



Protocol Energiemonitor Glastuinbouw

Vernieuwde versie tot en met 2016

N.J.A. van der Velden en P.X. Smit

Protocol Energiemonitor Glastuinbouw

Vernieuwde versie tot en met 2016

N.J.A. van der Velden en P.X. Smit

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Economic Research in opdracht van de Stichting Programmafonds Glastuinbouw/LTO Glaskracht Nederland en het ministerie van Economische Zaken (EZ).

Wageningen Economic Research
Wageningen, oktober 2017

NOTA
2017-094b

Velden, N.J.A. van der en P.X. Smit, 2017. *Protocol Energiemonitor Glastuinbouw; Vernieuwde versie tot en met 2016*. Wageningen, Wageningen Economic Research, Nota 2017-094b. 42 blz.; 5 fig.; 3 tab.; 40 ref.

Trefwoorden: energie, CO₂-emissie, energie-efficiëntie, duurzame energie, warmtekrachtkoppeling, wk-installaties, elektriciteit glastuinbouw

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/424125> 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 Nota 2017-094b | Projectcode 2282200274

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Definities en conceptuele methodiek	7
2.1	Indicatoren	7
2.2	Areaal glastuinbouw	10
2.3	Energie-input en -output	11
2.4	Sommatie energiesoorten	12
2.4.1	Energiegebruik	12
2.4.2	CO ₂ -emissie en IPCC-methode	12
2.4.3	Primair brandstofverbruik	13
2.4.4	Duurzame energie	13
2.4.5	Verkoop van energie	13
2.4.6	CO ₂ -emissie en elektriciteitsverkoop	14
2.5	Temperatuurcorrectie	14
2.6	Elektriciteitsbalans	14
2.7	Fysieke productie	15
3	Databronnen en werkwijze	17
3.1	Benodigde data	17
3.2	Gebruikte data	17
3.3	Werkwijze	18
3.3.1	Energie-input en -output	18
3.3.2	Duurzame energie	19
3.3.3	Energiegebruik	21
3.3.4	CO ₂ -emissie	21
3.3.5	Primair brandstof	21
3.3.6	Temperatuurcorrectie	22
3.3.7	Elektriciteitsbalans	23
3.3.8	Fysieke productie	23
	Literatuur en websites	25
Bijlage 1	Inhoudelijke uitwerking splitsing CO₂-emissie	28
Bijlage 2	Uitgangspunten en factoren primair brandstof voor inkoop en verkoop elektriciteit en inkoop warmte	30
Bijlage 3	Uitwerking met voorbeeldberekeningen factoren primair brandstof	32
Bijlage 4	Relaties temperatuurcorrectie	34
Bijlage 5	Kwantificering sanering wk-vermogen tuinders	36
Bijlage 6	Effecten energiebronnen op energie-efficiëntie en CO₂-emissie	38

1 Inleiding

Energie-indicatoren glastuinbouw

De glastuinbouw kent drie indicatoren rond het energiegebruik waarover in diverse convenanten en andere overeenkomsten (*Meerjarenaafsprak*, 1992; *Convenant*, 1997; *aanvullend Convenant*, 2002; *Brief*, 2007; *Convenant*, 2008; *Convenant 2011*, *Meerjarenaafsprak 2014-2020*, *Brief 2017*), doelstellingen, ambities of afspraken met de landelijke overheid zijn overeengekomen:

1. de CO₂-emissie
2. de energie-efficiëntie en
3. het aandeel duurzame energie.

In de *Meerjarenaafsprak Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020* is de totale CO₂-emissie centraal komen te staan en zijn de doelen voor de CO₂-emissie teelt, de energie-efficiëntie en het aandeel duurzame energie verlaten, maar blijven pijlers voor de emissiereductie.

Protocol

Wageningen Economic Research, voorheen LEI Wageningen UR, voert jaarlijks de Energiemonitor Glastuinbouw uit waarin de stand van de indicatoren wordt vastgesteld. Bij deze monitor behoort een *Protocol*. In dit *Protocol* zijn de definities, de conceptuele methodiek, de gebruikte databronnen en de werkwijze vastgelegd. Dit betreft de periode 2000-2016.

Rond het energiegebruik in de glastuinbouw vinden vele ontwikkelingen plaats waarover aanvullende informatie nodig is. Ook kunnen eerder beschikbare databronnen wegvallen. Binnen de Energiemonitor Glastuinbouw wordt daarom continu gezocht naar aanvullende databronnen. Ook wijzigen jaarlijks omrekeningsfactoren, bijvoorbeeld ter bepaling van het primair brandstofverbruik.

De conceptuele onderdelen van het *Protocol* (hoofdstuk 2) staan vast. De jaarlijkse verbeteringen en aanvullingen staan in hoofdstuk 3, Databronnen en werkwijze. De vernieuwde versies van het *Protocol* met deze verbeteringen en aanvullingen worden jaarlijks gepubliceerd op de website van Wageningen Economic Research.

Programma Kas als Energiebron

Voor het bereiken van het doel en ambities in de *Meerjarenaafsprak 2014-2020* werken de glastuinbouw en de rijksoverheid samen in het programma *Kas als Energiebron* (KaE). De ambitie van KaE is dat vanaf 2020 in nieuwe kassen op economisch rendabele wijze netto klimaatneutraal en in bestaande kassen met de helft van de fossiele brandstof ten opzichte van 2011 geproduceerd kan worden. Voor 2050 is de ambitie dat de glastuinbouw een volledig duurzame en economisch rendabele energievoorziening heeft.

Energiemonitor Glastuinbouw

Wageningen Economic Research voert de Energiemonitor Glastuinbouw uit in opdracht van de Stichting Programmafonds Glastuinbouw/LTO Glaskracht Nederland en het ministerie van Economische Zaken (EZ). In de Energiemonitor Glastuinbouw wordt jaarlijks als eerste de energie-input en -output en de fysieke productie van glastuinbouwproducten gekwantificeerd. Vervolgens wordt de ontwikkeling van de energie-indicatoren bepaald. Ook wordt een jaarlijkse elektriciteitsbalans van de glastuinbouw opgesteld. Naast de elektriciteitsinput en -output wordt hierbij ook de elektriciteitsproductie en -consumptie in kaart gebracht.

In de Energiemonitor Glastuinbouw wordt ook het effect op het primaire brandstofverbruik c.q. de energie-efficiëntie en op het fossiel brandstofverbruik c.q. de CO₂-emissie door wk-installaties (wkk) in gebruik door de glastuinbouw bepaald. Dit geldt ook voor duurzame energie en de inkoop van warmte.

Nieuwe databronnen

Door het wegvallen van databronnen die voorheen werden gebruikt en meetproblemen in de geliberaliseerde energiemarkt werd de Energiemonitor Glastuinbouw in de jaren voor 2007 bemoeilijkt. Door het beschikbaar komen en combineren van nieuwe databronnen is een inhaalslag gemaakt. Op basis daarvan zijn in 2007 de ontwikkelingen in de gehele periode 2000 tot en met 2005 (deels opnieuw) gekwantificeerd en zijn voorlopige resultaten voor 2006 bepaald (Van der Velden et al., 2007). Vervolgens zijn in de jaren na 2007 recentere resultaten bepaald (Van der Velden et al., 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015, 2016 en 2017). In alle jaren na 2007 is wederom beschikking verkregen over betere databronnen waardoor de resultaten van de afzonderlijke jaren in een latere fase zijn verbeterd. Bij de toetsing van de consistentie van de resultaten over de periode 2000-2006 ten opzichte van de periode tot en met 2000 bleek dat de resultaten van 2000 vrijwel gelijk waren bij het gebruik van de 'oude' en 'nieuwe' databronnen (Van der Velden et al., 2007).

Leeswijzer

In het protocol worden in hoofdstuk 2 de definities van de energie-indicatoren beschreven en de conceptuele methodiek uiteengezet. Hoofdstuk 3 behandelt de benodigde en gebruikte databronnen en de werkwijze. Voortbouwend op de methodiek en databronnen zet bijlage 6 de bepaling van de effecten van de wk-installaties (wkk) van de tuinders, duurzame energie en de inkoop van warmte op zowel het de energie-efficiëntie als op de CO₂-emissie uiteen.

2 Definities en conceptuele methodiek

2.1 Indicatoren

De *CO₂-emissie* wordt uitgedrukt in Mton CO₂ per jaar en wordt bepaald volgens de IPCC-methode en heeft betrekking op de gehele glastuinbouwsector.

De *energie-efficiëntie* is het primair brandstofverbruik per eenheid product van de productie-glastuinbouw, uitgedrukt in procenten van het niveau in 1980 (*Convenant*, 1997) en in procenten van het niveau in 1990 (*Convenant*, 2008).

