



Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op CO₂-emissie Nederlandse glastuinbouw

Nico van der Velden, Pepijn Smit



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op CO₂-emissie Nederlandse glastuinbouw

Nico van der Velden, Pepijn Smit

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Economic Research in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'Energie en CO₂' (BO-25-11-001-004)

Wageningen Economic Research
Wageningen, juni 2017

RAPPORT
2017-060
ISBN 978-94-6343-603-8

Nico van der Velden, Pepijn Smit, 2017. *Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op CO₂-emissie Nederlandse glastuinbouw*. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2017-060. 46 blz.; 3 fig.; 8 tab.; 13 ref.

Uit de *Energiemonitor glastuinbouw 2015* blijkt dat de jaarlijkse CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 met 1,97 Mton is afgenomen. Dit kan grotendeels (79%) worden verklaard door de volgende vijf factoren: krimp areaal, minder verkoop elektriciteit, meer inkoop elektriciteit, minder inkoop warmte en meer gebruik van duurzame energie. Het resterende deel (21%) is het saldo van de factoren intensivering, extensivering en energiebesparing. De effecten van deze drie factoren zijn in dit onderzoek gekwantificeerd. Door intensivering is de CO₂-emissie met 0,28 tot 0,40 Mton toegenomen en door extensivering met 0,13 Mton afgenomen. Het effect van energiebesparing bedroeg een daling van 0,50 tot 0,70 Mton. Energiebesparing droeg daarmee voor circa 30% bij aan de reductie van de CO₂-emissie in de periode 2010-2015.

The *Energiemonitor glastuinbouw 2015* (2015 greenhouse horticulture energy monitor) has indicated that the annual CO₂ emission of the greenhouse horticulture sector has decreased by 1.97 Mtonnes in the 2010-2015 period. This can largely (79%) be ascribed to the following five factors: acreage shrinkage, reduced sale of electricity, more electricity purchasing, reduced purchasing of heat and the increased use of sustainable energy. The remaining 21% can be attributed to the balance of the factors intensification, extensification and the reduced use of energy. The effects of these three factors have been quantified in this study. Intensification has resulted in an increase of CO₂ emission of between 0.28 and 0.4 Mtonnes while extensification has caused a drop of 0.13 Mtonnes. The effect of energy saving yielded a decrease of between 0.50 and 0.70 Mtonnes. Energy savings accounted for approximately 30% of the total decrease of CO₂ emission in the 2010-2015 period.

Trefwoorden: energie, CO₂-emissie, intensivering, extensivering, energiebesparing, glastuinbouw

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://dx.doi.org/10.18174/417478> of op www.wur.nl/economic-research (onder Wageningen Economic Research publicaties).

© 2017 Wageningen Economic Research
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E communications.ssg@wur.nl,
www.wur.nl/economic-research. Wageningen Economic Research is onderdeel van Wageningen University & Research.



Wageningen Economic Research hanteert voor haar rapporten een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie.

© Wageningen Economic Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2017
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Economic Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Economic Research is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

Wageningen Economic Research Rapport 2017-060 | Projectcode 2282200250

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	6
	S.1 Belangrijkste uitkomsten	6
	S.2 Overige uitkomsten	7
	S.3 Achtergronden en aanpak	8
	Summary	9
	S.1 Key findings	9
	S.2 Complementary findings	10
	S.3 Background and approach	11
1	Inleiding	12
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	12
	1.2 Doelstelling en afbakening	13
	1.3 Begrippen	14
	1.4 Leeswijzer	15
2	Methodiek	16
	2.1 Conceptueel raamwerk	16
	2.2 Schattingen en consistentiechecks	18
3	Intensivering en extensivering	19
	3.1 Inleiding	19
	3.2 Structuureffect	20
	3.3 Intensivering en extensivering binnen gewassen	21
	3.4 Totaalresultaat	21
4	Energiebesparing	23
	4.1 Inleiding	23
	4.2 Warmtebesparing	24
	4.3 Elektriciteitsbesparing	28
	4.4 Reductie CO ₂ -emissie	30
5	Reflectie	31
	5.1 Inleiding	31
	5.2 Energiebesparing	31
	5.3 Interne en externe ontwikkelingen	32
6	Conclusies	35
	Literatuur en websites	37
	Bijlage 1 Bedrijven en organisaties met ervaringsdeskundigen	38
	Bijlage 2 Gewassen en gewasgroepen	39
	Bijlage 3 Consistentiechecks, referentie energiebesparing en omrekeningsfactoren	40
	Bijlage 4 Toelichting intensivering en extensivering binnen gewassen en gewasgroepen	43

Woord vooraf

Door de impact op het klimaat staat reductie van de CO₂-emissie sterk in de belangstelling. Tussen de Nederlandse glastuinbouw en de Nederlandse overheid is in de *Meerjarenafspraak Energie* een maximale CO₂-emissie overeengekomen van 6,2 Mton voor 2020. In het Programma Kas als Energiebron (KaE) werken de glastuinbouw en de Nederlandse overheid samen om het CO₂-emissiedoel te bereiken. Daarbij is energiebesparing een speerpunt. Daarnaast is in het Energieakkoord voor duurzame groei, voor de glastuinbouw een energiebesparingsbijdrage door aanvullend beleid opgenomen.

Uit de *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2015* is gebleken dat de jaarlijkse CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 met 1,97 Mton is gedaald. Deze daling komt voort uit een kluwen van factoren. Uit de *Energiemonitor* is ook gebleken dat deze daling grotendeels (79%) kan worden verklaard door de volgende vijf factoren: krimp areaal, minder verkoop elektriciteit, meer inkoop elektriciteit, minder inkoop warmte en meer gebruik van duurzame energie. Het resterende deel (21%) is het saldo van de factoren intensivering, extensivering en energiebesparing. Deze laatste drie factoren zijn in dit onderzoek ontward. Intensivering doet de CO₂-emissie toenemen en door extensivering en energiebesparing neemt de CO₂-emissie af. Intensivering en extensivering zijn processen die door de afzetmarkt gedreven worden. Kwantificering van deze factoren wordt belemmerd, omdat deze plaatsvinden achter de energiemeters en hierdoor vrijwel geen meetgegevens beschikbaar zijn.

In dit onderzoek is daarom met beredeneerde schattingen gewerkt. Daarbij zijn twee benaderingen gekozen. Bij de eerste benadering is het saldo na de eerste vijf factoren verder afgepeld voor intensivering en extensivering, waarna een nieuw saldo voor energiebesparing ontstaat. In de tweede benadering is het effect van energiebesparing geschat vanuit de besparingsopties. Voor de schattingen is vooral gebruik gemaakt van informatie van ervaringsdeskundigen op deelterreinen. Ook zijn er consistentiechecks uitgevoerd. Het totaaleffect van de drie factoren is immers bekend. Hierbij is ook gebruik gemaakt van marktinformatie over de afzet van glastuinbouwproducten per seizoen. Op basis van de twee benaderingswijzen is de bijdrage van energiebesparing aan de gerealiseerde reductie van de CO₂-emissie in de periode 2010-2015 becijferd op circa 30%. Daarmee had energiebesparing een substantieel aandeel in de reductie van de CO₂-emissie (1,97 Mton).

Het onderzoek is in opdracht van KaE uitgevoerd door Nico van der Velden (projectleider) en Pepijn Smit. De begeleidingscommissie bestond uit J.A.M. Mourits (Ministerie van Economische Zaken) en P. Broekharst (LTO Glaskracht Nederland), beiden Programmaleider van KaE. Daarnaast is de inbreng vanuit de vele ervaringsdeskundigen belangrijk geweest. Wij bedanken allen voor hun



Prof.dr.ir. J.G.A.J. (Jack) van der Vorst
Algemeen Directeur Social Sciences Group (SSG)
Wageningen University & Research

Samenvatting

S.1 Belangrijkste uitkomsten

Glastuinbouw realiseert substantiële energiebesparing

De glastuinbouw heeft in de periode 2010-2015 een substantiële energiebesparing gerealiseerd. Hiermee werd de jaarlijkse CO₂-emissie met 0,5 tot 0,7 Mton gereduceerd. Dit is circa 30% van de totale reductie in de periode 2010-2015. De totale reductie van CO₂-emissie bedroeg in deze periode 1,97 Mton. De gerealiseerde energiebesparing bestaat voor 9,8 tot 13,4 PJ uit warmte en 0,62 tot 0,76 miljard kWh uit elektriciteit.

Reductie CO₂-emissie

Uit de eerder gepubliceerde *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2015* is gebleken dat de jaarlijkse CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 na temperatuurcorrectie met 1,97 Mton is gedaald. Deze daling komt voort uit een kluwen van factoren. De daling kwam voor 79% voort uit de factoren krimp areaal, minder verkoop elektriciteit, meer inkoop elektriciteit, minder inkoop warmte en meer gebruik van duurzame energie. Energiebesparing maakt deel uit van de resterende 21% evenals intensivering en extensivering. Deze drie factoren zijn in dit onderzoek ontward. Intensivering doet de CO₂-emissie toenemen en door extensivering en energiebesparing neemt de CO₂-emissie af.

Energiebesparingsopties

Uit de directe schatting vanuit de energiebesparende opties is het effect op de CO₂-emissie gekwantificeerd op 0,50 tot 0,68 Mton. De invloed van de warmtebesparing op de CO₂-emissie is groter dan die van elektriciteit. Dit kwam doordat de omvang van de warmtebesparing groter was en doordat elektriciteitsbesparing vooral besparing op de inkoop betreft en dat leidt niet tot reductie van de CO₂-emissie in de glastuinbouw.

Intensivering en extensivering

Door intensivering is de CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 toegenomen met 0,28 tot 0,40 Mton. Door extensivering daalde de CO₂-emissie met 0,13 Mton. Het gezamenlijke effect bedraagt +0,15 tot +0,27 Mton. Het effect van de intensivering is in deze periode dus groter dan van de extensivering. Intensivering en extensivering zijn processen die door de afzetmarkt gedreven worden. De intensivering hangt vooral samen met de toename van de winterproductie met belichting, waardoor zowel de warmtevraag als de elektriciteitsconsumptie is toegenomen. De extensivering hangt vooral samen met de krimp van het areaal energie-intensieve gewassen. De groei van de elektriciteitsconsumptie heeft minder impact op de CO₂-emissie. Dit komt omdat het grootste deel van de toegenomen elektriciteitsconsumptie wordt ingekocht en inkoop van elektriciteit niet leidt tot CO₂-emissie door de glastuinbouw. De indirecte schatting van de energiebesparing op basis van de invloedsfactoren intensivering en extensivering resulteert in een effect op de CO₂-emissie van 0,56 tot 0,68 Mton.

Beide inschattingmethoden voor energiebesparing, de indirecte schatting en de directe schatting, komen uit op vergelijkbare resultaten. De spreiding bij de directe schatting is wat groter dan bij de indirecte schatting.

Tabel S.1 Totaalbeeld effecten invloedsfactoren jaarlijkse CO₂-emissie glastuinbouw in de periode 2010-2015

Invloedsfactoren	Effect op CO ₂ -emissie	
	Mton	%
Areaal	-0,56	28
Verkoop elektriciteit	-0,88	45
Duurzame energie	-0,15	8
Inkoop warmte	+0,10	-5
Inkoop elektriciteit	-0,07	4
Subtotaal	-1,56	79
Intensivering	+0,28 tot +0,40	-14 tot -21
Extensivering	-0,13	7
Energiebesparing a)	-0,56 tot -0,68	28 tot 35
b)	-0,50 tot -0,68	25 tot 35
Totaal	- 1,97	100

a) Indirecte schatting vanuit verdere afpelling invloedsfactoren intensivering en extensivering; b) Directe schatting vanuit de energiebesparingsopties.

In het begin van de periode 2010-2015 had de energiebesparing vooral een relatie met kostenbesparing en in de jaren daarna vooral met kennistoepassing rond teeltoptimalisatie in combinatie met energiebesparing. De gerealiseerde energiebesparing hing samen met de externe ontwikkelingen, zoals de economische crisis, energiekosten en stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid en werd gestimuleerd en mogelijk gemaakt door kennisontwikkeling en -verspreiding over energiebesparing binnen de glastuinbouw vanuit het programma Kas als Energiebron.

S.2 Overige uitkomsten

Energiebesparing

Het jaarlijkse energiegebruik in de glastuinbouw is in de periode 2010-2015 door energiebesparings-opties met 12,0 tot 16,1 PJ verminderd (tabel S.2). Warmtebesparing had hierin een aandeel van 81 tot 83% en elektriciteitsbesparing dus 19 tot 17%.

Tabel S.2 Schatting van de besparing per energiesoort en het effect op de jaarlijkse CO₂-emissie door de glastuinbouw in de periode 2010-2015

Energiesoort	Besparing		Reductie CO ₂ -emissie	
	PJ	%	Mton	%
Warmte	9,8-13,4	81-83	0,49 -0,67	98-99
Elektriciteit	2,2-2,7	19-17	0,01	1-2
Totaal	12,0-16,1	100	0,50 -0,68	100

Warmtebesparing

Het jaarlijkse warmtegebruik is door warmtebesparende opties met 9,8 tot 13,4 PJ afgenomen en dit is voor het grootste deel gerealiseerd door energieschermen, selectief ventileren en selectief verwarmen. Deze opties zijn alle drie elementen van Het Nieuwe Telen. Gezamenlijk namen deze drie opties 95% van de warmtebesparing voor hun rekening. Binnen de optie schermen had het tweede scherm de grootste bijdrage. Nieuwe kassen hadden een aandeel van 5%. De bijdrage door de opties rookgassen uit de wk-installaties voor CO₂-dosering en de rookgascondensor op de ketel liepen terug. Dit kwam doordat het gebruik van zowel de wk-installaties als van de ketels is verminderd in de periode 2010-2015. Het voorgaande betekent dat de energiebesparing is verschoven van het ketelhuis naar de teelt in de kas.

Elektriciteitsbesparing

De jaarlijkse elektriciteitsconsumptie is door elektriciteitsbesparende opties gedaald met 0,62 tot 0,76 miljard kWh (2,2 tot 2,7 PJ) en is voor het grootste deel gerealiseerd door selectief belichten en efficiëntere lampen. Gezamenlijk namen deze twee opties ruim 80% van de elektriciteitsbesparing voor hun rekening.

S.3 Achtergronden en aanpak

Reductie van de CO₂-emissie staat sterk in de belangstelling. Tussen de Nederlandse glastuinbouw en de Nederlandse overheid is in de Meerjarenafspraak voor 2020 een maximale CO₂-emissie overeengekomen van 6,2 Mton.

In het programma Kas als Energiebron werken de glastuinbouw en de Nederlandse overheid samen om het CO₂-emissiedoel te bereiken. Energiebesparing is, naast duurzame energie, een speerpunt van het programma Kas als Energiebron (KaE). Daarom is meer inzicht gewenst in de mate van energiebesparing door de glastuinbouw en het effect daarvan op de CO₂-emissie. In opdracht van KaE is dit door Wageningen Economic Research nader geanalyseerd.

Over energiebesparing, evenals over intensivering en extensivering, zijn geen meetgegevens beschikbaar. Daarom is in dit onderzoek met schattingen gewerkt. Hierbij zijn twee benaderingen gehanteerd. Als eerste is een schatting gemaakt van het effect van intensivering en extensivering. Dit resulteert in een indirecte schatting van de energiebesparing. Het totaaleffect van de drie factoren is immers bekend uit de *Energiemonitor*. Als tweede is de energiebesparing direct geschat vanuit de besparingsopties. Voor beide benaderingen is gebruik gemaakt van informatie van ervaringsdeskundigen op deelterreinen en zijn bandbreedtes aangehouden. Ook zijn er consistentiechecks uitgevoerd, onder meer met informatie over de afzet van glastuinbouwproducten per seizoen.

Summary

S.1 Key findings

The greenhouse horticulture sector achieves substantial energy savings

In the 2010-2015 period, the greenhouse horticulture sector achieved substantial energy savings. This resulted in a decrease in annual CO₂ emissions by 0.5 to 0.7 Mtonnes. This makes up approximately 30% of the total reduction seen in the 2010-2015 period. The total reduction of CO₂ emission in this period amounted to 1.97 Mtonnes. The amount of energy that was saved consists of 9.8 to 13.4 PJ of heat and 0.62 to 0.76 billion kWh of electricity.

