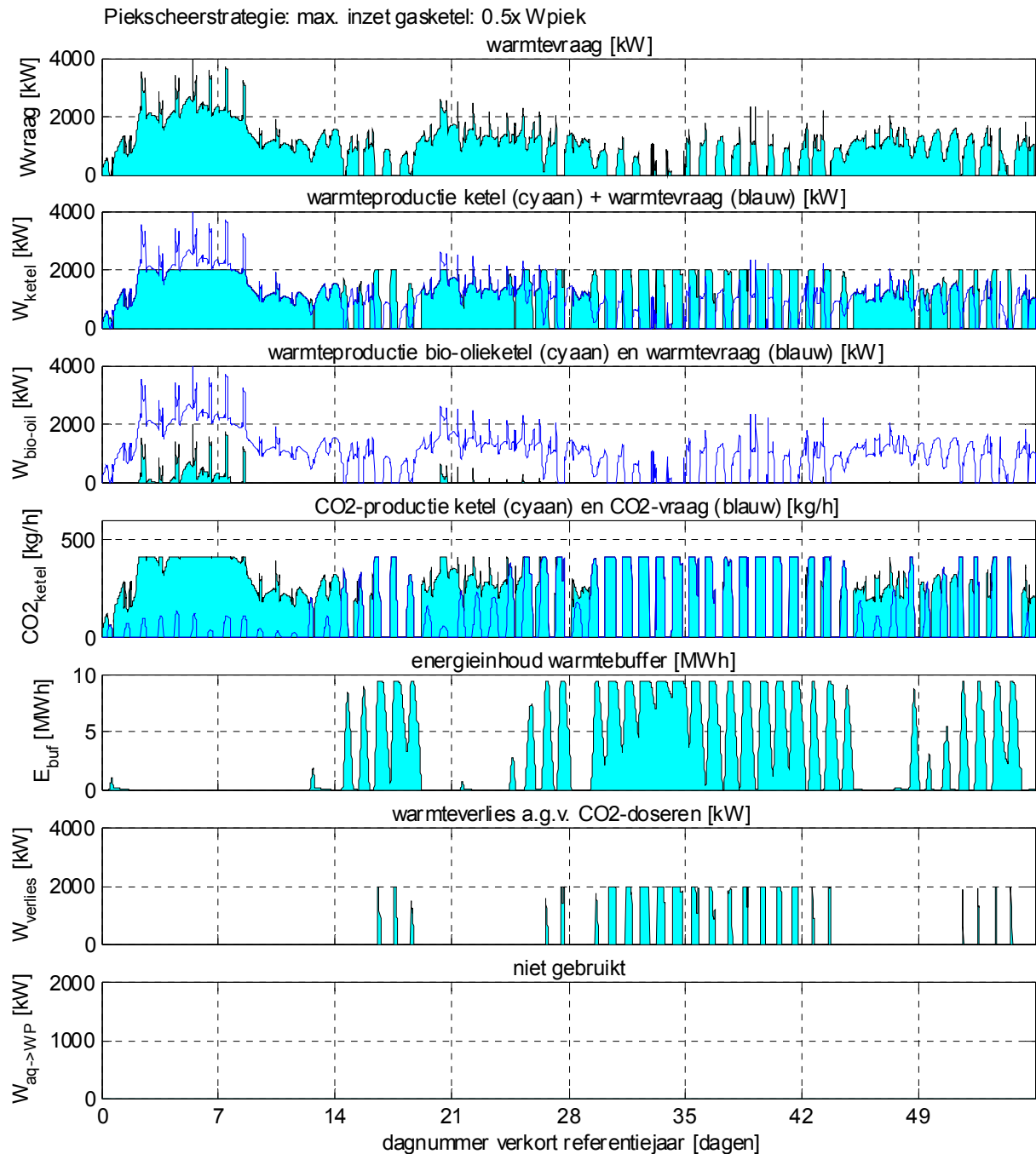
```

RESULTATEN per m2 grondoppervlak

		Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2	[grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48	[W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18	[m/s]
Warmtevraag	Pverwg	50.7343	0	199.822	[W/m2]
CO2-vraag	qCO2	57.6677	0	204.9998	[kg/uur.ha]
Elektriciteitsvraag (excl.EWP) Peg		1.124	0.3	1.48	[W/m2]
Gasinkoop WK1 (tbv EWP) FgasWK1/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop WK2 (assim) FgasWK2/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop hulpketel FgasHK/ha		71.3417	0	173.9936	[m3/h.ha]
Gasinkoop totaal Fgastot/ha		71.3417	0	173.9936	[m3/h.ha]

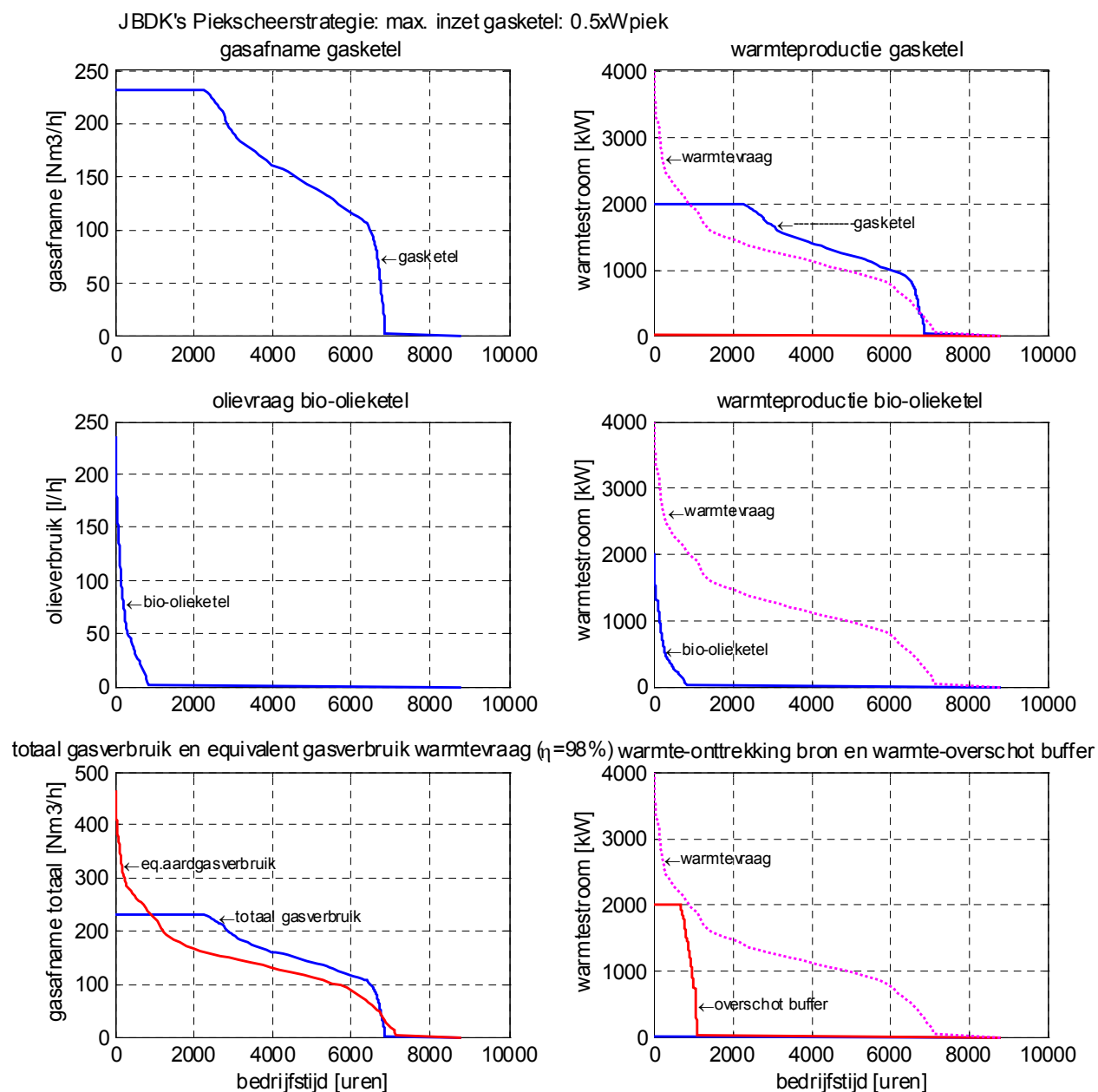
TOTALEN (per m2 grondoppervlak)

Zoninstraling	Pzon	3.6615	[GJ/jaar.m2]
Warmtevraag kas (ex.EWP-bron) Eelg		1.6	[GJ/jaar.m2]
		50.4718	[m3 a.e./jaar.m2]
CO2-vraag	Mco2g	50.5169	[kg/jaar.m2]
		28.5406	[m3 a.e./jaar.m2]
Elektriciteitsvraag (exc.EWP) Eelg		0.035445	[GJ/jaar.m2]
		9.8459	[kWh/jaar.m2]
jaargasvraag WK1 gasWK1/m2jr		0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag WK2 gasWK2/m2jr		0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag hulpketel gasHK/m2jr		62.4953	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag totaal gastot/m2jr		62.4953	[m3/jaar.m2]
jaarbiod-olievraag olietot/m2jr		0.24885	[l/jaar.m2]
jaargasvraag bronwarmte Qbron/m2jr		0	[GJ/jaar.m2]
Jaaroverschot warmte agv. CO2-dos.		0.33394	[GJ/jaar.m2]



Figuur C.7 Vraag- en productiepatronen variant V4. Het meerdere boven de grens van $\frac{1}{2} \times$ de piekwarmtevraag, wordt geproduceerd met bio-olie.