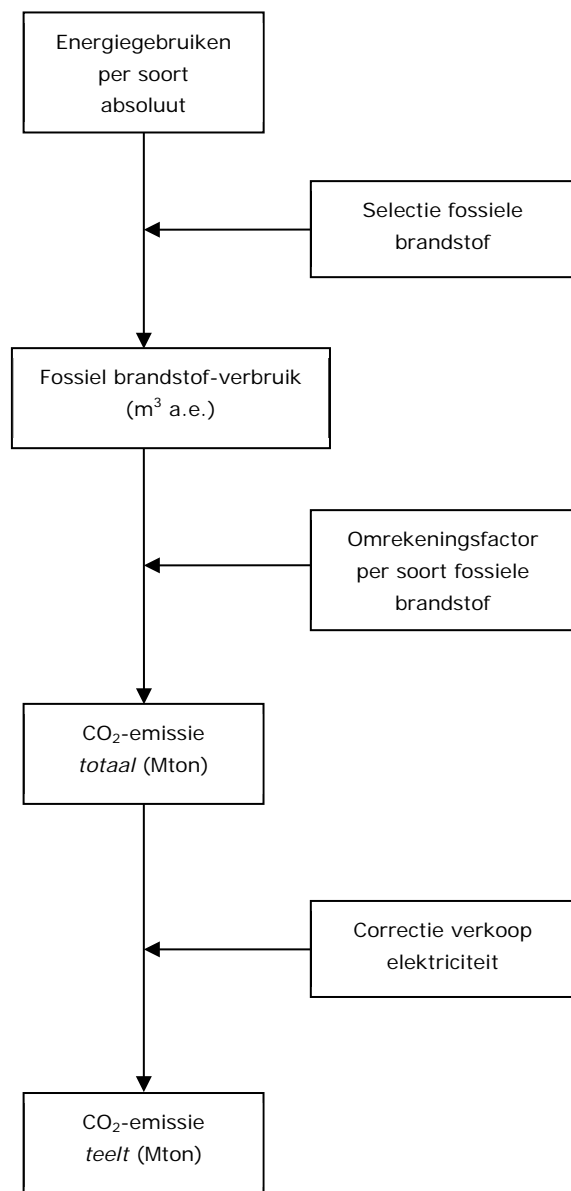
Het *aandeel duurzame energie* is het quotiënt van de werkelijk gebruikte hoeveelheid duurzame energie en het totale energiegebruik in de gehele glastuinbouw, uitgedrukt in procenten.

De definitie van de CO₂-emissie van de glastuinbouw is vastgelegd in aanvullende afspraken tussen de ministeries LNV en VROM, PT en het glastuinbouwbedrijfsleven (*Brief*, 2007). In deze brief zijn vooral de verkoop van elektriciteit en de inkoop van CO₂ van derden van belang.

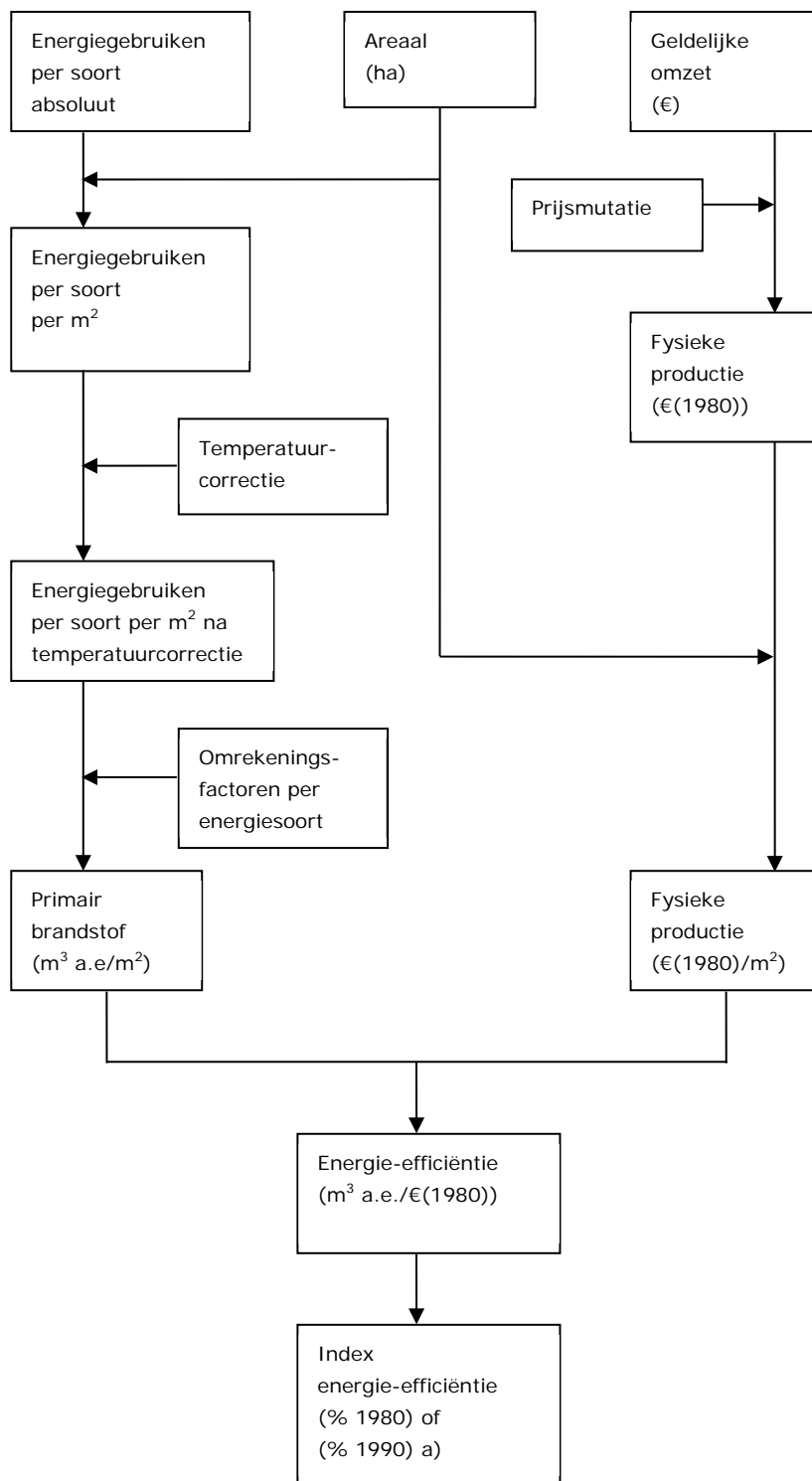
De definitie van de energie-efficiëntie is vastgelegd in *Meerjarenafpraak Energie voor de glastuinbouw* (*Meerjarenafpraak*, 1992) en het daaropvolgende *Convenant Glastuinbouw en Milieu* (*Convenant*, 1997; *Aanvullend Convenant*, 2002).

De definitie voor duurzame energie is vastgelegd in het *Convenant Glastuinbouw en Milieu* (*Convenant*, 1997) (*Aanvullend Convenant*, 2002).

De definities van de bovengenoemde indicatoren verschillen onderling ten aanzien van het areaal glas en het begrip energie. Het areaal, het begrip energie, de conceptuele methodiek van de indicatoren, de energie-input en -output, de temperatuurcorrectie, de elektriciteitsbalans en van de fysieke productie wordt uiteengezet in de volgende paragrafen. De bepaling van de CO₂-emissie is schematisch weergegeven in figuur 2.1 en van de energie-efficiëntie in figuur 2.2. Een totaaloverzicht van welk areaal, welk energiegebruik, enzovoort bij welke energie-indicator in beschouwing wordt genomen, behorend bij de uitleg in de volgende paragrafen, is weergegeven in tabel 2.1.



Figuur 2.1 Schematische weergave bepaling CO₂-emissie glastuinbouw



Figuur 2.2 Schematische weergave bepaling energie-efficiëntie productieglastuinbouw
a) Afhankelijk van het basisjaar waarin de energie-efficiëntie wordt uitgedrukt; vanaf 2009 is dit (% 1990).

Tabel 2.1 Totaal overzicht kenmerken (+) per energie-indicator

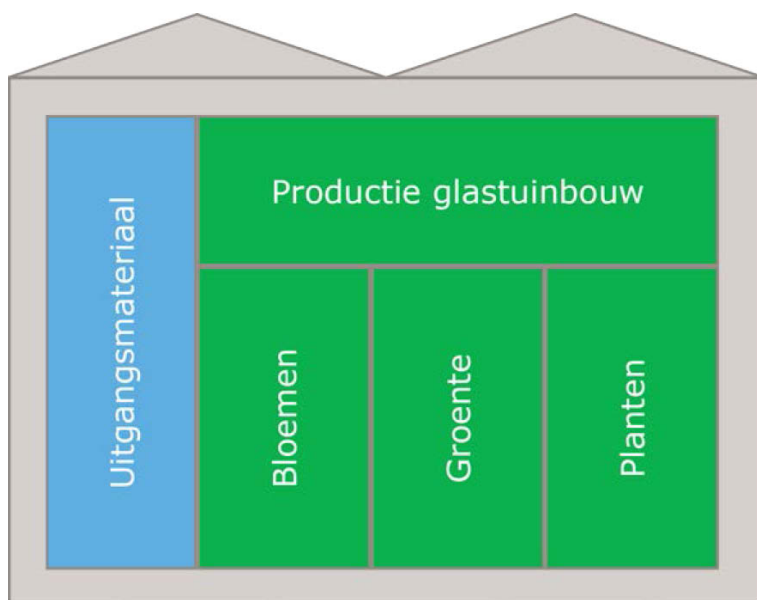
Kenmerken	Energie-indicator		
	CO ₂ -emissie	Energie-efficiëntie	Aandeel duurzaam
Areaal			
- glastuinbouw	+		+
- productieglastuinbouw		+	
Energie			
- energiegebruik			+
- primair brandstof		+	
- fossiel brandstof	+		
Meetellen energiesoorten			
		teller	noemer
- inkoop aardgas	+	+	+
- inkoop duurzaam gas		+	+
- inkoop overig fossiel	+	+	+
- inkoop warmte fossiel		+	+
- inkoop warmte duurzaam		+	+
- inkoop elektriciteit fossiel		+	+
- inkoop elektriciteit duurzaam		+	+
- productie duurzaam		+	+
- verkoop warmte		+	+
- verkoop elektriciteit	+ a)	+	+
Correctie buitentemperatuur			
		+	
Fysieke productie			
		+	

a) Dit kenmerk is van belang voor de CO₂-emissie teelt.

