A
7
V
46

KOSTEN EN BATEN BEREKENING VAN

- CO_2 DOSERING
- HANDHAVEN MINIMUM CO_2- GEHALTE

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS

Naaldwijk, januari 1988

Ing. P. C. M. Vermeulen

Intern verslag 20

BIBLIOTHEEK PBG Naaldwijk

2243262

		pagina
Inleiding		3
1	Beschikbare CO_2 uit warmtevoorziening	5
1.1	Aardgasverbruik voor de warmtevoorziening	5
1.2	Aardgasverbruik voor produktie van warmte en CO_2	6
1.2.1	Berekening benodigde opslagcapaciteit	8
1.3	Beschikbare CO_2 uit warmtevoorziening	8
2	Het CO_2-gehalte	9
2.1	Berekening van het CO_2-gehalte	9
2.2	Berekening ventilatievoud	10
2.3	Berekening CO_2-verlies door ventilatie	10
2.4	CO_2 verbruik door het gewas	11
2.5	Benodigde CO_2 voor handhaven minimum CO_2-gehalte.	11
2.6	Realiseerbare CO_2-gehalte bij gebruik CO_2 uit warmtevoorziening	12
3	Kosten van verschillende manieren van CO_2-voorziening	13
3.1	Kosten doseerinstallatie en warmteopslagtank	14
3.2	Gaskosten	14
3.2.1	Kosten gas door rendementsverlies bij warmteopslag	15
3.2.2	Kosten gas voor de aanvullende produktie van CO_2	15
3.3	Kosten zuivere CO_2	16
3.4	Kosten electriciteit	16
3.5	Kosten voor oogst- en sorteerarbeid en afzetkosten	16
4	Produktie- en geldopbrengstenstijging	18
4.1	Berekening van de stijging van de produktie	18
4.2	Berekening van de stijging van de geldopbrengst	19
5	Resultaten	21
5.1	Beschikbare CO_2	21
5.2	Realiseerbare CO_2-gehalte	23
5.3	Kosten CO_2 doseren	23
5.4	Produktiestijging	27
5.5	Geldopbrengststijging	29
5.6	Vergelijking meeropbrengsten en de jaarkosten	31
5.6.1	Vergelijking van de meeropbrengsten en de jaarkosten in relatie tot de gasprijs	32
5.6.2	Vergelijking van de meeropbrengsten en de jaarkosten in relatie tot de prijs van zuivere CO_2 en de gasprijs	33
5.7	Eindconclusies	35
Literatuur		36
Overzicht formules en symbolen		37

Bijlagen:

1 Uitvoer van het gasverbruikmodel voor de begroting aardgasverbruik in de kas.

2 Schatting van het gemiddeld gasverbruik overdag en 's nachts voor de warmtevoorziening per periode van vier weken bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag. Schatting van het gedeelte

hiervan dat voor CO_2 doseren gebruikt kan worden.

3 Begroting van de gemiddelde beschikbare hoeveelheid CO_2 van de warmtevoorziening per periode van vier weken bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag.

4 Berekende ventilatievoud bij een windsnelheid van 4 m sec^{-1} per periode van vier weken voor verschillende dagdelen en gemiddeld per dag.

5 Berekende CO_2-behoefte voor handhaven van een minimum CO_2-gehalte bij verschillende ventilatievouden.

6 Berekende CO_2-behoefte per daglichtuur en de berekende hoeveelheid gas die voor produktie hiervan nodig is per periode van vier weken.

7 Berekende CO_2-gehalte in de kas na doseren van de CO_2 die gemiddeld vrijkomt bij de warmtevoorziening per periode van vier weken.

8 Begroting van de kosten per jaar van CO_2 doseren per ha voor verschillende CO_2 doseeropties en capaciteiten van de warmteopslag.

9 Begroting van het extra gasverbruik voor de produktie van aanvullend CO_2 voor het handhaven van een minimum CO_2-gehalte bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag.

10 Berekening van de realiseerbare CO_2-gehalten in de kas als gevolg van het doseren van de CO_2 die vrijkomt bij de warmtevoorziening bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag. Berekening van de produktiestijging als gevolg van de hogere CO_2-gehalten in vergelijking met de situatie zonder gebruik van een warmteopslag en niet aanvullend doseren tot een minimum CO_2-gehalte.

11 Begroting van de meerproduktie en de stijging van de geldopbrengst bij een stookteelt komkommers, paprika en tomaten ten gevolge van het doseren van CO_2 bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag en verschillende doseeropties. Vergeleken met dezelfde teelten zonder gebruik van warmteopslag en aanvullend doseren.

Inleiding

In de glastuinbouw is het al een aantal jaren gebruik om de CO_2, die bij de verbranding van aardgas voor de verwarming van de kassen vrijkomt te toe te dienen bij de gewassen. Door deze CO_2 toediening kan het CO_2-gehalte in de kas verhoogd worden. Dit stimuleert de fotosynthese en daarmee de droge stof produktie. Het resultaat hiervan is een hogere produktie of een versnelling van de teelt. Dit toedienen, doseren, van CO_2 beperkte zich enige jaren terug tot het stookseizoen. De laatste jaren is de vraag (weer) actueel geworden of buiten het stookseizoen CO_2 doseren technisch mogelijk en rendabel is. Deze vraag is mede actueel geworden door het beschikbaar komen van opslagtanks voor warm water (de zogenaamde warmteopslag). Op deze manier is het mogelijk geworden het moment van warmtevoorziening los te maken van het moment waarop de warmtebehoefte is. Hierdoor is het tevens mogelijk geworden het gebruik van de ketel primair te gebruiken voor de produktie van de CO_2. De warmte die op het moment van CO_2 produktie niet nodig is kan dan worden opgeslagen. Op deze manier komt overdag meer CO_2 voor dosering aan het gewas beschikbaar en kan de te veel geproduceerde warmte in de daarop volgende nacht grotendeels gebruikt worden. In de maanden juni tot oktober ligt het grootste gedeelte van de warmtebehoefte in de nachtelijke uren. Nu is op deze manier een mogelijkheid ontstaan om overdag toch gebruik te maken van de CO_2 die vrijkomt bij de de warmtevoorziening.
Naast CO_2 uit warmtevoorziening wordt in de praktijk ook zuivere CO_2 toe gediend. Dit gebeurt om een hoger CO_2-gehalte te krijgen dan met alleen het doseren van de CO_2 van de warmtevoorziening mogelijk is.

De doelstelling van dit onderzoek is het aangeven van een methode voor de kwantitatieve onderbouwing van:
- de strategische beslissing over de uitrusting die voor de dosering van CO_2 op het bedrijf geplaatst moet worden
- en de tactische beslissing over het niveau tot waar CO_2 gedoseerd wordt.

De volgende aanpak is gevolgd.
In eerste instantie zijn de kosten van een tweetal manieren van CO_2-voorziening begroot. Hierbij wordt gekeken naar de kosten van CO_2-voorziening door:
- toediening van CO_2 die vrijkomt bij de warmtevoorziening met de verwarmingsketel, zonder de warmte op te slaan
- toediening van CO_2 die vrijkomt bij de warmtproduktie met de verwarmingsketel en de warmte voor de daarop volgende nacht op te slaan.

Aan de hand van de gegevens over de warmtebehoefte van de stookteelten wordt berekend hoeveel CO_2 door het jaar heen vrijkomt bij de produktie van warmte. Samen met de gegevens over de ventilatie en het verbruik door de planten (fotosynthese) wordt berekend welk CO_2-gehalte op deze manier bereikt kan worden.
Vervolgens wordt een methode beschreven waarmee de produktieverhoging als gevolg van de verhoging van het CO_2-gehalte berekend kan worden. Met deze berekende produktieverhogingen wordt dan begroot wat de stijging van de geldopbrengst kan zijn.

In tweede instantie wordt begroot wat de kosten zijn van het handhaven van het CO_2-gehalte boven een gewenst minimum niveau.

Hiervoor moet berekend worden hoeveel extra CO_2 nodig is om de CO_2-gehalten in de kas boven dat gewenste niveau te handhaven. Deze extra CO_2, naast wat bij de warmtevoorziening vrijkomt, kan op twee manieren worden aangeleverd, nl. door:

- extra CO_2 produktie met de eigen ketel, waarbij de overtollige warmte moet worden afgevoerd.
- met zuivere CO_2

De beschikbare hoeveelheid CO_2 hangt uiteraard af van het gebruik van warmteopslag en de grootte van de opslag. Voor deze combinaties van CO_2 voorziening zullen dan de extra kosten voor het realiseren van deze gewenste niveaux worden berekend.
Daarna zal een begroting van de stijging van de geldopbrengsten gemaakt worden.

1 Beschikbare CO_2 uit warmtevoorziening

Bij de verwarming van de kassen wordt aardgas gebruikt. Omdat bij de verbranding van aardgas CO_2 vrijkomt is door het gebruik van de verwarming al CO_2 voor de dosering beschikbaar. Er zijn twee soorten verwarmingssystemen. Namelijk de zogenaamde heteluchtverwarming waarbij in de kas met behulp van ventilatoren lucht over aardgasbranders wordt geblazen en de centrale verwarming waarbij in een ketel water wordt verwarmd, waarna het warme water via een stelsel van buizen en slangen in de kas gebracht wordt. Bij heteluchtverwarming wordt de CO_2 direct met de opgewarmde lucht in de kas gebracht. Bij centrale verwarming moet de CO_2 met de rookgassen via verdeelleidingen in de kas gebracht worden.
Om te voorkomen dat naast CO_2 andere schadelijke stoffen in de rookgassen komen, moet de branderregeling van de centrale verwarming aangepast worden en moeten detectoren aangebracht worden.

De hoeveelheid CO_2 die vrijkomt bij de verwarming van de kas is gratis beschikbaar, omdat het gas al nodig was voor de warmtevorziening. De fotosynthese vindt alleen overdag plaats. De CO_2 in de rookgassen te isoleren en op te slaan is tot nu toe niet mogelijk. Opslaan van rookgassen is door de grote volumes ook niet mogelijk. De CO_2 die bij de verbranding van aardgas vrijkomt moet dus direct in de kas gebracht worden. Daarom is alleen de hoeveelheid aardgas die overdag verbrand wordt relevant voor de berekening van de hoeveelheid CO_2, die vrijkomt voor de dosering in de kas. De hoeveelheid aardgas die overdag voor warmtevoorziening verbrand wordt hangt op de eerste plaats af van de warmtebehoefte van het gewas, de energiebesparende maatregelen en de vorm van het bedrijf.
Met warmtopslag kan ook het het gasverbruik om te voorzien in de warmtebehoefte van de daarop volgende nacht gedeeltelijk of geheel meegerekend worden afhankelijk van de opslagcapciteit. Daarmee kan immers een deel van de warmtevoorziening voor de daarop volgende nacht naar voren geschoven worden. Hierdoor wordt overdag meer aardgas verbrand, dan zonder warmteopslag. Daarnaast is het ook nog mogelijk om alleen voor CO_2 produktie de verwarming overdag extra te laten branden en het teveel aan warmte af te luchten.

1.1 Aardgasverbruik voor de warmtevoorziening

Elk gewas heeft zijn specifieke warmtebehoefte, die ook door het jaar heen verschilt. Voor de berekening van de hoeveelheid aardgas die elke week of elke periode van vier weken nodig is om aan deze warmtebehoefte te voldoen is op de proefstations een computerprogramma aanwezig. Dit programma bevat een schattingsmodel (het gasverbruikmodel) dat gebaseerd is op metingen in de praktijk. (1) Het gasverbruikmodel houdt rekening met de buitentemperatuur, de straling en de windsnelheid. Naast deze klimaatsomstandigheden wordt ook rekening gehouden met energiebesparende maatregelen en de bedrijfsvorm.
Met dit gasverbruikmodel is het mogelijk per week of per vier weken uit te begroten hoeveel m^3 aardgas verstookt wordt om aan de warmtebehoefte van het gewas te kunnen voldoen. De begroting geeft de hoeveelheid aardgas aan die nodig is voor de verwarming 's nachts, overdag en de hoeveelheid die nodig is om het ventilatieverlies te kompenseren.

In bijlage 1 is de uitvoer van het gasverbruikmodel opgenomen met de uitkomsten van een begroting van het gasverbruik per week voor een tomatengewas in een kas van 128 bij 80 m. Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde klimaatsgegevens van 1951 tot 1980. Daarnaast is het totaal verbruik opgenomen van het seizoen 1985 1986. Voor de berekening van de hoeveelheid CO_2 die vrijkomt bij de verwarming is gebruik gemaakt van ditzelfde voorbeeld, alleen is uitgegaan van de berekening per periode van vier weken in plaats van per week. Bij de berekening met behulp van dit gasverbruikmodel zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- tomatenteelt van week 51 tot en met week 46;
- stookregime: week 51 tot en met 4 's nachts 17 en overdag 18 graden; week 5 tot en met 46 's nachts 16.5 en overdag 18 graden;
- kas: 40 kappen van 320 cm en 80 m lang met goothoogte van 300 cm, verdeeld over drie afdelingen met eigen stookgroep;
- centrale verwarming met een combicondensor.

Deze uitgangspunten komen overeen met de uitgangspunten welke voor deze tomatenteelt in Kwantitatieve Informatie voor Glastuinbouw 1986 1987 (2) geformuleerd zijn.

1.2 Aardgasverbruik voor produktie van warmte en CO_2

Zonder gebruik van warmteopslag is de berekening van de hoeveelheid aardgas waarvan het CO_2 uit de rookgassen gebruikt kan worden eenvoudig.
Hiervoor komt alleen maar het aardgas in aanmerking dat overdag voor de verwarming gebruikt wordt. Voor het aardgasverbruik overdag is dan ook uitgegaan van de som van de het aardgasverbuik voor verwarming overdag en de hoeveelheid die nodig is om de warmteverliezen door ventilatie te kompenseren. In bijlage 2 is voor de dertien vierweekse periode's het gemiddeld gasverbruik opgenomen zoals dat door het gasverbruikmodel geschat is. In de eerste kolom staat het verbruik voor overdag en voor ventilatie.

De berekening met warmteopslag is minder eenvoudig. Het totale gasverbruik dat voor verwarming en daarmee CO_2 produktie bestaat uit drie onderdelen, namelijk het aardgasverbruik voor:
1 de warmtevoorziening overdag, inclusief de ventilatieverliezen;
2 (een gedeelte van) de warmtevoorziening 's nachts;
3 de warmteverliezen tijdens de warmteopslag.
Het eerste deel is gelijk de hoeveelheid aardgas waarvan de CO_2 altijd beschikbaar is voor dosering overdag zonder dat warmteopslag nodig is.
Het tweede gedeelte is afhankelijk van twee factoren, te weten de warmtebehoefte voor de nacht en daarmee de hoeveelheid aardgas die nodig is om hieraan te voldoen en de capaciteit van de warmteopslag.
Voor de bepaling van de extra hoeveelheid aardgas waarvan de vrijkomende CO_2 ook voor dosering overdag gebruikt kan worden bij gebruik van warmteopslag kunnen zich twee situaties voor doen.
In de eerste situatie is de warmtebehoefte voor de daarop volgende nacht groter of gelijk aan de opslagcapaciteit. De opslagcapaciteit bepaalt dan de extra hoeveelheid aardgas die overdag voor de warmtevoorziening voor de daarop volgende nacht gebruikt kan worden.
In de tweede situatie is de opslagcapaciteit groter dan de warmtebehoefte voor de daarop volgende nacht. Deze warmtebehoefte

bepaalt dan de extra hoeveelheid aardgas die overdag voor de warmtevoorziening voor de daarop volgende nacht verbrand kan worden. Wordt in deze situatie de warmteopslag toch vol gemaakt, dan zal later een deel van de opgeslagen warmte afgevoerd moeten worden cq nutteloos in de kas gebracht worden. De kosten van het aardgas dat hiervoor extra verstookt moet worden, komen dan geheel voor rekening van de kosten van CO_2-produktie.
Het derde deel wordt bepaald door de capaciteit en de kwaliteit van de isolatie van de warmteopslag. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat 20 % van de warmte verloren gaat door warmteverliezen en verschillen in geschatte warmtebehoefte en werkelijke warmtebehoefte. Zodat de overige 80 % van de opgeslagen warmte gebruikt kan worden voor verwarmingsdoeleinden. De kosten van dit verlies van 20 % komen geheel ten laste van de CO_2-produktie.