Bijlage C



Figuur C.8 Jaarbelastingduurkrommen voor de gas/bio-olieafname en voor de warmteproductie van de gas-respectievelijk bio-olieketel voor variant V4.

Resultaten van inzetberekening van variant

V4: Bio-olie; piekscheerstrategie (limiteer inzet gasketel op 1 MW/ha (50% van W_{peak}))

(~ ca 116 m³/h/ha); rendement bio-olieketel: 85% (op bovenwaarde). Draaiuren: bio-olieketel: 803 uur. LHV_{bo} = 36.0 MJ/l; rho=0.923 kg/l

Datum : 16-7-2003 Tijd : 14:49 uur

Grondoppervlak kas: 20000 m2

V4

RESULTATEN

		Gemiddeld	Minimum	Maximum
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2 [grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48 [W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18 [m/s]
Warmtevraag	Pverwg	1014.686	0	3996.4394 [kW]
CO2-vraag	qCO2	115.3354	0	409.9997 [kg/uur]
Elektriciteitsvraag	Peg	22.4793	6	29.6 [kW]
Fgas WK1 (tbv EWP)	FgasWK1	0	0	0 [m3/h]
Fgas WK2 (tbv assim)	FgasWK2	0	0	0 [m3/h]
Fgashulpketel	FgasHK	137.9944	0	231.9915 [m3/h]
Fgas totaal	Fgastot	137.9944	0	231.9915 [m3/h]
Folie bio-olieketel	FolieKbo	5.3238	0	234.8752 [l/h]
Elektriciteitsinkoop	Pe_ink	22.4764	6	29.6 [kW]
Elektriciteitsverkoop	Pe_verk	0	0	0 [kW]
Thermisch vermogen bron	Pth_bron	0	0	0 [kW]
Warmteverlies CO2 dos.	Ploss_CO2	211.781	0	1988.3775 [kW]

TOTALEN

Zoninstraling	Pzon	73230.0553 [GJ/jaar]
Warmtevraag	Everwg	31999.1365 [GJ/jaar]
CO2-vraag	Mco2g	1009436.4834 [m3 a.e./jaar]
Elektriciteitsvraag	Eelg	1010338.2872 [kg/jaar]
		570812.5916 [m3 a.e./jaar]
		708.9077 [GJ/jaar]
		196918.8036 [kWh/jaar]
Jaargasvraag WK1 (tbv EWP)	gasWK1	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag WK2 (assim)	gasWK2	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag hulpketel	gasHK	1208831.0738 [m3/jaar]
Jaargasvraag totaal	gastot	1208831.0738 [m3/jaar]
Jaarolievraag bio-olieketel	olie_Kbo	46636.8688 [l/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_ink_tot	196893.3839 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal plateauuren	E_ink_plat	94952.6084 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal daluren	E_ink_dal	101940.7755 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_tl_tot	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot. plateauuren	E_tl_plat	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot.dal	E_tl_dal	0 [kWh/jaar]
Jaarwarmtevraag	Qvraag	31999.1365 [GJ/jaar]
Jaarlevering warmtebron EWP	Q_ewp	0 [GJ/jaar]
Jaarlevering gasgestookte ketel	Q_K	37516.8218 [GJ/jaar]
Jaarlevering bio-olieketel	Q_Kbo	1427.0882 [GJ/jaar]
Jaaroverschot warmte agv CO2-dos.	Qloss_CO2	6678.7253 [GJ/jaar]
Dekkingsgraad bio-olieketel	Dgr_Kbo	4.4598 [%]
Dekkingsgraad ketel	Dgr_K	117.2432 [%]
contractcapaciteit	contr.cap	231.9915 [m3/h]
basislastcapaciteit	basislcap	151.1039 [m3/h]
additionele capaciteit	addit.cap	80.8876 [m3/h]
bedrijfstijd contractcapaciteit	bedr.tijd	5210.6697 [h]
P-waarde zware stookolie	P	195.5 [EUR/ton]
commodity prijs aardgas	T_comm	14.2604 [EURct/m3]
tot.gasprijs (ex.region.diensten/BSB/REB)		15.8104 [EURct/m3]
tot.gasprijs (incl.region.diensten/BSB/REB)		18.2912 [EURct/m3]
kosten commodity aardgas	C_comm	172383.8542 [EUR/jaar]
kosten additionele capaciteit	C_AC	8390.8305 [EUR/jaar]
transportkosten basislastcapaciteit		5645.2833 [EUR/jaar]
transportkosten addition.capaciteit		4700.8637 [EUR/jaar]

Bijlage C

kosten diensten reg.gasbedrijf	C_reg_dnst	16440.1026	[EUR/jaar]
kosten BSB aardgas (max 10 mln m3)	C_BSB	13297.1418	[EUR/jaar]
REB aardgas (tuinderstarief 2003)	REBg	251.5	[EUR/jaar]
totale kosten aardgas(ex.reg.dnst/BSB/REB)		191120.8317	[EUR/jaar]
totale kosten aardgas(incl.reg.dnst/BSB/REB)		221109.5761	[EUR/jaar]

Prijs bio-olie per liter	0.277	[EUR/ltr]
totale kosten (bio-)olie	12918.4127	[EUR/jaar]

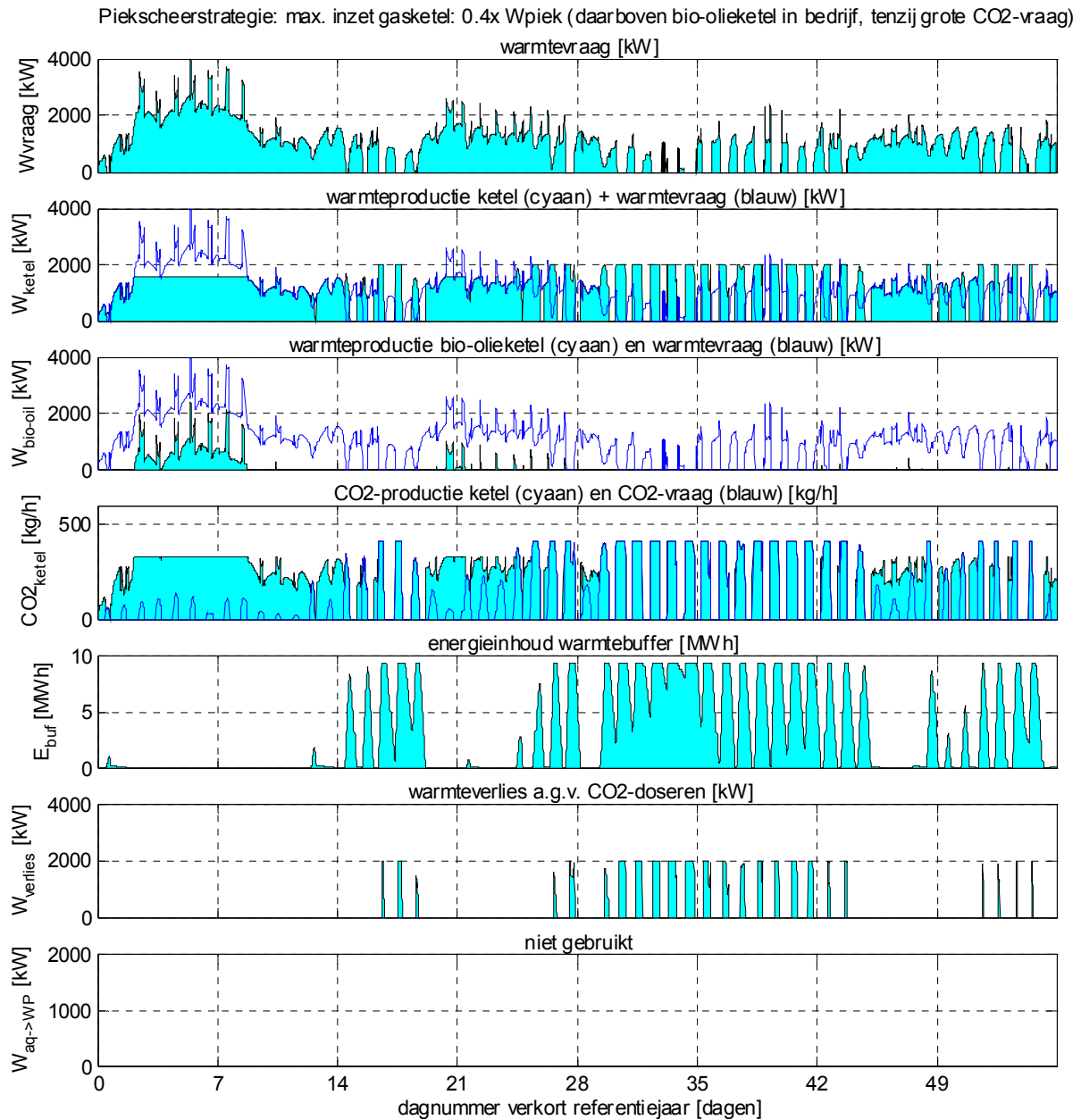