Reduced CO₂ emission

The *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2015* that was recently published, indicated that the annual CO₂ emission in the greenhouse horticulture sector decreased by 1.97 Mtonnes after corrections for temperature. This decrease is the result of a knot of factors. 79% of this decrease can be ascribed to the factors acreage shrinkage, reduced sale of electricity, more electricity purchasing, reduced purchasing of heat and the increased use of sustainable energy. Energy savings, intensification and extensification make up the remaining 21%. The effects of these three factors have been disentangled in this study. Intensification increases CO₂ emissions while extensification and energy savings cause a drop in CO₂ emission.

Options for energy saving

From the direct estimate from the energy-saving options, the effect on the CO₂ emission is quantified at 0.50 to 0.68 Mtonnes. The effect of the reduced use of heat on CO₂ emission is more substantial than that of electricity. This can be attributed to the scope of the reduced use of heat being larger and the fact that the reduced use of electricity impacts purchasing and does not lead to a reduction in CO₂ emission in greenhouse horticulture.

Intensification and extensification

Intensification has increased CO₂ emission in greenhouse horticulture by between 0.28 and 0.40 Mtonnes in the 2010-2015 period. Extensification yielded a decrease of 0.13 Mtonnes in CO₂ emission. The total effect amounts to between +0.15 and +0.27 Mtonnes. Thus, the impact of intensification in this period is larger than that of extensification. Intensification and extensification are processes that are driven by the market of horticultural products. Intensification is correlated to the increase in winter production which requires lighting and caused an upsurge in the demand for heat as well as in electricity consumption. Extensification is connected to the shrinkage in acreage used for energy-intensive crops. The growth of electricity consumption has less of an effect on CO₂ emission. This is largely because the largest part of the increased electricity consumption is purchased and this purchasing does not result in a reduction in CO₂ emission by the greenhouse horticulture sector. The indirect estimate of energy saving based on the impact factors of intensification and extensification has resulted in an effect on the CO₂ emission of between 0.56 and 0.68 Mtonnes.

Both the indirect and direct estimates gave similar results. Variation is slightly greater for the direct estimate than for the indirect estimate.

Table S.1 Total overview of the effects of impact factors on the annual CO₂ emission of the greenhouse horticulture sector in the 2010-2015 period

Impact factors	Effect on CO ₂ emissions	
	Mtonnes	%
Acreage	-0.56	28
Electricity sales	-0.88	45
Sustainable energy	-0.15	8
Purchasing heat	+0.10	-5
Purchasing electricity	-0.07	4
Subtotal	-1.56	79
Intensification	+0.28 to +0.40	-14 to -21
Extensification	-0.13	7
Energy savings a)	-0.56 to -0.68	28 to 35
b)	-0.50 to -0.68	25 to 35
Total	- 1.97	100

a) Indirect estimate based on further explication of the impact factors intensification and extensification; b) Direct estimate based on energy savings options.

At the start of the 2010-2015 period, energy savings were predominantly correlated with cost savings. In the years that followed they were related to the application of cultivation optimisation knowledge combined with the reduced use of energy. The energy savings that were booked were coherent with external developments such as the economic crisis, energy costs and governmental incentives measures and were boosted and made possible by energy savings knowledge development and exchange within the greenhouse horticulture sector through the programme *Kas als Energiebron* (the greenhouse as an energy source).

S.2 Complementary findings

Energy savings

The annual consumption of energy in the greenhouse horticulture sector was reduced between 12.0 and 16.1 PJ in the 2010-2015 period using options for energy savings. The reduced use of heat contributed between 81% and 83% to this and the remaining 17% to 19% can be attributed to the reduced use of electricity.

Table S.2 Estimation of the savings per type of energy and the effect on the CO₂ emission by the greenhouse horticulture sector in the 2010-2015 period

Type of energy	Savings		Reduction in CO ₂ emissions	
	PJ	%	Mtonnes	%
Heat	9.8-13.4	81-83	0.49-0.67	98-99
Electricity	2.2-2.7	19-17	0.01	1-2
Total	12.0-16.1	100	0.50-0.68	100

Heat savings

The annual use of heat has decreased between 9.8 and 13.4 PJ and was predominantly realised by the use of energy screens, selective ventilation and selective heating. All three of these options are part of the *Het Nieuwe Telen* concept (New Cultivation concept). Together, these three options amounted to 95% of heat savings. Within the screening option, the second screen made the most significant contribution. New greenhouses had a 5% share in the total. The contribution made by the options flue gases from the combined heat and power generators for the CO₂ enrichment and flue gas condenser on the boiler was marked by a drop, which can be ascribed to the reduced use of the combined heat and power generators and boilers in the 2010-2015 period. This means that energy savings has shifted from the boiler house to greenhouse cultivation.

Electricity savings

The options for the reduced use of electricity resulted in a decrease in the annual consumption of electricity of between 0.62 and 0.76 billion kWh (2.2 to 2.7 PJ) and can be largely attributed to selective lighting and more efficient lamps. Together, these two options amounted to 80% of electricity savings.

S.3 Background and approach

The reduction of CO₂ emission is currently a critical topic. The Dutch greenhouse horticulture sector and the Dutch government agreed to a maximum CO₂ emission of 6.2 Mtonnes in the *Meerjarenafspraak voor 2020* (long-term agreement for 2020).

The Dutch greenhouse horticulture sector and the Dutch government are working together in the *Kas als Energiebron* programme to achieve this target set for CO₂ emission. In addition to sustainable energy, energy savings is a focal point of the *Kas als Energiebron* (KaE) programme. This requires increased understanding of the extent of energy savings in the greenhouse horticulture sector and the resulting effects on CO₂ emission. Wageningen Economic Research was commissioned by KaE to analyse this.

Measurement data for energy savings, intensification and extensification are not available. As a result, this study used estimations. Two approaches were used. First, an estimate was made for the effect of intensification and extensification. This yielded an indirect estimate for energy savings. The *Energiemonitor* has since indicated the total effect of these three factors. Next, the energy savings were directly estimated based on the energy savings options. Both approaches used information from experts in certain sub-areas and ranges were maintained. Consistency checks were conducted using information such as the marketing of greenhouse horticulture products per season.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

CO₂-emissie glastuinbouw

Tussen de Nederlandse glastuinbouw en de Nederlandse overheid is in 2014 de *Meerjarenafspraken Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020* gemaakt. In deze *Meerjarenafspraken* is een doel voor de totale CO₂-emissie van de glastuinbouw in 2020 overeengekomen van 6,2 Mton. In het programma Kas als Energiebron (KaE) werken de glastuinbouw en de Nederlandse overheid samen om het CO₂-emissiedoel te bereiken. Door KaE is en wordt kennis ontwikkeld middels onderzoek, ontwikkelingen in gang gezet en kennisoverdracht georganiseerd (www.kasalsenergiebron.nl).

Ontwikkeling CO₂-emissie glastuinbouw

Uit de *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2015* (Van der Velden en Smit, 2016a) blijkt dat de totale CO₂-emissie (aardgasverbruik) van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 is gedaald met 2,35 Mton (29%). Als gecorrigeerd zou worden voor de verschillen in buitentemperatuur dan is de daling kleiner namelijk 1,97 Mton.

Invloedsfactoren

De daling van de CO₂-emissie in de glastuinbouw is in de *Energiemonitor glastuinbouw* nader geanalyseerd. Hiervoor is een conceptueel raamwerk ontwikkeld waarmee de totale CO₂-emissie van de glastuinbouw - naast de buitentemperatuur - wordt bepaald door onderstaande invloedsfactoren:

1. Areaal
2. Verkoop elektriciteit
3. Inkoop elektriciteit
4. Gebruik duurzame energie
5. Inkoop warmte van derden
-
6. Intensivering
7. Extensivering
8. Energiebesparing

De eerste vijf factoren betreffen het effect van het areaal en veranderingen in de energie-inkoop en -verkoop van de glastuinbouw. Van deze factoren is in de *Energiemonitor* kwantitatieve informatie beschikbaar. Het totaaleffect van deze vijf factoren bedroeg in de periode 2010-2015 een verlaging van de CO₂-emissie van 1,56 Mton (tabel 1.1). Dit betekent dat met deze vijf factoren 79% van de daling van 1,97 Mton is verklaard. De factoren verkoop elektriciteit vanuit wk-installaties op aardgas (45%) en areaal (28%) hadden de grootste impact.

Tabel 1.1 Effect van de invloedsfactoren op de jaarlijkse CO₂-emissie van de glastuinbouw voor de periode 2010-2015 (Mton)

Invloedsfactoren	Eenheid	2010	2015	Verschil 2010-2015	Effect CO ₂ -emissie 2010-2015	
					Mton	%
Areaal	Ha	10.307	9.206	- 1.101	- 0,56	28
Verkoop elektriciteit	miljard kWh	8,4	5,2	- 3,2	- 0,88	45
Duurzame energie	PJ	2,4	5,1	+ 2,7	- 0,15	8
Inkoop warmte (fossiel)	PJ	5,3	3,5	- 1,8	+ 0,10	- 5
Inkoop elektriciteit (fossiel)	miljard kWh	2,0	2,3	+ 0,3	- 0,07	4
Subtotaal					- 1,56	79
Energiegebruik per m ² kas (intensivering, extensivering en energiebesparing)					- 0,41	21
Totaal					- 1,97	100

Bron: *Energiemonitor glastuinbouw* (Van der Velden en Smit, 2016).

Intensivering, extensivering en energiebesparing

De drie overige factoren intensivering, extensivering en energiebesparing staan los van de ontwikkeling van het areaal en van de energie-inkoop en -verkoop. Intensivering, extensivering en energiebesparing bepalen de energievraag per m² binnen de glastuinbouw. Over deze factoren is weinig kwantitatieve informatie beschikbaar. Het effect van deze factoren kan doorgaans niet op directe wijze worden gemeten, omdat de ontwikkelingen c.q. veranderingen optreden op de bedrijven achter de energiemeters bestemd voor de in- en verkoop van energie. Het gezamenlijk effect van deze factoren is daardoor als saldo gekwantificeerd en kwam uit op 0,41 Mton (1,97 – 1,56 Mton).

Hierbij dient vermeld te worden dat intensivering de CO₂-emissie doet toenemen en dat extensivering en energiebesparing de CO₂-emissie doen afnemen. Deze drie processen vinden naast elkaar plaats en de afzonderlijke effecten werken niet in dezelfde richting. Dit betekent dat de effecten van deze factoren afzonderlijk groter kunnen zijn dan het gezamenlijk effect. Het gezamenlijke effect (het saldo van -0,41 Mton) is een verlaging van de emissie. Dit betekent dat in de periode 2010-2015 de effecten van de extensivering en energiebesparing samen groter waren dan het effect van de intensivering.

Door het ontwikkelen van meer kwantitatief inzicht in de effecten van de afzonderlijke drie resterende factoren ontstaat een totaaloverzicht van de verschillende invloedsfactoren op de CO₂-emissie. Dit inzicht is gewenst voor afspraken die tussen overheid en sector gemaakt zijn over de CO₂-emissie en voor de activiteiten van KaE. Energiebesparing is immers één van de speerpunten van KaE (Versnellingsplan Het Nieuwe Telen, 2014). Energiebesparing is ook van belang in relatie tot het Energieakkoord voor duurzame groei. In dit akkoord is voor de glastuinbouw een energiebesparingsbijdrage in 2020 door aanvullend beleid opgenomen (Energieakkoord, 2013).

1.2 Doelstelling en afbakening

Doelstelling

De doelstelling van dit project is het verkrijgen van meer kwantitatief inzicht in de effecten van de afzonderlijke invloedsfactoren intensivering, extensivering en energiebesparing op de CO₂-emissie van de glastuinbouw op sectorniveau.

Afbakening

In dit onderzoek is een kwantitatieve analyse gemaakt van de ontwikkelingen in de periode 2010-2015 en er is dus niet naar de toekomst gekeken. De analyse heeft primair plaatsgevonden op sectorniveau en niet op bedrijfsniveau. Ook is het bepalen van de intensivering, extensivering en energiebesparing van besparingsopties op gewas(groep) niveau geen doel van dit onderzoek.

In deze rapportage zijn resultaten per gewas(groep) niet gepubliceerd vanwege de vertrouwelijkheid van informatie.

De processen intensivering, extensivering en energiebesparing hangen mede samen met gedrag en bedrijfsstijlen van ondernemers. Deze gedragscomponenten vallen buiten de scope van dit project.

1.3 Begrippen

In deze paragraaf zijn de begrippen intensivering, extensivering en besparing op hoofdlijnen inhoudelijk toegelicht. Bij de eerste twee processen is het structureffect van belang. Het structureffect betreft verandering van het areaal van de afzonderlijke gewassen. Door verandering in de vraag vanuit de markt voor glastuinbouwproducten en door internationale concurrentie treden er wijzigingen op in het areaal dat per gewas jaarlijks wordt geteeld. Ofwel, er treden veranderingen op in het nationaal teeltplan. Zo nam in de periode 2010-2015 onder andere het areaal met tomaten, aardbei en uitgangsmateriaal groente toe en nam onder andere het areaal met paprika, komkommer, overige groente, roos, chrysant, orchideeën, overige bloemen, bladpotplanten en perkplanten af.

Intensivering

Intensivering is een door de marktvrage gedreven proces waardoor de energievraag per m² kas toeneemt. Door vraag vanuit de afzetmarkt voor glastuinbouwproducten en concurrentie treedt verschuiving op naar het telen van gewassen met meer energievraag per m². Een dergelijke verschuiving wordt ook wel een structureffect genoemd.

Naast het structureffect tussen de gewassen en gewasgroepen treedt, ook vooral gedreven vanuit de afzetmarkt, binnen de afzonderlijke gewassen intensivering op. Dit betreft vooral verschuiving naar meer winterproductie met gebruik van groeilicht waardoor vooral de elektriciteitsconsumptie toeneemt. Daarnaast is ook gedreven vanuit de markt een continu proces gaande van kwaliteitsverbetering van de productie. Dit uit zich in verdere optimalisering van het kasklimaat door bijvoorbeeld meer belichting, CO₂-dosering en koeling bij de afzonderlijke gewassen maar ook verandering van teeltduur, planning, teelttemperatuur, luchtvochtigheid en stomen zijn daarbij van belang.

Groei elektriciteitsconsumptie

Onderdeel van de intensivering is de toenemende elektriciteitsvraag. De groei komt door (1) toename van groeilicht, (2) vervanging van arbeid door machines zoals intern transport en automatisering, (3) verduurzaming van de productie door duurzame energie en energiebesparing en (4) verdere optimalisering (conditionering) van het kasklimaat (Van der Velden en Smit, 2013). Het eerste aspect, de toename van de belichting, is hierbij veruit de belangrijkste. De belichting en het laatstgenoemde aspect conditionering zijn vooral gedreven vanuit de afzetmarkt van de glastuinbouwproducten. Het tweede aspect is meer ingegeven vanuit kostenefficiëntie en wordt daardoor beïnvloed vanuit de ontwikkelingen van de energieprijzen. Het derde heeft een relatie met de verduurzaming van de productie. De productie van duurzame energie, energiebesparing en optimalisering van het kasklimaat brengen extra elektriciteitsgebruik met zich mee.

Extensivering

Tegengesteld aan intensivering is extensivering een ontwikkeling die resulteert in een daling van het energiegebruik per m² kas. Bij extensivering is er ook sprake van een structureffect en van extensivering binnen de afzonderlijke gewassen. In de periode 2010-2015 is het areaal kassen met zo'n 1.100 ha afgenomen. Van deze krimp zat circa 60% bij energie-intensievere gewassen paprika, komkommer, roos en bladpotplanten. Deze gewassen omvatten in 2010 nog zo'n 30% van het totaal areaal. Hierdoor is er in de periode 2010-2015 naast intensivering ook extensivering (structureffect). Een dergelijke mate van extensivering kwam in de Nederlandse glastuinbouw niet eerder voor.

Extensivering binnen gewassen zoals een kortere teelduur en een lagere teelttemperatuur kan worden ingegeven vanuit de afzetmarkt van glastuinbouwproducten, maar komt ook voort uit een kosten- en batenafweging in relatie tot de energiekosten en de opbrengsten van de glastuinbouwproducten.