Om de volledige warmtebehoefte voor de komende nacht overdag te produceren zal er rekening moeten worden gehouden met dit opslag verlies. Dit kan alleen als die warmtebehoefte kleiner is dan de opslagcapaciteit. Er kan dan 100 : 80 maal de warmtebehoefte opgeslagen worden.

Bij de berekening van de hoeveelheid warmte die per m^3 water in de warmteopslag opgeslagen kan worden is er van uit gegaan dat het retourwater 35 graden is en het water opgewarmd kan worden tot 95 graden. Voor elke m^3 opslag kan dan 60 x 1000 kcal = 60000 kcal warmteopslag gerekend worden. De calorische waarde van 1 m^3 aardgas is circa 8400 kcal. Bij een ketelrendement van 90 % is dat 7560 kcal. In 1 m^3 water van de warmteopslag kan de warmte van 60000 : 7560 = 7.9365 m^3 aardgas worden opgeslagen. In de berekeningen is gerekend met een warmteopslag van 40 m^3 en een warmteopslag van 90 m^3.

In bijlage 2 is voor een stookteelt van tomaten vermeld hoeveel aardgas per periode van vier weken nodig om te voorzien in de warmtebehoefte overdag inclusief ventilatieverliezen. Daarnaast is aangegeven hoeveel aardgas nodig is om in de warmtebehoefte 's nachts te voorzien. Voor het gasverbruik 's nachts zijn drie berekeningen gemaakt. Bij de eerste berekening wordt voor de warmtevoorziening geen gebruik gemaakt van warmteopslag. Voor de tweede en derde berekening wordt respectievelijk een warmteopslag van 40 m^3 en 90 m^3 per ha gebruikt. In de laatste twee berekeningen komt het gasverbruik hoger uit omdat een deel van de warmte tijdens de opslag verloren gaat of niet aangewend kan worden. Bij een rendement van 80 % is 100 : 80 maal de opgeslagen warmte nodig voor dezelfde warmtevoorziening. Vervolgens is voor deze drie voorbeelden aangegeven van hoeveel aardgas de CO_2 overdag voor doseren beschikbaar is. Dit is berekend door de hoeveelheid aardgas die voor de warmtevoorziening overdag nodig is te verhogen met de hoeveelheid warmte die opgeslagen wordt. Is de warmtebehoefte voor de volgende nacht kleiner dan de opslagcapaciteit, dan is de warmtebehoefte voor de nacht gedeeld door 0.80. Voor periode 8 is het gasverbruik voor overdag 0.2 m^3. Voor de nacht is het (0.7 : 0.8) = 0.9 m^3. Dit is samen 1.1 m^3.
Is de warmtebehoefte voor de daarop volgende nacht groter dan de opslagcapaciteit dan is naast het aardgas voor de warmte overdag alleen het aardgas voor de opgeslagen warmte gerekend. Bij een warmteopslag van 40 m^3 per ha en 7.9365 m^3 aardgas per m^3 warmteopslag is dit 0.9 m^3 aardgas per m2 per vier weken, namelijk (40 m^3 x 7.9365 x 28) : 10000 = 0.9 m^3 aardgas. Bij een warmteopslag

van 90 m^3 per ha is het 2.0 aardgas m^3 per m2 per 4 weken.
De totale beschikbare hoeveelheid aardgas waarvan het CO_2 overdag beschikbaar komt is bij een gasverbuik overdag van 0.6 m^3 en 40 m^3 warmteopslag 0.6 + 0.9 = 1.5 en voor 90 m^3 warmteopslag 0.6 + 1.5 = 2.6 m^3.

1.2.1 Berekening benodigde opslagcapaciteit

In de berekeningen is uitgegaan van een opslagtank van 40 en 90 m^3. Deze opslagcapaciteiten zijn gebaseerd op de gemiddelde warmtebehoefte 's nachts van resp. periode 8 en 5. (zie bijlage 2) De berekening is als volgt gemaakt. De warmtebehoefte 's nachts komt in periode 8 overeen met een gasverbruik van 0.7 m^3 per m2 per 4 weken. Per 10000 m2 en bij een opslagrendement van 80 % is per 4 weken 7000 : 0.8 = 8750 m^3 gas nodig.
Per dag is dit dan gemiddeld 312.5 m^3 aardgas. Hiervoor is een warmteopslag van 40 m^3 nodig (312.5 : 7.9365).
Op dezelfde manier is voor periode 5 90 m^3 warmteopslag nodig ((1.6 x 10000) : 0.8) : 28) : 7.9365.

1.3 Beschikbare CO_2 uit warmtevoorziening

Nu bekend is hoeveel aardgas overdag gebruikt kan worden voor verwarming overdag en met warmteopslag ook voor de daarop volgende nacht, kan berekend worden hoeveel CO_2 hierbij vrijkomt in de rookgassen. Deze berekening is vrij eenvoudig, want bij elke m^3 aardgas die verbrand wordt komt 1.8 kg CO_2 vrij in de rookgassen. In bijlage 3 is aangegeven hoeveel CO_2 er vrijkomt bij een stookteelt van tomaten. Voor de berekening is uitgegaan van het aardgas verbruik zoals dat in bijlage 2 vermeld staat. Omdat CO_2 alleen maar belangrijk is overdag, is ook aangegeven hoeveel uren het per dag licht is en berekend hoeveel CO_2 er gemiddeld per daguur beschikbaar is op een bedrijf van 10000 m2. De berekeningen zijn gemaakt voor de situatie zonder warmteopslag en met een warmteopslag van respectievelijk 40 m^3 en 90 m^3 per ha.

2 Het CO_2-gehalte

Het CO_2-gehalte in de kas is het resultaat van een aantal steeds veranderende processen. Daarom verschilt het CO_2-gehalte in de kas van uur tot uur en is door het jaar heen ook verschillend. Het CO_2-gehalte in de kas verandert in de eerste plaats door ventilatie. Door verschillen in het CO_2-gehalte binnen en buiten de kas, wordt bij ventilatie buitenlucht met een ander CO_2-gehalte gemengd met de kaslucht. Door ventilatie zal het verschil in CO_2-gehalte daarom afnemen. Hierbij kunnen zich twee situaties voordoen. Namelijk het CO_2-gehalte binnen de kas is hoger dan buiten de kas en andersom. Is het CO_2-gehalte in de kas lager dan in de buitenlucht, dan zal door ventilatie het CO_2-gehalte in de kas toenemen. Als het CO_2-gehalte in de kas hoger is zal het CO_2-gehalte echter dalen in de kas. Om een hoger CO_2-gehalte in de kas dan buiten te kunnen handhaven zal dit verlies door ventilatie aan gevuld moeten worden.

Naast deze veranderingen van het CO_2-gehalte door ventilatie, verandert het niveau door opname of afgifte van CO_2 door het gewas. 's Nachts geeft het gewas CO_2 af door ademhaling en overdag neemt het gewas CO_2 op voor de fotosynthese.

Met de verbranding van aardgas in de kas of door dosering van rookgassen van de centrale ketel wordt CO_2 in de kas gebracht. Daarnaast kan nog op andere manieren CO_2 in de kas gebracht worden. Om het CO_2-gehalte te kunnen berekenen moet bekend zijn hoe groot al deze in en uitgaande CO_2 stromen zijn.

2.1 Berekening van het CO_2-gehalte

Het CO_2-gehalte (in volumedeeltjes per miljoen) in de kas is dus de resultante van:

- de in- en uitstroming van CO_2 door ventilatie	(CO_2v)	kg CO_2 m^{-2}
- de opname en afgifte van CO_2 door het gewas	(CO_2g)	kg CO_2 m^{-2}
- de opname en afgifte van CO_2 door de bodem	(CO_2b)	kg CO_2 m^{-2}
- de gedoseerde CO_2	(CO_2d)	kg CO_2 m^{-2}
- het startgehalte	(CO_2s)	dpm CO_2
- het resulterende gehalte	(CO_2t)	dpm CO_2

Al deze gegevens moeten bekend zijn per oppervlakte en per tijdseenheid.
In formulevorm ziet dit bij benadering er als volgt uit:

$$CO_2t = CO_2s + \frac{(10^6 \times (CO_2v + CO_2g + CO_2b + CO_2d))}{(KV \times sgCO_2)} \quad \text{dpm } CO_2$$

Hierbij is CO_2t het CO_2-gehalte na afloop van de bekeken tijdsperiode en CO_2s het CO_2-gehalte aan het begin van de tijdsperiode. De in- en uitstroming van CO_2 in kg is weergegeven en de gehalten in dpm. Voor de omrekening van de in- en uitstroom van kg CO_2 naar dpm CO_2 is gedeeld door het gewicht van 1 m^3 CO_2 ($sgCO_2$) en vermenigvuldigd met 1 miljoen.
Daarna wordt door deling door KV het aantal m^3 kaslucht per m2 kas de dosering per m^3 kaslucht berekenend. In principe kan deze berekening voor elke tijdsperiode gemaakt worden. In de berekeningen is het

verloop van de CO_2 per uur bekeken. In de hierna volgende berekeningen worden in dit onderzoek de volgende uitgangspunten gehanteerd:
- KV = 4
- $sgCO_2$ = 2 kg per m^3
- CO_2b = 0
- CO_2s = 340 dpm (dpm = volumedelen per miljoen volumedelen)

De formule wordt dan vereenvoudigd tot:

$$CO_2t = 340 + \frac{(10^6 \times (CO_2v + CO_2g + CO_2d)}{(4 \times 2)} \quad \text{dpm } CO_2$$

2.2 Berekening ventilatievoud

Om te kunnen berekenen hoeveel CO_2 er de kas verlaat moet een benadering worden gemaakt van het ventilatievoud die gedurende de teelt in de verschillende periode's van het jaar en de dag kunnen op treden. Het ventilatievoud van de kaslucht hangt af van de raamopening en de windsnelheid. Voor de berekening van het ventilatievoud is gebruikgemaakt van de schattingsformule die uit het onderzoek van Nederhoff op het PTG naar voren gekomen is. (3) In deze formule wordt het ventilatievoud (vv) geschat aan de hand van de windsnelheid (ws) en de stand van de luchtramen (ro). Daarnaast wordt rekening gehouden met de dichtheid van de kas, de zogenaamde lek (l). Hierbij kan de raamopening varieren tussen 0 en 200 %, waarbij 100 % betekent dat aan een kant de ramen helemaal open zijn. Voor lek is 1 % aangehouden. De windsnelheid wordt gerekend in meters per seconde. De gehanteerd formule voor het ventilatievoud is dan:

$$vv = 0.07 * ws * (ro + 1) - ws^2 \qquad m^3\ m^{-3}\ uur^{-1}$$

Voor de schatting van het ventilatievoud is het nodig om de raamopening op de verschillende uren van de dag door het jaar heen te weten. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van waarnemingen die tijdens het onderzoek in 1986 op het PTG door de Koning en Nederhoff gedaan zijn.
Aan de hand van deze meetgegevens is voor de verschillende dagdelen het ventilatievoud geschat met behulp van bovenstaande formule bij een gemiddelde windsnelheid van 4 meter per seconde. De uitkomsten van deze schatting staan in bijlage 4. Hierin is voor de periode van zonsopgang tot 8 uur, van 8 tot 12, van 12 tot 16 uur en van 16 tot zonsondergang het gemiddelde ventilatievoud weergegeven. Daarnaast is een gemiddelde ventilatie per dag berekend.

2.3 Berekening CO_2-verlies door ventilatie

De verandering van het CO_2-gehalte door ventilatie hangt af van het verschil tussen het CO_2-gehalte in de kas en het CO_2-gehalte buiten. Daarnaast hangt het af van het aantal malen dat de kaslucht elk uur vervangen wordt door buitenlucht, het zogenaamde ventilatievoud en de kasinhoud. Om te kunnen berekenen hoeveel kg CO_2 de kas in of uit gaat door ventilatie moeten op verschillende tijdstippen van de dag

en van het teeltseizoen bekend zijn hoe groot:

- het CO_2-gehalte binnen de kas	(CO_2k)	dpm CO_2
- het CO_2-gehalte van de buitenlucht	(CO_21)	dpm CO_2
- het ventilatievoud	(vv)	m^3 m^{-3} uur^{-1}
is en bekend zijn wat		
- luchtinhoud van de kas	(KV)	m^3kaslucht m^{-2}
- het gewicht van 1 m^3 CO_2.	($sgCO_2$)	

In formulevorm is de CO_2 stroming door ventilatie (CO_2v) als volgt te beschrijven:

$$CO_2v = (CO_21 - CO_2k) \times sgCO_2 \times KV \times vv \times 10^{-6} \qquad kg\ CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

Hierbij is 10^{-6} de omrekening van dpm naar m^3. Een negatieve waarde voor CO_2v betekent dat CO_2 de kas uitstroomt en een positieve waarde betekent dat CO_2 de kas in stroomt.

Worden de bekende waarden ingevuld, dan blijft de volgende formule voor de berekening van de CO_2 uitwisseling tussen kaslucht en buitenlucht over, waarin alleen CO_2k en de ventilatievoud variabel zijn;

$$CO_2v = (340 - CO_2k) \times 10^{-6} \times 2 \times 4 \times vv \qquad kg\ CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

Om wat hanteerbaardere getallen te krijgen is in de berekeningen CO_2v per berekend. Om een indruk te krijgen van de invloed van de ventilatievoud en CO_2k op CO_2v is in bijlage 5 is voor verschillende combinaties CO_2v uitgerekend.

2.4 CO_2 verbruik door het gewas

Het gewas in de kas neemt overdag CO_2 op uit de kaslucht voor het fotosyntheseproces. Deze CO_2-opname door het gewas is afhankelijk van de activiteit en het volume van het gewas. De gewasactiviteit wordt onder andere bepaald door de temperatuur van lucht en gewas, het CO_2-gehalte, de lichtintensiteit en vochtgehalte van de kaslucht. De opname van CO_2 door het gewas varieert tussen de 0 en 100 kg CO_2 per uur per hectare. Gemiddeld ligt de opname van CO_2 op 45 kg per uur per ha. Omdat de berekening van CO_2-opname nogal complex is, is in de berekeningen van de kosten en baten uit gegaan van een CO_2-opname varierend van 10 kg CO_2 per uur per ha in periode 13 tot 60 kg in periode 7. (Zie bijlage 6).

's Nachts geeft het gewas als gevolg van het ademhalingsproces CO_2 af. Het CO_2-gehalte kan daardoor in de loop van de nacht oplopen tot boven het niveau van de buitenlucht. Omdat na zonsopgang vaak al geventileerd wordt is bij de kosten en baten berekening er eenvoudigheidshalve van uitgegaan dat de CO_2 die 's nachts door het gewas afgegeven wordt door ventilatie na zonsopgang direct de kas verlaat.