elektr.tarieven (D/N/DTL/NTL) 0.05 0.02 0.087 0.072 [EUR/kWh]
jaargemid.maximale maandelijkse Eenkoop (uurgemidd.) 12918.4127 [kW/jaar]
max inkoop per maand [kW]:
ans = Columns 1 through 6
29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.599750000 29.5997500
Columns 7 through 12
29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.599750000 29.5997500
max verkoop per maand [kW]:
ans = 1.0e-003 *
Columns 1 through 6
0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.250000000 0.2500000
Columns 7 through 12
0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.250000000 0.2500000
maximum van max_maand_E-inkooppielen: 29.5998 [kW]
maximum van max_maand_E-verkooppielen: 0.00025 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-inkooppielen: 29.5998 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-verkooppielen: 0.00025 [kW]
tot.kosten el.inkoop dag (ex.dnst/REB) 4747.6304 [EUR/jaar]
tot.kosten el.inkoop nacht(ex.dnst/REB) 2038.8155 [EUR/jaar]
totale kosten REB over el.inkoop REBe 2392.4283 [EUR/jaar]
totale kosten el.inkoop incl.REB (ex.dnst) 9178.8742 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop dag (ex.dnst/REB) 0 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop nacht(ex.dnst/REB) 0 [EUR/jaar]
tot.opbrengst el.teruglev.(ex.dnst/REB) 0 [EUR/jaar]
netto kosten elektr.in-/verkoop(incl.REB) 9178.8742 [EUR/jaar]

RESULTATEN per m2 grondoppervlak

		Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2	[grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48	[W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18	[m/s]
Warmtevraag	Pverwg	50.7343	0	199.822	[W/m2]
CO2-vraag	qCO2	57.6677	0	204.9998	[kg/uur.ha]
Elektriciteitsvraag (excl.EWP)	Peg	1.124	0.3	1.48	[W/m2]
Gasinkoop WK1 (tbv EWP)	FgasWK1/ha	0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop WK2 (assim)	FgasWK2/ha	0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop hulpketel	FgasHK/ha	68.9972	0	115.9957	[m3/h.ha]
Gasinkoop totaal	Fgastot/ha	68.9972	0	115.9957	[m3/h.ha]

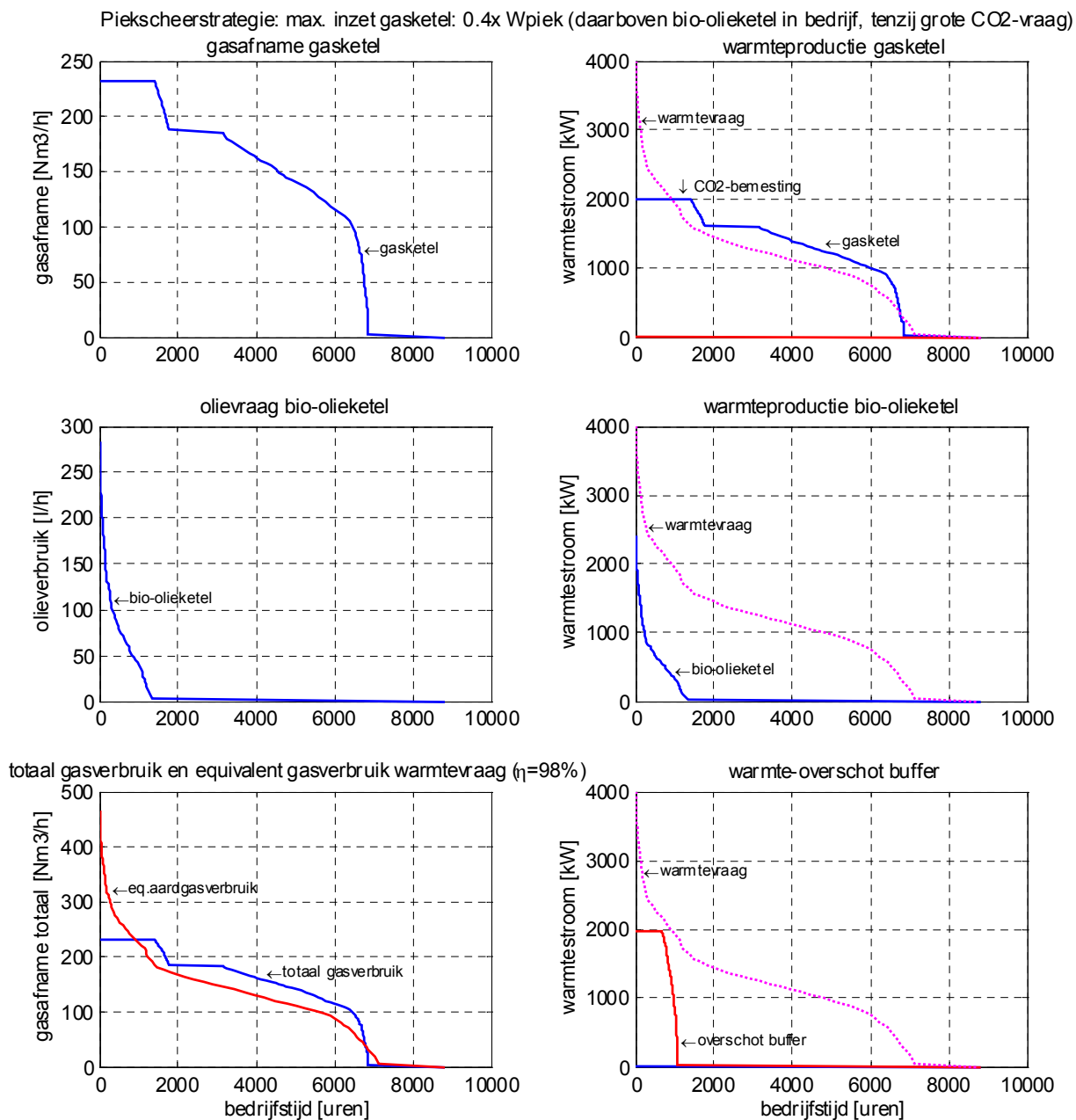
TOTALEN (per m2 grondoppervlak)

Zoninstraling	Pzon	3.6615	[GJ/jaar.m2]
Warmtevraag kas (ex.EWP-bron)	Eelg	1.6	[GJ/jaar.m2]
		50.4718	[m3 a.e./jaar.m2]
CO2-vraag	Mco2g	50.5169	[kg/jaar.m2]
		28.5406	[m3 a.e./jaar.m2]
Elektriciteitsvraag (exc.EWP)	Eelg	0.035445	[GJ/jaar.m2]
		9.8459	[kWh/jaar.m2]
jaargasvraag WK1	gasWK1/m2jr	0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag WK2	gasWK2/m2jr	0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag hulpketel	gasHK/m2jr	60.4416	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag totaal	gastot/m2jr	60.4416	[m3/jaar.m2]
jaarbiod-olievraag	olietot/m2jr	2.3318	[l/jaar.m2]
jaargasvraag bronwarmte	Qbron/m2jr	0	[GJ/jaar.m2]
Jaaroverschot warmte agv. CO2-dos.		0.33394	[GJ/jaar.m2]



Figuur C.9 Vraag- en productiepatronen variant V5. Bio-oliepiekscheerstrategie. Bio-olieinzet als $W_{vraag} > 0.4 \times W_{piek}$, tenzij er CO₂-vraag is met een grotere warmteproductie dan $0.4 \times W_{piek}$.

Bijlage C



Figuur C.10 Jaarbelastingduurkrommen voor de gas/bio-olieafname en voor de warmteproductie van de gas-respectievelijk bio-olieketel voor variant V5.

Resultaten van inzetberekening van variant

V5: Bio-olie; piekscheerstrategie: 0.4x Wpiek: limiteer inzet gasketel op 0.8 MW/ha (40% van W_{peak} ~ ca 0.8x116 m³/h/ha), tenzij er een grotere equiv. CO₂-vraag is (dan begrenzing op 116 m³/h/ha); rendement bio-olieketel: 85% (op bovenwaarde). Draaiuren: bio-olieketel: 1274 uur
 LHV_{bo} = 36.0 MJ/l; rho=0.923 kg/l
 Datum : 16-7-2003 Tijd : 17:31 uur

Grondoppervlak kas: 20000 m2

V5

RESULTATEN

		Gemiddeld	Minimum	Maximum
Buitemtemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2 [grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48 [W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18 [m/s]
Warmtevraag	Pverwg	1014.686	0	3996.4394 [kW]
CO2-vraag	qCO2	115.3354	0	409.9997 [kg/uur]
Elektriciteitsvraag	Peg	22.4793	6	29.6 [kW]
Fgas WK1 (tbv EWP)	FgasWK1	0	0	0 [m3/h]
Fgas WK2 (tbv assim)	FgasWK2	0	0	0 [m3/h]
Fgashulpketel	FgasHK	132.08	0	231.6382 [m3/h]
Fgas totaal	Fgastot	132.08	0	231.6382 [m3/h]
Folie bio-olieketel	FolieKbo	11.3224	0	281.934 [l/h]
Elektriciteitsinkoop	Pe_ink	22.4764	6	29.6 [kW]
Elektriciteitsverkoop	Pe_verk	0	0	0 [kW]
Thermisch vermogen bron	Pth_bron	0	0	0 [kW]
Warmteverlies CO2 dos.	Ploss_CO2	211.781	0	1988.3775 [kW]

TOTALEN

Zoninstraling	Pzon	73230.0553 [GJ/jaar]
Warmtevraag	Everwg	31999.1365 [GJ/jaar]
		1009436.4834 [m3 a.e./jaar]
CO2-vraag	Mco2g	1010338.2872 [kg/jaar]
		570812.5916 [m3 a.e./jaar]
Elektriciteitsvraag	Eelg	708.9077 [GJ/jaar]
		196918.8036 [kWh/jaar]
Jaargasvraag WK1 (tbv EWP)	gasWK1	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag WK2 (assim)	gasWK2	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag hulpketel	gasHK	1157021.2338 [m3/jaar]
Jaargasvraag totaal	gastot	1157021.2338 [m3/jaar]
Jaarolievraag bio-olieketel	olie Kbo	99184.271 [l/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_ink_tot	196893.3839 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal plateauuren	E_ink_plat	94952.6084 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal daluren	E_ink_dal	101940.7755 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_tl_tot	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot. plateauuren	E_tl_plat	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot.dal	E_tl_dal	0 [kWh/jaar]
Jaarwarmtevraag	Qvraag	31999.1365 [GJ/jaar]
Jaarlevering warmtebron EWP	Q_ewp	0 [GJ/jaar]
Jaarlevering gasgestookte ketel	Q_K	35908.8713 [GJ/jaar]
Jaarlevering bio-olieketel	Q_Kbo	3035.0387 [GJ/jaar]
Jaaroverschot warmte agv CO2-dos.	Qloss_CO2	6678.7253 [GJ/jaar]
Dekkingsgraad bio-olieketel	Dgr_Kbo	9.4848 [%]
Dekkingsgraad ketel	Dgr_K	112.2183 [%]
contractcapaciteit	contr.cap	231.6382 [m3/h]
basislastcapaciteit	basislcap	144.6277 [m3/h]
additionele capaciteit	addit.cap	87.0106 [m3/h]
bedrijfstijd contractcapaciteit	bedr.tijd	4994.9492 [h]
P-waarde zware stookolie	P	195.5 [EUR/ton]
commodity prijs aardgas	T_comm	14.2604 [EURct/m3]
tot.gasprijs (ex.region.diensten/BSB/REB)		15.9445 [EURct/m3]
tot.gasprijs (incl.region.diensten/BSB/REB)		18.4263 [EURct/m3]
kosten commodity aardgas	C_comm	164995.5763 [EUR/jaar]
kosten additionele capaciteit	C_AC	9025.9931 [EUR/jaar]
transportkosten basislastcapaciteit		5403.3295 [EUR/jaar]
transportkosten addition.capaciteit		5056.7061 [EUR/jaar]
kosten diensten reg.gasbedrijf	C_reg_dnst	15735.4888 [EUR/jaar]

Bijlage C

kosten BSB aardgas (max 10 mln m3) C BSB	12727.2336 [EUR/jaar]
REB aardgas (tuinderstarief 2003) REBg	251.5 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(ex.reg.dnst/BSB/REB)	184481.6051 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(incl.reg.dnst/BSB/REB)	213195.8274 [EUR/jaar]
Prijs bio-olie per liter	0.277 [EUR/ltr]
totale kosten (bio-)olie	27474.0431 [EUR/jaar]

```

elektr.tarieven (D/N/DTL/NTL) 0.05 0.02 0.087 0.072 [EUR/kWh]
jaargemid.maximale maandelijkse Eenkoop (uurgemidd.) 27474.0431 [kW/jaar]
max inkoop per maand [kW]:
ans = Columns 1 through 6
29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000
Columns 7 through 12
29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000
max verkoop per maand [kW]:
ans = 1.0e-003 *
Columns 1 through 6
0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000
Columns 7 through 12
0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000
maximum van max_maand_E-inkooppielen: 29.5998 [kW]