Energiebesparing

De energievraag kan afnemen door toepassing van energiebesparende opties en energiezuinige teeltstrategieën. Opties zoals energieschermen, frequentieregelingen op pompen en elektrische motoren en efficiëntere lampen worden op grote schaal toegepast. Kennis over de teelt en de plantfysiologie in combinatie met het optimaliseren van het kasklimaat voor de productie en energiebesparing neemt doorlopend toe. Andere opties, zoals ledlicht en gelijkstroom, staan nog in de kinderschoenen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de methodiek beschreven. De effecten op de CO₂-emissie door intensivering en extensivering en de hieruit voortvloeiende indirecte schatting van de energiebesparing komen aan bod in hoofdstuk 3. De directe schatting van de energiebesparing en het effect op de CO₂-emissie vanuit de besparingsopties komen aan bod in hoofdstuk 4. Deze resultaten worden onderling vergeleken en in verband gebracht met interne en externe ontwikkelingen in de reflectie in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 wordt de rapportage afgesloten met de conclusies.

Energiebesparing heeft een sterke relatie met de activiteiten van KaE. Deze relatie komt niet aan bod in de hoofdstukken 3 en 4, maar wel in hoofdstuk 5. De hoofdstukken 3 en 4 gaan primair over de schatting van intensivering, extensivering en energiebesparing.

2 Methodiek

2.1 Conceptueel raamwerk

In hoofdstuk 1 is het conceptueel raamwerk voor de analyse van de ontwikkeling van de CO₂-emissie voor de eerste 5 factoren uiteengezet, zoals die heeft plaatsgevonden in de *Energiemonitor glastuinbouw*. In dit onderzoek is dit raamwerk verder ontwikkeld, specifiek voor de invloedsfactoren intensivering, extensivering en energiebesparing. Dit is hierna uitgewerkt voor de afzonderlijk elementen waarbij rekening is gehouden met wijze waarop de CO₂-emissie wordt bepaald (IPCC-methode) en met beschikbare informatie en mogelijkheden voor aanvullende informatieverzameling.

IPCC-methode

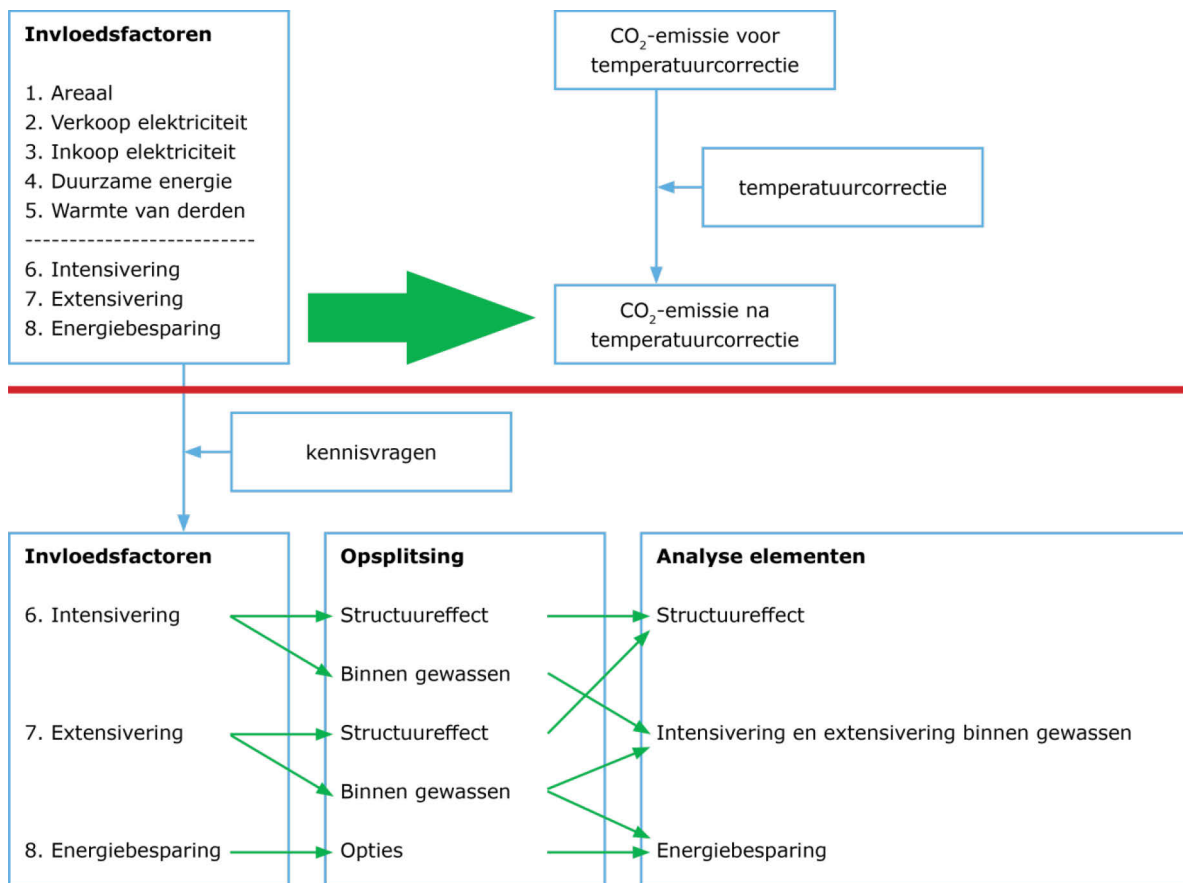
De CO₂-emissie wordt bepaald met de IPCC-methode. Kenmerkend voor deze methode is dat alleen het fossiel brandstofverbruik (aardgas) op locatie door de glastuinbouw in beschouwing is genomen. In- en verkoop van energie (warmte en elektriciteit) en duurzame energie tellen niet mee bij het bepalen van de CO₂-emissie, maar hebben wel invloed op de ontwikkeling van de CO₂-emissie van de glastuinbouw. Deze invloeden zijn reeds in beschouwing genomen bij de analyse van de effecten van de eerste vijf invloedsfactoren op de CO₂-emissie (hoofdstuk 1).

Structuureffecten

In figuur 2.1 is het conceptueel raamwerk weergegeven dat als basis voor deze studie is gehanteerd. In deze figuur heeft het gedeelte boven de rode lijn betrekking op de analyse van de eerste vijf invloedsfactoren in de *Energiemonitor glastuinbouw*. Het gedeelte onder de rode lijn heeft betrekking op de drie invloedsfactoren die in dit onderzoek in beschouwing zijn genomen: intensivering, extensivering en energiebesparing. In het raamwerk zijn zowel intensivering als extensivering opgesplitst naar structuureffecten op sectorniveau en ontwikkelingen binnen de gewassen. In paragraaf 1.3 is uiteengezet dat er zowel bij intensivering als bij extensivering structuureffecten zijn op sectorniveau. Het structuureffect tussen gewassen en binnen gewasgroepen zijn als eerste analyse-element in het raamwerk opgenomen.

Intensivering en extensivering binnen gewas(groepen)

Bij intensivering en extensivering kunnen er naast de effecten tussen gewas(groepen) ook effecten optreden binnen gewasgroepen en binnen gewassen. Dit is als tweede analysestap in het raamwerk opgenomen. Vaak betreft de extensivering binnen gewassen het verminderd energiegebruik door (teeltkundige) energiebesparing. Dit is in beschouwing genomen als energiebesparing in de derde analysestap in het raamwerk. Extensivering binnen gewassen kan dus het gevolg zijn van veranderingen in de teelt die worden ingegeven vanuit de afzetmarkt, maar ook energiebesparing. Als de mutatie vooral door de afzetmarkt gedreven is, dan betreft het extensivering. Als de mutaties voortkomen vanuit kostenbesparing en/of verduurzamingsmotieven dan betreft het energiebesparing.



Figuur 2.1 Conceptueel raamwerk analyse ontwikkeling CO₂-emissie; vertaling kennisvragen naar analyse-elementen

Energiebesparing

Voor het realiseren van energiebesparing bestaan er vele opties. In de analyse is een lijst van opties opgesteld. Er is onderscheid gemaakt naar opties die warmte en opties die elektriciteit besparen. Ook is onderscheid gemaakt naar apparatuur en teeltstrategieën. Hierbij zijn de teeltstrategieën vertaald naar concrete activiteiten op bedrijven, ofwel activiteiten waarbij aan de knoppen wordt gedraaid. Bij de kwantificering van de energiebesparing is een gecombineerde insteek per optie en per gewas(groep) gekozen.

Bij de energiebesparing gaat het om de besparing op het areaal dat in het laatste jaar van de analyseperiode (2015) in gebruik was. De areaalmutatie (krimp) in de periode 2010-2015 is immers al meegenomen bij de eerst 5 invloedsfactoren.

Meerjarige analyse

In de periode 2010-2015 daalde de CO₂-emissie van de glastuinbouw. De daling was een trendbreuk met de periode hiervoor. Het jaar 2015 is het meest recente jaar met resultaten uit de Energiemonitor. Het onderzoek is daarom uitgevoerd over de periode 2010-2015.

Voor de analyse van de structureffecten op sectorniveau is meer kwantitatieve basisinformatie beschikbaar dan voor de analyse van de intensivering en extensivering binnen gewasgroepen en voor energiebesparing. Als eerste stap zijn daarom de structureffecten op sectorniveau geanalyseerd. Vervolgens kwamen intensivering en extensivering binnen gewassen aan bod en daarna de energiebesparing. Deze rapportage houdt ook deze volgorde aan.

2.2 Schattingen en consistentiechecks

Beschikbaarheid data, schattingen en consistentiecheck

Voor dit onderzoek is kwantitatieve informatie nodig die beperkt beschikbaar is. Daarom is met schattingen gewerkt. De schattingen zijn tot stand gekomen vanuit inzichten en expertise ontwikkeld in eerder uitgevoerd onderzoek bij Wageningen Economic Research en vanuit gesprekken met ervaringsdeskundigen op deelterreinen en werkzaam bij andere organisaties.

Het eerder uitgevoerde onderzoek bij Wageningen Economic Research betreft naast de *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2015* (Van der Velden en Smit, 2016a), de *Quick Scan bijdrage energiebesparing Glastuinbouw Energieakkoord duurzame groei* (Van der Velden en Smit, 2014), het onderzoek *Voetsporen van IRE-schermen; Wegwijzer naar een versnelde praktijkintroductie van Het Nieuwe Telen* (Buurma en Smit, 2014) en de *Prognose CO₂-emissie glastuinbouw 2020* (Van der Velden en Smit, in voorbereiding).

De ervaringsdeskundigen zijn deskundigen die werkzaam zijn bij telersverenigingen, toeleveranciers (energieschermen, belichting en andere apparatuur) en adviseurs voor de teelt, techniek en bedrijfsvoering. Een lijst met geraadpleegde bedrijven en organisaties is opgenomen in bijlage 1.

Rond schattingen bestaan onzekerheden. Om het resultaat te toetsen zijn in het onderzoek alle drie de invloedsfactoren intensivering, extensivering en energiebesparing in beschouwing genomen. Het totaaleffect van deze factoren is immers bekend (hoofdstuk 1). Daarnaast is vanuit de *Energiemonitor glastuinbouw* op gewas(groep)niveau gemeten informatie beschikbaar over de in- en verkoop van energie. De combinatie van het voorgaande maakt consistentiechecks mogelijk voor de schattingen (bijlage 3). Hierbij is ook gebruik gemaakt van marktinformatie over de afzet van glastuinbouwproducten per seizoen. Naast de consistentiechecks is er bij de schattingen gewerkt met bandbreedtes.

Omrekeningsfactoren

De diverse omrekeningsfactoren zoals kg CO₂ per m³ aardgas en het aardgasverbruik in wk-installaties per kWh elektriciteitsproductie zijn overgenomen uit het Protocol (Van der Velden en Smit, 2016b) behorende bij de *Energiemonitor glastuinbouw* en zijn opgenomen in bijlage 3.

3 Intensivering en extensivering

3.1 Inleiding

De intensivering en extensivering bestaan uit het structureffect op sectorniveau en de intensivering en extensivering binnen gewassen (figuur 2.1).

Structureffecten sectorniveau

Het structureffect op sectorniveau kent twee elementen. Als eerste is dat de verandering van het areaal per gewas(groep). Ten tweede is dat het verschil tussen het energiegebruik en de CO₂-emissie per m² tussen gewas(groepen). Door combinatie van deze twee wijzigt het totale energiegebruik en de totale CO₂-emissie van de gehele glastuinbouw.

Voor de kwantificering is uitgegaan van:

- het areaal per gewas(groep) uit de Landbouwtelling (LBT) in 2010
- het areaal per gewas(groep) uit de LBT in 2015
- het gemiddeld aardgasverbruik c.q. CO₂-emissie voor de teelt¹ per gewas(groep) in 2010 uit de *Energiemonitor glastuinbouw*.

Per gewas(groep) is het saldo bepaald van het product van (b) en (c) minus het product van (a) en (c). Vervolgens zijn de resultaten per gewas(groep) geaggregeerd naar sectorniveau.

Gewasgroepen

Bij de analyse van de structureffecten dient rekening te worden gehouden met het gegeven dat in de LBT en de *Energiemonitor glastuinbouw* niet alle afzonderlijk gewassen apart in beschouwing worden genomen. De gewasgroepen overige groente, overige bloemen, overige bloemkwekerij, uitgangsmateriaal groente, uitgangsmateriaal bloemkwekerij en potplanten (bijlage 2) zijn gewasgroepen die zijn samengesteld uit meerdere gewassen. Tussen de afzonderlijk gewassen binnen een gewasgroep bestaan ook verschillen in energieverbruik en er treden areaalmutaties op. Dit brengt met zich mee dat met de kwantificering op sectorniveau zoals hiervoor beschreven niet het volledige structureffect wordt gekwantificeerd. Het structureffect binnen de genoemde gewasgroepen is aanvullend geanalyseerd. De berekeningswijze zoals hiervoor beschreven op sectorniveau, is ook voor deze analyse gebruikt. De ontbrekende data zijn geschat.

Analyse intensivering en extensivering binnen gewassen

Naast de intensivering en extensivering op sectorniveau is er intensivering en extensivering binnen gewassen. Dit kunnen veranderingen zijn van teeltduur, teelttemperatuur, CO₂-dosering, belichting, koeling, stomen, enzovoort. Deze intensivering en extensivering uit zich in mutatie van de gemiddelde elektriciteitsconsumptie en warmteconsumptie per m² per gewas.

Een belangrijk element bij de intensivering binnen de gewassen is de groei van de elektriciteitsconsumptie en dan vooral door belichting. Dit komt vooral voort uit een toenemend gemiddeld lampvermogen (W_e/m^2 kas). Het areaal met belichting (ha) en de gemiddelde gebruiksduur (uur/jaar) tonen minder verandering.

Voor de intensivering van de elektriciteitsconsumptie is een elektriciteitsbalans per gewas(groep) opgesteld. Dit betreft de elektriciteitsconsumptie door belichting, het overige elektriciteitsverbruik, de elektriciteitsproductie en de in- en verkoop. Hierbij is voorgebouwd op de *Energiemonitor glastuinbouw* en de projecten *Groei elektriciteitsconsumptie glastuinbouw* (Van der Velden en Smit,

¹ Het aardgasverbruik voor de teelt is het totale aardgasverbruik verminderd met het deel dat samengaat met de productie van elektriciteit voor de verkoop (Van der Velden en Smit, 2016b).

2013) en *Prognose CO₂-emissie glastuinbouw 2020* (Van der Velden en Smit, in voorbereiding). Ook voor de elektriciteitsbalans is aanvullende informatie verzameld bij ervaringsdeskundigen.

Naast de elektriciteitsconsumptie is ook een schatting gemaakt van de mutatie van het aardgasverbruik per m² voor de teelt op gewasniveau door verandering van de warmtevraag en voor stomen.