2.5 Benodigde CO_2 voor handhaven minimum CO_2-gehalte

Door de formule voor deze berekening van het CO_2t (zie paragraaf 2.1) om te keren kan CO_2d berekend worden. CO_2d is dan de hoeveelheid CO_2

die per uur per m^2 toe gevoegd moet worden om een gewenst minimum CO_2-gehalte in de kas te handhaven. Invullen van de formule voor CO_2v (zie paragraaf 2.3) in deze formule geeft dan de volgende formule voor CO_2d:

$$CO_2d = ((CO_2t - CO_2s) + (CO_2k - CO_2l) \times vv) \times 10^{-6} \times 4 \times 2 - CO_2g$$

$$kg\ CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

Voor de situatie waarin een minimum CO_2-gehalte gehandhaafd moet worden geld na een eerste start:

$$CO_2t = CO_2s = CO_2k$$

zodat de formule wordt terug gebracht tot:

$$CO_2d = (CO_2k - 340) \times 10^{-6} \times 2 \times 4 \times vv - CO_2g \quad kg\ CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

CO_2k is in deze formule dan het gewenste minimum CO_2-gehalte.
Op deze manier is berekend hoeveel kg CO_2 per uur per ha nodig is om resp. minimaal 340 dpm, 400 dpm, 500 dpm en 600 dpm CO_2 in de kaslucht te handhaven. In bijlage 6 zijn de uitkomsten van deze berekeningen weergegeven.
Bij deze noodzakelijke hoeveelheid CO_2 is ook aangegeven hoeveel aardgas verbrand moet worden om aan deze behoefte te voldoen.

2.6 Realiseerbare CO_2-gehalte bij gebruik CO_2 uit warmtevoorziening

Het is ook mogelijk te berekenen welk CO_2-gehalte in de kas gehaald kan worden door gebruik van de CO_2 die vrijkomt bij de verwarming van de kas. Dit kan door gebruik te maken van de formule voor de berekening van de hoeveelheid CO_2 die nodig is om een minimum CO_2-gehalte in de kas te handhaven. Omzetten van deze formule geeft het CO_2-gehalte dat gehaald kan worden op de volgende manier:

$$CO_2k = 340 + 10^6 \times \frac{CO_2d + CO_2g}{4 \times 2 \times vv} \qquad dpm\ CO_2$$

CO_2k is het haalbare CO_2-gehalte en CO_2d de hoeveelheid CO_2 die door de warmtevorziening beschikbaar is.
In bijlage 3 is de beschikbare hoeveelheid kg CO_2 per uur per ha weergegeven, terwijl de opname door het gewas in bijlage 6 is weergegeven. Met deze gegevens is voor de eerder beschreven voorbeeldteelt uitgerekend welk CO_2-gehalte gehaald kan worden.
Deze berekeningen zijn gemaakt voor de 3 situaties te weten;
- zonder gebruik van warmteopslag
- met gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha.
- met gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha.

De uitkomsten staan weergegeven in bijlage 7.

3 Kosten van verschillende manieren van CO_2-voorziening

Voor het doorrekenen van de kosten van CO_2-voorziening zijn vele varianten voor de uitgangssituatie mogelijk. In de hierna volgende berekeningen is gekozen voor 3 uitgangssituaties in de bedrijfsuitrusting, namelijk de warmtevoorziening vindt plaats:
- zonder gebruik van warmteopslag
- met gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha.
- met gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha.

In eerste instantie is voor deze drie situaties uitgerekend wat de kosten van CO_2 doseren zijn als alleen de CO_2 wordt gedoseerd, die bij de warmtevoorziening overdag vrijkomt. Hierbij kan al dan niet met warmteopslag gewerkt worden. In deze gevallen wordt dus geen minimum gehaltes aangehouden.

In tweede instantie is doorgerekend wat de kosten zijn als bij deze drie uitgangssituaties een gewenst minimum CO_2-gehalte gehandhaafd moet worden.
De extra CO_2 die daarvoor nodig is kan uit twee verschillende bronnen komen, namelijk door CO_2 produktie met de centrale verwarmingsketel of door gebruik van zuivere CO_2. In het eerste geval moet de extra warmte die onstaat afgevoerd worden. Beide CO_2-bronnen zijn doorgerekend
In de berekeningen is het handhaven van minimaal 350 dpm, 400 dpm en 500 dpm uitgerekend.

Op deze manier onstaan de volgende 21 opties waarvan de kosten voor het CO_2 doseren zijn berekend. Deze opties op verschillen door de capaciteit van de warmteopslag, het gewenste minimum CO_2-gehalte en de bron van de extra CO_2.

	warmteopslagcapaciteit	minimum CO_2-gehalte	bron extra CO_2
1	geen	geen	nvt
2	40 m^3 ha^{-1}	geen	nvt
3	90 m^3 ha^{-1}	geen	nvt
4	geen	340 dpm	verwarmingsketel
5	40 m^3 ha^{-1}	340 dpm	verwarmingsketel
6	90 m^3 ha^{-1}	340 dpm	verwarmingsketel
7	geen	340 dpm	zuivere CO_2
8	40 m^3 ha^{-1}	340 dpm	zuivere CO_2
9	90 m^3 ha^{-1}	340 dpm	zuivere CO_2
10	geen	400 dpm	verwarmingsketel
11	40 m^3 ha^{-1}	400 dpm	verwarmingsketel
12	90 m^3 ha^{-1}	400 dpm	verwarmingsketel
13	geen	400 dpm	zuivere CO_2
14	40 m^3 ha^{-1}	400 dpm	zuivere CO_2
15	90 m^3 ha^{-1}	400 dpm	zuivere CO_2
16	geen	500 dpm	verwarmingsketel
17	40 m^3 ha^{-1}	500 dpm	verwarmingsketel
18	90 m^3 ha^{-1}	500 dpm	verwarmingsketel
19	geen	500 dpm	zuivere CO_2
20	40 m^3 ha^{-1}	500 dpm	zuivere CO_2
21	90 m^3 ha^{-1}	500 dpm	zuivere CO_2

In bijlage 8 zijn voor deze 21 opties de kostenbegrotingen opgenomen: Hierbij is uitgegaan van de in hoofdstuk 1.1 beschreven voorbeeld tomatenteelt. In deze begrotingen zijn de volgende kostenposten betrokken:
- kosten CO_2-installatie en warmteopslag; rente, afschrijving en onderhoud;
- gaskosten voor CO_2 produktie en rendementsverlies tijdens opslag,
- electriciteitskosten van de dosering en
- kosten zuivere CO_2.

Daarnaast moet bij verandering van de produktie rekening worden gehouden met de afzetkosten en de oogst- en sorteerarbeid.

3.1 Kosten doseerinstallatie en warmteopslagtank

In de begrotingen zijn op basis van de volgende investeringsbedragen de jaarkosten (kosten voor rente, afschrijvingen en onderhoud) berekend:
- installatie CO_2 dosering f 12.000,-- met jaarkosten f 2.300,--,
- warmteopslagtank 40 m^3 f 30.000,-- met jaarkosten f 4.500,--
- warmteopslagtank 90 m^3 f 45.000,-- met jaarkosten f 6.800,--.

Hierbij is uitgegaan van 10 % afschrijving, 8 % rente over de helft van het investeringsbedrag en voor de CO_2-installatie 5 % onderhoud en de opslagtanks 1 % onderhoud.

3.2 Gaskosten

De gaskosten zijn uit te splitsen in de kosten voor
- de warmtevoorziening
- de aanvullende produktie van CO_2.

De gaskosten voor de warmtevoorziening zijn geheel afhankelijk van de gekozen teelt en het daarbij behorende temperatuurregime. Verder hebben de kasvorm en hoogte en de genomen energiebesparende maatregelen invloed op de hoogte van het gasverbruik in de verschillende periodes van het jaar.
Bij het verwarmingsproces komt ook CO_2 vrij. Omdat de verwarming voorop staat zijn de gaskosten voor verwarming niet aan de CO_2 dosering toegerekend.
In de gevallen dat gebruik wordt gemaakt van warmteopslag om op die manier overdag extra CO_2 produktie te krijgen ligt het anders. Tijdens de opslag van de warmte gaat een deel van de warmte verloren. Om dit warmteverlies te compenseren zal dus extra gestookt moeten worden. De extra gaskosten hiervoor zijn wel aan de CO_2 dosering toegerekend.

Als de CO_2 die bij de verwarming vrijkomt niet voldoende is om het gewenste CO_2-gehalte in de kas te handhaven, dan zal er aanvullend CO_2 gedoseerd worden. Dit kan met zuivere CO_2 of met de verwarmingsketel aangemaakte CO_2. De gaskosten die nodig zijn voor deze extra CO_2 aanmaak zijn uiteraard wel geheel toegerekend aan de CO_2 dosering.

In de begroting van de gaskosten is in eerste instantie uit gegaan

van een gasprijs van 20 ct per m^3. In tweede instantie zijn ook de gaskosten berekend op basis van een gasprijs van 30 en 40 ct per m^3. Op deze manier is zicht gekregen op de gevoeligheid van de begrotingen voor de schommelingen in de gasprijs.

3.2.1 Kosten gas door rendementsverlies bij warmteopslag

Van de warmte die opgeslagen wordt gaat een deel verloren door lekkage. Verder zal niet altijd al de opgeslagen warmte nodig zijn voor de warmtevoorziening in de nacht. Er moet dus rekening worden gehouden met een rendementsverlies tijdens de opslag. In de kostenbegrotingen is gerekend met 20 % rendementsverlies van de opgeslagen warmte. In bijlage 2 is begroot hoeveel gas nodig is voor de warmtevoorziening. Hierbij is naar de volgende situaties gekeken:
- warmtevoorziening voor overdag
- warmtevoorziening voor de nacht zonder gebruik van een warmteopslag
- warmtevoorziening voor de nacht met gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 warm water per ha.
- warmtevoorziening voor de nacht met gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 warm water per ha.

Per periode is voor de voorbeeld stookteelt van tomaten voor deze drie mogelijkheden het gasverbruik voor de warmtevoorziening 's nachts begroot. Zoals beschreven in hoofdstuk 1.2 kwamen hierbij twee rekensituaties voor, namelijk de capaciteit van de warmteopslag was:
- groter dan de begrote warmtebehoefte voor de daarop volgende nacht
- kleiner dan de begrote warmtebehoefte voor de daarop volgende nacht.

Bij voldoende opslag is het extra gasverbruik 20/80ste van de benodigde hoeveelheid warmte. Bij onvoldoende opslagcapaciteit is het extra gasverbruik voor de nacht 20 % van de warmtecapaciteit van de warmteopslag. Voor de opslagtank van 40 m^3 per 10000 m2 kas is dat 0.9 m^3 aardgas per m2 per 4 weken en bij 90 m^3 opslag 2.0 m^3 aardgas.

Uit de gegevens in bijlage 2 is door het verschil te berekenen tussen het gasverbruik voor de verwarming 's nachts zonder en met warmteopslag het extra gasverbruik te berekenen.
Op jaarbasis is het extra gasverbruik met een opslagtank van 40 m^3 2.4 m^3 gas per m2 en bij 90 m^3 opslag 4.0 m^3 gas. In de praktijk zal echter niet het hele jaar gebruik worden gemaakt van de warmteopslag. In de wintermaanden is de CO_2 produktie als gevolg van de warmtevoorziening overdag gemiddeld al groot genoeg om het CO_2-gehalte op peil te houden. In de kosten begroting is dus alleen rekening gehouden met het extra gasverbruik in de periodes 4 t/m 11. In de periodes 12 t/m 3 is de CO_2 produktie gemiddeld al groot genoeg om boven de 1000 dpm te komen.
Hierdoor is het extra gasverbruik ten gevolge van het gebruik van warmteopslag slechts 1.6 m^3 en 2.4 m^3 per m2 kas voor resp. 40 m^3 en 90 m^3 warmteopslag per ha.

3.2.2 Kosten gas voor de aanvullende produktie van CO_2

Om deze kosten te kunnen berekenen moet bekend zijn hoeveel CO_2 er al beschikbaar is en hoeveel CO_2 er nodig is om het gewenste

CO_2-gehalte te handhaven. Deze gegevens moeten getotaliseerd per periode en per daglichtuur beschikbaar zijn. Met deze gegevens is dan te berekenen hoeveel gas verbrand moet worden om in de CO_2-behoefte te voorzien. In bijlage 2 en 6 zijn deze gegevens opgenomen. Uit deze gegevens kan dan berekend worden hoeveel gas er extra verbrand moet worden om het verschil tussen aanbod en behoefte aan CO_2 aan te vullen.
In bijlage 9 is het begrote extra gasverbruik voor de verschillende minimum CO_2-gehalten en de verschillende capaciteiten van de warmteopslag weergegeven.

3.3 Kosten zuivere CO_2

De kosten van zuivere CO_2 varieren sterk met de afgenomen hoeveelheid per jaar. Voor afnamen kleiner dan 10 ton per jaar ligt de prijs per ton rond de f 1000,--. Bij afname van meer dan 200 ton per jaar ligt de prijs op f 400,--. Deze prijzen zijn inclusief de huur van de gastank. In de verdere berekeningen is uitgegaan van de prijs per ton van f 400,--. In bijlage 9 is opgenomen hoeveel zuivere CO_2 bij de verschillende CO_2-plannen en capaciteiten van warmteopslag per ha nodig is.

3.4 Kosten electriciteit

Voor de dosering van CO_2 in de kas worden de rookgassen met behulp van een ventilator in de verdeelleidingen geblazen. In de wintermaanden draait deze ventilator een groot deel van de dag, omdat de ketel vrijwel continue brandt. In de zomermaanden is het aantal draaiuren echter afhankelijk van de warmtebehoefte en het al of niet gebruiken van een warmteopslag en het al of niet handhaven van een minimum CO_2-gehalte. In de kosten begroting voor electriciteit zijn de volgende aannames gemaakt:
- Er wordt alleen gedoseerd van 1 uur na zon op tot 1 uur voor zon onder. Maximaal is dit dan 3800 uur per jaar.
- Op jaarbasis is er 1500 uur geen warmtevraag. Er wordt dus alleen bij warmtevraag al minimaal 2300 uur per jaar gedoseerd.
- Voor aanvullend doseren is dus maximaal 1500 uur per jaar over.
- Voor het doseren van de extra CO_2 door gebruik van de warmteopslag zijn voor de opslag van resp. 40 en 90 m^3 per 10000 m2 kas 600 en 800 uur extra draaiuren begroot.
- Voor het doseren tot een minimum CO_2-gehalte is begroot dat 3800 uur per jaar wordt gedoseerd.
- Het afgenomen vermogen van de ventilator is 2 kWh per draaiuur, ongeacht de gekozen optie.
- De electriciteitsprijs is op f 0.25 per kWh begroot.
- De kosten voor electriciteit zijn dus f 0.50 per draaiuur.