maximum van max_maand_E-verkooppielen: 0.00025 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-inkooppielen: 29.5998 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-verkooppielen: 0.00025 [kW]
tot.kosten el.inkoop dag (ex.dnst/REB) 4747.6304 [EUR/jaar]
tot.kosten el.inkoop nacht(ex.dnst/REB) 2038.8155 [EUR/jaar]
totale kosten REB over el.inkoop REBe 2392.4283 [EUR/jaar]
totale kosten el.inkoop incl.REB (ex.dnst) 9178.8742 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop dag (ex.dnst/REB) 0 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop nacht(ex.dnst/REB) 0 [EUR/jaar]
tot.opbrengst el.teruglev.(ex.dnst/REB) 0 [EUR/jaar]
netto kosten elektr.in-/verkoop(incl.REB) 9178.8742 [EUR/jaar]

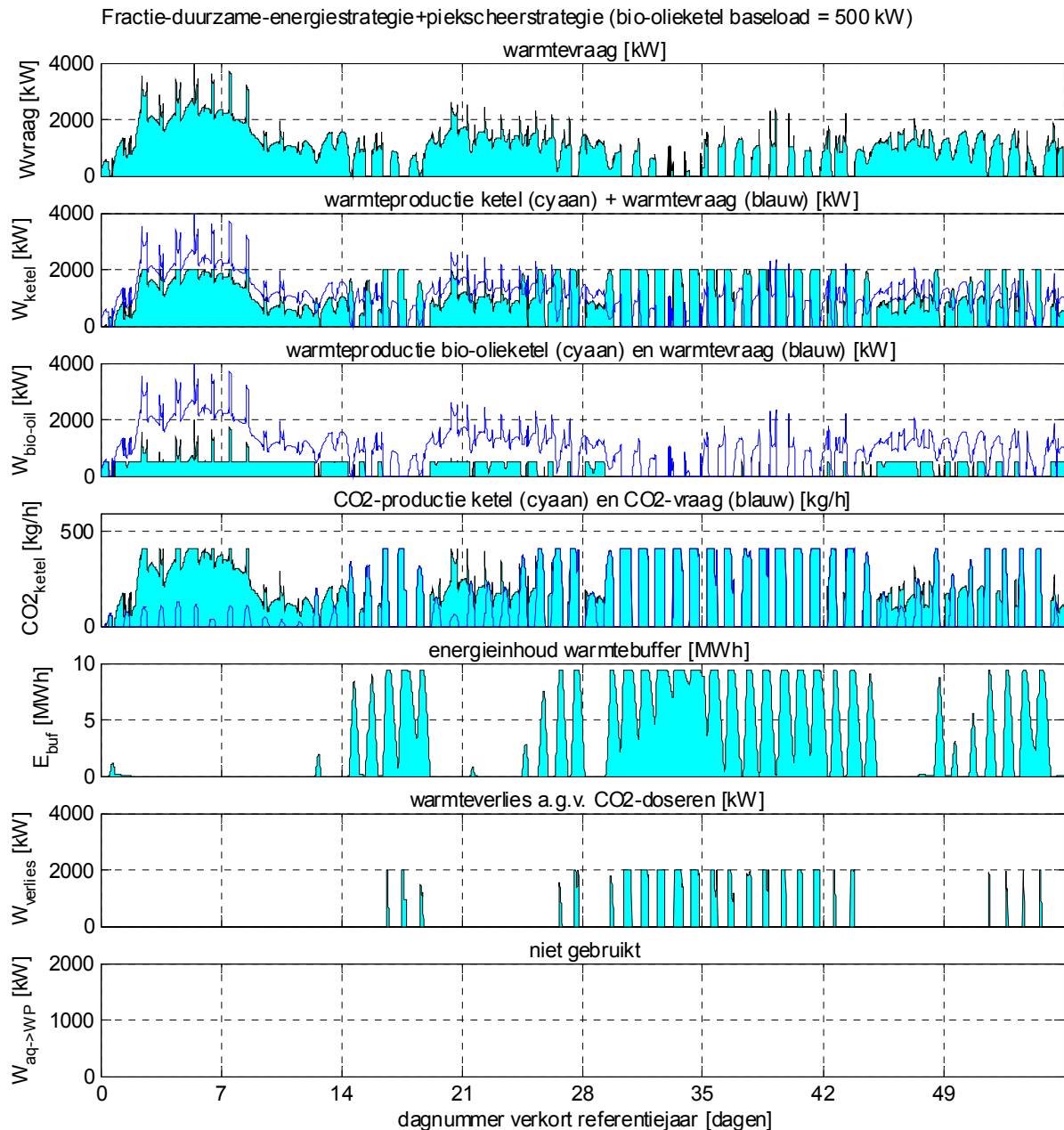
```

RESULTATEN per m2 grondoppervlak

		Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2	[grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48	[W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18	[m/s]
Warmtevraag	Pverwg	50.7343	0	199.822	[W/m2]
CO2-vraag	qCO2	57.6677	0	204.9998	[kg/uur.ha]
Elektriciteitsvraag (excl.EWP) Peg		1.124	0.3	1.48	[W/m2]
Gasinkoop WK1 (tbv EWP) FgasWK1/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop WK2 (assim) FgasWK2/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop hulpketel FgasHK/ha		66.04	0	115.8191	[m3/h.ha]
Gasinkoop totaal Fgastot/ha		66.04	0	115.8191	[m3/h.ha]

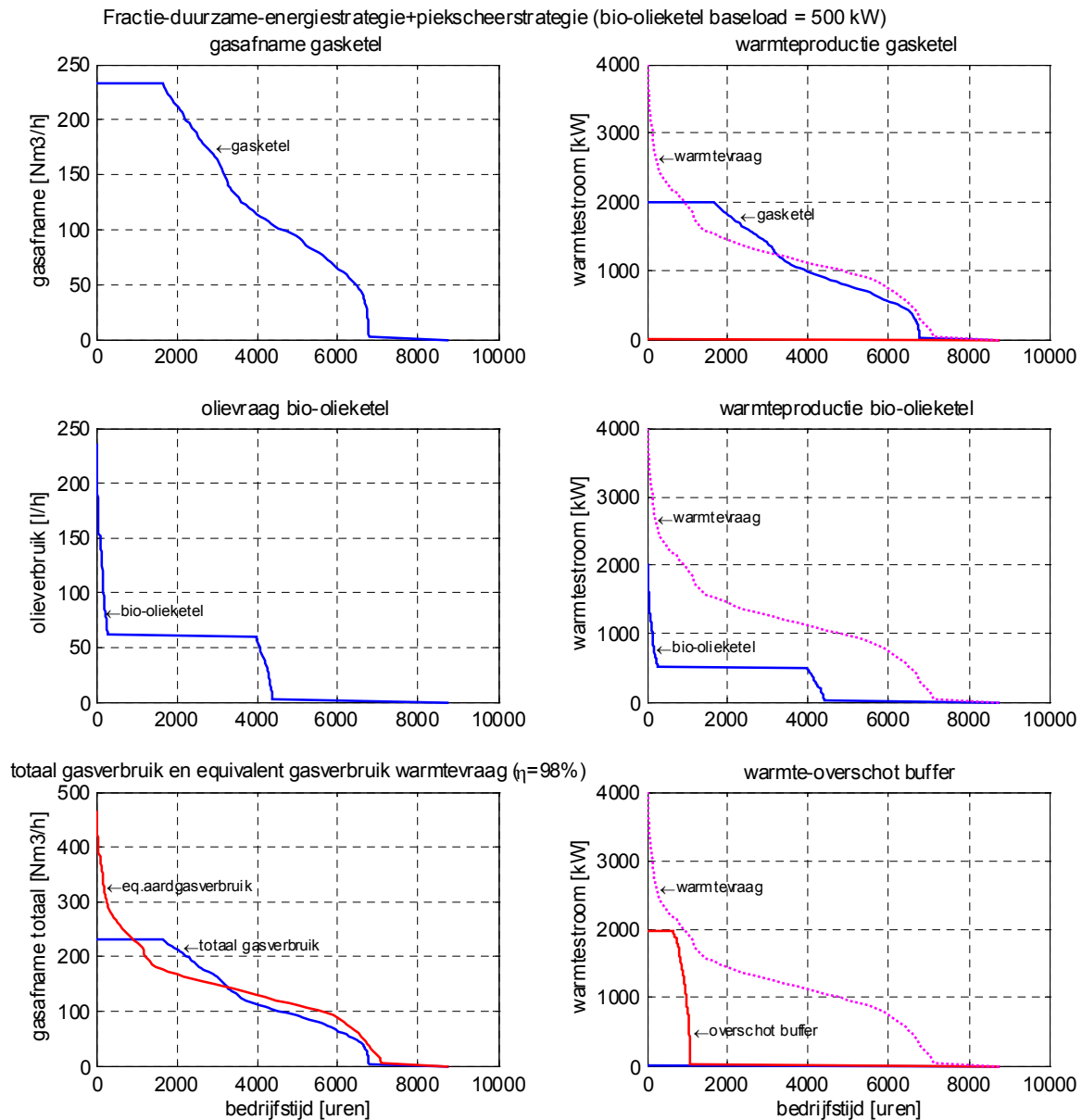
TOTALEN (per m2 grondoppervlak)

Zoninstraling	Pzon	3.6615 [GJ/jaar.m2]
Warmtevraag kas (ex.EWP-bron) Eelg		1.6 [GJ/jaar.m2]
		50.4718 [m3 a.e./jaar.m2]
CO2-vraag	Mco2g	50.5169 [kg/jaar.m2]
		28.5406 [m3 a.e./jaar.m2]
Elektriciteitsvraag (exc.EWP) Eelg		0.035445 [GJ/jaar.m2]
		9.8459 [kWh/jaar.m2]
jaargasvraag WK1 gasWK1/m2jr		0 [m3/jaar.m2]
jaargasvraag WK2 gasWK2/m2jr		0 [m3/jaar.m2]
jaargasvraag hulpketel gasHK/m2jr		57.8511 [m3/jaar.m2]
jaargasvraag totaal gastot/m2jr		57.8511 [m3/jaar.m2]
jaarbIO-olievraag olietot/m2jr		4.9592 [l/jaar.m2]
jaargasvraag bronwarmte Qbron/m2jr		0 [GJ/jaar.m2]
Jaaroverschot warmte agv. CO2-dos.		0.33394 [GJ/jaar.m2]



Figuur C.11 Vraag- en productiepatronen variant V6. Bio-olieinzet op basis van Fractie-duurzame-energiestrategie gecombineerd met de piekscheerstrategie. Bio-olieinzet voor de eerste 500 kW warmtevraag. Bij een grotere warmtevraag wordt voor het meerdere gas verstoekt (tot een maximum (gas)warmteproductie van $0.5 \times W_{\text{piek}}$). Daarboven wordt weer bio-olie ingezet. De bio-olieinzet wordt 'overruled' als er een grote CO₂-vraag is en een in verhouding daarmee geringe warmtevraag.

Bijlage C



Figuur C.12 Jaarbelastingduurkrommen voor de gas/bio-olieafname en voor de warmteproductie van de gas-respectievelijk bio-olieketel voor variant V6 (fractie DE + piekscheerstrategie)

Resultaten van inzetberekening van variant

V6: Bio-olie in energievoorziening tomatenteelt: fractie DE-strategie + piekreductie.

500kW basisinzet bio-olie; limiteer inzet gasketel op 1 MW/ha (116 m³/h/ha)

Rendement bio-olieketel: 85% (op onderwaarde); LHV_{bo}=36.0 MJ/l; rho_{bo}=0.923 kg/l

Datum : 16-7-2003 Tijd : 18:27 uur

Grondoppervlak kas: 20000 m2

V6

RESULTATEN

		Gemiddeld	Minimum	Maximum
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2 [grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48 [W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18 [m/s]
Warmtevraag	Pverwg	1014.686	0	3996.4394 [kW]
CO2-vraag	qCO2	115.3354	0	409.9997 [kg/uur]
Elektriciteitsvraag	Peg	22.4793	6	29.6 [kW]
Fgas WK1 (tbv EWP)	FgasWK1	0	0	0 [m3/h]
Fgas WK2 (tbv assim)	FgasWK2	0	0	0 [m3/h]
Fgashulpketel	FgasHK	113.4868	0	231.9915 [m3/h]
Fgas totaal	Fgastot	113.4868	0	231.9915 [m3/h]
Folie bio-olieketel	FolieKbo	30.1273	0	234.8752 [l/h]
Elektriciteitsinkoop	Pe_ink	22.4764	6	29.6 [kW]