2.2 Areaal glastuinbouw

De glastuinbouwsector omvat zowel het areaal productieglastuinbouw als het areaal uitgangsmateriaal (figuur 2.3). De productieglastuinbouw bestaat uit de subsectoren groente (inclusief fruit), bloemen (inclusief bolbloemen) en potplanten (inclusief boomkwekerij). Het uitgangsmateriaal betreft de teelt van zaden, stek en de opkweek van jonge planten. Uitgangsmateriaal wordt gezien als toelevering (binnen en buiten de glastuinbouw) en niet als primaire productie waardoor dit areaal buiten beschouwing blijft bij de energie-efficiëntie.

De CO₂-emissie en het aandeel duurzame energie heeft betrekking op de gehele glastuinbouwsector. Bij het bepalen van deze twee indicatoren wordt het areaal uitgangsmateriaal wel meegenomen.



Figuur 2.3 Schematische weergave areaal glastuinbouw en productieglastuinbouw a)
a) Groente is inclusief fruit; bloemen is inclusief bolbloemen; potplanten is inclusief boomkwekerij.

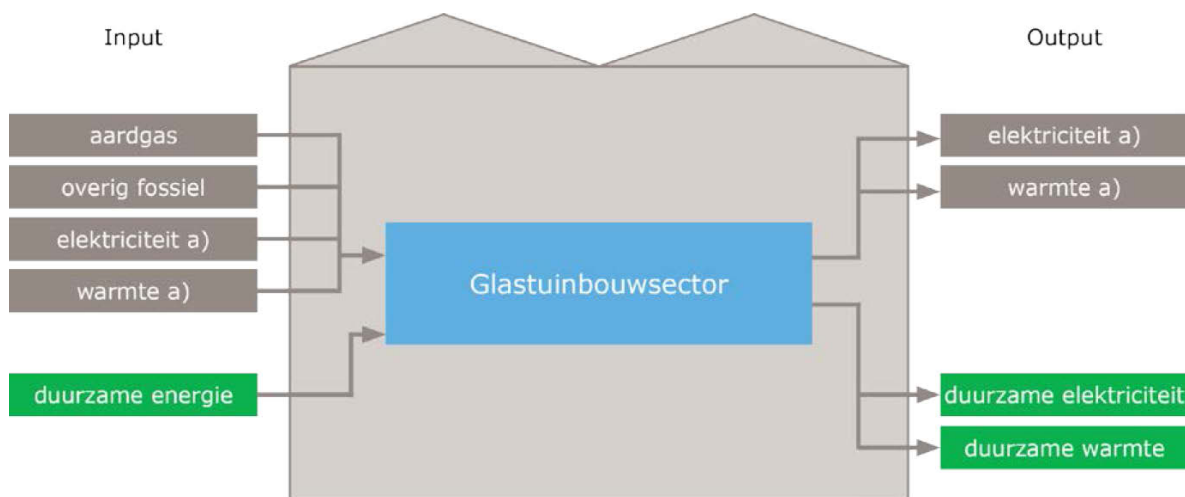
2.3 Energie-input en -output

De energie-input en -output van de Nederlandse glastuinbouw betreft meerdere soorten (figuur 2.4). Er worden aardgas en overige fossiele brandstoffen ingekocht. Elektriciteit en warmte worden ingekocht en geproduceerd en elektriciteit en warmte worden verkocht. Duurzame energie wordt ingekocht, geproduceerd en verkocht. Het aardgas wordt verbruikt in vooral ketels en wk-installaties (wkk). De overige fossiele brandstoffen zijn lichte olie, zware olie en propaan. De inkoop van warmte betreft restwarmte van elektriciteitscentrales en industrie, wk-warmte uit wk-installaties (gasmotoren) van energiebedrijven en duurzame warmte. De inkoop van elektriciteit betreft niet duurzame (grijze) en duurzame (groene) elektriciteit.

Duurzame energie is een combinatiepost en betreft de winning van zonnewarmte en aardwarmte, de inkoop van duurzame (groene) elektriciteit, centraal en decentraal geleverde duurzame (groene) warmte, centraal geleverde duurzaam (groen) gas en het gebruik van biobrandstof door glastuinbouwbedrijven. De verkoop van duurzame elektriciteit en warmte buiten de glastuinbouw betreft energie die geproduceerd is met wk-installaties (biobrandstof) van de tuinders, geproduceerde aardwarmte en elektriciteit geproduceerd met zonnecellen.

Tussen glastuinbouwbedrijven onderling wordt ook warmte geleverd. Daar de hoeveelheid verkoop door de leverende bedrijven gelijk is aan de hoeveelheid inkoop door de afnemende bedrijven zijn deze energieposten niet van belang voor de totale energie-input en -output van de productie-glastuinbouw en de glastuinbouwsector; het betreft immers interne levering. Hierbij is de onderlinge levering tussen de productieglastuinbouw en uitgangsmateriaal en andersom gelijk verondersteld.

De interne levering binnen de glastuinbouw betreft ook duurzame warmte (aardwarmte en warmte geproduceerd met biobrandstof). Deze interne warmtelevering binnen de sector is geen inkoop op sectorniveau en telt daarom mee bij de productie door deze duurzame energiebronnen (binnen de glastuinbouw) en niet als inkoop en verkoop van duurzame warmte (buiten de glastuinbouw).



Figuur 2.4 Energie-input en -output glastuinbouw
a) Niet duurzaam; b) Niet duurzaam en duurzaam.

2.4 Sommatie energiesoorten

De afzonderlijke energiesoorten zijn op verschillende manieren te sommeren; dit wordt in de volgende paragrafen uiteengezet.

2.4.1 Energiegebruik

Sommatie van de energie-input en -output op basis van energie-inhoud resulteert in het kengetal (netto-)energiegebruik. In- en verkoop van elektriciteit en warmte betreft al energie. Met de ingekochte brandstoffen wordt energie geproduceerd; van deze brandstoffen wordt zoals in nationale en internationale statistieken gebruikelijk is, de onderste verbrandingswaarde (o.w.) in beschouwing genomen. Bij het bepalen van het totale energiegebruik in de glastuinbouw telt duurzame energie mee.

2.4.2 CO₂-emissie en IPCC-methode

De CO₂-emissie wordt bepaald op basis van de Intergovernmental Panel on Climate Change methode (IPCC-methode) (NAP-II, 2007; Spakman et al., 1997; Van der Velden et al., 1998). In de IPCC-methode wordt alleen de werkelijk verstookte fossiele brandstof op glastuinbouwbedrijven in beschouwing genomen. Buiten de glastuinbouw verstookte brandstof voor levering van warmte en elektriciteit aan de glastuinbouw telt niet mee. Dit geldt ook voor de brandstofbesparing die buiten de glastuinbouw wordt gerealiseerd door energielevering vanuit de glastuinbouw (elektriciteit en warmte). De in- en verkoop van energie heeft wel invloed op de nationale en mondiale CO₂-emissie (zie ook paragraaf 2.4.2 over primair brandstof), maar dit valt volgens de IPCC-methode buiten de definitie van de CO₂-emissie. Bij het bepalen van de CO₂-emissie tellen duurzame brandstoffen niet mee; dit zijn immers geen fossiele brandstoffen.

Door het voorgaande is bij het bepalen van de CO₂-emissie van de glastuinbouw alleen aardgas en een zeer kleine hoeveelheid overige fossiele brandstoffen relevant. Omdat de hoeveelheid overige fossiele brandstoffen minder dan 1 promille van het fossiel brandstofverbruik vertegenwoordigt, worden deze omgerekend naar aardgas.

In de Energiemonitor Glastuinbouw wordt zowel de totale CO₂-emissie als de CO₂-emissie voor de teelt in beeld gebracht. De manier waarop de totale CO₂-emissie wordt gesplitst in teelt en verkoop elektriciteit wordt uiteengezet in paragraaf 2.4.6.

2.4.3 Primair brandstofverbruik

Voor het kengetal primair brandstofverbruik wordt de hoeveelheid fossiele brandstof bepaald die nodig is voor de productie van de afzonderlijke energiesoorten. Aardgas en olie zijn reeds primaire brandstoffen. Elektriciteit en warmte zijn dat niet.

Ingekochte elektriciteit wordt herleid tot de hoeveelheid primair brandstof die nodig is in een gemiddelde Nederlandse elektriciteitscentrale. Bij de verkochte elektriciteit gebeurt dit ook, maar dit betreft brandstofbesparing in de centrales. Dit is dus een aftrekpost.