3.5 Kosten voor oogst- en sorteerarbeid en afzetkosten

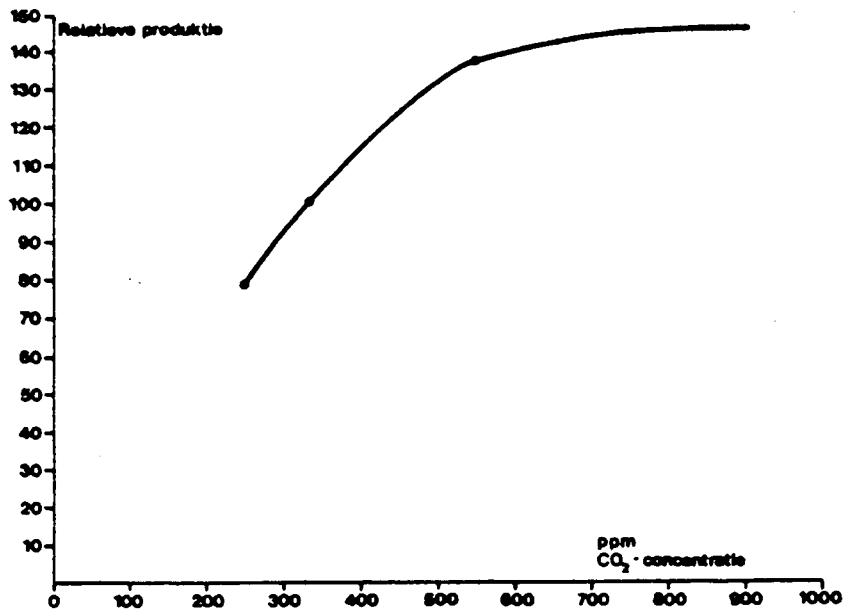
De verhoging van het CO_2-gehalte in de kas heeft tot gevolg dat de produktie stijgt. Dit heeft tot gevolg dat de oogst en het sorteren meer arbeidstijd vraagt. Daarnaast nemen bij een hogere produktie ook de kosten voor verpakking, koeling, fusthuur en veilingprovisie toe. De kosten oogst- en sorteerarbeid varieren tussen de 10 en 15 % van

de geldopbrengst afhankelijk van de arbeidsbezetting en de tijd van het jaar. De afzetkosten varieren tussen 5 en 10 % van de geldopbrengst. In de begrotingen is er daarom van uit gegaan dat 20 % van de geldopbrengst nodig is om deze kosten goed te maken. Met andere woorden, 80 % van de extra geldopbrengst is beschikbaar voor de extra doseerkosten. Bij de berekening van de noodzakelijke stijging van de geldopbrengst is uitgegaan van deze 80 %. In bijlage 8 zijn deze doseerkosten uitgedrukt in percentages van 80 % van het huidige opbrengstniveau van f 70,--. Dit percentage geeft de minimale stijging van de geldopbrengst per jaar aan om de doseerkosten, maar ook de extra afzet- en arbeidskosten terug te verdienen.

4 Produktie- en geldopbrengstenstijging

Al vele jaren wordt op het PTG onderzoek gedaan naar de invloed van het CO_2-gehalte in de kas op de produktie van de gewassen daarin. Voor komkommers, sla, paprika en aubergine is de laatste jaren door Van Uffelen, Heij en de Lint de relatie tussen CO_2 en produktie onderzocht. (4, 5, 6) Uit dit onderzoek blijkt bij een toename van het CO_2-gehalte in de kas de produktie te stijgen. De algemene lijn is door Nederhoff (7) voor de groentegewassen vastgelegd. In de hieronderstaande figuur is de toename van de produktie weergegeven. De relatieve produktie ten opzichte van de produktie bij een CO_2-gehalte in de kas van 340 dpm is hierin weergegeven voor de verschillende CO_2-gehalten.

Figuur



Relatieve produktie bij verschillende CO_2-gehalten.

4.1 Berekening van de stijging van de produktie

Om de produktiestijging te kunnen berekenen moet bekend zijn wat het gemiddelde CO_2-gehalte in de uitgangssituatie is en wat het gemiddelde CO_2-gehalte in de nieuwe situatie zal zijn. Het CO_2-gehalte is echter niet het hele seizoen door gelijk. Daarom is voor de begrotingen per periode van 4 weken bekeken wat in de verschillende situaties de gemiddelde CO_2-gehalten overdag zijn. Per periode is op deze manier het effect op het CO_2-gehalte van de verschillende situatie te berekenen. Met behulp van de hierboven grafisch weergegeven onderzoekresultaten is het relatieve produktieniveau voor de verschillende periodes vastgesteld.
Dit is gebeurd voor de uitgangs CO_2-gehalten en de CO_2-gehalten tot waar gedoseerd wordt. Als uitgangssituatie is hierbij gesteld dat alleen de CO_2 die bij de warmtevoorziening overdag vrijkomt zonder gebruik van warmteopslag, gedoseerd wordt. Daarna is per periode de procentuele produktiestijging van de verschillende CO_2-doseringen uitgerekend.

In bijlage 10 is per vierweekse periode deze produktiestijging uitgerekend voor de vier volgende doseerregimes:
- alleen CO_2 die vrijkomt bij warmtevoorziening
- aanvullend doseren tot minimaal 340 dpm CO_2
- aanvullend doseren tot minimaal 400 dpm CO_2
- aanvullend doseren tot minimaal 500 dpm CO_2

in combinatie met de drie volgende bedrijfsuitrustingen:
- geen warmteopslag
- warmteopslag van 40 m^3 per ha
- warmteopslag van 90 m^3 per ha

Voor een aantal teelten is deze produktiestijging en de stijging van de geldopbrengst uit gewerkt. Het gaat hierom stookteelten van komkommer, tomaat en paprika zoals die beschreven staan in Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw (2).
Bij deze uitwerking doet zich de moeilijkheid voor dat niet bekend is wanneer het effect van het hogere CO_2-gehalte in de daadwerkelijk produktie zichtbaar wordt. Aangenomen wordt dat effect van CO_2 zich laat gelden bij de vruchten in aanleg. Pas als de vruchten geoogst zijn wordt de produktiestijging zichtbaar. Hiermee rekening houdend is voor komkommer er van uitgegaan dat veranderingen in het CO_2-gehalte in de kas pas in de daarop volgende periode in de produktie merkbaar zijn. Bij tomaat is de produktieverandering twee periodes later toegerekend, en bij paprika drie periodes later.
Als uitgangs CO_2-gehalte (referentie) is de situatie genomen waarbij alleen gebruik wordt gemaakt van de CO_2 die vrijkomt bij de warmtevoorziening overdag zonder gebruik van warmteopslag.
Voor komkommer is uitgegaan van een stookteelt op steenwol van week 51 tot week 41.
Voor paprika is uitgegaan van een stookteelt van rode paprika van week 48 tot week 43 op steenwol.
Voor de tomaat is uitgegaan van de een stookteelt van week 51 tot week 47 en tussenplanten in week 18 op steenwol.
Per periode is voor deze drie gewassen de produktiestijging berekend. Voor de totale teelt is daaronder de absolute en relatieve produktiestijging vermeld. Deze uitwerkingen staan opgenomen in bijlage 11.

4.2 Berekening van de stijging van de geldopbrengst

De stijging van de geldopbrengst is in principe niet gelijk aan de produktiestijging. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te voeren. Op de eerste plaats varieert de verkoopprijs van de produkten over het jaar, zodat de verdeling van geldopbrengst over het jaar niet gelijk loopt met de verdeling van de produktie. Op de tweede plaats varieert de verdeling van de meerproduktie ook over het jaar, waardoor de verschillen in verkoopprijs extra meetellen.
Om de geldopbrengststijging te kunnen berekenen moet een schatting van de verwachte verkoopprijs voor de verschillende periodes van het jaar gemaakt worden. Bij het vaststellen van deze prijsverwachting komt nog een extra probleem naar voren. Naast de normale variaties in de verkoopprijs over de jaren heen komt nu een mogelijke invloed op de prijs door de grote toename van de produktie als gevolg van het CO_2 doseren. Deze invloed is niet makkelijk in kaart te brengen. Op de langere termijn zal deze invloed echter ook weer veranderen door

aanpassing van het aanbod als reactie op de prijsverandering. Omdat de invloed niet eenvoudig te benaderen is deze "CO_2"-invloed buitenbeschouwing gelaten.
In de berekeningen is uitgegaan van een gemiddelde prijs per periode van 4 weken. Deze gemiddelde prijs is de naar aanvoer gewogen gemiddelde prijs over 1983, 1984 en 1985 voor de 13 kalenderperiodes. Deze prijzen zijn uit de Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw (2) overgenomen. Op deze manier zijn de indiviuele jaarsinvloeden genivelleerd.
Door de gevonden produktiestijging per periode te vermenigvuldigen met deze gemiddelde prijs is de stijging van de geldopbrengst berekend. Op deze wijze is voor de drie genoemde teelten per periode en de totale teelt de absolute en relatieve stijging van de geldopbrengst berekend. (bijlage 11)

5 Resultaten

In de vorige hoofdstukken is de methode aangegeven waarmee de gevolgen van het gebruik van warmteopslag op het doseren van CO_2 door gerekend kunnen worden. Uit deze berekeningen zijn de volgende gegevens naar voren gekomen:
- Beschikbare CO_2 van warmtevoorziening.
- Realiseerbare CO_2-gehalte door doseren van CO_2 beschikbaar van warmtevoorziening.
- Kosten van uitrusting en doseren.
- Produktiestijging als gevolg van verhoging CO_2-gehalte.
- Geldopbrengststijging.

In de volgende paragrafen zullen deze resultaten behandeld worden. In de laatste paragraaf zal een vergelijking gemaakt worden tussen de begrote kosten en opbrengsten van de verschillende berekende opties voor uitrusting en doseerplannen.

5.1 Beschikbare CO_2

In hoofdstuk 1 is aangegeven hoe berekend kan worden hoeveel CO_2 uit de verbranding van aardgas beschikbaar komt bij de warmtevoorziening op een centraal gestookt CO_2. Het gebruik van warmteopslag maakt het mogelijk meer aardgas overdag te verstoken waardoor er meer CO_2 voor dosering beschikbaar is. De warmteopslag kan alleen zinvol gebruikt worden om overdag de warmtebehoefte voor de volgende nacht op te slaan. Een grotere warmteopslagcapaciteit maakt het mogelijk om gedurende een langere periode de hele warmtebehoefte voor de nacht op te slaan. Een capaciteit van 40 m^3 per ha kan alleen de warmtebehoefte van de zomernachten opslaan, terwijl een van 90 m^3 vanaf april tot november de hele warmtebehoefte voor de nacht kan bevatten. Gebruik van een grotere opslagcapciteit levert dus een langere periode een extra grote hoeveelheid CO_2 voor dosering. In het voorjaar en najaar is deze extra hoeveelheid CO_2 het grootst. In de zomermaanden is de extra hoeveelheid CO_2 geringer doordat de warmtebehoefte 's nachts veel geringer is dan in het voorjaar en de winter. In bijlage 3 is weergegeven hoeveel CO_2 er per daguur bij de verschillende capaciteiten van warmteopslag voor doseren beschikbaar komt. Uit deze gegevens komt duidelijk de extra hoeveelheid CO_2 naar voren, die door het gebruik van warmteopslag beschikbaar komt. Voor de warmteopslag van 40 m^3 per ha neemt deze extra hoeveelheid CO_2 in het voorjaar af van 70 kg per daglichtuur in periode 1 tot 43 kg in periode 4 in vergelijking met de situatie zonder warmteopslag. In de periodes 5 tot en met 10 schommelt de extra hoeveelheid tussen de 30 en 40 kg. In het najaar neemt de extra hoeveelheid weer toe van 51 kg in periode 11 tot 83 kg in periode 13.
Voor een warmteopslag van 90 m^3 per ha zijn deze extra hoeveelheden nog groter. Voor de warmteopslag van 90 m^3 neemt de extra CO_2 in het voorjaar af van 157 kg per daglichtuur in periode 1 tot 58 kg in periode 6 in vergelijking met de situatie zonder warmteopslag. In de periodes 7, 8 en 9 schommelt de extra hoeveelheid tussen de 30 en 40 kg. In het najaar neemt de extra hoeveelheid weer toe van 46 kg in periode 10 tot 164 kg in periode 13. De extra hoeveelheid CO_2 die beschikbaar komt door gebruik van 90 in de plaats van 40 m^3 warmteopslag per ha neemt afvan 87 kg per daguur in

Tabel 5.1:

Begroting van de kosten per jaar van CO_2 doseren voor verschillende gasprijzen, CO_2 doseeropties, capaciteiten van de warmteopslag en aanvullende CO_2-bronnen. De prijs van zuivere CO_2 is gesteld op f 0.40 per kg. (guldens per ha)

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
Aardgasprijs 20 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	3500	11500	15500
ketel als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	14600	13500	17000
aanvullen tot minimaal 400 dpm	29800	26700	27600
aanvullen tot minimaal 500 dpm	55600	52500	51400
zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	41600	17700	20100
aanvullen tot minimaal 400 dpm	96400	65200	58300
aanvullen tot minimaal 500 dpm	189200	158100	144000
Aardgasprijs 30 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	3500	13100	17900
ketel als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	19800	15900	20000
aanvullen tot minimaal 400 dpm	42600	35700	35900
aanvullen tot minimaal 500 dpm	81300	74400	71600
zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	35900	19300	22500
aanvullen tot minimaal 400 dpm	96400	66800	60700
aanvullen tot minimaal 500 dpm	189200	159700	146400
Aardgasprijs 40 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	3500	14700	20300
ketel als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	25000	18300	23000
aanvullen tot minimaal 400 dpm	45400	44700	44200
aanvullen tot minimaal 500 dpm	107000	96300	91800
zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	35900	20900	24900
aanvullen tot minimaal 400 dpm	96400	68400	63100
aanvullen tot minimaal 500 dpm	189200	161300	14880

periode 1 tot 2 kg in periode 8 en neemt dan weer toe tot 82 kg in periode 13. Alleen in periode 7, 8 en 9 is het extra resultaat van een grotere warmteopslag dus beperkter door de geringe warmtebehoefte 's nachts. De warmtebehoefte van de nacht is dan de beperkende factor in plaats van de opslagcapaciteit.

5.2 Realiseerbare CO_2-gehalte

Door het gebruik van warmteopslag komt overdag een deel van de CO_2 beschikbaar om te doseren, die anders 's nachts zou vrijkomen. Met deze extra CO_2 is het CO_2-gehalte in de kas op een hoger niveau te brengen dan zonder gebruik van een warmteopslag. In bijlage 7 is aangegeven welk CO_2-gehalte overdag gemiddeld te realiseren is zonder en met gebruik van warmteopslag.
Bij gebruik van warmteopslag wordt in de eerste plaats de periode waarin het CO_2-gehalte onder de buitenlucht waarde van 340 dpm daalt korter. Zonder warmteopslag is van periode 5 t/m 10 het gemiddeld CO_2-gehalte overdag onder de 340 dpm. Bij een capaciteit van 40 m^3 warmteopslag per ha is dit alleen in periode 6, 7 en 8 het geval. Met een opslagcapaciteit van 90 m^3 is dit alleen zo in periode 7 en 8.
In de tweede plaats is door gebruik van warmteopslag in het voor- en najaar een duidelijk hoger CO_2-gehalte in de kas te realiseren. Voor de produktiestijging is alleen het traject onder de 1000 dpm interressant, omdat daarboven eventueel schade op kan treden en de extra opname van CO_2 door het gewas relatief gering is. Vooral de periode's 4 tot en met 11 zijn daarom interressant. In deze periodes is de CO_2 produktie bij de warmtevoorziening te gering om boven de 1000 dpm te komen. In de andere periodes is de warmtebehoefte overdag al groot genoeg om een hoog CO_2-gehalte te realiseren. Bekijken we de uitkomsten, dan zien we dat met name in de periodes 4, 5, 10 en 11 een grote verhoging van het gemiddelde CO_2-gehalte te bereiken is. Verder blijkt dat gebruik van een grotere opslagcapaciteit tot een hoger CO_2-gehalte kan leiden in het voorjaar. Bij een warmteopslag van 90 m^3 per ha ligt het realiseerbare CO_2-gehalte 270 dpm hoger in periode 4 ten opzichte van 40 m^3. In periode 7 is dit nog maar tot 5 dpm, daarna loopt het verschil weer op tot 120 dpm in periode 11.