Elektriciteitsverkoop	Pe_verk	0	0	0 [kW]
Thermisch vermogen bron	Pth_bron	0	0	0 [kW]
Warmteverlies CO2 dos.	Ploss_CO2	211.781	0	1988.3775 [kW]

TOTALEN

Zoninstraling	Pzon	73230.0553 [GJ/jaar]
Warmtevraag	Everwg	31999.1365 [GJ/jaar]
CO2-vraag	Mco2g	1009436.4834 [m3 a.e./jaar]
Elektriciteitsvraag	Eelg	1010338.2872 [kg/jaar]
		570812.5916 [m3 a.e./jaar]
		708.9077 [GJ/jaar]
		196918.8036 [kWh/jaar]
Jaargasvraag WK1 (tbv EWP)	gasWK1	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag WK2 (assim)	gasWK2	0 [m3/jaar]
Jaargasvraag hulpketel	gasHK	994144.1244 [m3/jaar]
Jaargasvraag totaal	gastot	994144.1244 [m3/jaar]
Jaarolievraag bio-olieketel	olie_Kbo	263915.141 [l/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_ink_tot	196893.3839 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal plateauuren	E_ink_plat	94952.6084 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal daluren	E_ink_dal	101940.7755 [kWh/jaar]
Jaar E-vraag totaal	E_til_tot	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot. plateauuren	E_til_plat	0 [kWh/jaar]
Jaar E-teruglev.tot.dal	E_til_dal	0 [kWh/jaar]
Jaarwarmtevraag	Qvraag	31999.1365 [GJ/jaar]
Jaarlevering warmtebron EWP	Q_ewp	0 [GJ/jaar]
Jaarlevering gasgestookte ketel	Q_K	30853.8793 [GJ/jaar]
Jaarlevering bio-olieketel	Q_Kbo	8075.8033 [GJ/jaar]
Jaaroverschot warmte agv CO2-dos.	Qloss_CO2	6678.7253 [GJ/jaar]
Dekkingsgraad bio-olieketel	Dgr_Kbo	25.2376 [%]
Dekkingsgraad ketel	Dgr_K	96.421 [%]
contractcapaciteit	contr.cap	231.9915 [m3/h]
basislastcapaciteit	basislcap	124.268 [m3/h]
additionele capaciteit	addit.cap	107.7235 [m3/h]
bedrijfstijd contractcapaciteit	bedr.tijd	4285.261 [h]
P-waarde zware stookolie	P	195.5 [EUR/ton]
commodity prijs aardgas	T_comm	14.2604 [EURct/m3]
tot.gasprijs (ex.region.diensten/BSB/REB)		16.4812 [EURct/m3]
tot.gasprijs (incl.region.diensten/BSB/REB)		18.9664 [EURct/m3]
kosten commodity aardgas	C_comm	141768.6884 [EUR/jaar]
kosten additionele capaciteit	C_AC	11174.634 [EUR/jaar]
transportkosten basislastcapaciteit		4642.6877 [EUR/jaar]
transportkosten addition.capaciteit		6260.4568 [EUR/jaar]
kosten diensten reg.gasbedrijf	C_reg_dnst	13520.3601 [EUR/jaar]
kosten BSB aardgas (max 10 mln m3)	C_BSB	10935.5854 [EUR/jaar]

Bijlage C

```

REB aardgas (tuinderstarief 2003) REBg          250.6802 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(ex.reg.dnst/BSB/REB)      163846.4669 [EUR/jaar]
totale kosten aardgas(incl.reg.dnst/BSB/REB)     188553.0925 [EUR/jaar]

Prijs bio-olie per liter          0.277 [EUR/ltr]
totale kosten (bio-)olie          73104.4941 [EUR/jaar]

elektr.tarieven (D/N/DTL/NTL) 0.05 0.02 0.087 0.072 [EUR/kWh]
jaargemid.maximale maandelijkse Eenkoop (uurgemidd.) 73104.4941 [kW/jaar]
max inkoop per maand [kW]:
ans = Columns 1 through 6
  29.5997500 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.5997500
  Columns 7 through 12
  29.5997500 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.59975000 29.5997500
max verkoop per maand [kW]:
ans = 1.0e-003 *
  Columns 1 through 6
  0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.250000000
  Columns 7 through 12
  0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.25000000 0.250000000
maximum van max_maand_E-inkooppieken:          29.5998 [kW]
maximum van max_maand_E-verkooppieken:          0.00025 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-inkooppieken:          29.5998 [kW]
gemiddelde van max_maand_E-verkooppieken:          0.00025 [kW]
tot.kosten el.inkoop dag (ex.dnst/REB)          4747.6304 [EUR/jaar]
tot.kosten el.inkoop nacht(ex.dnst/REB)          2038.8155 [EUR/jaar]
totale kosten REB over el.inkoop REBe           2392.4283 [EUR/jaar]
totale kosten el.inkoop incl.REB (ex.dnst)       9178.8742 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop dag (ex.dnst/REB)          0 [EUR/jaar]