De ingekochte warmte komt van elektriciteitscentrales (restwarmte), industrie (restwarmte) en wk-installaties van energiebedrijven (wk-warmte). Bij de gecombineerde productie van elektriciteit en warmte wordt er minder elektriciteit geproduceerd dan bij alleen elektriciteitsproductie. Voor de geleverde warmte wordt de extra hoeveelheid brandstof bepaald die nodig is om de derving van de elektriciteitsproductie te compenseren.

Bij het bepalen van het primair brandstofverbruik telt duurzame energie niet mee; hiervoor is immers geen fossiele brandstof nodig. Door het voorgaande worden bij de energie-efficiëntie alle brandstoffen waaruit emissies ontstaan toegerekend aan de glastuinbouwproducten.

Voor het sommeren van de verschillende soorten primaire brandstof worden deze omgerekend naar aardgasequivalenten (a.e.). Zoals internationaal gebruikelijk gebeurt dit op basis van de onderste verbrandingswaarde (o.w.) van de afzonderlijke primaire brandstoffen.

2.4.4 Duurzame energie

Onder duurzame energie wordt verstaan energie uit zon, wind, waterkracht, aardwarmte en biobrandstof via een hernieuwbaar proces. Dit hernieuwbaar betekent dat er geen fossiele brandstof wordt gebruikt en geen CO₂-emissie ontstaat. De indicator voor duurzame energie (aandeel) heeft betrekking op duurzame energie die werkelijk wordt aangewend in de glastuinbouw. Duurzame energie die door de glastuinbouw wordt geproduceerd en buiten de glastuinbouw wordt aangewend (verkocht) telt niet mee. Een voorbeeld hiervan is een wk-installatie op biobrandstof waarvan (een deel van) de geproduceerde elektriciteit wordt verkocht. Ingekochte duurzame elektriciteit en duurzame warmte tellen daarentegen wel mee bij het aandeel duurzaam. De afzonderlijk duurzame energiesoorten worden gesommeerd op basis van energie-inhoud zoals dat ook bij het energiegebruik plaatsvindt (paragraaf 2.4.1).

Duurzame energiebronnen kunnen het gebruik van indirecte energie op de glastuinbouwbedrijven of daar buiten met zich meebrengen. Voorbeelden hiervan zijn energie bij het winnen van zonne-energie, bij het winnen van aardwarmte en bij het verstoken van biobrandstof. Deze indirecte energie wordt niet in mindering gebracht bij het bepalen van de hoeveelheid duurzame energie. Hiermee wordt wel rekening gehouden bij het bepalen van het effect van het gebruik van duurzame energie op de energie-efficiëntie (bijlage 6).

2.4.5 Verkoop van energie

Bij de indicatoren totaal energiegebruik en primair brandstofverbruik vormt de verkochte energie (elektriciteit en warmte) een aftrekpost (paragraaf 2.4.1 en 2.4.3). Bij de CO₂-emissie is dat niet het geval; in- en verkoop van elektriciteit en warmte blijven bij de IPCC-methode immers buiten beschouwing (paragraaf 2.4.2). Bij de CO₂-emissie van de glastuinbouw wordt onderscheid gemaakt naar de totale CO₂-emissie en de CO₂-emissie voor de teelt. Dit laatste is exclusief de CO₂-emissie die samengaat met de verkoop van elektriciteit vanuit wk-installaties (wkk) op aardgas en komt aan bod in paragraaf 2.4.6.

2.4.6 CO₂-emissie en elektriciteitsverkoop

Het doel voor de CO₂-emissie in de *Meerjarenafspraak 2014-2020* heeft betrekking op de totale CO₂-emissie. De CO₂-streefwaarde van de glastuinbouw (2008-2012) en het doel voor de reductie van de CO₂-emissie van de glastuinbouw in het *Agroconvenant* hebben betrekking op de teelt. Bij de CO₂-emissie teelt wordt de CO₂-emissie die gerelateerd is aan de door de glastuinbouw verkochte elektriciteit geproduceerd met wk-installaties (wkk) op aardgas, buiten beschouwing gelaten. De totale CO₂-emissie moet daardoor worden gesplitst in CO₂-emissie voor de teelt en voor de verkoop van elektriciteit uit wk-installaties (wkk) op aardgas. In bijlage 1 is uiteengezet hoe deze splitsing plaatsvindt. Deze methodiek is een voorstel vanuit Wageningen Economic Research met instemming door de betrokken partijen (VROM, EZ, LNV, PT, LTO Noord Glaskracht en ZLTO).

Samengevat komt de opzet erop neer dat het aardgas dat wordt gebruikt in wk-installaties (wkk) - overeenkomstig bij elektriciteitscentrales - wordt toegerekend aan de elektriciteitsproductie. De aardgasbesparing in de aardgasketels in de glastuinbouw wordt hierop in mindering gebracht. Dit laatste is immers de aardgasbesparing die wordt gerealiseerd door het gebruik van de warmte uit de wk-installaties. Het lagere totaal jaargebruiksrendement van de wk-installatie ten opzichte van de aardgasgestookte ketels wordt daarmee toegerekend aan de elektriciteitsproductie omdat het lagere jaargebruiksrendement samengaat met het gebruik van de warmte en de besparing door het warmtegebruik ook wordt toegerekend aan de elektriciteitsproductie.

2.5 Temperatuurcorrectie

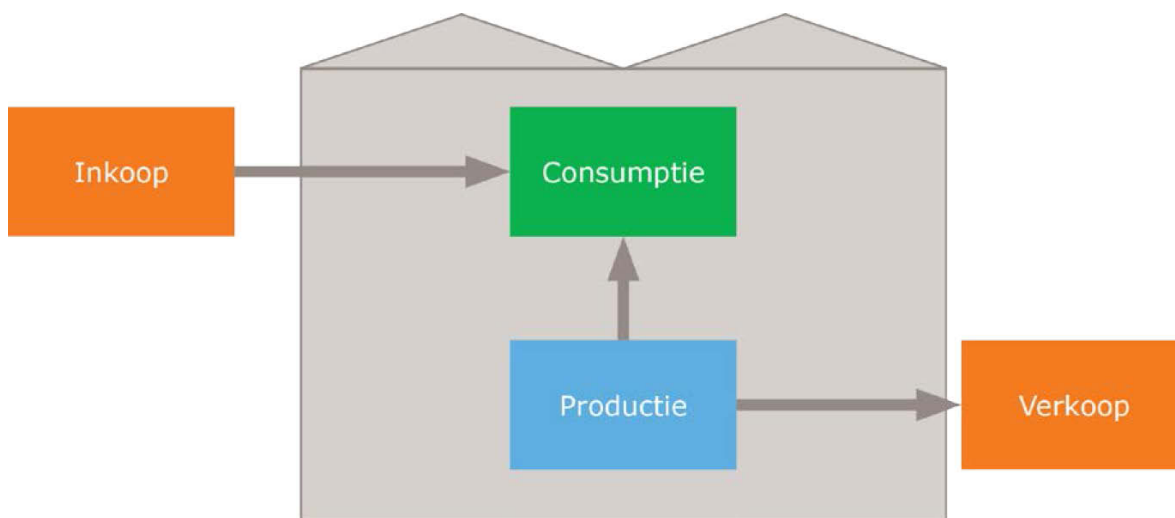
Het energiegebruik verschilt van jaar tot jaar. Dit wordt mede veroorzaakt door verschillen in buitentemperatuur. Het energiegebruik kan hiervoor worden gecorrigeerd. Dit vindt plaats bij de indicator primair brandstofverbruik en wel op het energiegebruik voor dat dit wordt omgerekend naar het primair brandstofverbruik (figuur 2.1). Het totale energiegebruik en de CO₂-emissie wordt (overeenkomstig de IPCC-methode) niet gecorrigeerd voor de buitentemperatuur.

De CO₂-emissieruimte voor de glastuinbouw in 2013 is bepaald op basis van de temperatuur gecorrigeerde CO₂-emissie in de jaren 2010 tot en met 2012 (*Convenant*, 2011). Voor het vaststellen van de emissieruimte is daardoor ook de CO₂-emissie in de jaren 2010 tot en met 2012 gecorrigeerd voor de buitentemperatuur.

2.6 Elektriciteitsbalans

De elektriciteitsbalans omvat het totaal plaatje van inkoop, verkoop, productie en consumptie op jaarbasis (figuur 2.5). De inkoop en verkoop is bekend vanuit de energie-input en -output. De elektriciteitsproductie betreft de productie met wk-installaties (wkk) van de tuinders en (sinds 2010) de winning van elektriciteit uit zonlicht. Op basis van de input en output en de productie wordt vervolgens de consumptie bepaald volgens formule (1). Opgemerkt dient te worden dat bij deze methodiek alle eventuele statistische fouten bij het bepalen van de inkoop, verkoop en productie doorwerken in de consumptie. De consumptie dient daardoor als een globaal resultaat te worden beschouwd.

$$\text{Consumptie} = \text{inkoop} + \text{productie} - \text{verkoop} \quad (1)$$



Figuur 2.5 Elektriciteitsbalans glastuinbouw

2.7 Fysieke productie

De indicator energie-efficiëntie is gedefinieerd als het primair brandstofverbruik per eenheid fysieke productie. Naast het primair brandstofverbruik (paragraaf 2.4.3) moet daarvoor ook de fysieke productie worden bepaald.