5.3 Kosten CO_2 doseren

In hoofdstuk 3 is aangegeven hoe voor de verschillende uitrustingen voor het doseren van CO_2 en de verschillende doseerplannen de kosten berekend kunnen worden. Deze berekeningen resulteren in de volgende kosten per jaar zoals die zijn opgenomen in tabel 5.1. Een meer gedetaileerde berekening is op genomen in bijlage 8.

Uit deze gegevens kunnen de volgende conclusies getrokken worden:
1 Door gebruik van een warmteopslag stijgen de kosten als alleen de CO_2 gebruikt wordt die vrijkomt bij de verwarmingsketel bij een aardgasprijs van 20 ct per m^3.
2 Doseren tot minimaal 340 dpm kost het minste bij gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha bij een aardgasprijs van 20 en 30 ct per m^3.
3 Doseren tot minimaal 400 dpm kost het minste bij gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha bij een aardgasprijs van 20 en 30 ct per m^3.

Tabel 5.2:

Bij verschillende gasprijzen, capaciteiten van warmteopslag en doseeropties het percentage opbrengststijging dat nodig is om de kosten van het doseren van CO_2 goed te maken, bij opbrengstniveau van f 70,—. Van de meeropbrengst is 20% nodig voor de extra afzet- en arbeidskosten, dus is 80 % beschikbaar voor extra doseerkosten. (%)

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
Aardgasprijs 20 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	0.6	2.1	2.8
ketel als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	2.6	2.4	3.0
aanvullen tot minimaal 400 dpm	5.3	4.8	4.9
aanvullen tot minimaal 500 dpm	9.9	9.4	9.2
zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	7.4	3.1	3.6
aanvullen tot minimaal 400 dpm	17.2	11.6	10.4
aanvullen tot minimaal 500 dpm	33.8	28.2	25.7
Aardgasprijs 30 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	0.6	2.3	3.2
ketel als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	3.5	2.8	3.6
aanvullen tot minimaal 400 dpm	7.6	6.4	6.4
aanvullen tot minimaal 500 dpm	14.5	13.2	12.8
zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	7.4	3.5	4.0
aanvullen tot minimaal 400 dpm	17.2	11.9	10.8
aanvullen tot minimaal 500 dpm	33.8	28.5	26.1
Aardgasprijs 40 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	0.6	2.6	3.6
ketel als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	4.5	3.3	4.1
aanvullen tot minimaal 400 dpm	9.9	8.0	7.9
aanvullen tot minimaal 500 dpm	19.1	17.1	16.4
zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
aanvullen tot minimaal 340 dpm	7.4	3.7	4.5
aanvullen tot minimaal 400 dpm	17.2	12.2	11.3
aanvullen tot minimaal 500 dpm	33.8	28.8	26.6

4 Doseren tot minimaal 500 dpm kost het minste bij gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha bij een aardgasprijs van 20 en 30 ct per m^3.
5 Aanvullend doseren met zuivere CO_2 is altijd duurder dan extra aanmaak van CO_2 met de verwarmingsketel bij een aardgasprijs van 20 en 30 ct per m^3.
6 Bij een aardgasprijs van 40 ct per m^3 is het handhaven van minimaal 400 of 500 dpm het goedkoopste bij het gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha.
7 Op grond van de voorgaande conclusies kan vastgesteld worden dat het gebruik van warmteopslag kosten besparend werkt als er tot een minimum CO_2-gehalte gedoseerd wordt.
8 Bij een aardgasprijs van minder dan 20 ct zijn de kosten van de warmte afvoer lager dan de kosten voor warmteopslag.
9 Het gebruik van een warmteopslag van meer dan 40 m^3 per ha geeft een grotere kostenbesparing als een hoger minimum CO_2-gehalte wordt aan gehouden en als de aardgasprijs stijgt.
10 Doseren met zuivere CO_2 is bij een aardgasprijs van 20 ct voordeliger bij een prijs van circa 10 ct per kg CO_2.
11 Bij een hogere aardgasprijs komen de kosten van doseren met zuivere CO_2 dichter bij de kosten van eigen CO_2 produktie. Maar zijn toch nog altijd het dubbele van eigen produktie bij een aardgasprijs van 40 ct per m^3.

Om zicht te krijgen op de noodzakelijke opbrengststijging zijn deze kosten uitgedrukt in procenten van de geldopbrengst. Naast de kosten van het doseren moet er ook rekening worden gehouden met extra afzet- en arbeidskosten die door de produktiestijging worden veroorzaakt. Daarom is aangenomen 20 % van de geldopbrengststijging nodig is deze kosten goed te maken. Daardoor blijft slechts 80 % van de meeropbrengst over om de doseerkosten goed te maken. In tabel 5.2 zijn de jaarkosten van het doseren gedeeld door 80 %. Dit getal is uitgedrukt in procenten van f 70,--, in 1986 het gemiddelde opbrengstniveau per jaar voor een stookbedrijf.

Hieruit kan het volgende geconcludeerd worden:
1 Gebruik van een warmteopslag om de CO_2 produktie overdag te verhogen laat de kosten van doseren stijgen van 0.6 % tot maximaal 3.6 % van deze geldopbrengst.
2 Doseren tot minimaal 340 dpm kost hoogstens 4.5 % van deze geldopbrengst bij eigen produktie van CO_2.
3 Doseren tot minimaal 400 dpm kost hoogstens 9.9 % van deze geldopbrengst bij eigen produktie van CO_2.
4 Doseren tot minimaal 500 dpm kost hoogstens 19.1 % van deze geldopbrengst bij eigen produktie van CO_2.
5 Doseren met zuivere CO_2 tot resp. minimaal 340, 400 en 500 dpm kost 7.4 %, 17.2 % en 33.8 % van deze geldopbrengst.
6 Aanvullend doseren met zuivere CO_2 bij gebruik van warmteopslag kost tussen de 3.1 % en 28.8 % van deze geldopbrengst.

Tabel 5.3

Absolute en procentuele stijging van de jaarproduktie ten opzichte van geen aanvullende dosering en warmteopslag. Voor verschillende doseeropties, capaciteiten van warmteopslag en gewassen.

warmteopslag:	geen	40 m^3	90 m^3
1 Alleen de CO_2 doseren die vrijkomt bij warmtevoorziening:			
	st/kg	st/kg	st/kg
Komkommers:	-	11.2	17.2
Paprika:	-	1.6	2.4
Tomaat:	-	3.6	5.5
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	-	10 %	15 %
Paprika:	-	9 %	14 %
Tomaat:	-	9 %	14 %
2 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm:			
	st/kg	st/kg	st/kg
Komkommers:	9.6	12.5	17.9
Paprika:	1.4	1.8	2.6
Tomaat:	3.2	4.1	5.8
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	8 %	10 %	15 %
Paprika:	8 %	9 %	14 %
Tomaat:	8 %	11 %	15 %
3 Aanvulend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm:			
	st/kg	st/kg	st/kg
Komkommers:	17.0	19.0	21.7
Paprika:	2.4	2.7	3.1
Tomaat:	5.8	6.4	7.2
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	14 %	16 %	18 %
Paprika:	14 %	15 %	17 %
Tomaat:	15 %	17 %	19 %
4 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm:			
	st/kg	st/kg	st/kg
Komkommers:	28.4	30.4	31.4
Paprika:	3.9	4.2	4.4
Tomaat:	9.7	10.4	10.7
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	23 %	25 %	26 %
Paprika:	22 %	24 %	25 %
Tomaat:	25 %	27 %	28 %

5.4. Produktiestijging

De verhoging van het CO_2-gehalte in de kas heeft tot gevolg dat de produktie stijgt. In hoofdstuk 4 is aangegeven hoe deze produktiestijging berekend kan worden. In tabel 5.3 staan de absolute en relatieve stijgingen van de produktie voor de stookteelt van komkomer, paprika en tomaten. Deze zijn uitgerekend voor verschillende doseeropties en opslagcapciteiten. Uitgangspunt is dan de teelt waarbij alleen maar de CO_2 gedoseerd wordt die vrijkomt bij de warmtevoorziening overdag, zonder gebruik van warmteopslag.

Hieruit komen de volgende conclusies naar voren:

1 Doseren van de extra CO_2 die vrijkomt door gebruik van warmteopslag maakt een produktiestijging mogelijk.
2 Gebruik van 40 m^3 warmteopslag per ha maakt een produktiestijging van 9 a 10 % op jaarbasis mogelijk.
3 Gebruik van 90 m^3 warmteopslag per ha maakt een produktiestijging van 14 a 15 % op jaarbasis mogelijk.
4 Een grotere warmteopslagcapaciteit maakt een grotere produktiestijging mogelijk.
5 Aanvullend doseren tot minimaal 340 dpm maakt zonder gebruik van warmteopslag een produktiestijging van 8 % per jaar mogelijk.
6 Aanvullend doseren tot minimaal 400 dpm maakt zonder gebruik van warmteopslag een produktiestijging van 14 a 15 % per jaar mogelijk.
7 Aanvullend doseren tot minimaal 500 dpm maakt zonder gebruik van warmteopslag een produktiestijging van 22 a 25 % per jaar mogelijk.
8 De combinatie gebruik van 40 m^3 warmteopslag per ha en aanvullend doseren tot 340 dpm maakt een produktiestijging 9 a 11 % per jaar mogelijk. Wat 0 tot 2 % meer is dan zonder aanvullend doseren en 1 tot 3 % meer dan zonder gebruik van warmteopslag.
9 De combinatie gebruik van 90 m^3 warmteopslag per ha en aanvullend doseren tot 340 dpm maakt een produktiestijging 14 a 15 % per jaar mogelijk. Wat 0 tot 1 % meer is dan zonder aanvullend doseren en 6 tot 7 % meer dan zonder gebruik van warmteopslag.
10 De combinatie gebruik van 40 m^3 warmteopslag per ha en aanvullend doseren tot 400 dpm maakt een produktiestijging 15 a 17 % per jaar mogelijk. Wat 6 tot 8 % meer is dan zonder aanvullend doseren en 1 tot 2 % meer dan zonder gebruik van warmteopslag.
11 De combinatie gebruik van 90 m^3 warmteopslag per ha en aanvullend doseren tot 400 dpm maakt een produktiestijging 17 a 19 % per jaar mogelijk. Wat 3 tot 5 % meer is dan zonder aanvullend doseren en 3 tot 5 % meer dan zonder gebruik van warmteopslag.
12 De combinatie gebruik van 40 m^3 warmteopslag per ha en aanvullend doseren tot 500 dpm maakt een produktiestijging 16 a 18 % per jaar mogelijk. Wat 15 tot 18 % meer is dan zonder aanvullend doseren en 2 % meer dan zonder gebruik van warmteopslag.
13 De combinatie gebruik van 90 m^3 warmteopslag per ha en aanvullend doseren tot 500 dpm maakt een produktiestijging 25 a 28 % per jaar mogelijk. Wat 11 tot 14 % meer is dan zonder aanvullend doseren en 3 % meer dan zonder gebruik van warmteopslag.
14 Alleen gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha maakt een nagenoeg gelijke produktieverhoging mogelijk als alleen aanvullend doseren tot minimaal 340 dpm.
15 Alleen gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha maakt een nagenoeg gelijke produktieverhoging mogelijk als alleen aanvullend

Tabel 5.4

Absolute en procentuele stijging van de geldopbrengst per jaar ten opzichte van geen aanvullende dosering en warmteopslag. Voor verschillende doseeropties, capaciteiten van warmteopslag en gewassen.

warmteopslag:	geen	40 m^3	90 m^3
1 Alleen de CO_2 doseren die vrijkomt uit warmtevoorziening:			
	gld/ha	gld/ha	gld/ha
Komkommers:	-	54500	86500
Paprika:	-	46000	74500
Tomaat:	-	50000	78500
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	-	8 %	13 %
Paprika:	-	7 %	11 %
Tomaat:	-	7 %	11 %
2 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm:			
	gld/ha	gld/ha	gld/ha
Komkommers:	42500	60000	89300
Paprika:	33900	53600	78100
Tomaat:	38900	55000	81600
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	6 %	8 %	13 %
Paprika:	6 %	7 %	12 %
Tomaat:	5 %	8 %	11 %
3 Aanvulend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm:			
	gld/ha	gld/ha	gld/ha
Komkommers:	75600	87600	103400
Paprika:	67900	79800	93400
Tomaat:	70600	82600	97100
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	11 %	12 %	15 %
Paprika:	10 %	11 %	13 %
Tomaat:	10 %	12 %	13 %
4 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm:			
	gld/ha	gld/ha	gld/ha
Komkommers:	125300	137300	144300
Paprika:	112100	124100	131100
Tomaat:	118600	130600	137600
	procenten	van het	jaartotaal
Komkommers:	18 %	19 %	20 %
Paprika:	16 %	18 %	19 %
Tomaat:	17 %	18 %	19 %

doseren tot minimaal 400 dpm.

16 De grootste produktiestijging wordt mogelijk gemaakt door alleen het gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha. Alleen in combinatie met aanvullend doseren tot minmaal 500 dpm geeft een hogere produktiestijging.

5.5 Geldopbrengststijging

Zoals in hoofdstuk 4 is aangegeven is de relatieve opbrengststijging per jaar niet per definitie gelijk aan de relatieve produktiestijging. Door schommelingen in de prijzen ontstaan verschillen. In hoofdstuk 4 is aangegeven hoe de absolute en daarmee de relatieve opbrengststijging berekend kan worden.

In tabel 5.4 is voor de produktiestijging uit tabel 5.3 de opbrengststijging aangegeven voor een bedrijf van 10000 m2. Hierbij is ervan uit gegaan dat het prijspeil gelijk is aan het gemiddelde prijspeil van 1983, 1984 en 1985.

Uit de gegevens in tabel 5.3 kan het volgende geconcludeerd worden:

1 Op jaarbasis is de procentuele stijging van de geldopbrengst altijd lager dan de produktiestijging.
2 Gebruik van alleen warmteopslag maakt een stijging van de geldopbrengst mogelijk.
3 Bij het huidige prijspeil is dat bij 40 m^3 opslag per ha 7 tot 8 % van de geldopbrengst van een stookteelt.
4 Bij 90 m^3 opslag per ha is dat 11 tot 13 % voor een stookteelt.
5 Een grotere warmteopslag maakt een grotere opbrengststijging mogelijk.
6 Alleen doseren tot een minimum CO_2-gehalte maakt een opbrengststijging mogelijk.
7 Doseren tot minimaal 340 dpm maakt een opbrengststijging van 5 tot 6% mogelijk.
8 Doseren tot minimaal 400 dpm maakt een opbrengststijging van 10 tot 11% mogelijk.
9 Doseren tot minimaal 500 dpm maakt een opbrengststijging van 16 tot 18% mogelijk.
10 De combinatie gebruik van warmteopslag en handhaven van een minimum CO_2-gehalte maakt een grotere produktiestijging mogelijk.
11 De combinatie gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha en aanvullend doseren tot 340 dpm maakt een stijging van de geldopbrengst van 7 tot 8% mogelijk op jaarbasis.
12 De combinatie gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha en aanvullend doseren tot 400 dpm maakt een stijging van de geldopbrengst van 11 tot 12 % mogelijk op jaarbasis.
13 De combinatie gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha en aanvullend doseren tot 500 dpm maakt een stijging van de geldopbrengst van 18 tot 19 % mogelijk op jaarbasis.
14 De combinatie gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha en aanvullend doseren tot 340 dpm maakt een stijging van de geldopbrengst van 11 tot 13 % mogelijk op jaarbasis.
15 De combinatie gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha en aanvullend doseren tot 400 dpm maakt een stijging van de geldopbrengst van 13 tot 15 % mogelijk op jaarbasis.
16 De combinatie gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha en aanvullend doseren tot 500 dpm maakt een stijging van de

geldopbrengst van 19 tot 20 % mogelijk op jaarbasis.