Consistentiechecks

De elektriciteitsbalans en de schatting van de intensivering en extensivering van de elektriciteits- en warmteconsumptie binnen de gewas(groepen) zijn getoetst middels consistentiechecks met kwantitatieve informatie die wel beschikbaar is. Dit is uiteengezet in bijlage 3 en hieronder kort op hoofdlijnen toegelicht:

1. Vanuit de elektriciteitsbalans en de meetgegevens die wel beschikbaar zijn, is het warmteaanbod berekend. Vervolgens is dit getoetst aan de schatting van de warmtevraag. Dit alles per gewas(groep).
2. Voor de intensivering en extensivering binnen gewassen is ook gekeken naar handelsinformatie. Dit betreft voor de sierteelt de veilingomzet (stuks) en bij de groente de exporthoeveelheden (ton) van de belangrijkste producten, beiden per week en over meerdere jaren. Met deze jaarlijkse aanvoerpatronen zijn de ontwikkelingen van de teeltperioden en de belichting getoetst.

In kader 3.1 zijn een aantal concrete voorbeelden gegeven van consistentiechecks voor de intensivering en extensivering binnen gewas(groepen).

Kader 3.1 Voorbeelden van consistentiechecks voor de intensivering en extensivering binnen gewas(groepen)

- Over gewas x is van ervaringsdeskundigen vernomen dat het gewas later is geplant en de oogst later is gestart en de teelt c.q. oogst eerder is gestopt. Beide ontwikkelingen brengen een korte teeltduur en een verminderde energievraag met zich mee. Het effect op de teeltperiode is getoetst aan de ontwikkeling van de afzetpatroon van product x vanuit de marktinformatie.
- Bij eerder planten en/of later stoppen met de teelt is het tegengestelde het geval. Ook dit is getoetst aan de aanvoerpatronen.
- Over gewas y is van ervaringsdeskundigen vernomen dat een groter lampvermogen (W/m²) is geïnstalleerd. Dit brengt met zich mee dat in de winterperiode meer product wordt geoogst en de energievraag toeneemt. De toename van de oogst in de winterperiode is getoetst aan het aanvoerpatroon van product y vanuit de marktinformatie.

3.2 Structuureffect

Het resultaat van het structuureffect tussen de gewas(groep)en op sectorniveau inclusief de krimp van het totaal areaal bedraagt in de periode 2010-2015 -0,66 Mton. In hoofdstuk 1 is vermeld dat het effect van de krimp van het totaal areaal op de CO₂-emissie -0,56 Mton bedraagt. Dit betekent dat de verschuiving van het areaal tussen de gewas(groepen) een effect op de CO₂-emissie heeft van 0,09 Mton (0,65-0,56).

Het voorgaande is exclusief het structuureffect binnen de gewasgroepen die bestaan uit meerdere gewassen. Het structuureffect binnen deze gewasgroepen is toegelicht in bijlage 4 en is geschat op +0,02 Mton. In totaliteit is hier dus sprake van intensivering. Dit geldt echter niet voor alle gewasgroepen.

Het totaal structuureffect komt in de periode 2010-2015 daarmee uit op -0,07 Mton (tabel 3.2). Dit totaaleffect is opgebouwd uit -0,09 Mton door verschuiving tussen gewas(groepen) en +0,02 Mton door verschuiving binnen gewasgroepen.

3.3 Intensivering en extensivering binnen gewassen

Bij de intensivering en extensivering binnen gewassen is een opsplitsing gemaakt naar elektriciteit en warmte. Voor de schattingen is uitgegaan van een lage en een hoge variant.

Elektriciteit

De intensivering bij de elektriciteitsconsumptie komt vooral door belichting. Door wijziging van het areaal belichting (ha), de gebruiksduur (uur/jaar) en het vooral het lampvermogen (We/m^2) neemt de elektriciteitsconsumptie toe. Daarnaast is er een beperktere toename van de overige elektriciteitsconsumptie per m^2 . Deze toename wordt grotendeels gecompenseerd door de krimp van het totaal areaal glastuinbouw.

De groei van de elektriciteitsconsumptie kan worden geproduceerd met wk-installaties en duurzame bronnen maar ook worden ingekocht. Alleen de productie met aardgasgestookte wk-installaties leidt tot aardgasverbruik en dus tot CO_2 -emissie door de glastuinbouw (IPPC-methode, hoofdstuk 2).

De intensivering van de elektriciteitsconsumptie resulteerde in de periode 2010-2015 in de lage variant in een toename van de CO_2 -emissie met 0,06 ton (tabel 3.2). De hoge variant toont een toename van 0,09 Mton. Hierbij is rekening gehouden met extra warmte afgifte vanuit de lampen.² De mate waarin deze warmte leidt tot minder warmte afgifte vanuit het verwarmingssysteem verschilt tussen gewassen en perioden gedurende het jaar en is moeilijk te kwantificeren. Er is een schatting gemaakt op basis van het lampvermogen per m^2 kas. Bovendien is voor de warmtebenutting een spreiding aangehouden.

Warmte

De intensivering en extensivering van de warmteconsumptie komt vooral door verschuiving van teeltperioden, mutaties in teelttemperatuur en in het aardgasverbruik door stomen.

De mutaties in teeltperioden zijn vooral opgetreden bij de groente. Zo is er bijvoorbeeld bij komkommer minder areaal met een nateelt tomaat, waardoor de (totale) teeltperiode korter is geworden. Daarentegen is er ook minder areaal met een korte komkommerteelt die pas aan het einde van de winter start. Deze krimp resulteert in een langere gemiddelde teeltduur.

Uit handelsdata van Nederlandse bloemen en planten blijkt dat de teelt van de meeste gewassen jaarrond plaatsvindt. Hierdoor is er bij de siergewassen vrijwel geen wijziging van de teeltduur. Bij deze gewassen intensiveert wel de belichting en dat is in beschouwing genomen bij elektriciteit. De intensivering en extensivering per gewas (teeltduur, teelttemperatuur, belichting, stomen, enzovoort) is nader toegelicht in bijlage 4.

De intensivering en extensivering van de warmteconsumptie van alle gewassen gezamenlijk is in de periode 2010-2015 in de lage variant geschat op een toename van de CO_2 -emissie met 0,16 Mton (tabel 3.2). In de hoge variant is het resultaat 0,25 Mton.

Het gezamenlijk effect van elektriciteit en warmte loopt in de periode 2010-2015 uiteen van 0,22 (0,06 + 0,16) in de lage variant tot 0,34 (0,09 + 0,25) Mton CO_2 in de hoge variant (tabel 3.2).

3.4 Totaalresultaat

Intensivering en extensivering

Het totaal resultaat van de in de voorgaande paragrafen beschreven effecten is weergegeven in tabel 3.2. De tabel begint met het saldo van intensivering, extensivering en besparing uit de *Energiemonitor glastuinbouw* (hoofdstuk 1) en bedroeg -0,41 Mton.

² De warmteafgifte door de lampen komt voort uit elektriciteitsproductie door de glastuinbouw met aardgas maar ook uit inkoop van elektriciteit. De warmtebenutting uit de lampen brengt daardoor met zich mee dat inkoop van elektriciteit resulteert in reductie van de CO_2 -emissie van de glastuinbouw.

Tabel 3.2 Overzicht effecten intensivering en extensivering op de CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 (Mton)

Reductie CO ₂ -emissie		- 1,97
Minus effect 5 invloedsfactoren		- 1,56
Saldo intensivering, extensivering en besparing		- 0,41
Structuureffect sectorniveau		
Tussen gewas(groepen)		- 0,09
Binnen gewassengroepen		+ 0,02
Totaal		- 0,07
Tussen saldo		- 0,34
Intensivering en extensivering binnen gewassen		
	laag	hoog
Elektriciteit	+ 0,06	+ 0,09
Warmte	+ 0,16	+ 0,25
Totaal	+ 0,22	+ 0,34
Saldo energiebesparing	- 0,56	- 0,68

Het structuureffect tussen gewas(groepen) en binnen gewasgroepen bedraagt in totaal -0,07 Mton CO₂. Deze 0,07 Mton CO₂ bestaat voor circa 0,06 uit intensivering en voor circa 0,13 Mton uit extensivering.

Bij intensivering en extensivering binnen de gewassen is uitgegaan van een variant laag en een variant hoog.

De lage variant heeft een totaal CO₂-effect van 0,22 Mton en de hoge van 0,34 Mton. Dit effect betreft voor circa 63% warmte (0,16 en 0,25 Mton) en voor circa 27% elektriciteit (0,06 en 0,09 Mton). Hierbij dient te worden opgemerkt dat het extra elektriciteitsverbruik grotendeels wordt omgezet in warmte en dat is verrekend bij elektriciteit. Hierdoor heeft het aandeel warmte in de intensivering binnen gewassen een overschatting en het aandeel elektriciteit een onderschatting. Op het totale effect heeft dit geen invloed. In de variant laag is het effect op de CO₂-emissie door intensivering 0,23 Mton en minder dan 0,01 Mton door extensivering. In de variant hoog is dit respectievelijk 0,35 Mton en minder dan 0,01 Mton. Het effect van intensivering en extensivering binnen de gewassen bestaat dus voor het overgrote deel uit intensivering.

Saldo energiebesparing

Het voorgaande resulteert in een nieuw saldo (na intensivering en extensivering). Dit is het resultaat van de indirecte schatting van het effect op de CO₂-emissie door energiebesparing en bedraagt 0,56 tot 0,68 Mton (tabel 3.2). Deze indirecte schatting zou overeen moeten komen met de directe schatting in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5, reflectie, is het resultaat van hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 vergeleken.

4 Energiebesparing

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is vanuit de besparingsopties een directe schatting gemaakt van de gerealiseerde energiebesparing in de glastuinbouw in de periode 2010-2015 op het areaal dat in 2015 in gebruik is.

Aanpak

Voor het realiseren van energiebesparing bestaan er vele opties. Als eerste stap is een gestructureerde lijst van opties en optiegroepen opgesteld (kader 4.2 en 4.3). De indeling bestaat uit voorzieningen, installaties en concrete acties vanuit de teeltstrategie. Onderscheid is gemaakt naar opties met besparing op warmte en op elektriciteit. Per optie zijn penetratiegraden en gemiddelde warmte- en elektriciteitsbesparingen geschat. Hiervoor zijn leveranciers, adviseurs, tuinders, registraties en productspecificaties geraadpleegd. Opties die door een zeer beperkte penetratie en/of een zeer beperkte besparing een minimale impact op de besparing op sectorniveau hebben, zijn buiten beschouwing gelaten.

Bij de kwantificering van de energiebesparing is een insteek per optie en per gewas(groep) gekozen. De energiebesparing door de opties is bepaald voor de jaren 2010 en 2015 behalve voor de opties selectiever verwarmen en ventileren en nieuwbouw. Voor deze opties is de bereikte energiebesparing in de periode 2010-2015 bepaald. Vervolgens is de energiebesparing per optie in de periode 2010-2015 gekwantificeerd. Tot slot is een aggregatie gemaakt van de totale energiebesparing van alle opties op sectorniveau.

Referentie

Als referentie voor de energiebesparing is voor warmte uitgegaan van het gemiddelde warmtegebruik via de verwarming op gewasgroep niveau per m² kas en gecorrigeerd voor de buitentemperatuur (bijlage 3). Kassen worden met warmwater in de cv-installaties verwarmd. Hiernaast wordt ook warmte aan de kas toegevoerd van buiten (zon) en via de lampen (groeilicht). Deze laatste twee bronnen zijn niet in beschouwing genomen in de referentie. De warmtetoevoer van deze bronnen is een gegeven waar niet actief op wordt bespaard. De referentie voor elektriciteit is de elektriciteitsconsumptie op gewasgroep niveau per m² kas (bijlage 3).

Warmtebesparing en vermindering van de CO₂-emissie

Energiebesparing leidt tot vermindering van de inzet van fossiele brandstoffen en vermindert de uitstoot van CO₂. Dit is het geval als de warmte wordt geproduceerd uit aardgas met ketels en warmtekrachtkoppeling. Energiebesparing hoeft echter niet altijd te resulteren in reductie van het aardgasverbruik en hiermee de CO₂-emissie. Dit is het geval als door energiebesparing duurzame energie (inkoop en productie) of inkoop energie (warmte, elektriciteit) wordt bespaard (IPCC-methode, hoofdstuk 2). Bij het bepalen van het effect van energiebesparing op de CO₂-emissie (paragraaf 4.4) is hiermee rekening gehouden.

Het aandeel duurzame energie en inkoop warmte is in de glastuinbouw nog beperkt van omvang. In de periode van 2010 naar 2015 is het aandeel van deze warmtealternatieven in de totale warmtevraag gegroeid van 7,7 naar 12,8%. Deze alternatieven worden door glastuinbouwbedrijven vooral gebruikt in basislast waardoor er naast de alternatieve bron ook aardgas wordt gebruikt. Bij inzet van warmtealternatieven wordt het resterende aardgas hoofdzakelijk ingezet voor de pieklast en energiebesparing verlaagd vooral deze pieklast. Hierdoor is het deel van de warmtebesparing dat niet leidt tot verlaging van de CO₂-emissie kleiner dan het aandeel van de warmtealternatieven (7,7 in 2010 en 12,8% in 2015). Verondersteld is dat op de bedrijven met warmtealternatieven de warmtebesparing voor circa de helft effect heeft op het warmte alternatief en voor de helft op het aardgasverbruik. Hierdoor leidde in 2010 96,2% $\{100-(7,7 \times 50\%)\}$ en in 2015 93,6% $\{100-(12,8 \times 50\%)\}$ van de warmtebesparing tot reductie van de CO₂-emissie.

Elektriciteitsbesparing en vermindering van de CO₂-emissie

Ook bij elektriciteit geldt dat niet alle besparing leidt tot reductie van de CO₂-emissie. Voor elektriciteit geldt dat enkel eigen opwekking vanuit fossiele brandstof met wk-installaties leidt tot CO₂-emissie. Als door besparing minder duurzame elektriciteit wordt gebruikt of minder elektriciteit wordt ingekocht, vindt er geen reductie van de CO₂-emissie van de glastuinbouw plaats.

Voor de reductie van de CO₂-emissie door elektriciteitsbesparing is dus de inzet van wk-installaties van belang. Als in de glastuinbouw elektriciteitsproductie met wk-installaties wordt ingezet voor de belichting betreft dit basislast. Met andere woorden: als er vermogensvraag is, wordt eerst de wk-installatie ingezet en de resterende vraag, wordt ingekocht. Gezien de trend van groei van de belichtingsintensiteit (W/m²) heeft elektriciteitsbesparing bij groeilicht alleen impact op de inkoop en dus geen effect op de CO₂-emissiereductie. Wat resteert, is de elektriciteitsconsumptie van de overige installaties. Dit is globaal 15% van de totale elektriciteitsconsumptie. Deze hoeveelheid kan worden ingekocht en door bedrijven met wk-installatie ook worden geproduceerd met de wk-installatie. Kijkend naar de gemiddeld gebruiksduur van de wk's (in 2015 circa 3.700 uur) wordt een deel van overige elektriciteit gevoed vanuit deze wk's. Dit zijn de uren waarop de wk-installatie draait voor de belichting of voor de verkoop van elektriciteit. Gedurende andere perioden wordt de overige elektriciteit ingekocht. Verondersteld is dat een derde van de besparing aan overige elektriciteit in de periode 2010-2015 leidde tot een verlaging van de CO₂-emissie.

Kader 4.1 Voorbeeldberekening besparing en CO₂-emissiereductie van een warmtebesparingsoptie op gewasgroepniveau

Gerealiseerde warmte-inzet in gewasgroep Y in jaar Z na temperatuurcorrectie	W_{YZTc} [TJ/ha]	10
Areaal gewasgroep Y in jaar Z	A_{YZ} [ha]	1.500
Gemiddeld gebruikseffect warmtebesparing van optie X in gewasgroep Y in jaar Z	e_{XYZ} [% warmte]	11,1
Penetratiegraad van optie X in gewasgroep Y in jaar Z	p_{XYZ} [% areaal]	30
<i>Besparing optie X in formulevorm: $B_{XYZ} = W_{YZTc} \times A_{YZ} \times p_{XYZ} \times [1 - (W_{YZTc} : \{W_{YZTc} + (W_{YZTc} \times e_{XY})\})]$</i>		
Totale, absolute besparing van warmte door optie X in gewasgroep Y in jaar Z	B_{XYZ} [TJ]	450
Factor CO ₂ -emissie per TJ warmte	f_w [kton/TJ]	0,0568
Factor warmte-input met CO ₂ -emissie versus totale warmte-input	f_i [%]	96
CO ₂ -emissiereductie optie X in gewasgroep Y in formulevorm: $R_{XYZ} = B_{XYZ} \times f_w \times f_i$		
CO ₂ -emissiereductie warmtebesparing optie X in gewasgroep Y in jaar Z	R_{XYZ} [kton]	24,54

In kader 4.1 is een voorbeeld opgenomen van de berekening van de besparing op gewasgroepniveau. Hierbij is geredeneerd vanuit de warmte-inzet na de opties in 2015 en het besparingseffect (%) ten opzichte van de warmte-inzet in 2010. In paragraaf 4.2 zijn de opties voor en het resultaat door warmtebesparing behandeld en in paragraaf 4.3 de opties voor en het resultaat door elektriciteitsbesparing. De vertaling van de besparingen naar reductie van de CO₂-emissie is behandeld in paragraaf 4.4.