De productieglastuinbouw brengt vele verschillende producten voort. Deze fysieke productie wordt uitgedrukt in verschillende eenheden: bijvoorbeeld tomaten en paprika per kg, komkommer per stuk, bloemen per stuk of per bos en potplanten per stuk. Het sommeren van deze hoeveelheden kan niet op een directe wijze en vindt daarom plaats op indirecte wijze. Hierbij wordt uitgegaan van de totale omzet aan producten van de productieglastuinbouw per jaar. Omzetverschil tussen twee opeenvolgende jaren gaat samen met prijsmutaties en mutaties in fysieke productie. De fysieke productie wordt bepaald door de jaarlijkse omzet van de productieglastuinbouw te corrigeren voor de gemiddelde prijsmutatie van alle producten en wel volgens onderstaande set van formules ((2) tot en met (5)). Hierbij wordt naast de totale fysieke productie ook de fysieke productie per m² kas bepaald.

$$GPI_x = \frac{PM_x \times GPI_{x-1}}{100} + GPI_{x-1} \quad (2)$$

$$FP_x = \frac{O_x}{(GPI_x/100)} \quad (3)$$

$$FPR_x = \frac{FP_x}{ARG_x \times 10.000} \times 100 \quad (4)$$

$$FPR_{I_x} = \frac{FPR_x}{FPR_{1980}} \times 100 \quad (5)$$

waarin:

- GPI_x = gecumuleerde prijsindex jaar x (% van 1990)
- PM_x = gemiddelde prijsmutatie van alle glastuinbouwproducten jaar x (%)
- FP_x = fysieke productie jaar x (€(1990))
- O_x = omzet per jaar x (€)

ARGx = areaal glas jaar x (ha)
FPRx = relatieve fysieke productie jaar x (€(1990)/m²)
FPRIx = relatieve fysieke productie index jaar x (% van 1990)

Voor het bepalen van de gemiddelde prijsmutatie is de opsplitsing in afzonderlijke producten en producttypen van belang. Binnen het productiepakket van de glastuinbouw vindt een continue verschuiving plaats van vooral goedkopere naar duurdere producten. Voorbeelden hiervan zijn de verschuiving van klein- naar grootbloemige roos en van losse tomaten naar trostomaten. Wanneer deze producttypen niet afzonderlijk in beschouwing worden genomen, ontstaat een te grote prijsmutatie en wordt de fysieke productie te laag vastgesteld. Bij het bepalen van de prijsmutatie wordt daarom een zeer grote mate van opsplitsing naar producten nagestreefd.

De hoogte van de fysieke productie verschilt van jaar op jaar. Dit wordt mede veroorzaakt door verschillen in instraling c.q. licht tussen de jaren. Correctie van de fysieke productie voor het lichtniveau vindt niet plaats.

3 Databronnen en werkwijze

3.1 Benodigde data

Op basis van de conceptuele opzet in het voorgaande hoofdstuk is op hoofdlijnen de volgende informatie nodig:

- Voor de energie-input en -output is kwantitatieve informatie nodig over de inkoop en verkoop van alle energiesoorten op het aggregatieniveau van de glastuinbouwsector en van de productieglastuinbouw.
- Voor het bepalen van zowel het primair brandstofverbruik als de CO₂-emissie vanuit de energie-input en -output is informatie nodig over omrekeningsfactoren.
- Voor het bepalen van de fysieke productie is informatie nodig over de omzet van de productieglastuinbouw en over prijsmutaties van de glastuinbouwproducten.

Dit wordt in paragraaf 3.4 (werkwijze) gedetailleerder uitgewerkt.

3.2 Gebruikte data

De volgende databronnen zijn beschikbaar en gebruikt:

1. Energieregistraties per gewasgroep van het Milieu Project Sierteelt (MPS) (bloemen, potplanten en uitgangsmateriaal).
2. Energieregistraties per gewasgroep van Groeinet/Groeiservice/Greenlinq data (groente en uitgangsmateriaal) (vanaf 2003).
3. Energiegebruiken en fysieke productie groepen bedrijven met vruchtgroente (tomaat, paprika en komkommer) van het Bedrijveninformatienet van Wageningen Economic Research, accountants, adviseurs en registratiegroepen van tuinders.
4. Prijsinformatie en veilingomzetten (Nederlands product) bloemen en planten van de Verenigde Bloemenveilingen Holland (VBN) c.q. Floraholland.
5. Veilingomzetten bloemen en planten van Plantion (vanaf 2010).
6. Aandeel omzet glastuinbouw buiten de veiling om van het Bedrijveninformatienet.
7. Inkoop restwarmte (GJ warmte) van de restwarmteleveranciers.
8. Aandeel gebruik biobrandstof in elektriciteitscentrales met levering van restwarmte aan de glastuinbouw.
9. Geplaatst elektrisch vermogen van wk-installaties van tuinders vanuit de inventarisatie door Energy Matters (voorheen Cogen Projects).
10. Elektrisch vermogen, elektriciteitsproductie en gebruiksduur van wk-installaties van energiebedrijven vanuit de inventarisatie door Energy Matters (voorheen Cogen Projects).
11. Areaalgegevens totaal glastuinbouw, productieglastuinbouw, uitgangsmateriaal, subsectoren en per gewas(groep) van de Landbouwtelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).
12. Areaalgegevens belichting bij vruchtgroenten van de Landbouwtelling gepubliceerd door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en van adviseurs en telersverenigingen.
13. Gemiddeld jaargebruiksrendement elektrisch van elektriciteitscentrales in Nederland van het CBS.
14. Buitentemperatuur (Graaddagen).
15. Informatie over wk-installaties in de glastuinbouw van de Landbouwtelling gepubliceerd door het CBS.
16. Informatie over wk-installaties van tuinders van het Bedrijveninformatienet (elektrisch vermogen, aardgasverbruik en gebruiksduur).
17. Informatie over wk-installaties van energiebedrijven en registratiegroepen van tuinders (elektrisch vermogen, aardgasverbruik, gebruiksduur en elektriciteitsproductie).
18. Informatie over aardwarmteprojecten en energieproductie van Dutch Association Geothermal Operators (DAGO).

Deze opsomming betreft de data die zijn gebruikt voor het bepalen van de energie-input en -output en de fysieke productie van de (productie)glastuinbouw en de elektriciteitsbalans. Daarnaast worden er ook data gebruikt voor de achtergrondanalyse, de duiding van de resultaten en de beoordeling van de resultaten op consistentie (paragraaf 3.3.1). Deze databronnen zijn hierna opgesomd:

- lichtsom van het KNMI
- CO₂-emissie van Nederland van het CBS
- aandeel Duurzame energie Nederland van het CBS
- verkoop duurzame elektriciteit door energiebedrijven aan de glastuinbouw.

Een groot deel van de benodigde data is beschikbaar. Voor de ontbrekende data is een oplossing gevonden door databronnen te combineren, data af te leiden, overleg met deskundigen en voor bepaalde onderdelen van de conceptuele methodiek (hoofdstuk 2) in de werkwijze (hoofdstuk 3) een pragmatische aanpak te hanteren.

De toetsing van de betrouwbaarheid van de resultaten (statistische afwijking van het resultaat) vindt in de Energiemonitor Glastuinbouw niet plaats. Door het gebruik van een reeks van bronnen en combinaties van deze bronnen is een toets naar de statistische betrouwbaarheid moeilijk uitvoerbaar en kostbaar. Bovendien zijn bij een belangrijk deel van de databronnen alleen groepsgemiddelden beschikbaar, waardoor geen statistische toetsing mogelijk is. De resultaten worden wel beoordeeld op basis van logica en consistentie tussen de databronnen in combinatie met ervaringsdeskundigheid en andere informatiebronnen.

3.3 Werkwijze

3.3.1 Energie-input en -output

Bij het bepalen van de energie-input en -output wordt onderscheid gemaakt naar de subsectoren groente, bloemen, potplanten en uitgangsmateriaal. Vanuit MPS is informatie beschikbaar over het energiegebruik per energiesoort (per gewas(groep)) van de subsectoren bloemen, potplanten en uitgangsmateriaal. Vanuit Groeinet/Groeiservice/Greenlinq data zijn deze data beschikbaar vanaf 2003 voor de subsectoren groente en uitgangsmateriaal. Door MPS en Groeinet/Groeiservice/Greenlinq data worden deelnemende bedrijven ingedeeld naar gewas(groep) overeenkomstig de Landbouwtelling van het CBS. Per gewasgroep komt het gemiddelde energiegebruik per energiesoort beschikbaar. Op basis van de areaalgegevens per gewas(groep) van de Landbouwtelling (LBT) gepubliceerd door het CBS wordt de informatie per gewas(groep) geaggregeerd naar sectorniveau.

Het gebruik van energiesoort z (EG_z) op sectorniveau is de som van het gemiddeld energiegebruik per hectare van de betreffende energiesoort ($egha_z$) vermenigvuldigd met het areaal per gewasgroep ($areaal_i$) (formule 6).

$$EG_z = \sum_{i=1}^I (egha_z \cdot areaal_i) \quad (6)$$

waarin:

EG_z = energiegebruik energiesoort z op sectorniveau
 $egha_z$ = gemiddelde hoeveelheid energiesoort z per ha gewasgroep
 $areaal_i$ = areaal gewasgroep i (ha)
 i = gewasgroep

Door de hiervoor beschreven aggregatie is de kwaliteit van het areaal glastuinbouw in de LBT van belang voor de resultaten van het onderzoek. Afwijkingen in de LBT werken proportioneel door in het resultaat.