Tabel 5.5:

Begroting van het verschil tussen de meeropbrengsten en kosten per jaar van CO_2 doseren. Voor verschillende CO_2 doseeropties, capaciteiten van de warmteopslag en aanvullende CO_2-bronnen. De prijs van zuivere CO_2 is gesteld op f 0.40 per kg en aardgas op f 0.20 per m^3. (guldens per ha)

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
1 Alleen de CO_2 uit warmtevoorziening doseren:			
Meeropbrengst:	-	50200	79800
Af: Extra Arbeid en afzet:	-	10000	16000
Jaarkosten:	3500	11500	15500
Verschil:	-3500	28700	48300
2 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm ketel als aanvullende CO_2-bron:			
Meeropbrengst:	38400	56200	83000
Af: Extra arbeid en afzet:	7700	11200	16600
Jaarkosten:	14600	13500	17000
Verschil:	16100	31500	49400
3 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm en zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
Meeropbrengst:	38400	56200	83000
Af: Extra arbeid en afzet:	7700	11200	16600
Jaarkosten:	41600	17700	20100
Verschil:	-10900	27300	46300
4 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm en ketel als aanvullende CO_2-bron:			
Meeropbrengst:	71400	83300	98000
Af: Extra arbeid en afzet:	14300	16700	19600
Jaarkosten:	29800	26700	27600
Verschil:	27300	39900	50800
5 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm en zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
Meeropbrengst:	71400	83300	98000
Af: Extra arbeid en afzet:	14300	16700	19600
Jaarkosten:	96400	65200	58300
Verschil:	-39300	1400	20100

vervolg tabel 5.5:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
6 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm en ketel als aanvullende CO_2-bron:			
Meeropbrengst:	118700	130700	137800
Af: Extra arbeid en afzet:	23700	26100	27600
Jaarkosten:	55600	52500	51400
Verschil:	39400	52100	58800
7 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm en zuivere CO_2 als aanvullende CO_2-bron:			
Meeropbrengst:	118700	130700	137800
Af: Extra arbeid en afzet:	23700	26100	27600
Jaarkosten:	189200	158100	144000
Verschil:	-94200	-53500	-33800

5.6 Vergelijking meeropbrengsten en jaarkosten

Om de keuze te maken of wel of niet in warmteopslag geinvesteerd kan worden moet niet alleen gekeken worden naar de meeropbrengst. Er zal voor de verschillende capaciteiten van warmteopslag bij verschillende CO_2 doseerplannen gekeken moeten worden wat de verschillen tussen de meeropbrengst en de extra kosten zijn. De warmteopslag met het grootste verschil is dan het interessantst (mits de investering gefinancieerd kan worden).
Voor de berekeningen is uitgegaan van de gemiddelde meeropbrengst van een stookteelt van komkommers, paprika en tomaat, zoals die berekend is in hoofdstuk 4 en weergegeven in bijlage 10. In tabel 5.5 is de voor een warmteopslagcapaciteit van 0 m^3, 40 m^3 en 90 m^3 per ha een vergelijking van de meeropbrengst en extra kosten opgenomen. Dit is gebeurd voor de verschillende doseerplannen. Daarnaast is ook het aanvullend doseren met zuivere CO_2 in de vergelijking opgenomen.

Uit de gegevens in tabel 5.5 kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

1 Bij alleen het doseren van de CO_2 die vrijkomt bij de warmtevoorziening levert het hoogste resultaat op bij gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha.
2 Zonder gebruik van warmteopslag levert het hele jaar doseren tot minimaal 500 dpm levert het hoogste resultaat op.
3 Met gebruik van warmteopslag levert het doseren tot een minimum CO_2-gehalte het hoogste resultaat op als gebruik wordt gemaakt van een warmteopslag van 90 m^3 per ha.
4 Bij een aardgasprijs van 20 ct per m^2 levert de combinatie gebruik van een warmteopslag van 90 m^3 per ha en aanvullend doseren met CO_2 van de ketel tot minimaal 500 dpm het hoogste resultaat op.
5 Bij een prijs van 40 ct per kg zuivere CO_2 levert het doseren van zuivere CO_2 tot een minimaal 340, 400 of 500 dpm zonder gebruik van warmteopslag altijd een negatief resultaat op.
6 Bij een prijs van 40 ct per kg zuivere CO_2 levert het aanvullend

doseren van zuivere CO_2 tot een minimaal 340 en 400 dpm met gebruik van warmteopslag nog een positief resultaat op.

Tabel 5.6:

Begroting van het verschil tussen de meeropbrengsten en kosten per jaar van CO_2 doseren. Voor verschillende CO_2 doseeropties, capaciteiten van de warmteopslag en aanvullende CO_2-bronnen. De prijs van zuivere CO_2 is gesteld op f 0.40 per kg en een prijs voor aardgas van f 0.20, f 0.30 en f 0.40 per m^3. (guldens per ha)

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
Aardgasprijs 20 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	-3500	28700	48300
minimaal 340 dpm	16100	31500	49400
minimaal 400 dpm	27300	39900	50800
minimaal 500 dpm	39400	52100	58800
Aardgasprijs 30 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	-3500	27100	45900
minimaal 340 dpm	10900	29100	46400
minimaal 400 dpm	14500	30900	42500
minimaal 500 dpm	13700	30200	38600
Aardgasprijs 40 ct per m^3:			
alleen CO_2 uit warmtevoorziening	-3500	25500	43500
minimaal 340 dpm	5700	26700	43400
minimaal 400 dpm	1700	21900	34200
minimaal 500 dpm	-12000	8300	18400

5.6.1 Vergelijking van de meeropbrengst en de jaarkosten in relatie tot de aardgasprijs.

Zoals in hoofdstuk 3 al aan de orde is geweest, zijn de jaarkosten gevoelig voor de aardgasprijs. Om deze invloed van de aardgasprijs op de resultaten zichtbaar te maken is in tabel 5.6 voor een aardgasprijs van 20 ct, 30 ct en 40 ct per m^3 voor de verschillende uitrustingen en de doseerplannen het verschil tussen meeropbrengsten en jaarkosten opgenomen.

Hieruit kan het volgende worden geconcludeerd:
1 Bij alle doseerplannen geeft het gebruik van warmteopslag een hoger resultaat bij de drie gebruikte aardgasprijzen.
2 Een warmteopslag van 90 m^3 per ha geeft de hoogste resultaten bij de verschillende doseerplannen en gasprijzen.
3 Bij een stijgende aardgasprijs wordt het minder interessant om een

hoger minimum CO_2-gehalte in de kas te handhaven als de CO_2 met de ketel aangemaakt moet worden.

4 Bij een aardgasprijs van 20 ct levert handhaven van minimaal 500 dpm met en zonder gebruik van warmteopslag het hoogste resultaat op.
5 Bij een aardgasprijs van 30 ct levert handhaven van minimaal 400 dpm het hoogste resultaat op zonder gebruik van warmteopslag.
6 Bij een aardgasprijs van 30 ct levert handhaven van minimaal 340 dpm het hoogste resultaat op bij gebruik van een opslagcapaciteit van 90 m^3 per ha.
7 Bij een aardgasprijs van 30 ct ligt het resultaat van de verschillende doseerplannen op een gelijk niveau bij gebruik van een warmteopslag van 40 m^3 per ha.
8 Bij een aardgasprijs van 40 ct levert handhaven van minimaal 340 dpm het hoogste resultaat op.

5.6.2 Vergelijking van de meeropbrengst en de jaarkosten in relatie tot de prijs van zuivere CO_2 en de aardgasprijs

In de vorige paragraaf is naar voren gekomen dat bij een aardgasprijs van 40 ct of lager en een prijs van 40 ct per kg voor zuivere CO_2 het aanvullend doseren met zuivere CO_2 niet kan concurreren tegen eigen produktie van CO_2 met de ketel. Bij de produktie van CO_2 met de ketel kan met name in de zomer de afvoer van de warmte die vrijkomt problemen gaan geven.
Om de invloed van de aardgasprijs en de prijs van zuivere CO_2 zichtbaar te maken is in tabel 5.7 voor verschillende doseerplannen, capaciteiten van warmteopslag en aanvullend doseren met eigen of zuivere CO_2 het verschil aangegeven tussen de extra kosten van het doseren en de meeropbrengst. Hierbij is gerekend met verschillende aardgas- en CO_2-prijzen.

Voor aanvullend doseren tot een minimaal CO_2-gehalte kan uit deze gegevens over het verschil tussen de extra kosten en de meeropbrengst het volgende geconcludeerd worden:

1 Met zuivere CO_2 van 10 ct per kg aanvullend doseren levert bij alle opties een groter verschil op in vergelijking met CO_2 van de ketel.
2 Met zuivere CO_2 van 20 ct per kg aanvullend doseren levert alleen een groter verschil op in vergelijking met CO_2 van de ketel bij een aardgasprijs van 40 ct of hoger.
3 Met zuivere CO_2 van 40 ct per kg aanvullend doseren tot 500 dpm levert een negatief verschil op.
4 Met zuivere CO_2 van 40 ct per kg aanvullend doseren tot 400 dpm levert nog een positief verschil op bij een aardgasprijs van minder dan 30 ct.
5 Met zuivere CO_2 van 60 ct per kg aanvullend doseren levert alleen tot 340 dpm doseren een positief verschil op.
6 Gebruik van warmteopslag levert grotere positieve verschillen op.
7 Met een warmteopslag van 90 m3 per ha kan een hogere verschil worden gerealiseerd, dan met een warmteopslag van 40 m3 per ha.

Tabel 5.7:

Begroting van het verschil tussen de meeropbrengsten en kosten inclusief extra afzet- en arbeidskosten per jaar van aanvullend CO_2 doseren. Voor verschillende CO_2 doseeropties, capaciteiten van de warmteopslag, aanvullende CO_2-bronnen en prijzen voor zuivere CO_2 en aardgas. (guldens per ha)

aanvullende CO_2-bron	**ketel**	**zuiver**	**zuiver**	**zuiver**	**zuiver**
prijs 1 m^3 aardgas (ct):	**20**	-	-	-	-
prijs 1 kg zuivere CO_2 (ct):	-	**10**	**20**	**40**	**60**
geen warmteopslag:					
minimaal 340 dpm	16100	17100	7800	-10900	-29700
minimaal 400 dpm	27300	29900	6800	-39300	-85300
minimaal 500 dpm	39400	44500	-1700	-94200	-186800
prijs 1 m^3 aardgas (ct):	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**
prijs 1 kg zuivere CO_2 (ct):	-	**10**	**20**	**40**	**60**
warmteopslag 40 m^3 per ha:					
minimaal 340 dpm	31500	31700	30200	27300	24500
minimaal 400 dpm	39900	41400	28100	1400	-25200
minimaal 500 dpm	52100	56200	19600	-53500	-126500
warmteopslag 90 m^3 per ha:					
minimaal 340 dpm	49400	49500	48400	46300	44100
minimaal 400 dpm	50800	52000	41400	20100	-1100
minimaal 500 dpm	58800	62400	30300	-33800	-97800
prijs 1 m^3 aardgas (ct):	**30**	**30**	**30**	**30**	**30**
prijs 1 kg zuivere CO_2 (ct):	-	**10**	**20**	**40**	**60**
warmteopslag 40 m^3 per ha:					
minimaal 340 dpm	29100	30100	28600	25700	22900
minimaal 400 dpm	30900	39800	26500	-200	-26800
minimaal 500 dpm	30200	54600	18000	-55100	-128100
warmteopslag 90 m^3 per ha:					
minimaal 340 dpm	46400	47100	46000	43900	41700
minimaal 400 dpm	42500	49600	39000	17700	-3500
minimaal 500 dpm	38600	60000	27900	-36200	-100200
prijs 1 m^3 aardgas (ct):	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**
prijs 1 kg zuivere CO_2 (ct):	-	**10**	**20**	**40**	**60**
warmteopslag 40 m^3 per ha:					
minimaal 340 dpm	26700	28500	27000	24100	21300
minimaal 400 dpm	21900	38200	24900	-1800	-28400
minimaal 500 dpm	8300	53000	16400	-56700	-129700
warmteopslag 90 m^3 per ha:					
minimaal 340 dpm	43400	44700	43600	41500	39300
minimaal 400 dpm	34200	47200	36600	15300	-5900
minimaal 500 dpm	18400	57600	25500	-38600	-102600

5.7 Eindconclusie

Al de eerder genoemde conclusies op een rij gezet geeft de volgende eindconclusies:

1 De aanschaf van een warmteopslag op een stookbedrijf wordt zonder meer terug verdiend.
2 Een opslagcapaciteit van 90 m^3 warm water per ha geeft een grotere verbetering van het rendement een opslag van 40 m^3 per ha.
3 Door het gebruik van warmteopslag zijn in de zomermaanden grote produktiestijgingen te verwachten bij de stookteelten.
4 Doseren van zuivere CO_2 is bij een CO_2 prijs van 20 en 40 ct en aardgasprijs van 20 tot 40 ct duurder dan zelf CO_2 aanmaken met de ketel.
5 Het handhaven van minimaal 400 dpm of 500 dpm in de kas moet in relatie met de gaskosten worden bekeken, omdat dit niet bij elke aardgasprijs een verbetering van het rendement geeft.
6 Doseren van zuiver CO_2 geeft alleen een grotere verbetering van het rendement als de prijs 1 kg CO_2 lager is dan de helft van de aardgasprijs.

Literatuur

1 Rijssel, E. van. Het aardgasverbruik in afhankelijkheid van bedrijf en buitenklimaat. Een empirisch schattingsmodel (concept)

2 Anoniem, Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 1986 - 1987. Proefstation voor Tuinbouw onder glas, e.a.

3 Nederhoff, E.M. en M. Goedhart. 1984. Zelf ventilatie meten aan de hand van het CO_2-verloop. Tuinderij 64 (32): 16 - 19

4 Heij, G. en J.A.M. van Uffelen. Effects of CO_2 concentrations on growth of lettuce. Acta Horticulturae, 148, 1983. Energy symposium

5 Heij, G. en J.A.M. van Uffelen. Effects of CO_2 concentration on growth of glasshouse cucumber. Acta Horticulturae, 162, 1984. CO_2 Enrichment

6 Heij, G. en P.J.A.L. de Lint. Prevailing CO_2 concentrations in glasshouses. Acta Horticulturae, 162, 1984. CO_2 Enrichment

7 Nederhoff, E.M. 1986 CO_2 doseren bij huidige prijs snel terugverdiend. Tuinderij 66 (18): 16 - 18

Overzicht van formules en symbolen

Formules:

$$CO_2t = CO_2s + \frac{(10^6 \times (CO_2v + CO_2g + CO_2b + CO_2d))}{(KV \times sgCO_2)} \quad \text{dpm } CO_2$$

$$CO_2v = (CO_2l - CO_2k) \times sgCO_2 \times KV \times vv \times 10^{-6} \quad \text{kg } CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

$$CO_2d = ((CO_2t - CO_2s) + (CO_2k - CO_2l) \times vv) \times 10^{-6} \times KV \times sgCO_2 - CO_2g$$
$$\text{kg } CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

$$CO_2t = CO_2s = CO_2k \quad \text{dpm } CO_2$$

$$CO_2d = (CO_2k - CO_2l) \times 10^{-6} \times KV \times sgCO_2 \times vv - CO_2g$$
$$\text{kg } CO_2\ m^{-2}\ uur^{-1}$$

$$CO_2k = CO_2l + 10^6 \times \frac{CO_2d + CO_2g}{KV \times sgCO_2 \times vv} \quad \text{dpm } CO_2$$

$$vv = 0.07 * ws * (ro + 1) - ws^2 \quad m^3\ m^{-3}\ uur^{-1}$$

Symbolen:

CO_2v	= in- en uitstroming van CO_2 door ventilatie	kg CO_2 m^{-2}
CO_2g	= opname en afgifte van CO_2 door het gewas	kg CO_2 m^{-2}
CO_2b	= opname en afgifte van CO_2 door de bodem	kg CO_2 m^{-2}
CO_2d	= gedoseerde CO_2	kg CO_2 m^{-2}
CO_2s	= startgehalte	dpm CO_2
CO_2t	= resulterende gehalte	dpm CO_2
CO_2k	= CO_2-gehalte binnen de kas	dpm CO_2
CO_2l	= CO_2-gehalte van de buitenlucht	dpm CO_2
KV	= luchtinhoud van de kas	m^3 kaslucht m^{-2}
$sgCO_2$	= gewicht van 1 m^3 CO_2	kg m^{-3}
vv	= ventilatievoud	m^3 m^{-3} uur^{-1}
ws	= windsnelheid	m sec^{-1}
ro	= opening van de luchtramen	%
l	= dichtheid van de kas, de zogenaamde lek	%

Bijlage 1:

Uitvoer van het gasverbruikmodel voor de begroting aardgasverbruik in de kas.