4.2 Warmtebesparing

Voor warmtebesparing zijn 16 opties of optiegroepen geselecteerd en omschreven (kader 4.2). De opties 1 tot en met 6 en 14 hebben betrekking op de kasuitrusting of de bedrijfsruimte, 7 tot en met 13 op de energievoorziening en 15 en 16 op de teeltstrategie. Individuele opties kunnen invloed op elkaar hebben. Een voorbeeld hiervan is de verzameling acties die glastuinders uitvoeren onder de noemer van *Het Nieuwe Telen* (HNT). Hierbij wordt de inzet van schermen, ramen, verwarming en teeltstrategie continu door de tuinder op elkaar afgestemd voor een optimaal productieklimaat in de kas. Een ander voorbeeld is het aanbrengen van extra isolatie. Dit vindt vooral plaats bij nieuwbouw. Nieuwbouw en toepassing van nieuwe kennis van selectief ventileren en verwarmen (opties 14, 15 en 16) zijn beschouwd als nieuwe acties.

Kader 4.2 Voornaamste warmtebesparende opties in de Nederlandse glastuinbouw in de jaren 2010-2015

1. *Eerste scherm*
Het besparingseffect van het eerste horizontale schermdoek komt door isolatie. Het creëert een isolerende luchtspouw tussen kasdek en gewas waardoor kaswarmte binnen blijft en de uitstraling van de kas naar buiten wordt beperkt. a)
 2. *Tweede scherm*
Het tweede horizontale scherm creëert een tweede isolerende luchtspouw waardoor kaswarmte binnen blijft en de uitstraling van de kas naar buiten wordt beperkt. a)
 3. *Derde scherm*
Het derde horizontale scherm creëert een derde isolerende luchtspouw waardoor kaswarmte binnen blijft en de uitstraling van de kas naar buiten wordt beperkt. a)
 4. *Gevelisolatie*
Het besparingseffect van schermen in de gevel of het toepassing van ander materiaal in plaats van standaard glas. Het creëert een isolerende luchtspouw tussen gevel en gewas of het toegepaste materiaal heeft een hogere isolatiewaarde.
 5. *Extra geïsoleerde kas*
Het toepassen van isolerend kasdek materiaal verkleint transmissieverliezen door extra isolerende materiaaleigenschappen (onder andere dubbel glas, kunststof).
 6. *Extra geïsoleerde bedrijfsruimte*
Het toepassen van hoogwaardiger isolatie van gevels, dek en vloeren en compartimentering vermindert warmtestromen van binnen het bedrijf naar buiten.
 7. *Extra geïsoleerde warmwateropslagtank*
Door de warmwateropslagtank te voorzien van extra isolatiemateriaal wordt de warmtestroom van het warme water in de tank naar buiten beperkt.
 8. *Extra geïsoleerde warmtedistributieleidingen*
Door warmtedistributie-leidingen te voorzien van extra isolatiemateriaal worden de warmteverliezen beperkt.
 9. *Lage temperatuurverwarming*
Door het warmteafgiftesysteem in de kas uit te breiden met substantieel extra verwarmend oppervlak wordt verdere uitkoeling van het aangevoerde cv-water gerealiseerd en hierdoor wordt onder andere met rookgascondensators meer warmte uit de fossiele brandstof-input benut.
 10. *Externe CO₂*
Door toepassing van CO₂ van derden voor bemesting van de teelt wordt als neveneffect zomerstook met de ketel verminderd.
 11. *Rookgas CO₂ wk-installatie*
Door toepassing van CO₂ voor bemesting van de teelt vanuit de wk's na rookgasreiniging wordt als neveneffect zomerstook met de ketel verminderd.
 12. *Extra rookgascondensator wk-installatie in combinatie met warmtepomp*
Het toepasbaar maken van een extra hoeveelheid laagwaardige warmte door een extra rookgascondensator op de wk's in combinatie met een warmtepomp. Hierdoor wordt meer energie uit de brandstof-input benut.
 13. *Rookgascondensator ketel*
Door condensatie van waterdamp uit de rookgassen afkomstig van de ketel en de vrijkomende warmte toe te passen in het cv-systeem is minder brandstof nodig, omdat meer energie uit de brandstof-input wordt benut.
 14. *Nieuwbouw van kassen*
Door verouderde kassen te vervangen door moderne kassen is er minder warmte-input nodig. Nieuwe kassen laten meer licht door en zijn beter geïsoleerd.
 15. *Selectief ventileren*
Door het uitwisselen van kaslucht met buitenlucht verlaat warme lucht (met vocht) de kas. Door dit selectief toe te passen kan de inzet van de kasverwarming worden verminderd.
 16. *Selectief verwarmen*
Door kasverwarming selectief in te zetten voor de gewasgroei en de productieplanning kan de inzet van kasverwarming worden verminderd.
- a) De schermen kunnen zowel apart beweegbare installaties als vast schermen (folie) zijn.

Resultaat warmtebesparing

Het resultaat van de schatting van de warmtebesparing is vermeld in tabel 4.1. Hierin is onderscheid gemaakt naar de besparing in 2010, 2015 en het verschil hiertussen. De totale besparing in 2010 is geschat op 30,4 PJ en in 2015 op 42,0 PJ. Ondanks de daling van het totale areaal groeide in de periode 2010-2015 de warmtebesparing met 11,6 PJ.

Omdat deels gewerkt is met informatie uit schattingen is op deze uitkomst een bandbreedte van toepassing. De schatting van de totale verandering van de warmtebesparing heeft een bandbreedte van 9,8 tot 13,4 PJ. In de tabel 4.1 is alleen het gemiddelde hiervan vermeld.

In 2010 leverden schermdoeken met gezamenlijk 19,4 PJ de grootste bijdrage aan warmtebesparing. De CO₂-opties extern en wk-installatie met rookgasreiniging waren met gezamenlijk 5,6 PJ ook belangrijk. In 2015 bedroeg de bijdrage door de schermen 22,3 PJ. Het selectief ventileren en selectief verwarmen leverden gezamenlijk met 8,2 PJ belangrijke bijdrage aan de warmtebesparing. Hiernaast was de bijdrage van de CO₂-opties substantieel met gezamenlijk 5,3 PJ.

Tabel 4.1 Schatting gemiddelde warmtebesparing door de glastuinbouw per optie in 2010 en 2015 en de mutatie in de periode 2010-2015 (beiden op het areaal van 2015)

Jaar	2010			2015			2010-2015	
	besparingseffect	penetratie	besparing	besparingseffect	penetratie	besparing	verschil besparing	aandeel
scherm 1	22	95	15,4	25	96	15,9	0,5	4
scherm 2	15	27	3,5	17	45	5,7	2,3	20
scherm 3	16	3	0,5	16	4	0,6	0,0	0
gevelisolatie	2	70	1,1	2	76	1,1	0,0	0
extra isolatie kas	17	0	0,1	17	1	0,2	0,1	1
extra isolatie bedrijfsruimte	2	32	0,3	2	38	0,3	0,0	0
extra isolatie warmwateropslagtank	2	32	0,6	2	38	0,6	0,0	0
extra isolatie warmte distributie	2	32	0,6	2	38	0,6	0,0	0
lage temperatuurverwarming	13	20	0,7	5	26	0,8	0,1	1
externe CO ₂	6	18	1,4	6	19	1,4	0,0	0
rookgas CO ₂ wk-installatie	6	54	4,2	6	55	3,9	-0,3	-2
rookgascondensator wk-installatie i.c.m. warmtepomp	3	93	0,0	3	93	0,1	0,1	1
rookgascondensator ketel	5	0	2,1	2	2	1,9	-0,2	-2
nieuwbouwkassen t.o.v. 2010	0	0	0,0	8	8	0,6	0,6	5
selectief ventileren t.o.v. 2010	0	0	0,0	8	39	3,8	3,8	33
selectief verwarmen t.o.v. 2010	0	0	0,0	10	45	4,4	4,4	38
Totale warmtebesparing			30,4			42,0	11,6	100

De groei van de warmtebesparing over de periode 2010-2015 werd voor 11,0 PJ (95%) gerealiseerd door de met elkaar samenhangende activiteiten van het gebruik van schermen, selectieve ventilatie en selectieve verwarming. Ondanks de daling van het totaal areaal glastuinbouw groeide de absolute warmtebesparing door de inzet van schermen. Groei van het gebruik van een tweede scherminstallatie en instandhouding en groei van de absolute besparing met het eerste schermdoek waren het belangrijkste. Van de overige opties droeg vooral nieuwbouw van kassen bij aan de groei van de besparing. De besparing door CO₂ doseren met wk-installaties en door de rookgascondensators liep juist terug door verminderde inzet van ketels en de wk's.

Aandachtspunten bij en ontwikkelingen van de inzet van schermen

De inzet van energiebesparende opties in de glastuinbouw is dynamisch. De opties worden door de toeleveranciers en door activiteiten vanuit KaE technisch doorontwikkeld om nog beter in de behoeften van de gebruiker te voorzien. Hiernaast werken de gebruikers doorlopend aan een optimale inzet voor een maximaal resultaat.

De inzet van schermen is een voorbeeld van de dynamiek. Enerzijds hangen veranderingen samen met de ontwikkelingen van nieuwe doekmaterialen en weefselvarianten. Moderne schermen 'ademen' beter, waardoor er minder ongewenste luchtvochtigheid ophoopt onder het doek. Ook laten de schermen meer licht door. Anderzijds is er nieuwe kennis ontwikkeld over de inzet van schermen. In samenhang met een selectievere inzet van kasverwarming en ventilatie hebben de tuinders de inzet van schermen kunnen laten toenemen. Als binnen glastuinbouwkringen over HNT wordt gesproken, heeft men het over de samenhang van deze activiteiten in relatie tot de productie van de teelt.

Naast technische- en kennisvooruitgang is er met ingang van 2015 ook een inhaalslag gaande van vervangingsinvesteringen. Dit hangt samen met de achterstand die was opgelopen in de jaren 2009-2014 door tegenvallende bedrijfsresultaten. In 2015 waren grenzen van uitstel bereikt en waren de bedrijfsresultaten gemiddeld beter (www.agrimatie.nl). Hierdoor investeerden tuinders in vervanging van verouderde schermdoeken voor moderne.

In de periode 2010-2015 hebben er dus ontwikkelingen plaatsgevonden die geleid hebben tot meer energiebesparing door gebruik van schermen: (1) er zijn schermen beschikbaar die technisch beter aansluiten bij de wensen vanuit het kasklimaat, (2) er is kennis beschikbaar gekomen om schermen meer in te zetten, (3) er is meer areaal met een scherm, (4) er is meer areaal met meerdere schermen en (5) oude schermen zijn vervangen door moderne.

Aandachtspunten bij en ontwikkelingen van nieuwbouw van kassen

Een ander aspect is warmtebesparing door het in gebruik nemen van energiebesparende opties bij nieuwbouw. In de periode tussen 2010 en 2015 stond de nieuwbouw van kassen in Nederland op een laag pitje. De oorzaak hiervan lag in de gemiddeld matige bedrijfsresultaten en een bouwpiek in de jaren voor 2010, aangescherpte financieringseisen en lagere waardering van onderpand, ofwel het effect van de crisis. Bij de bouw van kassen die wel plaatsvond, stond energiebesparing in de belangstelling. Leidingen, buffers en bedrijfsruimten zijn extra geïsoleerd. Ook heeft een deel van de bedrijven gekozen om mogelijkheden te benutten om verwarmingswater verder terug te koelen en hiermee de besparingsopties 12 en 13 (kader 4.2) beter te benutten. Dit werd mede gestimuleerd door de groei van de inzet van duurzame energievoorzieningen waarbij een sterkere uitkoeling van het warme water van belang is om de duurzame bron beter te benutten.

Aandachtspunten bij en ontwikkelingen van de CO₂-voorziening

In de glastuinbouw wordt CO₂ gedoseerd als meststof voor de teelt. Dit vindt vooral plaats vanuit de aardgasgestookte wk-installaties en de ketels. Als CO₂ uit andere bronnen dan de ketel in voldoende mate en zonder extra kosten kan worden ingezet, vervangt dit voor een deel ketelstook in vooral de zomerperiode. Deze optie wordt ook wel vermeden zomerstook genoemd. Door groei van de inzet van gereinigde rookgassen uit de wk's en externe CO₂ heeft de tuinbouw CO₂ als productiefactor verder van de warmteproductie kunnen ontkoppelen. Deze ont koppeling ondersteunt de selectieve inzet van CO₂. Deze selectieve inzet is ondersteund door toegenomen kennis van de relatie met de teelt (plantfysiologie). Tuinders hebben in de periode 2010-2015 aanvullende kennis verworven over het doseren van CO₂, vooral over de teelt- en productie-effecten van CO₂-dosering. Met toepassing van deze kennis werd selectiever gedoseerd, ketelstook vermeden en hiermee aardgas bespaard. Bij het bepalen van de CO₂-emissiereductie door toepassing van externe CO₂ en rookgas CO₂ van wk's is met deze selectieve inzet rekening gehouden.

4.3 Elektriciteitsbesparing

De elektriciteitsconsumptie door de Nederlandse glastuinbouw wordt voor circa 85% ingezet voor groeilicht (Van der Velden en Smit, 2015). Het resterende deel wordt gebruikt voor overige bedrijfsprocessen, zoals het aandrijven van motoren in de kassen en bedrijfsruimten, energieproductie, sorteren, verpakken en koelen. De toegepaste elektriciteit wordt ingekocht of geproduceerd met eigen wk's.

Voor elektriciteitsbesparing zijn 9 opties of optiegroepen geselecteerd en omschreven in kader 4.3. De opties 1, 6, 7 en 8 hebben betrekking op groeilicht. Nieuwe lamptypen en toepassing van nieuwe kennis over selectief belichten en koelen (opties 7, 8 en 9) zijn beschouwd als nieuwe acties in 2015.

Kader 4.3 Voornaamste elektriciteit besparende opties in de Nederlandse glastuinbouw in de jaren 2010-2015

1. *Efficiëntere verdeling, distributie en voeding*
Door moderne verdeel- en schakeltechniek en distributie op een zo hoog mogelijk spanningsniveau worden de verliezen verminderd en hiermee elektriciteit bespaard.
2. *Vermogensregeling motoren*
Door motoren van pompen, ventilatoren en andere aandrijving te voorzien van vermogensregelingen (zoals frequentieregelaars) wordt elektriciteit bespaard.
3. *Effectievere meet- en regeltechniek en software*
Door moderne automatisering kunnen de elektrische installaties effectiever worden aangestuurd en dat kan elektriciteit besparen.
4. *Efficiëntere koelwatervoorziening*
Door 's winters koelwatervoorraden aan te maken en met dagbuffers te werken hoeft tijdens het koelen geen opgewarmd koelmedium gebruikt te worden en dit bespaard elektriciteit.
5. *Bevochtiging*
Door verdamping van water met nevelinstallaties hoeft er in bepaalde perioden minder mechanisch gekoeld te worden.
6. *LED-licht*
Door gebruik van LED kan er bespaard worden op de inzet van hogedruk natrium-lampen (HDN).
7. *Efficiëntere lampen*
De afgelopen jaren hebben de HDN-lampen verbeteringen doorgemaakt. Door oudere typen lampen te vervangen door moderne typen met een effectievere output (meer licht per kWh elektriciteit) wordt elektriciteit bespaard.
8. *Selectievere inzet groeilicht*
Door kennis van het gewas in relatie met de toepassing van groeilicht, kan groeilicht selectiever worden ingezet in perioden met meer positieve invloed op de productie en kwaliteit en minder in perioden met weinig, geen of zelfs negatieve productie-effecten.
9. *Selectiever koelen*
Door kennis van het gewas in relatie met de toepassing van koeling, kan koeling selectiever worden ingezet in productievere perioden en minder in perioden met weinig, geen of zelfs negatieve productie-effecten.