tot.kosten el.verkoop nacht(ex.dnst/REB)         0 [EUR/jaar]
tot.opbrengst el.teruglev.(ex.dnst/REB)          0 [EUR/jaar]
netto kosten elektr.in-/verkoop(incl.REB)        9178.8742 [EUR/jaar]

```

RESULTATEN per m2 grondoppervlak

		Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Buitentemperatuur	Tbuiten	9.0574	-10.4	26.2	[grC]
Zoninstraling	Pzon	116.1055	0	1015.48	[W/m2]
Windsnelheid	Vwind	4.3039	0	11.18	[m/s]
Warmtevraag	Pverwg	50.7343	0	199.822	[W/m2]
CO2-vraag	qCO2	57.6677	0	204.9998	[kg/uur.ha]
Elektriciteitsvraag (excl.EWP) Peg		1.124	0.3	1.48	[W/m2]
Gasinkoop WK1 (tbv EWP) FgasWK1/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop WK2 (assim) FgasWK2/ha		0	0	0	[m3/h.ha]
Gasinkoop hulpketel FgasHK/ha		56.7434	0	115.9957	[m3/h.ha]
Gasinkoop totaal Fgastot/ha		56.7434	0	115.9957	[m3/h.ha]

TOTALEN (per m2 grondoppervlak)

Zoninstraling	Pzon	3.6615	[GJ/jaar.m2]
Warmtevraag kas (ex.EWP-bron) Eelg		1.6	[GJ/jaar.m2]
		50.4718	[m3 a.e./jaar.m2]
CO2-vraag	Mco2g	50.5169	[kg/jaar.m2]
		28.5406	[m3 a.e./jaar.m2]
Elektriciteitsvraag (exc.EWP) Eelg		0.035445	[GJ/jaar.m2]
		9.8459	[kWh/jaar.m2]
jaargasvraag WK1 gasWK1/m2jr		0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag WK2 gasWK2/m2jr		0	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag hulpketel gasHK/m2jr		49.7072	[m3/jaar.m2]
jaargasvraag totaal gastot/m2jr		49.7072	[m3/jaar.m2]
jaarbIO-olievraag olietot/m2jr		13.1958	[l/jaar.m2]
jaargasvraag bronwarmte Qbron/m2jr		0	[GJ/jaar.m2]
Jaaroverschot warmte agv. CO2-dos.		0.33394	[GJ/jaar.m2]

BIJLAGE D TARIEFSYSTEMEN

AgroEnergy (bron: www.agro-energy.nl/gas.html)

Opbouw gasprijs De gasprijs is de vrije markt als volgt opgebouwd:

- ☐ [commodity](#)
- ☐ [flexibiliteit](#)
- ☐ [dagvolumesysteem](#)
- ☐ [transport](#)
- ☐ [belastingen](#)

Commodity

De commodity betreft het gas zelf (de moleculen). Voor de commodity geldt een volume tarief, er vanuitgaande dat het gas in een egaal afname patroon door het jaar wordt afgenomen.

U kunt in de rubriek '[actueel](#)' (op de website van Agro-energy: www.agro-energy.nl/gas.html) recente prijzen voor de commodity gas vinden. AgroEnergy en ENECO Energie hanteren voor het jaar 2003 als basis voor de commodity-prijs de zogenaamde Gasunie 3-0-3 formule. Dit is een vaste formule die per kwartaal de commodity-prijs berekent op basis van de zware stookolieprijs (Isfo) in het voorgaande kwartaal. AgroEnergy en ENECO Energie geven op deze prijsformule in 2003 een korting van 0.227 Ect per m³ (Ect = eurocent).

De exacte formule die in 2003 wordt gehanteerd, luidt: $P_c = 37.4/500 \cdot LSFO - 0.36302 - 0.227$ waarbij P_c = commodityprijs in het betreffende kwartaal
LSFO = zware stookolieprijs met 2% zwavel in het voorafgaande kwartaal, volgens Platts, FOB, incl heffing, in EUR/ton.

Flexibiliteit

De flexibiliteit is nodig om pieken en dalen in het gasverbruik op te vangen vanuit de levering. Immers de leverancier moet op ieder uur net zoveel gas op het netwerk invoeden als zijn afnemers in datzelfde uur uit het netwerk halen. In het Commodity-Diensten Systeem (CDS) dat als basis diende voor het tariefsysteem dat AgroEnergy en ENECO Energie in 2002 richting de klanten hanteerden, was het afnamepatroon van het gas, uitgedrukt in verbruiken per klokuur (=uurcapaciteiten) gedurende het jaar bepalend voor de flexibiliteitskosten. Bij de contractering van flexibiliteit kon gebruik gemaakt worden van drie instrumenten:

Additionele capaciteit	kost 102.76 EUR per m ³ /uur
Incidentele capaciteit	IC1 kost 11.67 EUR per m ³ /uur
	IC2-4 kost 16.34 EUR per m ³ /uur
	IC5-8 kost 23.35 EUR per m ³ /uur
Uurflexibiliteit (=virtuele buffer)	kost 17.47 EUR per m ³ /uur plus 3.06 EUR per m ³ .