BEDRIJFSGEGEVENS VOLGENS OPGAVE.

COND BESP	BE SCH %	GEWAS CODE	GEWAS H CM	KASTEMP N	KASTEMP D	LICHT VERH	KAP AANT BR CM	KAP GOOT L M H CM	BINNEN GEVELS	GEV % ISO	GEV VER W	AANT STOOK GR
1	15. 75	300	275.	17.00	18.00	2.00	320. 40	80.00 300.	0.00	50	0.75	-3
2	15. 75	300	275.	16.50	18.00	2.00	320. 40	80.00 300.	0.00	50	0.75	-3

1 week 51 t/m 4
2 week 5 t/m 46

WEEK NO	TEMPERATUUR KAS - BUITEN NACHT	TEMPERATUUR KAS - BUITEN DAG	TEMPERATUUR VERLIEZEN NACHT	TEMPERATUUR VERLIEZEN DAG	VENTI LA. VER LIES	AARDGASVERBRUIK M2	AARDGASVERBRUIK BEDRIJF	ONBENUTTE STRA LINGS ENERGIE	AARDGAS M2	AARDGAS BE DRIJF	AKTU EEL
1	16.11	16.00	1.31	0.59	0.29	2.20	22538.	0.00	2.21	22634.	1986
2	14.60	14.25	1.17	0.53	0.25	1.96	20074.	0.00	2.16	22140.	1986
3	14.85	14.41	1.18	0.56	0.22	1.96	20107.	0.00	1.69	17334.	1986
4	14.33	13.72	1.11	0.55	0.25	1.91	19526.	0.00	1.72	17645.	1986
5	14.62	13.82	1.11	0.55	0.26	1.92	19704.	0.00	2.08	21298.	1986
6	14.34	13.61	1.05	0.58	0.21	1.84	18812.	0.00	2.44	25034.	1986
7	15.73	14.38	1.12	0.62	0.17	1.92	19630.	0.00	2.50	25621.	1986
8	14.59	12.74	1.01	0.55	0.16	1.72	17644.	0.00	2.54	26051.	1986
9	14.08	12.33	0.94	0.55	0.20	1.69	17346.	0.00	2.64	27068.	1986
10	14.16	11.74	0.91	0.53	0.21	1.65	16872.	0.00	1.89	19368.	1986
11	13.39	11.05	0.84	0.51	0.22	1.57	16057.	0.00	1.58	16192.	1986
12	13.24	10.17	0.79	0.45	0.23	1.48	15115.	0.00	1.30	13318.	1986
13	13.06	9.30	0.75	0.41	0.22	1.38	14163.	0.00	1.40	14352.	1986
14	12.90	8.53	0.71	0.35	0.20	1.26	12895.	0.00	1.49	15237.	1986
15	12.67	6.99	0.66	0.21	0.21	1.08	11106.	0.00	1.71	17525.	1986
16	8.42	2.85	0.42	0.05	0.11	0.58	5969.	0.05	1.33	13612.	1986
17	5.28	0.15	0.25	0.00	0.11	0.37	3783.	0.19	0.99	10138.	1986
18	10.25	4.74	0.47	0.09	0.19	0.74	7627.	0.00	0.54	5526.	1986
19	9.04	3.10	0.40	0.06	0.10	0.55	5646.	0.05	0.55	5677.	1986
20	10.24	3.42	0.43	0.07	0.08	0.57	5882.	0.09	0.58	5958.	1986
21	8.75	3.12	0.35	0.06	0.09	0.50	5151.	0.04	0.45	4579.	1986
22	8.58	2.31	0.33	0.05	0.08	0.46	4739.	0.13	0.55	5635.	1986
23	7.47	0.72	0.28	0.02	0.09	0.38	3929.	0.27	0.83	8539.	1986
24	7.09	0.70	0.26	0.01	0.10	0.37	3795.	0.24	0.39	4035.	1986
25	5.16	0.00	0.19	0.00	0.04	0.23	2373.	0.36	0.18	1825.	1986
26	4.50	0.00	0.17	0.00	0.04	0.21	2148.	0.32	0.10	1035.	1986
27	5.35	0.00	0.20	0.00	0.04	0.24	2460.	0.36	0.12	1227.	1986
28	5.53	0.00	0.21	0.00	0.05	0.25	2600.	0.36	0.29	2985.	1986
29	4.82	0.00	0.19	0.00	0.05	0.24	2421.	0.31	0.19	1954.	1986
30	4.41	0.00	0.18	0.00	0.05	0.23	2325.	0.30	0.25	2533.	1986
31	3.82	0.00	0.16	0.00	0.05	0.21	2118.	0.30	0.16	1643.	1986
32	3.88	0.00	0.17	0.00	0.05	0.22	2303.	0.28	0.19	1949.	1986
33	4.04	0.00	0.19	0.00	0.06	0.25	2526.	0.27	0.21	2194.	1986
34	4.49	0.00	0.22	0.00	0.06	0.28	2852.	0.26	0.25	2513.	1986
35	4.04	0.00	0.21	0.00	0.08	0.29	2952.	0.22	0.42	4289.	1986
36	4.21	0.00	0.22	0.00	0.08	0.31	3125.	0.19	0.36	3694.	1986
37	4.72	0.83	0.26	0.01	0.13	0.41	4180.	0.08	0.52	5327.	1986
38	5.02	1.34	0.29	0.02	0.12	0.43	4425.	0.05	0.56	5762.	1986
39	5.60	2.34	0.34	0.04	0.15	0.52	5371.	0.00	0.45	4569.	1986

40	5.67	3.09	0.35	0.05	0.20	0.60	6181.	0.00	0.17	1731.	1985
41	7.04	5.01	0.46	0.17	0.25	0.87	8898.	0.00	0.59	6040.	1985
42	7.29	5.70	0.49	0.21	0.22	0.92	9438.	0.00	0.64	6600.	1985
43	8.10	6.80	0.56	0.26	0.21	1.04	10650.	0.00	1.32	13557.	1985
44	8.85	8.05	0.63	0.33	0.20	1.16	11859.	0.00	1.47	15035.	1985
45	10.21	9.81	0.75	0.40	0.18	1.33	13627.	0.00	1.26	12945.	1985
46	10.71	10.75	0.81	0.44	0.26	1.50	15409.	0.00	1.81	18552.	1985
51	13.54	13.64	1.11	0.50	0.25	1.86	18997.	0.00	1.25	12849.	1985
52	12.98	12.96	1.06	0.48	0.23	1.78	18190.	0.00	1.90	19443.	1985
TOTAAL						47.00	547304.		58.27	596643.	

Bijlage 2:

Schatting van het gemiddeld gasverbruik overdag en 's nachts voor de warmtevoorziening per periode van vier weken bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag. Schatting van het gedeelte hiervan dat voor CO_2 doseren gebruikt kan worden. (m^3 aardgas per m^2 per 4 weken)

Gegevens per periode van vier weken

	aardgas voor verwarming m^3 per m2 per 4 weken				waarvan beschikbaar voor CO_2 produktie		
	dag	's nachts					
	+ vent	geen opslag	40 m^3 opslag	90 m^3 opslag	geen opslag	40 m^3 opslag	90 m^3 opslag
periode 1	3.2	4.7	4.9	5.1	3.2	4.1	5.2
periode 2	3.1	4.3	4.5	4.7	3.1	4.0	5.1
periode 3	2.9	3.5	3.7	3.9	2.9	3.8	4.9
periode 4	1.7	2.5	2.7	2.9	1.7	2.6	3.7
periode 5	0.6	1.6	1.8	2.0	0.6	1.5	2.6
periode 6	0.5	1.2	1.4	1.5	0.5	1.4	2.0
periode 7	0.2	0.8	1.0	1.0	0.2	1.1	1.2
periode 8	0.2	0.7	0.9	0.9	0.2	1.1	1.1
periode 9	0.3	0.8	1.0	1.0	0.3	1.2	1.3
periode 10	0.6	1.2	1.4	1.5	0.6	1.5	2.1
periode 11	1.9	2.1	2.3	2.5	1.9	2.8	3.9
periode 12	1.2	1.6	1.7	1.8	1.2	1.7	2.2
periode 13	1.5	2.2	2.3	2.4	1.5	2.0	2.5
	17.9	27.2	29.6	31.2			

NB.:
In periode 12 en 13 is gerekend met resp 125 en 110 uur daglicht ivm teeltwisseling. Voor de warmteopslag moet alleen periode 4 t/m 11 inrekening gebracht worden omdat in andere periode de aanmaak van CO_2 uit de dagwarmte groot genoeg is voor om boven de 1000 dpm te komen. Hierdoor is slechts 1.6 m^3 en 2.4 m^3 aardgas als rendementsverlies toe te rekenen.

Bijlage 3:

Begroting van de gemiddelde beschikbare hoeveelheid CO_2 van de warmtevoorziening per periode van vier weken bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag.

Gegevens per periode van vier weken

warmteopslag		dag uren	som uren 4 w	beschikbaar kg CO_2 m^{-2} $4w^{-1}$ uit verwarming geen	40 m^3	90 m^3	beschikbaar kg CO_2 daguur^{-1} per ha uit aardgas geen	40 m^3	90 m^3
periode	1	8.2	230	5.8	7.4	9.4	252	322	409
periode	2	9.6	270	5.6	7.2	9.2	207	267	341
periode	3	11.4	320	5.2	6.8	8.8	163	213	275
periode	4	13.3	370	3.1	4.7	6.7	84	127	181
periode	5	15.1	420	1.1	2.7	4.7	26	64	112
periode	6	16.4	460	0.9	2.5	3.6	20	54	78
periode	7	16.7	470	0.4	2.0	2.2	9	43	47
periode	8	15.8	440	0.4	2.0	2.0	9	43	45
periode	9	14.1	390	0.5	2.2	2.3	13	56	59
periode	10	12.3	340	1.1	2.7	3.8	32	79	112
periode	11	10.5	290	3.7	5.0	7.0	121	172	241
periode	12	8.8	250	2.2	3.1	4.0	176	248	320
periode	13	7.8	220	2.7	3.6	4.5	245	327	409

Bijlage 4:

Berekende ventilatievoud bij een windsnelheid van 4 m sec^{-1} per periode van vier weken voor verschillende dagdelen en gemiddeld per dag. (Naaldwijk 1986) m^3 m^{-1} uur^{-1}

dagdeel	<8	9 - 12	13 - 16	>17	gem
Periode 1					
Periode 2					
Periode 3	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0
Periode 4	0.0	2.0	3.0	0.0	2.5
Periode 5	3.6	9.3	9.1	3.5	6.6
Periode 6	5.0	11.5	11.8	4.1	8.1
Periode 7	9.5	19.9	20.9	8.4	14.7
Periode 8	10.2	17.7	20.3	11.5	14.9
Periode 9	10.1	16.1	17.1	8.3	13.3
Periode 10	11.2	13.4	14.3	5.4	10.5
Periode 11					
Periode 12					
Periode 13					

Bijlage 5:

Berekende CO_2-behoefte voor handhaven van een minimum CO_2-gehalte bij verschillende ventilatievouden. (kg CO_2 uur^{-1} ha^{-1})

CO_2 niveau	ventilatievoud = 5	10	15	20
340 dpm	0	0	0	0
400 dpm	24	48	72	96
500 dpm	64	128	192	256
600 dpm	104	208	312	416

Bijlage 6:

Berekende CO_2-behoefte per daglichtuur en de berekende hoeveelheid gas die voor produktie hiervan nodig is per periode van vier weken. (kg CO_2 uur^{-1} ha^{-1})

	groei CO_2	340 CO_2	340 gas	400 CO_2	400 gas	500 CO_2	500 gas	600 CO_2	600 gas
Periode 1	15								
Periode 2	25								
Periode 3	35	35	0.6	40	0.7	48	0.9	56	1.0
Periode 4	50	50	1.0	62	1.3	82	1.7	102	2.1
Periode 5	55	55	1.3	87	2.0	140	3.3	192	4.5
Periode 6	60	60	1.5	99	2.5	164	4.2	229	5.8
Periode 7	60	60	1.6	131	3.4	248	6.5	366	9.6
Periode 8	55	55	1.3	127	3.1	246	6.0	365	8.9
Periode 9	50	50	1.1	114	2.5	220	4.8	327	7.1
Periode 10	40	40	0.8	90	1.7	174	3.3	258	4.9
Periode 11	25								
Periode 12	15								
Periode 13	10								

Bijlage 7:

Berekende CO_2-gehalte in de kas na doseren van de CO_2 die gemiddeld vrijkomt bij de warmtevoorziening per periode van vier weken.

Voorbeeld: tomatenteelt van week 51 tot 47
vv = 1 - 15 en groeibehoefte 15 - 60 kg CO_2/daglichtuur

Gegevens per periode van vier weken

		berekend CO_2-gehalte		
		geen opslag	40 m^3 opslag	90 m^3 opslag
periode	1			
periode	2			
periode	3	1940	2565	3000
periode	4	510	725	995
periode	5	285	355	450
periode	6	280	330	370
periode	7	295	325	330
periode	8	300	330	330
periode	9	305	345	350
periode	10	330	385	425
periode	11	510	605	725
periode	12			
periode	13			

Bijlage 8:

Begroting van de kosten per jaar van CO_2 doseren per ha voor verschillende CO_2 doseeropties en capaciteiten van de warmteopslag.