Voor de jaren 2000 tot en met 2002 is geen informatie beschikbaar vanuit Groeinet/Groeiservice/Greenlinq data. Voor deze en latere jaren is voor de groente informatie verzameld over het energiegebruik bij de belangrijkste gewassen (tomaat, paprika en komkommer) en

overige groente. Voor de tomaten, paprika's en komkommers heeft dit plaatsgevonden in combinatie met fysieke productie (voor nadere uitleg wordt verwezen naar paragraaf 3.3.8).

Bij de informatieverzameling over het energiegebruik per gewas wordt bij vruchtgroente (tomaat, paprika en komkommer) onderscheid gemaakt naar bedrijven met en zonder belichting en met en zonder wk-installatie (wkk).

De inkoop van warmte (restwarmte, wk-warmte energiebedrijven en duurzame warmte) betreft een beperkt aandeel in het totale energiegebruik van de glastuinbouw (minder dan 5%), maar is belangrijk in relatie tot de ontwikkeling van het primair brandstofverbruik (paragraaf 3.3.5). Door het beperkte aandeel kan de geaggregeerde hoeveelheid warmte die wordt ingekocht op sectorniveau afwijken van de werkelijkheid. Naast de data per gewas(groep) zijn andere bronnen met populatiegegevens beschikbaar over de hoeveelheid warmte die de glastuinbouw inkoopt. Voor restwarmte zijn dit de leveranciers en voor wk-warmte wordt dit afgeleid uit de inventarisatie van het wk-vermogen door Energy Matters (voorheen Cogen projects) en voor duurzame warmte komt dat uit de inventarisatie (paragraaf 3.3.2). In de Energiemonitor wordt voor de inkoop van warmte uitgegaan van deze drie bronnen met populatiegegevens. De geaggregeerde informatie over inkoop warmte uit paragraaf 3.3.2 wordt met deze informatie gecorrigeerd. Om het totale energiegebruik hierdoor niet te laten beïnvloeden, wordt de correctie verrekend met het aardgasverbruik.

Met het voorgaande zijn alle soorten energie-input en -output (figuur 2.4) beschikbaar behalve van overige fossiele brandstoffen en duurzame energie.

Over de hoeveelheden overige fossiele brandstof (lichte en zware olie en propaan) is met ingang van 2013 geen volledige informatie meer beschikbaar. Dit hangt samen met de zeer beperkte hoeveelheden die van deze brandstoffen worden gebruikt waardoor dit in registraties vaak niet meer wordt meegenomen. In 2012 omvatte de overige fossiele brandstof een aandeel van minder dan 0,5 promille in het totaal energiegebruik van de glastuinbouw. Door het voorgaande is het gebruik van overige fossiele brandstof vanaf 2012 constant verondersteld.

Informatie over de hoeveelheid duurzame elektriciteit ingekocht van de energiebedrijven is wel beschikbaar via de beschikbare bronnen maar niet over de overige duurzame energiebronnen. Informatie over de overige bronnen is verkregen middels een jaarlijkse inventarisatie. Dit wordt uiteengezet in de volgende paragraaf.

3.3.2 Duurzame energie

Inventarisatie

Statistieken over het gebruik van duurzame energie in de glastuinbouw zijn niet (volledig) beschikbaar. Het gebruik van duurzame energie betreft duurzame warmte en duurzame elektriciteit. Zowel duurzame warmte als duurzame elektriciteit betreft de inkoop van andere partijen en productie en winning door glastuinbouwbedrijven. De inkoop van duurzame elektriciteit van energiebedrijven is bekend (paragraaf 3.3.1). De inkoop van duurzame warmte betreft centraal en decentraal geleverde warmte.

Centraal geleverde duurzame warmte betreft een deel van de ingekochte restwarmte en wel het deel dat door de centrales is geproduceerd met biobrandstof. Informatie over restwarmtelevering en het gebruik van biobrandstof in deze centrales is beschikbaar. Decentraal geleverde duurzame warmte betreft kleinschalige projecten buiten de glastuinbouw. De inkoop van decentrale duurzame warmte evenals de eigen productie c.q. winning van zowel duurzame warmte als duurzame is in kaart gebracht middels een inventarisatie.

De inventarisatie omvat twee fasen. In de eerste fase is een overzicht gemaakt van alle glastuinbouwbedrijven waar duurzame energie wordt ingezet (exclusief inkoop van duurzame elektriciteit). De (adres)gegevens voor de inventarisatie zijn afkomstig van toeleveranciers (techniek, automatisering en energie), tuinders, adviseurs, vakbladen, beleidsmedewerkers, subsidievertrekkers, demoprojecten, websites en belangenbehartigers. Hiervoor is een informatienetwerk ontwikkeld.

In fase twee is per project de gebruikte hoeveelheid duurzame energie gekwantificeerd. Dit vindt plaats op basis van informatie van vooral de betreffende tuinbouwbedrijven en toeleveranciers. Hierna wordt de kwantificering per duurzame energiesoort uiteengezet.

Aardwarmte

De gebruikte hoeveelheden aardwarmte worden vastgesteld op basis van informatie verkregen van de projecten waar aardwarmte wordt gewonnen.

Biobrandstof

Met biobrandstof wordt door glastuinbouwbedrijven warmte of warmte en elektriciteit geproduceerd. De geproduceerde hoeveelheden worden vastgesteld op basis van informatie verkregen van de glastuinbouwbedrijven die biobrandstof gebruiken en eventueel de toeleveranciers. De informatie betreft vermogen, belasting en gebruiksduur van de installatie. Er zou ook kunnen worden uitgegaan van de hoeveelheid verstookte brandstof. De energie-inhoud van biobrandstof vertoont echter verschillen tussen bronnen, partijen, enzovoort. Hierdoor is gekozen voor de insteek vermogen, belastinggraad en gebruiksduur. Dit heeft ook als voordeel dat de opsplitsing naar productie van warmte en elektriciteit kan worden gemaakt.

Zon thermisch

De zonnewarmte betreft koelwarmte die vrijkomt vanuit geconditioneerde teeltsystemen c.q. (semi) gesloten kassen. Het gaat om complete systemen van teelt en technologie. De technologie bestaat uit combinaties van technische componenten.

De hoeveelheid zonnewarmte wordt per project geschat op basis van informatie over installatiespecificaties (koelvermogen) en het gebruik hiervan (gebruiksduur). Deze informatie is afkomstig van glastuinbouwondernemers en toeleveranciers.

In 2009 is op een tiental bedrijven met gebruik van deze technologie een inventarisatie gemaakt. De inventarisatie was gericht op de beschikbare informatie en geregistreerde data van de systemen op de bedrijven. Op basis van deze inventarisatie is een denkraam gemaakt voor de vaststelling van de hoeveelheid herwonnen zonnewarmte op basis van beschikbare bedrijfsinformatie (Smit et al., 2009).

Inkoop van decentrale duurzame warmte

De hoeveelheid ingekochte decentrale duurzame warmte (afkomstig uit projecten met biobrandstof) wordt gebaseerd op informatie van de glastuinbouwbedrijven die duurzame warmte inkopen en de leveranciers die de warmte verkopen. De warmtelevering tussen deze partijen wordt afgerekend op basis van de hoeveelheid geleverde warmte en dit wordt gemeten.

Zon elektrisch

De winning van elektriciteit uit zonlicht komt in beperkte mate voor. De informatie over de elektriciteitsproductie met zonnecellen is verkregen vanuit de afzonderlijke projecten. Kleinschalige toepassingen onder de grens van 50 kWe bestaan maar hebben geen meetbare invloed op het totale energiegebruik en op het aandeel duurzame energie en worden daarom buiten beschouwing gelaten.

Inkoop duurzaam gas

In plaats van aardgas kan ook duurzaam (groen) gas worden ingekocht van buiten de sector. Deze hoeveelheid wordt bepaald op basis van informatie van leveranciers (energiebedrijven).

Gebruik of verkoop

Bij het aandeel duurzame energie wordt alleen de in de glastuinbouw aangewende duurzame energie in beschouwing genomen (paragraaf 3.3.4). Bij de individuele bedrijven die duurzame energiebronnen gebruiken, wordt daarom geïnventariseerd of de geproduceerde duurzame energie op het bedrijf wordt toegepast of wordt verkocht. Bij verkoop wordt ook geïnventariseerd of dit binnen of buiten de glastuinbouw plaatsvindt.

De verkoop van duurzame energie (buiten de sector) wordt wel in beschouwing genomen bij het kwantificeren van de effecten op het primair brandstofverbruik. Ter bepaling van het effect van de

duurzame energiebronnen op het primair brandstofverbruik, wordt ook het extra elektriciteitsverbruik per bron geïnventariseerd.

3.3.3 Energiegebruik

Het totaal energiegebruik wordt bepaald met de energie-inhoud van de ingekochte en verkochte fossiele brandstof, warmte en elektriciteit opgewekt met fossiele brandstoffen, de onderste verbrandingswaarde (o.w.) van de gebruikte fossiele brandstoffen en de inkoop, productie en verkoop van duurzame energie. De omrekeningsfactoren zijn per energiesoort vermeld in tabel 3.1. Voor de onderste verbrandingswaarde van de overige fossiele brandstoffen (lichte olie, zware olie en propaan) is aangesloten bij de omrekeningsfactoren die worden gehanteerd bij het Convenant Glastuinbouw en Milieu (*Handboek*, 2000).