Resultaat elektriciteitsbesparing

Het resultaat van de schatting van de elektriciteitsbesparing is vermeld in tabel 4.2. Net als bij warmte is ook bij elektriciteit onderscheid gemaakt naar de besparing in 2010 en 2015 en het verschil hiertussen.

De totale besparing in 2010 is geschat op 0,16 TWh en in 2015 op 0,85 TWh. In de periode 2010-2015 groeide de elektriciteitsbesparing dus met 0,69 TWh. Deze schatting heeft een bandbreedte van 0,62 tot 0,76 TWh. In tabel 4.2 is alleen het gemiddelde vermeld.

In 2010 leverde de efficiëntere verdeling, distributie en voeding met 0,08 TWh de grootste bijdrage. In 2015 waren de bijdragen van selectief belichten (0,29 TWh) en efficiëntere lampen (0,27 TWh) het grootst. De groei van de elektriciteitsbesparing over de periode 2010-2015 kwam voor ruim 80% door het totaal van efficiëntere lampen en selectief belichten. Van de overige opties waren selectief koelen en effectievere meet- en regeltechniek en software de belangrijkste.

Tabel 4.2 Schatting gemiddelde elektriciteitsbesparing door de glastuinbouw per optie in 2010 en 2015 en de mutatie in de periode 2010-2015 (beiden op het areaal van 2015)

Jaar	2010			2015			2010-2015	
	besparingseffect	penetratie	besparing	Besparingseffect	penetratie	besparing	verschil besparing	aandeel
Optie	%	%	TWh	%	%	TWh	TWh	%
Efficiëntere verdeling, distributie en voeding	4	12	0,08	4	14	0,09	0,02	2
Vermogensregeling motoren	5	53	0,06	5	64	0,08	0,02	4
Effectievere meet- en regeltechniek en software	4	27	0,00	4	32	0,03	0,03	5
Efficiëntere koelwatervoorziening	4	2	0,01	2	2	0,03	0,02	3
Bevochtiging	1	2	0,01	1	3	0,02	0,00	0
Led-licht	20	0	0,00	25	0	0,00	0,00	0
Efficiëntere lampen t.o.v. 2010	0	0	0,00	6	28	0,27	0,27	39
Selectief belichten t.o.v. 2010	0	0	0,00	7	52	0,29	0,29	42
Selectief koelen t.o.v. 2010	0	0	0,00	2	3	0,03	0,03	5
Totale elektriciteitsbesparing			0,16			0,85	0,69	100

Aandachtspunten bij en ontwikkelingen van de inzet van belichting

Groeilicht is de voornaamste toepassing van elektriciteit in de glastuinbouw. Het staat ook volop in de belangstelling, omdat het ondernemers helpt hun productie af te stemmen op de marktvraag in de winterperiode met hogere prijzen. Belichting is echter een kapitaal- en energie-intensief productiemiddel. Hierom staan naast de gewasproductie ook de technische efficiëntie en de effectiviteit van de uren belichting in de belangstelling. Door verouderde lampen te vervangen door efficiëntere is er voor dezelfde hoeveelheid licht minder elektriciteit nodig. Vervanging door bedrijven die in 2010 al belichting toepasten, hebben een deel van de besparing gerealiseerd. Hiernaast is in de periode ook een efficiëntieslag gemaakt doordat onder andere in de rozenteelt bedrijven stopten (oude lampen weg) en gelijktijdig meer areaal in de tomatenteelt voorzien is van belichting (moderne lampen erbij).

Hiernaast kon door de toename van kennis van plantenfysiologie in relatie tot belichting, met selectieve inzet van de belichting elektriciteit worden bespaard. Tuinders hebben meer kennis van het beste tijdstip voor het aan- en uitschakelen en de belichtingsduur. Ook kunnen zij met software en metingen beter sturen op de dagelijkse lichtsom, hierbij geholpen door schakelbare lampgroepen voor deellast belichting.

Aandachtspunten bij en ontwikkelingen van de inzet van overige elektrische apparatuur

Van de overige elektrische apparatuur zijn motoren voor pompen, ventilatoren, compressoren en andere mechanieken belangrijk. Hierbij zijn in de periode 2010-2015 vaker moderne toerenregelingen in gebruik genomen. Een andere belangrijke elektriciteitsbesparing is bereikt door optimalisering van de koelwatervoorziening. Door vooraf een voorraad koelwater te maken in bijvoorbeeld de ondiepe ondergrond, ofwel aquifer, kunnen koelinstallaties in de zomer efficiënter koelen. Ook het toepassen van bovengrondse koudwateropslag tanks bespaart elektriciteit.

Onder invloed van de groei van belichting en schaalvergroting, is het de norm geworden om in belichte kassen elektriciteit op middenspanning te verdelen. Naast lagere investeringen en beperking van veiligheidsrisico's, leidt dit ook tot het terugbrengen van distributieverliezen. Hiermee wordt zowel bij de belichting als bij de overige installaties elektriciteit bespaard.

4.4 Reductie CO₂-emissie

Energiebesparing

In de voorgaande paragrafen is voor de periode 2010-2015 een groei van de warmtebesparing van 11,6 PJ (9,8 tot 13,4 PJ) en een groei van de elektriciteitsbesparing van 0,69 (0,62 tot 0,76) miljard kWh geschat. Gezamenlijk is dit 14,1 PJ (12,0 tot 16,1 PJ). Het aandeel van de warmtebesparing in dit totaal bedraagt 81 tot 83% en van de elektriciteitsbesparing 19 tot 17% (tabel 4.3).

Tabel 4.3 Schatting van de mutatie van de totale energiebesparing en de hiermee verbonden CO₂-emissiereductie door de glastuinbouw per energiesoort in de periode 2010-2015

Energiesoort	Besparing		Reductie CO ₂ -emissie	
	PJ	%	Mton	%
Warmte	9,8-13,4	81-83	0,49 -0,67	98-99
Elektriciteit	2,2-2,7	19-17	0,01	1-2
Totaal	12,0-16,1	100	0,50 -0,68	100

CO₂-emissie reductie door warmtebesparing

Warmtebesparing vermindert de inzet van aardgas, duurzame energie en de inkoop van warmte. Alleen verminderde inzet van aardgas leidt tot reductie van de CO₂-emissie. Rekening houdend met het aandeel van de warmte-alternatieven leidde de groei van de warmtebesparing in de periode 2010-2015 tot een CO₂-emissiereductie van 0,49 tot 0,67 Mton.

CO₂-emissie reductie door elektriciteitsbesparing

Eerder in dit hoofdstuk is toegelicht dat elektriciteitsbesparing slechts voor een deel leidt tot reductie van de CO₂-emissie. Dit komt omdat elektriciteitsbesparing bij belichting vermeden inkoop betreft en inkoop elektriciteit telt niet mee bij de CO₂-emissie van de glastuinbouw (IPCC-methode). Het deel van de elektriciteitsbesparing dat niet verbonden is met 'belichting' was in 2010 0,09 TWh en in 2015 0,20 TWh. Verondersteld is dat een derde van deze elektriciteitsbesparing vermeden eigen opwekking met wk-installaties op aardgas betrof. Door deze elektriciteitsbesparing werd in 2015 5 tot 6 miljoen m³ aardgas bespaard.

De groei van de elektriciteitsbesparing leverde in de periode 2010-2015 circa 0,01 Mton CO₂-emissiereductie op. In verhouding met warmtebesparing is dit een zeer kleine bijdrage. Omdat een spreiding niet leidt tot een zichtbare verandering aan de CO₂-emissiereductie, is deze voor elektriciteitsbesparing achterwege gelaten.

Totale reductie CO₂-emissie door energiebesparing

Het totale effect van energiebesparing door de glastuinbouw op de CO₂-emissie bedroeg in de periode 2010-2015 0,50 tot 0,68 Mton. Dit was bijna volledig het resultaat van warmtebesparing (tabel 4.3).

5 Reflectie

5.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 is het saldo na de effecten van de eerste vijf invloedsfactoren op de CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 verder afgepeld met een schatting voor de invloedsfactoren intensivering en extensivering. Daaruit resteert een indirecte schatting van het effect van energiebesparing. In hoofdstuk 4 is vanuit de energiebesparingsopties een directe schatting gemaakt van het effect van energiebesparing op de CO₂-emissie in dezelfde periode.

In de volgende paragraaf zijn de resultaten van beide inschattingsmethodieken voor energiebesparing zowel op sectorniveau als op gewasniveau vergeleken. Vervolgens zijn in paragraaf 5.3 de interne en externe ontwikkelingen behandeld en in verband gebracht met intensivering, extensivering en energiebesparing. De interne ontwikkelingen betreffen de kennisontwikkeling rond energiebesparing en het Programma Kas als Energiebron. De externe ontwikkelingen betreffen de economische crisis, opbrengstprijzen glastuinbouwproducten, ontwikkelingen in de afzetmarkt, energiekosten en stimuleringsmaatregelen.

5.2 Energiebesparing

Sectorniveau

Het afpellen van de ontwikkeling van de CO₂-emissie in hoofdstuk 3 geeft als resultaat een saldo voor energiebesparing van 0,56 tot 0,68 Mton. De schatting van de energiebesparing vanuit de opties in hoofdstuk 4 geeft als resultaat een effect op de CO₂-emissie van 0,50 tot 0,68 Mton. Beide methoden komen dus uit op vergelijkbare resultaten, waarbij de laatste insteek een wat grotere spreiding heeft.

In tabel 5.1 is met dit resultaat, tabel 1.1 uit hoofdstuk 1 aangevuld met de effecten van intensivering, extensivering en energiebesparing op de CO₂-emissie. Hieruit blijkt dat de reductie van CO₂-emissie door energiebesparing uiteenloopt van 0,50 tot 0,68 Mton en het aandeel in totale reductie van de CO₂-emissie in de periode 2010-2015 25 tot 35% bedraagt. Gemiddeld is dit zo'n 30%. Hiermee is energiebesparing in de periode 2010-2015 de een na grootste invloedsfactor op de CO₂-emissie; kleiner dan het effect van de verminderde verkoop van elektriciteit (45%) en iets groter dan de krimp van het areaal (28%).

Tabel 5.1 Totaal beeld effecten invloedsfactoren CO₂-emissie glastuinbouw in de periode 2010-2015

Invloedsfactoren	Effect op CO ₂ -emissie	
	Mton	%
Areaal	-0,56	28
Verkoop elektriciteit	-0,88	45
Duurzame energie	-0,15	8
Inkoop warmte	+0,10	-5
Inkoop elektriciteit	-0,07	4
Subtotaal	-1,56	79
Intensivering	+0,28 tot +0,40	-14 tot -21
Extensivering	-0,13	7
Energiebesparing a)	-0,56 tot -0,68	28 tot 35
b)	-0,50 tot -0,68	25 tot 35
Totaal	- 1,97	100

a) Indirecte schatting vanuit verdere afpelling door intensivering en extensivering (hoofdstuk 3).

b) Directe schatting vanuit de energiebesparingsopties (hoofdstuk 4) en telt daarom niet op tot 100%.

Gewasniveau

De vergelijking van het resultaat van hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 op gewas(groep) niveau toont bij een aantal gewassen overeenkomsten, maar bij een aantal gewassen bestaan er verschillen. Er zijn gewas(groepen) met een positief en met een negatief verschil. Per saldo resulteert dit - zoals hiervoor al is gebleken - niet in grote verschillen op sectorniveau ofwel de positieve en negatieve verschillen compenseren elkaar grotendeels.

De verschillen per gewas(groep) kunnen samenhangen met het volgende :

- *Warmtelevering tussen bedrijven*

Er zijn projecten waarbij tussen glastuinbouwbedrijven warmtelevering plaatsvindt, meestal vanuit wk-installaties. Hierdoor ontstaat CO₂-emissie bij het leverende bedrijf en bij het bedrijf dat warmte afneemt, daalt de CO₂-emissie. Deze bedrijven kunnen verschillende gewassen telen. Het kwantitatief inzicht in de onderlinge warmtelevering is niet volledig. Op de CO₂-emissie op sectorniveau heeft dat geen invloed, maar het beïnvloedt wel de CO₂-emissie per gewas(groep). De grootste verschillen op gewas(groep)niveau zijn er bij de gewasgroepen waar de onderlinge warmtelevering verwacht wordt.

- *Schermgewbruik en teelttemperatuur*

In hoofdstuk 4 is gebleken dat in de glastuinbouw het schermgebruik is geïntensiveerd. Dit uit zich in een langere gebruiksduur, meerdere schermen en andere schermmaterialen. In combinatie met het intensievere schermgebruik kan in bepaalde perioden ook een hogere teelttemperatuur aangehouden worden. Door intensiever schermen zijn het extra energiegebruik en de kosten van deze intensivering lager waardoor het bedrijfseconomisch optimum opschuift. Er is dan sprake van intensivering in de vorm van een hogere teelttemperatuur in samenhang met energiebesparing en dit uit zich maar gedeeltelijk in een hoger aardgasverbruik c.q. een hogere CO₂-emissie ofwel de energiebesparing bevordert de intensivering. Dit kan een verklaring zijn waardoor bij een aantal gewassen de directe schatting van de energiebesparing anders uitkwam dan bij de indirecte. In hoofdstuk 4 is bij de schatting van de energiebesparing vanuit de opties de teelttemperatuur in beschouwing genomen bij selectiever verwarmen. Deze besparing is beschouwd als een netto-effect. Het effect van een hogere teelttemperatuur op de teelt is niet bij alle gewassen gelijk. Het ene gewas kan een positief effect tonen, maar bij andere gewassen kan dit neutraal of negatief uitpakken. In de praktijk zal de hogere teelttemperatuur dus niet voor alle gewassen de realiteit zijn. De verwachting is dat een positief effect eerder optreedt bij teelten zonder belichting. Er bestaat echter onvoldoende kwantitatief inzicht in de perioden met een hogere teelttemperatuur in combinatie met het schermgebruik.

5.3 Interne en externe ontwikkelingen

Interne ontwikkelingen

- *Kennisontwikkeling energiebesparing*

In de periode 2010-2015 is aangejaagd door het Programma KaE veel kennis ontwikkeld en overgedragen voor optimalisatie van teeltstrategieën. Enerzijds gedreven vanuit de teelt, productie en risicobeheersing en anderzijds vanuit energie- en kostenbesparing. Door KaE is en wordt onderzoek gedaan, ontwikkelingen in gang gezet en kennisoverdracht georganiseerd vooral onder de noemer van Het Nieuw Telen (HNT). Voor meer informatie wordt verwezen naar de website van KaE (www.kasalsenergiebron.nl).

- *Het Nieuwe Telen*

HNT is een innovatieve energiezuinige regelstrategie van het kasklimaat (Geelen et al., 2015). HNT maakt gebruik van natuurkundige kennis om de teelt optimaal te sturen in onder meer temperatuur, vocht, CO₂-dosering, licht en schermen. Bij de tuinders staat HNT sterk in de belangstelling, mede omdat dit een positieve invloed op de omvang en de kwaliteit van de productie kan hebben (Buurma et al., 2015) en omdat hiermee geanticipeerd kan worden op hogere energiekosten. HNT betreft

vooral toepassing van kennis en gaat niet gepaard met grote investeringen en dat sloot in de periode 2010-2015 goed aan bij de economische situatie in de glastuinbouw.

Externe ontwikkelingen

- *Economische crisis en opbrengstprijzen glastuinbouwproducten*

De periode 2010-2015 kenmerkt zich door grote verschillen in economische bedrijfsresultaten (www.agrimatie.nl). In het begin van deze periode was de mondiale economische crisis ook voor de Nederlandse glastuinbouw duidelijk merkbaar. Dit leidde tot lagere opbrengstprijzen voor de glastuinbouwproducten. Aan het einde van deze periode trad herstel op.

De economische tegenwind, strengere eisen voor financiering van investeringen en vermindering van de waarde van onroerend goed (kassen en grond) hebben de investeringen door de Nederlandse glastuinbouw in de periode tot en met 2014 sterk geremd. Er werden weinig nieuwe kassen gebouwd en men was terughoudend met vervangingsinvesteringen. Pas in 2015 kwam hier verandering in.