Alleen CO_2 doseren die vrijkomt bij warmtevoorziening, waarbij dus geen minimum CO_2-gehalte aangehouden wordt:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	-	-	-
kosten electriciteit	1200	1500	1600
kosten zuivere CO_2	-	-	-
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**3500**	**11500**	**15500**
% van f 70,-- opbrengst *	0.6	2.1	2.8
totaal bij aardgasprijs 30 ct	**3500**	**13100**	**17900**
% van f 70,-- opbrengst *	0.6	2.3	3.2
totaal bij aardgasprijs 40 ct	**3500**	**14700**	**20300**
% van f 70,-- opbrengst *	0.6	2.6	3.6

*nb als slechts 80 % van extra geldopbrengst beschikbaar is voor extra doseerkosten.

vervolg bijlage 8:

Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm en de ketel als extra CO_2-bron:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	10400	1600	1200
kosten electriciteit	1900	1900	1900
kosten zuivere CO_2	-	-	-
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**14600**	**13500**	**17000**
% van f 70,-- opbrengst *	2.6	2.4	3.0
totaal bij aardgasprijs 30 ct	19800	15900	20000
% van f 70,-- opbrengst *	3.5	2.8	3.6
totaal bij aardgasprijs 40 ct	25000	18300	23000
% van f 70,-- opbrengst *	4.5	3.3	4.1

Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm en zuivere CO_2 als extra CO_2-bron:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	-	-	-
kosten electriciteit	1900	1900	1900
kosten zuivere CO_2	37400	5800	4300
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**41600**	**17700**	**20100**
% van f 70,-- opbrengst *	7.4	3.1	3.6
totaal bij aardgasprijs 30 ct	41600	19300	22500
% van f 70,-- opbrengst *	7.4	3.5	4.0
totaal bij aardgasprijs 40 ct	41600	20900	24900
% van f 70,-- opbrengst *	74	3.7	4.5

*nb als slechts 80 % van extra geldopbrengst beschikbaar is voor extra doseerkosten.

vervolg bijlage 8:

Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm en de ketel als extra CO_2-bron:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	25600	14800	11800
kosten electriciteit	1900	1900	1900
kosten zuivere CO_2	-	-	-
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**29800**	**26700**	**27600**
% van f 70,-- opbrengst *	5.3	4.8	4.9
totaal bij aardgasprijs 30 ct	**42600**	**35700**	**35900**
% van f 70,-- opbrengst *	7.6	6.4	6.4
totaal bij aardgasprijs 40 ct	**45400**	**44700**	**44200**
% van f 70,-- opbrengst *	9.9	8.0	7.9

Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm en zuivere CO_2 als extra CO_2-bron:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	-	-	-
kosten electriciteit	1900	1900	1900
kosten zuivere CO_2	92200	53300	42500
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**96400**	**65200**	**58300**
% van f 70,-- opbrengst *	17.2	11.6	10.4
totaal bij aardgasprijs 30 ct	**96400**	**66800**	**60700**
% van f 70,-- opbrengst *	17.2	11.9	10.8
totaal bij aardgasprijs 40 ct	**96400**	**68400**	**63100**
% van f 70,-- opbrengst *	17.2	12.2	11.3

*nb als slechts 80 % van extra geldopbrengst beschikbaar is voor als doseerkosten.

vervolg bijlage 8:

Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm en de ketel als extra CO_2-bron:

warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	51400	40600	35600
kosten electriciteit	1900	1900	1900
kosten zuivere CO_2	-	-	-
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**55600**	**52500**	**51400**
% van f 70,-- opbrengst *	9.9	9.4	9.2
totaal bij aardgasprijs 30 ct	**81300**	**74400**	**71600**
% van f 70,-- opbrengst *	14.5	13.2	12.8
totaal bij aardgasprijs 40 ct	**107000**	**96300**	**91800**
% van f 70,-- opbrengst *	19.1	17.1	16.4

Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm en zuivere CO_2 als extra CO_2-bron:

capaciteit warmteopslag per ha:	geen	40 m^3	90 m^3
kosten in guldens per ha:			
kosten doseerinstallatie	2300	2300	2300
kosten opslagtank	-	4500	6800
extra gas voor opslagverlies	-	3200	4800
extra gas voor CO_2 produktie	-	-	-
kosten electriciteit	1900	1900	1900
kosten zuivere CO_2	185000	146200	128200
totaal bij aardgasprijs 20 ct	**189200**	**158100**	**144000**
% van f 70,-- opbrengst *	33.8	28.2	25.7
totaal bij aardgasprijs 30 ct	**189200**	**159700**	**146400**
% van f 70,-- opbrengst *	33.8	28.5	26.1
totaal bij aardgasprijs 40 ct	**189200**	**161300**	**148800**
% van f 70,-- opbrengst *	33.8	28.8	26.6

*nb als slechts 80 % van extra geldopbrengst beschikbaar is voor als doseerkosten

Bijlage 9:

Begroting van het extra gasverbruik voor de produktie van aanvullend CO_2 voor het handhaven van een minimum CO_2-gehalte bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag (m^3 gas m^2 kas per 4 weken) en totale aanvullende CO_2 behoefte (ton per ha).

Gegevens per periode van vier weken:

warmteopslag:	geen	40 m^3	90 m^3
1 Aanvullend doseren tot minimaal 340 dpm:			
periode 1	-	-	-
periode 2	-	-	-
periode 3	-	-	-
periode 4	0.0	0.0	0.0
periode 5	0.7	0.0	0.0
periode 6	1.0	0.1	0.0
periode 7	1.2	0.5	0.4
periode 8	1.1	0.2	0.2
periode 9	0.2	0.0	0.0
periode 10	-	-	-
periode 11	-	-	-
periode 12	-	-	-
periode 13	-	-	-
Totaal	5.2	0.8	0.6
CO_2	94	14	11
2 Aanvullend doseren tot minimaal 400 dpm:			
periode 1	-	-	-
periode 2	-	-	-
periode 3	-	-	-
periode 4	-	-	-
periode 5	1.4	0.5	0.0
periode 6	2.0	1.1	0.5
periode 7	3.2	2.3	2.2
periode 8	2.9	2.0	2.0
periode 9	2.2	1.3	1.2
periode 10	1.1	0.2	0.0
periode 11	-	-	-
periode 12	-	-	-
periode 13	-	-	-
Totaal	12.8	7.4	5.9
CO_2	230	133	106

Vervolg bijlage 9:

3 Aanvullend doseren tot minimaal 500 dpm:

periode	1	-	-	-
periode	2	-	-	-
periode	3	-	-	-
periode	4	-	-	-
periode	5	2.7	1.8	0.7
periode	6	3.7	2.8	2.2
periode	7	6.3	5.4	5.3
periode	8	5.8	4.9	4.9
periode	9	4.5	3.6	3.5
periode	10	2.7	1.8	1.2
periode	11	-	-	-
periode	12	-	-	-
periode	13	-	-	-
Totaal		25.7	20.3	17.8
CO_2		463	365	320

Bijlage 10:

Berekening van de realiseerbare CO_2-gehalten in de kas als gevolg van het doseren van de CO_2 die vrijkomt bij de warmtevoorziening bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag. Berekening van de produktiestijging als gevolg van de hogere CO_2-gehalten in vergelijking met de situatie zonder gebruik van een warmteopslag en niet aanvullend doseren tot een minimum CO_2-gehalte.

	realiseerbaar CO_2-gehalten (dpm)			produktiestijging %		
warmteopslag:	geen	40 m^3	90 m^3	geen	40 m^3	90 m^3
1 Alleen de CO_2 doseren die vrijkomt bij de warmtevoorziening.						
periode 4	510	725	995	0	11	17
periode 5	285	355	450	0	20	37
periode 6	280	330	370	0	16	25
periode 7	295	325	330	0	8	10
periode 8	300	330	330	0	9	9
periode 9	305	345	350	0	11	13
periode 10	330	385	425	0	10	16
periode 11	510	605	725	0	8	11
2 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm:						
periode 4	510	725	995	0	11	17
periode 5	340	355	450	16	20	37
periode 6	340	340	370	18	18	25
periode 7	340	340	340	14	14	14
periode 8	340	340	340	11	11	11
periode 9	340	345	350	10	11	13
periode 10	340	385	425	3	10	16
periode 11	510	605	725	0	8	11
3 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm:						
periode 4	510	725	995	0	11	17
periode 5	400	400	450	28	28	37
periode 6	400	400	400	29	29	29
periode 7	400	400	400	25	25	25
periode 8	400	400	400	22	22	22
periode 9	400	400	400	21	21	21
periode 10	400	400	425	13	13	16
periode 11	510	605	725	0	8	11
4 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm:						
periode 4	510	725	995	0	11	17
periode 5	500	500	500	45	45	45
periode 6	500	500	500	47	47	47
periode 7	500	500	500	42	42	42
periode 8	500	500	500	39	39	39
periode 9	500	500	500	37	37	37
periode 10	500	500	500	28	28	28
periode 11	510	605	725	0	8	11

Bijlage 11:

Begroting van de meerproduktie en de stijging van de geldopbrengst bij een stookteelt komkommers, paprika en tomaten ten gevolge van het doseren van CO_2 bij verschillende capaciteiten van de warmteopslag en verschillende doseeropties. Vergeleken met dezelfde teelten zonder gebruik van warmteopslag en aanvullend doseren.

1 Alleen de CO_2 doseren die vrijkomt bij de warmtevoorziening.

warmteopslag:	geen		40 m^3		90 m^3	
Komkommers:						
doseren=prod.	st	ct	st	ct	st	ct
periode 4 = 5	0	0	2.00	120	3.00	190
periode 5 = 6	0	0	3.60	210	6.66	380
periode 6 = 7	0	0	2.60	90	4.00	150
periode 7 = 8	0	0	1.04	35	1.30	45
periode 8 = 9	0	0	1.00	35	1.00	35
periode 9 = 10	0	0	1.00	55	1.20	65
	0	0	11.2	545	17.2	865
	0	0	10 %	8 %	15 %	13 %
Paprika:						
doseren=prod.	kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode 4 = 7	0	0	0.30	120	0.46	190
periode 5 = 8	0	0	0.48	150	0.89	280
periode 6 = 9	0	0	0.46	100	0.73	160
periode 7 = 10	0	0	0.17	65	0.21	80
periode 8 = 11	0	0	0.14	35	0.14	35
	0	0	1.6	460	2.4	745
	0	0	9 %	7 %	14 %	11 %
Tomaat:						
doseren=prod.	kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode 4 = 6	0	0	0.66	120	1.02	190
periode 5 = 7	0	0	0.96	160	1.78	295
periode 6 = 8	0	0	0.80	100	1.25	155
periode 7 = 9	0	0	0.42	30	0.52	35
periode 8 = 10	0	0	0.39	45	0.39	45
periode 9 = 11	0	0	0.29	30	0.34	35
periode 10 = 12	0	0	0.13	15	0.21	30
	0	0	3.6	500	5.5	785
	0	0	9 %	7 %	14 %	11 %

Vervolg bijlage 11:

2 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 340 dpm:

warmteopslag:		geen		40 m^3		90 m^3	
Komkommers:							
doseren=prod.		st	ct	st	ct	st	ct
periode	4 = 5			2.00	120	3.00	190
periode	5 = 6	2.90	167	3.60	210	6.70	380
periode	6 = 7	2.90	107	2.90	107	4.00	150
periode	7 = 8	1.80	64	1.80	64	1.80	64
periode	8 = 9	1.20	44	1.20	44	1.20	44
periode	9 = 10	0.80	43	1.00	55	1.20	65
		9.6	425	12.5	600	17.9	893
		8 %	6 %	10 %	8 %	15 %	13 %
Paprika:							
doseren=prod.		kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode	4 = 7			0.30	120	0.46	190
periode	5 = 8	0.38	123	0.48	150	0.89	280
periode	6 = 9	0.52	115	0.52	115	0.73	160
periode	7 = 10	0.29	111	0.29	111	0.29	111
periode	8 = 11	0.18	40	0.18	40	0.18	40
		1.38	339	1.78	536	2.55	781
		8 %	6 %	9 %	7 %	14 %	12 %
Tomaat:							
doseren=prod.		kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode	4 = 6			0.66	120	1.02	190
periode	5 = 7	0.77	129	0.96	160	1.78	295
periode	6 = 8	0.90	114	0.90	114	1.25	155
periode	7 = 9	0.73	51	0.73	51	0.73	51
periode	8 = 10	0.47	60	0.47	60	0.47	60
periode	9 = 11	0.26	29	0.29	30	0.34	35
periode	10 = 12	0.04	6	0.13	15	0.21	30
		3.17	389	4.14	550	5.80	816
		8 %	5 %	11 %	8 %	15 %	11 %

Vervolg bijlage 11:

3 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 400 dpm:

warmteopslag:	geen		40 m^3		90 m^3	
Komkommers:						
doseren=prod.	st	ct	st	ct	st	ct
periode 4 = 5			2.00	120	3.00	190
periode 5 = 6	5.00	292	5.00	292	6.70	380
periode 6 = 7	4.60	172	4.60	172	4.60	172
periode 7 = 8	3.30	114	3.30	114	3.30	114
periode 8 = 9	2.40	87	2.40	87	2.40	87
periode 9 = 10	1.70	91	1.70	91	1.70	91
	17.0	756	19.0	876	21.7	1034
	14 %	11 %	16 %	12 %	18 %	15 %
Paprika:						
doseren=prod.	kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode 4 = 7			0.30	120	0.46	190
periode 5 = 8	0.67	214	0.67	214	0.89	280
periode 6 = 9	0.84	186	0.84	186	0.84	186
periode 7 = 10	0.53	198	0.53	198	0.53	198
periode 8 = 11	0.35	80	0.35	80	0.35	80
	2.39	679	2.69	798	3.07	934
	14 %	10 %	15 %	11 %	17 %	13 %
Tomaat:						
doseren=prod.	kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode 4 = 6			0.66	120	1.02	190
periode 5 = 7	1.34	226	1.34	226	1.78	295
periode 6 = 8	1.45	184	1.45	184	1.45	184
periode 7 = 9	1.30	91	1.30	91	1.30	91
periode 8 = 10	0.95	119	0.95	119	0.95	119
periode 9 = 11	0.55	62	0.55	62	0.55	62
periode 10 = 12	0.17	24	0.17	24	0.21	30
	5.76	706	6.42	826	7.22	971
	15 %	10 %	17 %	12 %	19 %	13 %

Vervolg bijlage 11:

4 Aanvullend CO_2 doseren tot minimaal 500 dpm:

warmteopslag:	geen		40 m^3		90 m^3	

Komkommers:

doseren=prod.	st	ct	st	ct	st	ct
periode 4 = 5			2.00	120	3.00	190
periode 5 = 6	8.10	470	8.10	470	8.10	470
periode 6 = 7	7.50	278	7.50	278	7.50	278
periode 7 = 8	5.50	191	5.50	191	5.50	191
periode 8 = 9	4.30	154	4.30	154	4.30	154
periode 9 = 10	3.00	160	3.00	160	3.00	160
	28.4	1253	30.4	1373	31.4	1443
	23 %	18 %	25 %	19 %	26 %	20 %

Paprika:

doseren=prod.	kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode 4 = 7			0.30	120	0.46	190
periode 5 = 8	1.08	345	1.08	345	1.08	345
periode 6 = 9	1.36	301	1.36	301	1.36	301
periode 7 = 10	0.88	333	0.88	333	0.88	333
periode 8 = 11	0.62	142	0.62	142	0.62	142
	3.94	1121	4.24	1241	4.40	1311
	22 %	16 %	24 %	18 %	25 %	19 %

Tomaat:

doseren=prod.	kg	ct	kg	ct	kg	ct
periode 4 = 6			0.66	120	1.02	190
periode 5 = 7	2.16	363	2.16	363	2.16	363
periode 6 = 8	2.35	298	2.35	298	2.35	298
periode 7 = 9	2.18	153	2.18	153	2.18	153
periode 8 = 10	1.68	211	1.68	211	1.68	211
periode 9 = 11	0.96	109	0.96	109	0.96	109
periode 10 = 12	0.36	52	0.36	52	0.36	52
	9.70	1186	10.36	1306	10.72	1376
	25 %	17 %	27 %	18 %	28 %	19 %