Tabel 3.1 Omrekeningsfactoren per energiesoort ter bepaling totaal energiegebruik

Energiesoort	Factor
Aardgas a)	0,03165 GJ/m ³
Warmte	1 GJ/GJ
Elektriciteit	0,0036 GJ/kWh
Lichte olie	0,0426 GJ/liter
Zware olie	0,04289 GJ/kg
Propaan	0,0506 GJ/m ³

a) Dit betreft normaal m³ Groningenkwaliteit.

3.3.4 CO₂-emissie

Het fossiel brandstofverbruik in de glastuinbouw betreft aardgas en overige fossiele brandstoffen. Omdat de hoeveelheid overige fossiele brandstoffen minder dan één promille van het totaal fossiel brandstofverbruik omvat, worden deze geteld als aardgas. Hierdoor is alleen de omrekeningsfactor voor aardgas van belang. De omrekeningsfactor van aardgas verschilt per jaar (tabel 3.2). Bijvoorbeeld: Bij de periode tot en met 2006 behoort de coëfficiënt 56,8 kg CO₂ per GJ. Een m³ aardgas heeft een onderste verbrandingswaarde van 31,65 MJ (tabel 3.1) waardoor de omrekeningsfactor uitkomt op 1,795 kg CO₂ per m³ aardgas. De jaren na 2006 zijn ook vermeld in tabel 3.2. De verschillen tussen de jaren zijn kleiner dan 1%.

Tabel 3.2 Coëfficiënten CO₂-emissie aardgas

Jaar	kg CO ₂ /GJ	kg/m ³
1990 t/m 2006	56,8	1,795
2007 en 2008	56,7	1,791
2009 en 2010	56,6	1,788
2011 t/m 2013	56,5	1,785
2014	56,4	1,782
2015	56,5	1,785
2016	56,5	1,785

Bron: Zijlema, 2015

3.3.5 Primair brandstof

De omrekeningsfactoren voor de inkoop van warmte en elektriciteit en de verkoop van elektriciteit naar primair brandstof verschillen per jaar en staan vermeld in tabel B2.2 in bijlage 2. Zo bedraagt de omrekeningsfactor in 2006 voor inkoop elektriciteit 0,271 m³ a.e. per kWh en voor wk-warmte 10,50 m³ a.e. per GJ.

De uitgangspunten van de omrekeningsfactoren staan vermeld in tabel B2.1. Zo is de omrekeningsfactor voor inkoop van elektriciteit in 2006 gebaseerd op een elektrisch jaargebruiksrendement van 43,6% en 3,77% netverliezen. Voor de wk-installaties van energiebedrijven die wk-warmte leveren, geldt voor 2006 een gemiddeld jaargebruiksrendement elektrisch van 36,5% en thermisch van 49%. Voor het bepalen van de omrekeningsfactor naar primair brandstofverbruik worden deze installaties vergeleken met elektriciteitsproductie in een gemiddelde elektriciteitscentrale. Dit is uitgewerkt met een voorbeeldberekening in bijlage 3. Ook voor restwarmte is een voorbeeld uitgewerkt. Naast de jaargebruiksrendementen in verschillende situaties wordt hierbij rekening gehouden met de netverliezen bij het transport van elektriciteit en warmte.

De factor voor de verkoop van elektriciteit verschilt met de factor voor de inkoop van elektriciteit (tabel B2.2). Dit komt doordat bij de verkoop van elektriciteit geen transportverliezen in beschouwing worden genomen. Deze verliezen behoren toe aan het primair brandstofverbruik van de partij die deze elektriciteit afneemt.

De primaire brandstofbesparing door de verkoop van warmte buiten de glastuinbouw is afhankelijk van de referentiesituatie van de afnemer. Deze warmtelevering vanuit de glastuinbouw betreft tot en met 2016 een klein aantal projecten. Voor de referentiesituatie wordt (voorlopig) uitgegaan van een aardgasgestookte ketel met een marginaal aardgasverbruik dat gelijk is aan het marginaal aardgasverbruik waarmee wordt gerekend bij warmte-inkoop door de glastuinbouw ($30,6 \text{ m}^3 \text{ a.e./GJ}$), zie bijlage 1.

3.3.6 Temperatuurcorrectie

Primair brandstofverbruik

De temperatuurcorrectie van het primair brandstofverbruik vindt plaats op zowel de brandstofintensiteit (inkoop brandstoffen voor de teelt plus de netto (inkoop - verkoop) hoeveelheid warmte, beide per m^2) als de elektriciteitsintensiteit (inkoop elektriciteit per m^2). De correctie van de brandstofintensiteit vindt plaats op basis van de relatie tussen de brandstofintensiteit en de buitentemperatuur. Omdat het elektriciteitsverbruik samenhangt met het brandstofverbruik, vindt de correctie op elektriciteitsintensiteit plaats op indirecte wijze en wel op basis van de relatie tussen de brandstofintensiteit en de elektriciteitsintensiteit.

Als maatstaf voor de buitentemperatuur wordt het aantal graaddagen gebruikt. Dit begrip is uiteengezet in bijlage 4. De algemene trend is dat het in de loop der jaren buiten warmer wordt. Hierdoor neemt het gemiddeld aantal graaddagen per jaar over een reeks van jaren af. Als norm voor de buitentemperatuur wordt voor de jaren na 2000 het gemiddelde aantal graaddagen van de voorafgaande 20 jaar gebruikt. Bijvoorbeeld: de norm voor 2001 is het gemiddelde van de jaren 1981 tot en met 2000.

Daarnaast verbetert, door vervanging van het kassenbestand, in de loop der jaren de gemiddelde isolatiegraad en de dichtheid van de kassen. Hierdoor wordt de afhankelijkheid van het energiegebruik in de glastuinbouw van de buitentemperatuur minder sterk. De relatie tussen het energiegebruik en de buitentemperatuur (aantal graaddagen) wordt hierdoor periodiek opnieuw gekwantificeerd. Voor de jaren 2001 tot en met 2010 wordt de relatie gebruikt over de periode 1995 tot en met 2008 en voor de jaren na 2010 wordt de relatie gebruikt over de periode 2001 tot en met 2010. De gebruikte relaties worden nader uiteengezet in bijlage 4.

CO₂-emissie / fossiel brandstofverbruik

Voor de CO₂-emissie wordt alleen het fossiel brandstofverbruik in beschouwing genomen. De temperatuurcorrectie van het fossiel brandstofverbruik vindt plaats overeenkomstig de methodiek en correctiefactoren die gehanteerd zijn bij het primair brandstofverbruik. Verondersteld is dat de temperatuurcorrectie volledig zit op het aardgas dat niet wordt gebruikt in wk-installaties. Dit betreft voornamelijk aardgas dat wordt gebruikt in ketels. Hierdoor is de temperatuurcorrectie van de totale CO₂-emissie gelijk aan die van de CO₂-emissie voor de teelt.

Voor de veronderstelling dat de temperatuurcorrectie volledig zit op het 'ketelgas' bestaan argumenten voor en tegen. Bij een koude buitentemperatuur is de warmtevraag groter en kunnen de wk-installaties meer worden gebruikt. Door de maximale aardgascapaciteit in het aardgascontract zullen bij koude buitentemperaturen juist de ketels worden ingezet in plaats van de wk-installaties. Verondersteld is dat deze voor- en tegenargumenten tegen elkaar wegvallen.

3.3.7 Elektriciteitsbalans

De elektriciteitsbalans van de glastuinbouw wordt in kaart gebracht door kwantificering van de inkoop, verkoop en productie. De in- en verkoop is beschikbaar uit de energie-input en -output (paragraaf 3.3.1). De productie betreft de productie met wk-installaties (wkk) van de tuinders en (sinds 2010) de winning van elektriciteit uit zonlicht. De productie met de wk-installaties wordt gekwantificeerd op basis van het in gebruik zijnde elektrisch vermogen en de gemiddelde gebruiksduur (formule 7).

$$\text{Elektriciteitsproductie (kWh)} = \text{vermogen (kW)} \times \text{gebruiksduur (uur)} \quad (7)$$

Het geplaatst elektrisch vermogen is bekend vanuit de inventarisatie door Energy Matters. Jaarlijks wordt er wk-vermogen uit gebruik genomen. De kwantificering van deze sanering is uiteengezet in bijlage 5.

Bij de wk-installaties van de tuinders komt het voor dat de installaties door een andere entiteit dan het glastuinbouwbedrijf wordt geëxploiteerd in bijvoorbeeld een aparte 'energie-bv'. Het wk-vermogen van deze 'entiteiten' wordt meegeteld bij het totaal wk-vermogen van de glastuinbouw.

De gebruiksduur is bepaald op basis van informatie over wk-installaties (wkk) van tuinders afkomstig van energiebedrijven, telersverenigingen, adviseurs en het Bedrijveninformatienet van Wageningen Economic Research. Het betreft informatie over het aardgasverbruik en het elektrisch vermogen van de wk-installaties. In combinatie met het elektrisch jaargebruiksrendement wordt vervolgens de gebruiksduur op jaarbasis bepaald. Van een deel van de bedrijven met een wk-installatie is ook de elektriciteitsproductie beschikbaar. Hieruit komt informatie over het elektrisch gebruiksrendement beschikbaar.