Bijlage D

Voor deze instrumenten gelden elk verschillende regels voor het transport. Welke instrumenten voor welke capaciteit hangt sterk af van de teelt en de techniek op het tuinbouwbedrijf, en daarnaast van het weer. Zonder leerjaar hangt aan ieder uur overschrijding een harde boete.

Dagvolumesysteem

Als vervanging voor de flexibiliteitsinstrumenten van het CDS hebben AgroEnergy en ENECO Energie voor gaslevering in 2003 het dagvolumesysteem ingevoerd. Op twee punten verschilt dit systeem sterk van het CDS:

1. een deelnemer boekt niet langer een maximale capaciteit per uur maar voor 365 dagen een dagvolume
2. de deelnemer betaalt vooraf geen of zeer lage flexibiliteitskosten. Hij gaat pas echt flexibiliteitskosten betalen, als hij op een dag in het leveringsjaar een hoeveelheid gas buiten de bandbreedte op het voor die dag gecontracteerde dagvolume afneemt.

De redenen voor invoering van het dagvolumesysteem zijn dat de risico's van onverwachte weersomstandigheden en technische problemen kleiner zijn dan in het CDS, het levert mogelijkheden om minder flexibiliteit af te nemen dan in het CDS en daardoor valt het dagvolume-systeem vaak goedkoper uit dan CDS. Tenslotte zijn dagvolumes voor de tuinder veel beter te begrijpen dan de ingewikkelde instrumenten uit het CDS. Belangrijke elementen uit het dagvolume-systeem zijn:

- de deelnemer betaalt geen variabele flexibiliteitskosten als zijn gasverbruik binnen een bandbreedte van 8% op het gecontracteerde dagvolume van dit dag valt
- de deelnemer betaalt wel variabele flexibiliteitskosten voor het gasvolume dat buiten deze bandbreedte ligt; hij betaalt dan 50% van de geldende commodity-prijs
- rekenvoorbeeld 1: commodity-prijs is 12 Ect/m³. Een deelnemer heeft voor een dag 10 000 m³ geboekt en hij gebruikt 12 000 m³. De bovenkant van de bandbreedte is 10 800 m³, en hij gebruikt dus 1 200 m³ buiten de bandbreedte. Hij betaalt derhalve $12\,000 * 0.12 = 1\,440$ EUR voor het verbruikte gas en $1\,200 * 0.06 = 72$ EUR voor de variabele flexibiliteit die dag.
- rekenvoorbeeld 2: zelfde bedrijf, zelfde commodity-prijs. De deelnemer gebruikt een paar dagen later 9 000 m³. De onderkant van de bandbreedte is 9 200 m³, en hij gebruikt dus 200 m³ buiten de bandbreedte. Hij betaalt derhalve $9\,000 * 0.12 = 1\,080$ EUR voor het verbruikte gas en $200 * 0.06 = 12$ EUR voor de variabele flexibiliteit die dag.
- het weer leidt er toe dat iedere deelnemer regelmatig buiten de bandbreedte gas afneemt. Dat houdt in dat de deelnemer betaalt voor de variabele flexibiliteit. In CDS deed de deelnemer dat ook. De gasprijs wordt gewoonlijk pas hoger als de deelnemer zoveel gas buiten de bandbreedte afneemt, dat het meer dan 10-12% van zijn jaarvolume bedraagt. In dat geval wordt hij pas duurder uit dan in het CDS. Het grote

Bijlage D

verschil met CDS is derhalve dat de deelnemer pas flexibiliteit betaalt, als hij afwijkt van het dagvolume. Niet nodig, betekent ook niet betalen. Hij kan derhalve besparen op de gaskosten!

- de dag loopt van 6:00 uur 's morgens tot en met 5:59 uur de volgende ochtend
- als er een week lang dezelfde dagvolumes zijn gecontracteerd, begint die week altijd op maandag
- de deelnemer kan op drie momenten per jaar de gecontracteerde dagvolumes kostenloos herzien, met een maand wachttijd. Bij stomen, teeltwisseling en calamiteiten gelden veel kortere termijnen. Wilt u hier meer over weten, vraag dan bij AgroEnergy het mutatiereglement op. Maak voor mutaties altijd gebruik van het daarvoor bestemde mutatieformulier.

Transport

Het landelijk transport betreft het gebruik van het leidingennet van Gasunie voor de aanvoer van het gas. Het regionaal transport betreft het gebruik van het leidingennet van de regionale netbeheerder voor de aanvoer van het gas. Bepalend voor de transportkosten (zowel landelijk als regionaal) is de hoogste uurcapaciteit die in het jaar nodig is.

Zowel in 2002 als 2003 hanteren AgroEnergy en ENECO Energie voor het landelijk transport het 'oude' CDS-transportstelsel met de afstanden voor basislast en additionele capaciteit (Db/Da-stelsel).

De formule voor de transportkosten luidt: $P(\text{transport}) = 0.90617 * (4.538 + 22.69 + (0.18151 * D))$

De 'D' in de formule staat voor de afstand, welke wordt berekend tot het dichtstbijzijnde virtuele entry point als het gaat om de afstand voor basislast. Als afstand voor de overige capaciteit wordt de afstand tot Noordbroek gerekend. De 'D' is nooit hoger dan 200 kilometer.

Voor het regionaal transport leggen AgroEnergy en ENECO Energie de transportkosten van uw regionale netbeheerder ongewijzigd door. Voor de tarieven in uw gebied kunt u terecht bij uw accountmanager.

Belastingen

Op het gas zijn de Regulerende energiebelasting (REB), de Brandstoffenbelasting (BSB) en BTW van toepassing. U vindt op de volgende pagina de tarieven van 2002.

Bijlage D

Belastingen op gas (2002)				
Brandstoffenbelasting				
1.06 Eurocent per m³(0) tot 10 mln m³(0) per jaar per gebruiker - volledige teruggave voor WK gas				
Regulerende energiebelasting algemeen				
verbruiksklasse	tarief in Ect/m ³	1,1 mln m ³ /jr	130.000 m ³ /jr	4.000 m ³ /jr
< 5 000 m ³	12.4	620	620	496
5 001-170 000 m ³	5.79	9553,5	7237.5	
170 001-1 mln m ³	1.07	8881		
> 1 mln m ³ br>	0	0		
korting (in Euro's/jr) *	0		0	0
totaal REB (in Euro's/jr)		19054.5	7857.5	496
Regulerende energiebelasting tuinbouw(met LASER verklaring)				
verbruiksklasse	tarief in Ect/m ³	1,1 mln m ³ /jr	130.000 m ³ /jr	4.000 m ³ /jr
< 5 000 m ³	0.165	8.25	8.25	6.6
5 001-170 000 m ³	0.077	127.05	96.25	
170 001-1 mln m ³	0.0014	11.62		
> 1 mln m ³ br>	0	0		
korting (in Euro's/jr) *	0		0	0
totaal REB (in Euro's/jr)		146.92	104.5	6.6
Teruggave: verbruik van gas in een WK: volledige teruggave van REB				
BTW algemeen: 19%				
BTW tuinbouw (met LASER-verklaring): 6%				
* de korting van Euro 142 geldt per gebruiker eenmaal per jaar op elektriciteit en gas samen.				

N.B. de "REB-tarieven algemeen in 2003" zijn iets verhoogd: 0-5 000 m³: 12.85 Ect/m³; 5 001-170 000 m³: 6.00 Ect/m³; 170000-1mln m³: 1.11 Ect/m³; >1 mln: 0 Ect/m³. De tuinbouwtarieven zijn hetzelfde gebleven.