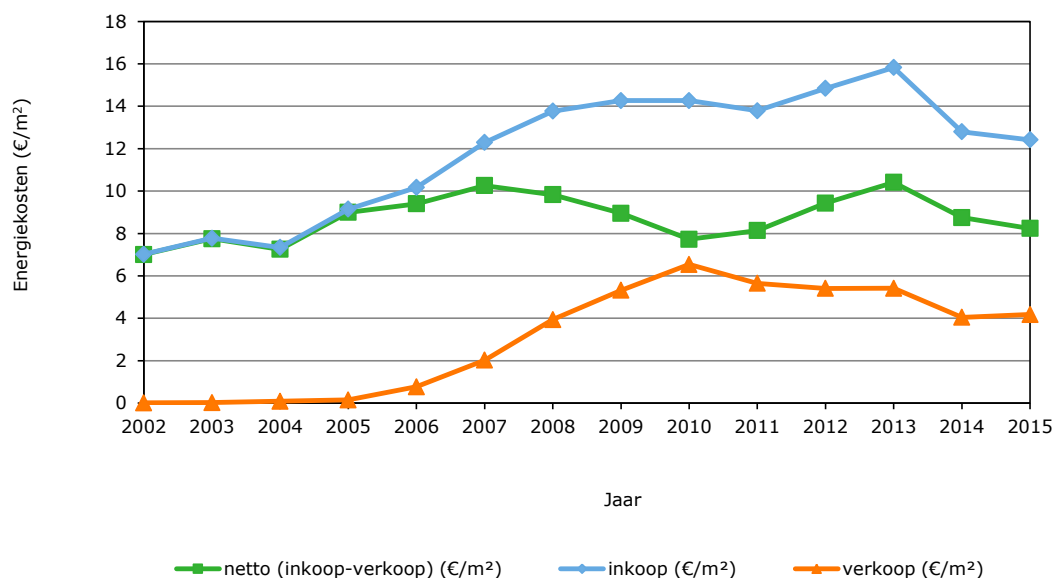
- *Ontwikkeling in de afzetmarkt*

Door toenemende vraag vanuit de markt met hoge opbrengstprijzen in duurdere marktsegmenten in de winterperiode (Van der Velden et al., 2012) verschoof de glastuinbouwproductie verder naar de winterperiode. Deze ontwikkeling is ook te vinden in de toename van de export van diverse producten in de winterperiode. Daarnaast stond de teelt van bepaalde producten onder druk van sterke internationale concurrentie. Zo is de krimp van het areaal snijbloemen en vooral van rozen voorgezet door internationale concurrentie en is de teelt van tomaten met belichting in de winterperiode vanuit de marktvraag verder toegenomen.

- *Energiekosten*

In 2010 lagen de netto energiekosten per m² op een relatief laag niveau (figuur 5.1). De energieprijzen waren relatief laag en de spark spread (het verschil tussen de inkoopprijs voor aardgas en de verkoopprijs voor elektriciteit) was gunstig voor de exploitatie van en de verkoop van elektriciteit vanuit wk-installaties. In de eerste jaren van de periode 2010-2015 namen de aardgasprijzen echter toe. Daarentegen daalden de verkoopprijzen voor elektriciteit. Hierdoor werd de spark spread negatief beïnvloed en nam de verkoop en hiermee de opbrengsten van elektriciteit af. Ook groeide de elektriciteitsconsumptie vooral door toename van de belichting. Per saldo namen de netto energiekosten per m² toe (figuur 5.1).

In de laatste jaren lieten de energieprijzen een substantiële daling zien waardoor de netto-energiekosten per m² weer lager werden en bijna gelijk werden aan het niveau in 2010. De spark spread voor de wk-installaties bleef echter ongunstig. Het produceren van elektriciteit voor de teelt werd hierdoor aantrekkelijker en voor de verkoop juist onaantrekkelijker.



Figuur 5.1 Gemiddelde energiekosten glastuinbouw (€/m²) a)

a) Cijfers 2015 voorlopig.

Bron: Bedrijveninformatienet van Wageningen Economic Research.

- *Stimuleringsmaatregelen*

In de periode 2010-2015 waren er gefinancierd vanuit de overheid en deels als onderdeel van KaE stimuleringsmaatregelen om de verduurzaming van het energiegebruik te bevorderen. Deze investerings-, exploitatie- en fiscale regelingen³ waren in de praktijk een stimulans voor energiebesparing. Zo is door de IRE specifiek schermen op extensieve bedrijven gestimuleerd (Buurma en Smit, 2014).

Invloed op intensivering, extensivering en energiebesparing

Door meer vraag naar glastuinbouwproducten in de winterperiode is de intensivering in de vorm van belichting gestimuleerd. Dit kreeg een extra stimulans door daling van de energieprijzen en vooral de elektriciteitsprijzen. Door de crisis en de internationale concurrentie was er echter ook krimp van het areaal van een aantal energie-intensieve gewassen waardoor er ook extensivering ontstond. In het begin van de periode 2010-2015 hebben de glastuinbouwondernemers geanticipeerd op de verminderde opbrengsten voor de tuinbouwproducten en toegenomen energiekosten. Dit heeft geleid tot energiebesparing vanuit het oogpunt kostenbesparing.

Door de kennisontwikkeling en kennisoverdracht vanuit vooral KaE over energiebesparing in combinatie met verbetering van de productie en kwaliteit is het inzicht in mogelijke energiebesparing door energiezuinige teeltstrategieën vergroot. Dit betrof vooral kennis van het kasklimaat en besparing van warmte.

Ondanks de dalende energiekosten heeft de energiebesparing zich in de latere jaren van de periode 2010-2015 voortgezet. Dit betekent dat deze energiebesparing in deze jaren niet primair voortkwam vanuit de kostenbesparing, maar vooral te maken had met toepassen van nieuwe kennis in combinatie met positieve effecten op productie en kwaliteit van de tuinbouwproducten.

Energiebesparing had dus in de eerste jaren van de periode 2010-2015 vooral een relatie met kostenbesparing en in de jaren daarna vooral met kennistoepassing op het grensvlak van teeltoptimalisatie en energiebesparing.

³ De regelingen met specifiek elementen voor energiebesparing in de glastuinbouw waren in de periode 2010-2015: de Investeringsregeling Energiebesparing (IRE), de subsidie Investeringsregeling Milieuvriendelijke maatregelen (IMM), de willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil), de Energie-Investeringsaftrek (EIA) en de Milieu-Investeringsaftrek (MIA), de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil) maar ook de MEI regeling (Marktintroductie energie-innovaties voor de glastuinbouw).

6 Conclusies

Intensivering en extensivering

- In de glastuinbouw is door verandering van vraag vanuit de afzetmarkt sprake van intensivering en extensivering. Door intensivering is in de periode 2010-2015 de jaarlijkse CO₂-emissie van de glastuinbouw toegenomen met circa +0,28 tot +0,40 Mton. Door extensivering daalde de CO₂-emissie met 0,13 Mton. Het gezamenlijke effect bedraagt +0,15 tot +0,27 Mton. Het effect van de intensivering is in deze periode dus groter dan van de extensivering.
- De intensivering hangt vooral samen met de toename van de winterproductie waardoor zowel de warmtevraag de elektriciteitsconsumptie binnen de gewassen is toegenomen. De extensivering hangt vooral samen met de krimp van het areaal met energie-intensieve gewassen.
- De extra elektriciteitsconsumptie heeft minder impact op de CO₂-emissie omdat de toegenomen elektriciteitsconsumptie vooral wordt ingekocht en inkoop van elektriciteit niet leidt tot CO₂-emissie door de glastuinbouw (IPCC-methode).
- Uit de verdere afpelling van de ontwikkeling van de CO₂-emissie van de glastuinbouw in de periode 2010-2015 voor intensivering en extensivering volgt indirect een saldo voor energiebesparing van 0,56 tot 0,68 Mton.

Energiebesparing

- Uit de directe schatting van de energiebesparing vanuit de besparingsopties resulteert in de periode 2010-2015 een reductie van de jaarlijkse CO₂-emissie in de glastuinbouw van 0,50 tot 0,68 Mton.
- Deze reductie van de CO₂-emissie komt voort uit een warmtebesparing van 9,8 tot 13,4 PJ en een elektriciteitsbesparing van 0,62 tot 0,76 miljard kWh (2,2 tot 2,7 PJ). In totaal is de besparing 12,0 tot 16,1 PJ.
- Het aandeel van de warmtebesparing bedraagt 81 tot 83% en van de elektriciteitsbesparing 19 tot 17%.
- De warmtebesparing is voor het grootste deel gerealiseerd door het gebruik van schermen en door selectief ventileren en selectief verwarmen. Samen namen deze drie opties 95% van de warmtebesparing voor hun rekening. Deze opties zijn alle drie elementen van Het Nieuwe Telen.
- Binnen de schermen had het tweede scherm de grootste bijdrage. Nieuwe kassen hadden een aandeel van 5%.
- De bijdrage aan de energiebesparing door de opties rookgassen uit de wk voor CO₂-dosering en de rookgascondensor op de ketel liep terug. Dit kwam doordat het gebruik van zowel de wk-installaties als van de ketels is verminderd in de periode 2010-2015. Het voorgaande betekent dat de energiebesparing is verschoven van het ketelhuis naar de teelt in de kas.
- De elektriciteitsbesparing is voor het grootste deel gerealiseerd door de selectief belichten en efficiëntere lampen. Samen namen deze twee opties ruim 80% van de elektriciteitsbesparing voor hun rekening.

Effect CO₂-emissie

- De indirecte schatting van het effect op de CO₂-emissie door energiebesparing en de directe schatting van de energiebesparing en het effect hiervan op de CO₂-emissie, beiden op sectorniveau, komen overeen. De spreiding bij de directe schatting is wat groter dan bij de indirecte schatting.
- De glastuinbouw heeft in de periode 2010-2015 door energiebesparing de CO₂-emissie op jaarbasis met 0,50 tot 0,68 Mton gereduceerd. Dit is circa een 30% van de reductie van de CO₂-emissie in de periode 2010-2015.
- Het effect van de energiebesparing op de CO₂-emissie komt grotendeels (meer dan 98%) door de warmtebesparing. De elektriciteitsbesparing is minder groot en resulteert vooral in vermeden inkoop van elektriciteit en dit leidt niet tot reductie van de CO₂-emissie van de glastuinbouw.

Interne en externe invloeden

- In het begin van de periode 2010-2015 had de energiebesparing vooral een relatie met kostenbesparing die voortkwam uit de externe ontwikkelingen als economische crisis, lagere opbrengstprijzen voor de glastuinbouwproducten en de hogere energiekosten. In de jaren daarna hing de energiebesparing vooral samen met kennis toevoeging rond teeltoptimalisatie en energiebesparing. De kennisontwikkeling en -overdracht over energiebesparing binnen de glastuinbouw is vooral gestimuleerd vanuit het programma Kas als Energiebron. Daarnaast hebben stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid een rol gespeeld.

Literatuur en websites

- Buurma, J.S. en P.X. Smit, *Voetsporen van IRE-schermen; Wegwijzer naar een versnelde praktijkintroductie van Het Nieuwe Telen*. Rapport 2015-002. LEI Wageningen UR, 2014.
- Buurma, J.S., P.J. Beers en P.X. Smit, *Sociale dynamiek in Het Nieuwe Telen*. Rapport 2015-051. LEI Wageningen UR, 2015.
- Energieakkoord voor duurzame groei, SER, 2013.*
- Geelen, P.A.M., J.O. Voogt en P.A. van Weel. *De basisprincipes van Het Nieuwe Telen*. Kas als Energiebron, 2015.
- Hemming, S., Esteban Baeza, Vida Mohammadkhani and Bram van Breugel, *Measurement method of radiation exchange, air permeability and humidity transport and a calculation method for energy saving Energy saving screen materials*, Report GTB-1431, Bleiswijk, 2016.
- Meerjarenafspraak Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020, Den Haag, 2014.
- Velden, N. van der, *Recent developments and market opportunities for IPM in greenhouse tomatoes in southern Europe*. LEI Memorandum 12-077, LEI Wageningen UR, The Hague, 2012.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Groei elektriciteitsconsumptie glastuinbouw; Hoe verder?*. Rapport 2013-022. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2013.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Quick Scan bijdrage energiebesparing Glastuinbouw Energieakkoord duurzame groei*. Vertrouwelijk notitie. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2014.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2015*. Rapport 2016-099. Wageningen Economic Research, Den Haag, 2016a.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Protocol Energiemonitor Glastuinbouw; Versie tot en met 2015*. Nota 2016-099a. Wageningen Economic Research, Den Haag, 2016b.
- Velden, N.J.A. van der en P. Smit, *Prognose CO₂-emissie glastuinbouw 2020*. Rapport 2016-067. Wageningen Economic Research, Den Haag, in voorbereiding.
- Versnellingsplan voor Het Nieuwe Telen, Website KaE, 2014.

www.kasalsenergiebron
www.agrimatie.nl

Bijlage 1 Bedrijven en organisaties met ervaringsdeskundigen

Bedrijf / Organisatie	Expertise
LTO Glaskracht Nederland	Kas als Energiebron; opties elektriciteit
LTO Glaskracht Nederland	Kas als Energiebron; het nieuwe telen
Ministerie van Economische Zaken	Kas als Energiebron; energiebesparing
Van Nature	Glasgroente
Harvest House	Tomaat
Harvest House	Paprika
Kompany	Komkommer
Purple Pride	Aubergines
Prominent	Tomaat
Hoogendoorn	Kasklimaat
WUR glastuinbouw	Kasklimaat
Hortilux	Groeilicht
Ludvig Svensson	Energieschermen
AABNL	Bouw en elektriciteit
AABNL	Energievoorziening en warmte
Agro Energy	Energieleverancier
Certhon	Kassen en installaties
Prominent	Tomaat-energie
LTO Glaskracht Nederland	Teelttemperatuur en belichting pot- en perkplanten
DLV Bouw en Energie	Belichting
Delphy	Paprika
Delphy	Chrysant
Delphy	Roos
Delphy	Kamerplanten
Diverse glastuinbouw ondernemers	Gewas specifiek

Bijlage 2 Gewassen en gewasgroepen

Gewassen	Landbouwtelling	Energiemonitor
Groente en fruit		
Tomaat totaal	+	+
Paprika totaal	+	+
Komkommer	+	+
Aubergine	+	+
Aardbei onder glas	+	+
Aardbei plastic tunnels	+	+
Radijs	+	+
Overige groenten	+	
Fruit onder glas	+	
Groentezaden	+	+
Opkweek groenten	+	
Bloemkwekerij		
Roos	+	+
Chrysant	+	+
Gerbera	+	+
Lelie	+	+
Freesia	+	+
Anjer	+	+
Alstroemeria	+	+
Anthurium	+	+
Lisianthus	+	+
Orchidee/cymbidium	+	+
Amaryllisbollen	+	+
Overige snijbloemen	+	
Overige bloemkwekerijgewassen	+	
Bloemenzaden	+	+
Opkweekmateriaal bloemkwekerijgewassen	+	
Bloeiende potplanten	+	+
Bladpotplanten	+	
Perkplanten	+	+
Boomkwekerij en vaste planten	+	+

Bijlage 3 Consistentiechecks, referentie energiebesparing en omrekeningsfactoren

In deze bijlage zijn de consistentiechecks (hoofdstuk 3), de referenties voor de energiebesparing (hoofdstuk 4) en de omrekeningsfactoren uiteengezet. Deze consistentiechecks en referenties hebben beiden betrekking op gewas(groep) niveau.

Energiebalans

De energiebalans van een glastuinbouwbedrijf is schematisch weergegeven in figuur B3.1. In deze figuur is een splitsing gemaakt naar de energievraag en de voorziening.

De energievraag bestaat uit elektriciteit en warmte. De elektriciteitsvraag bestaat uit belichting en overige elektriciteitsconsumptie en is uitgedrukt in kWh. De warmtevraag bestaat uit verwarming en stomen en is uitgedrukt in m³ a.e. De energievoorziening bestaat uit het openbare elektriciteitsnet, het aardgasnet, de wk-installatie, de ketel en de alternatieve warmtebron⁴. De alternatieve warmte kan zowel productie door het glastuinbouwbedrijf als inkoop zijn. Bij de voorziening is ook de verkoop van elektriciteit in beschouwing genomen.

In werkelijkheid zal niet alle energievraag en zullen niet alle voorzieningsopties bij alle bedrijven voorkomen en dan dus gelijk zijn aan nul. De energiestromen tussen de bronnen en de vraag zijn met pijlen aangegeven. Onderscheid is gemaakt naar energiestromen waarvan meetgegevens beschikbaar zijn, die zijn geschat en die zijn berekend.

De volgende meetgegevens zijn beschikbaar:

- inkoop aardgas totaal (m³)
- inkoop elektriciteit (kWh)
- verkoop elektriciteit (kWh)
- inkoop of productie alternatieve warmte (GJ)

De volgende gegevens zijn geschat (paragraaf 3.1):

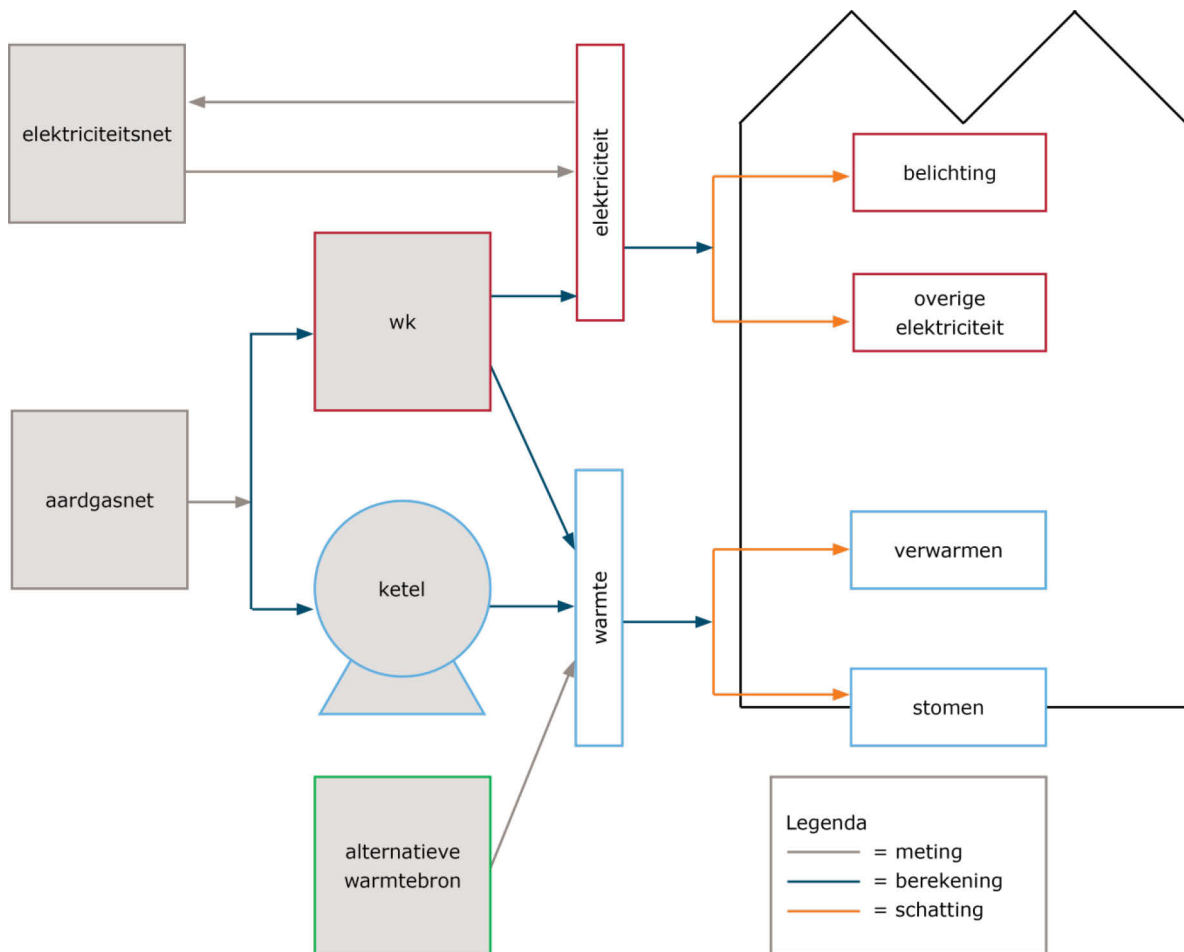
- elektriciteitsvraag belichting (kWh)
- overige elektriciteitsvraag (kWh)
- warmtevraag verwarming (m³ a.e.)
- warmtevraag voor stomen (m³ a.e.)

Rekenregels berekeningen

Hierna zijn de rekenregels voor de berekende variabelen beschreven. Deze beschrijving start bij de elektriciteitsvraag en eindigt bij de warmtevraag.

elektriciteitsvraag totaal = elektriciteitsvraag belichting + overige elektriciteitsvraag

⁴ Voor de eenvoud in het schema is de (incidentele) wk-installatie op duurzame brandstof buiten beschouwing gelaten.



Figuur B3.1 Schematische energiebalans van een glastuinbouwbedrijf

elektriciteitsproductie met de wk = elektriciteitsvraag totaal – inkoop elektriciteit + verkoop elektriciteit

aardgasverbruik wk-installatie = elektriciteitsproductie wk-installatie x factor a⁵

warmteproductie wk-installatie = aardgasverbruik wk-installatie - aardgasverbruik elektriciteitsproductie wk-installatie

aardgasverbruik ketel = inkoop aardgas totaal – aardgasverbruik wk-installatie

aardgasverbruik elektriciteitsproductie wk-installatie = elektriciteitsproductie wk-installatie x factor b⁵

warmteproductie ketel = aardgasverbruik ketel

warmte aanbod = warmteproductie wk-installatie + warmteproductie ketel + warmte uit alternatieve bron

warmtevraag totaal = warmtevraag voor verwarmen + warmtevraag voor stomen

Consistentiecheck

Op basis van het voorgaande is een check op de warmtevraag uitgevoerd. Het warmte-aanbod minus de warmteconsumptie moet ongeveer gelijk zijn aan nul.

⁵ De factoren die hier worden gebruikt zijn verschillend (zie onder omrekeningsfactoren).

Handelsdata

Naast de checks van de energiehoeveelheden is er voor de intensivering en extensivering binnen gewassen ook gekeken naar handelsdata. Dit betreft voor de sierteelt de ontwikkelingen van de veilingomzet (stuks) van de afzonderlijk producten (Nederlands product) en bij de groente de Nederlandse exporthoeveelheden (ton) van de belangrijkste producten, beiden per week over meerdere jaren. Met deze jaarlijkse aanvoerpatronen zijn de mutaties in teeltperioden en de verschuiving naar belichting binnen de gewassen getoetst.

Referentie energiebesparing

Onderstaande variabelen zijn gebuikt als referentie voor de energiebesparing (hoofdstuk 4):

- De elektriciteitsconsumptie totaal is de referentie voor de elektriciteitsbesparing.
- Het warmteaanbod is de referentie voor de warmtebesparing op gewas(groep)niveau. Dit is de warmte die in warm water beschikbaar is en is dus exclusief de warmte afkomstig van de belichting.

Omrekeningsfactoren

Hierna zijn diverse omrekeningsfactoren opgenomen die zijn gebruikt in dit onderzoek. Deze factoren zijn overgenomen vanuit het Protocol (van der Velden en Smit, 2016b) behorende bij de *Energiemonitor glastuinbouw*.

De onderste verbrandingswaarde van aardgas bedraagt $31,65 \text{ MJ/m}^3$.

Bij de verbranding van 1 m^3 aardgas komt $1,798 \text{ kg CO}_2$ vrij ($56,8 \text{ kg CO}_2$ per GJ).

In een wk-installatie wordt met 1 m^3 aardgas gemiddeld $3,52 \text{ kWh}$ elektriciteit gemaakt (factor b). Rekening houdend met de warmtebenutting uit de wk-installatie is voor de productie van 1 kWh elektriciteit in een wk-installatie gemiddeld $0,1522 \text{ m}^3$ aardgas nodig (factor a).

$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

Bijlage 4 Toelichting intensivering en extensivering binnen gewassen en gewasgroepen

Inleiding

In deze bijlage wordt de kwantificering van de intensivering en extensivering per gewas en per gewasgroep toegelicht. Onderscheid is gemaakt naar warmte en elektriciteit.

a. **Warmte**

Bij intensivering en extensivering in relatie tot de warmtevraag gaat het om mutaties in teeltduur en teeltemperatuur maar ook om het aardgasverbruik voor stomen. Onderscheid is gemaakt naar voedingsgewassen (groente en fruit) en naar siergewassen (bloemen en planten).

Mutaties in teeltemperatuur zijn vrijwel volledig ingegeven vanuit kostenbesparing en energiebesparing en niet vanuit mutaties in de afzetmarkt. De teeltemperatuur is daarom vooral relevant voor energiebesparing (hoofdstuk4).

Voedingsgewassen (groente en fruit)

Bij groente en fruit is gekeken naar de verschuivingen per gewas in teeltduur:

- Bij tomaat hangen deze verschuivingen samen met de belichting; dit komt aan bod bij elektriciteit.
- Bij paprika is een iets verkorte gemiddelde teeltduur zowel aan het begin en aan het einde van de teelt geconstateerd.
- Bij komkommer hebben we te maken met 1, 2 en 3 teelten komkommer gedurende het jaar. Daarbij wordt 2 teelten komkommer op een deel van het areaal gecombineerd met een nateelt tomaat. De genoemde teelten hebben een verschillende teeltduur en een verschillend areaal en in de periode 2010-2015 zijn daarin mutaties opgetreden. Zo is het areaal met 1 korte teelt van het einde van de winter t/m het najaar gekrompen. Zo ook de 2 teelten komkommer met nateelt tomaat. Het eerste geeft een hoger en het tweede een lager gemiddeld energiegebruik bij komkommer. Per saldo is door het totaal van de ontwikkelingen de gemiddelde warmtevraag per m² bij komkommer iets gedaald.
- Bij aubergines en aardbei onder glas is geen verschuiving in teeltduur waargenomen.
- Bij aardbeien geteeld in plastic tunnels is verondersteld dat dit zonder verwarming plaatsvindt.
- Bij fruit is geen verandering in teeltduur waargenomen.
- De gewasgroep overige groente bestaat uit meerdere afzonderlijke gewassen zoals courgettes, bladgewassen, asperge en radijs. Deze gewassen hebben binnen de totale groep allen een eigen areaal en gemiddeld energiegebruik per m² kas. In de periode 2010-2015 is binnen de totale groep een beperkte verschuiving naar de intensievere gewassen waargenomen waardoor de gemiddelde warmtevraag is toegenomen.
- Bij de gewasgroep uitgangsmateriaal groente is een opsplitsing gemaakt naar zaden en opkweek. Bij zaden is energievraag (warmte en elektriciteit) kleiner dan bij opkweek en het aandeel zaden in het totaal areaal in deze groep is belangrijker geworden waardoor de gemiddelde warmtevraag is afgenomen.

Siergewassen (bloemen en planten)

Veel siergewassen worden jaarrond geteeld en vaak in combinatie met belichting. Bij deze gewassen zijn er daardoor niet echt verschuivingen in teeltduur en vindt er intensivering plaats door belichting en dat is in beschouwing genomen bij elektriciteit. Verschuiving in teeltduur kan wel voorkomen bij de gewassen met een beperkt areaal belichting: overige bloemen, overige bloemkwekerij, perkplanten en boomkwekerij en vaste planten. Binnen de potplanten kunnen er ook veranderingen optreden in de geteelde producten.

- Bij perkplanten is geen verschuiving in de teeltperiode waargenomen.

- Bij de boomkwekerij en vaste planten wordt weinig energie per m² kas gebruikt (gemiddeld 1 tot 3 m³/m²). Bij dergelijke lage gebruiken zal de energiebesparing niet substantieel zijn waardoor bij dit gewas de mutatie in het aardgasverbruik in de periode 2010-2015 is beschouwd als intensivering.
- Bij de gewassen chrysant en Lisianthus is meer aardgas aangewend voor stomen.
- De gewasgroepen overige bloemen en overige bloemkwekerij bestaan uit meerdere afzonderlijke gewassen. De gewassen binnen deze groepen hebben een eigen areaal en gemiddeld energiegebruik per m² kas. In de periode 2010-2015 is binnen beide groepen een beperkte verschuiving naar de intensievere gewassen waargenomen waardoor de gemiddelde warmtevraag is toegenomen.
- Bij de gewasgroep potplanten is onderscheid gemaakt naar bloeiende planten en naar bladplanten. Binnen deze twee subgroepen is onderscheid gemaakt naar de belangrijkste producten. Voor de belangrijkste potplanten (top 30 aanvoer Nederlands product) is de gemiddelde teelttemperatuur per product geschat. Vervolgens is dit met marktdata over de aanvoerhoeveelheden per product gewogen naar een totaal gemiddelde teelttemperatuur. Hieruit blijkt een kleine toename in gemiddelde teelttemperatuur bij de bloeiende planten en een kleine afname bij de bladplanten.
- Bij de gewasgroep uitgangsmateriaal groente is een opsplitsing gemaakt naar zaden en opkweek (stek). Bij zaden is de energievraag (warmte en elektriciteit) kleiner dan bij opkweek en het aandeel zaden in het totaal areaal in deze groep is belangrijker geworden waardoor de gemiddelde warmtevraag is afgenomen.

b. **Elektriciteit**

Bij intensivering en extensivering in relatie tot de elektriciteitsvraag gaat het vooral om mutaties bij de belichting en in beperkte mate om het overige elektriciteitsverbruik.

Het extra aardgasverbruik (m³/m²) in relatie tot de elektriciteitsvraag is als volgt gekwantificeerd. Als eerste stap is de gemiddelde elektriciteitsvraag per gewas (kWh/m²) in beeld gebracht voor 2010 en 2015. Bij belichting is dit bepaald door het product van het elektrisch vermogen (We/m²) en de gebruiksduur (uur/jaar) van de belichting. Hieruit volgt een gemiddelde elektriciteitsvraag door belichting (kWh/m²). Vervolgens is op basis van het areaal per gewas(groep) en het aandeel belichting hierin de gemiddelde elektriciteitsconsumptie voor belichting per gewas(groep) bepaald. De gemiddelde overige elektriciteitsvraag (kWh/m²) per gewas is geschat en hierbij opgeteld. Daarna is het verschil tussen 2010 en 2015 bepaald.

Tot slot is dit verschil uitgedrukt in mutatie in het aardgasverbruik per m². Hierbij is onderscheid gemaakt naar de eigen productie met de wk-installaties (met aardgasverbruik op de glastuinbouwbedrijven) en naar inkoop (zonder aardgasverbruik op de glastuinbouwbedrijven). Ook is rekening gehouden met de warmte die vanuit de belichting beschikbaar komt in de kassen. Hiervoor is een aandeel genomen van de elektriciteitsconsumptie door de lampen en (een beperkt deel) door de overige apparatuur. Het aandeel bij de lampen is afhankelijk gesteld van het lampvermogen (We/m²). Hierbij is er dus ook warmte toevoer in de kas vanuit de inkoop van elektriciteit.

Bij tomaat zijn er substantiële mutaties in het areaal belichting en hiermee samenhangend mutaties in de teeltperiode. Dit is gezamenlijk gekwantificeerd vanuit het verschil aardgasverbruik tussen tomaten bedrijven met en zonder belichting. Deze informatie is voor het gewas tomaat beschikbaar.

Wageningen Economic Research
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.nl/economic-research

Wageningen Economic Research
RAPPORT
2017-060

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Economic Research
P.O. Box 29703
2502 LS Den Haag
The Netherlands
E communications.ssg@wur.nl
www.wur.eu/economic-research

Report 2017-060
ISBN 978-94-6343-603-8

The mission of Wageningen University and Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". Under the banner Wageningen University & Research, Wageningen University and the specialised research institutes of the Wageningen Research Foundation have joined forces in contributing to finding solutions to important questions in the domain of healthy food and living environment. With its roughly 30 branches, 5,000 employees and 10,000 students, Wageningen University & Research is one of the leading organisations in its domain. The unique Wageningen approach lies in its integrated approach to issues and the collaboration between different disciplines.