De productie van zonne-elektriciteit wordt geïnventariseerd (paragraaf 3.3.2).

3.3.8 Fysieke productie

Bloemen en potplanten

De fysieke productie van de bloemen en de potplanten wordt afgeleid uit de omzet en de prijsmutatie. Hiervoor wordt de omzet- en prijsstatistiek van het Nederlandse product van de VBN (tot en met 2007) c.q. Floraholland (vanaf 2008) (inclusief bemiddeling) gebruikt. Naast de omzet van Floraholland wordt (vanaf 2010) ook gebruik gemaakt van de omzet van Plantion. De omzet uit deze statistieken is niet volledig dekkend voor de omzet op sectorniveau: er vindt immers ook afzet plaats via andere afzetkanalen dan de veilingen. Uit informatie uit het Bedrijveninformatienet blijkt echter dat het aandeel van de omzet 'buiten de veiling om' over de jaren stabiel is, waardoor kan worden uitgegaan van de veilingstatistiek. Daarnaast wordt verondersteld dat de prijsmutatie van de producten die niet via de veilingen worden afgezet gelijk is aan de prijsmutatie uit de veilingstatistiek.

Een beperkt deel van de producten die op de bloemenveilingen worden aangevoerd, wordt geheel of gedeeltelijk niet in de kassen maar buiten geteeld; bijvoorbeeld boomkwekerijproducten en vaste planten. In overleg met deskundigen van deze producten en teelten is een keuze gemaakt welke producten in de veilingstatistiek worden meegenomen bij het bepalen van de fysieke productie.

Groente

Voor het vaststellen van de omzet en prijsmutatie bij de groente is helaas geen goede bron beschikbaar. Daarom is voor deze subsector informatie over de ontwikkeling van de fysieke productie verzameld van de belangrijkste gewassen op basis van meerdere bronnen. Bij de groente hebben we

in tegenstelling tot de bloemen en de potplanten te maken met beduidend minder gewassen. In de subsector groente nemen de drie belangrijkste gewassen (tomaat, paprika en komkommer) circa 80% van het glasareaal voor hun rekening.

Informatie over de jaarlijkse fysieke productie bij tomaten, paprika en komkommer is afkomstig van bedrijven uit het Bedrijveninformatienet van Wageningen Economic Research, aangevuld met informatie van accountants, telersverenigingen, adviseurs, toeleveranciers en registratiegroepen van tuinders.

Per gewas wordt een index gemaakt van de ontwikkeling van de fysieke productie over de jaren. De weging van de index per gewas vindt plaats op basis van het areaal per gewas uit de CBS Landbouwtelling en voor het areaal belichting van informatie van adviseurs. Bij de tomaten wordt onderscheid gemaakt naar diverse typen, bij paprika's naar diverse kleuren en bij alle vruchtgroente naar met en zonder belichting.

Literatuur en websites

Aanvullend Convenant Glastuinbouw en Milieu, Utrecht, 2002.

Brief van de Directeur-generaal Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en plaatsvervangend Directeur-generaal Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de heer drs. D. Duizer, voorzitter Productschap Tuinbouw en de heer ing. N. van Ruiten, voorzitter LTO Glaskracht, dd. 27 april 2007.

Brief van de Staatssecretaris van Economische Zaken, dd. 6 juli 2017, betreft Evaluatie CO₂-sturing in de glastuinbouw.

Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren; inclusief toelichtingsverklaring bij artikel 6.2 lid 4 en 5. Den Haag, 2008.

Convenant Glastuinbouw en Milieu. Den Haag, 1997.

Convenant CO₂-emissieruimte binnen het sectorsysteem glastuinbouw periode 2012-2020. 2011.

Energy Matters/Cogen Projects; jaarlijkse notities over wk-inventarisatie Glastuinbouw.

Stuurgroep Glastuinbouw en Milieu, *Handboek Milieumaatregelen Glastuinbouw*. Editie 2000.

Kas als energiebron. Innovatieagenda tot en met 2012. Zoetermeer, 2009.

Kas als energiebron. Jaarplan 2012. Zoetermeer, 2011.

Leeuwen, R.C.L. van en N.J.A. van der Velden, *Het gebruik van warmtekrachtinstallaties in de glastuinbouw; een inventarisatie*. Publicatie 4.134. LEI-DLO, Den Haag, 1992.

Meerjarenafpraak tussen de Nederlandse glastuinbouwsector en de Staat vertegenwoordigd door de ministers van Economische Zaken en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij over verbetering van de energie-efficiënte. LNV, EZ en Landbouwschap, Aalsmeer, 1992.

Meerjarenafpraak Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020, Den Haag, 2014.

Nawrocki, K.R. en N.J.A. van der Velden, *Gebruiksrendementen aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw; gissen is missen, meten is (z)weten*. Nota 91-55. IMAG-DLO, Wageningen, 1991.

NAP-II, *Nederlands nationaal toewijzingsplan broeikasgasemissierechten 2008-2012, Plan van de Minister van Economische Zaken en de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer*. Vastgesteld op 16 mei 2007.

Pijl, E. van der, *Update gasmotorenbestand*. CBS en Cogen Projects, 2004.

SEP, *Elektriciteit in Nederland in diverse jaren*. Arnhem, diverse jaren.

Smit, P.X. en N.J.A. van der Velden, *Energiebenutting warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw*. Rapport 2008-019. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2008.

Smit, P.X. en N.J.A. van der Velden, *Duurzame energie uit geconditioneerd telen; Methodiek voor vaststelling van bedrijfsdata*. Nota 09-109. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2009.

-
- Spakman, J.M.M., J. van Loon, R.J.K. van der Auweraert, D.J. Gielen, J.G.J. Olivier en E.A. Zonneveld, *Methode voor de berekening van broeikasgasemissies*. Publicatiereeks Emissieregistratie nr. 37. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Den Haag, 1997.
- Velden, N.J.A. van der en B.J. van der Sluis, *Energie in de glastuinbouw van Nederland in 1991; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven*. Periodieke rapportage 39-91. LEI-DLO, 1993.
- Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh, *Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994*. Periodieke rapportage 39-93. LEI Wageningen UR, Den Haag, 1996.
- Velden, N.J.A. van der en A.P. Verhaegh. *Analyse IPCC-methode en temperatuurcorrectie energiegebruik glastuinbouw*. Interne nota 497. LEI Wageningen UR, Den Haag, 1998.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2000-2006*. Rapport 2.07.15. LEI Wageningen UR, 2007.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2007*. Rapport 2008-084. LEI Wageningen UR, 2008.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2008*. Rapport 2009-092. LEI Wageningen UR, 2009.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2009*. Rapport 2010-091. LEI Wageningen UR, 2010.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2010*. Rapport 2011-053. LEI, onderdeel van Wageningen UR, 2011.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2011*. Rapport 2012-059. LEI Wageningen UR, 2012.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2012*. Rapport 2013-061. LEI Wageningen UR, 2013.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2013*. Rapport 2014-025. LEI Wageningen UR, 2014.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2014*. Rapport 2015-122. LEI Wageningen UR, 2015.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2015*. Rapport 2016-099. Wageningen Economic Research, 2016.
- Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2016*. Rapport 2017-094. Wageningen Economic Research, 2017.
- Verhoeven, A.T.M., F.L.K. Kempkes en N.J.A. van der Velden, *Warmte/kracht-installaties in de glastuinbouw; gebruiksrendementen en dekkingsgraden*. Publicatie 4.137. LEI Wageningen UR, Den Haag, 1995.
- Zijlema, P.J., *Berekening van de standaard CO₂-emissiefactoren aardgas t.b.v. nationale monitoring 2016 en emissiehandel 2016*. RVO, Utrecht, 2015.

Websites

www.cbs.nl

www.energymatters.nl

www.kasalsenergiebron.nl

www.wur.nl/economic-research

Bijlage 1 Inhoudelijke uitwerking splitsing CO₂-emissie

Inleiding

De CO₂-streefwaarde van de glastuinbouw (2008-2012) heeft betrekking op de teelt. De totale CO₂-emissie van de glastuinbouw moet daardoor worden gesplitst in CO₂-emissie voor de teelt en voor de verkoop van elektriciteit. In deze bijlage wordt de splitsing inhoudelijk toegelicht. Onderscheid wordt gemaakt naar de conceptuele opzet van de splitsing en naar de uitgangspunten die in de berekening worden gebruikt.

Conceptuele opzet

De conceptuele opzet kent de volgende stappen.

- a. Het aardgasverbruik dat nodig is voor de productie van elektriciteit in een gemiddelde wk-installatie met netlevering in de glastuinbouw wordt bepaald; dit wordt het brutoaardgasverbruik genoemd.
- b. Het aardgasverbruik dat wordt bespaard in een gemiddelde aardgasketel op glastuinbouw-bedrijven door warmtegebruik uit een wk-installatie in de glastuinbouw met netlevering wordt bepaald.
- c. Het nettoaardgasverbruik voor de productie van elektriciteit door de glastuinbouw wordt bepaald (= a - b).
- d. Het nettoaardgasverbruik voor elektriciteitsproductie wordt omgerekend naar CO₂-emissie.
- e. De totale verkoop van elektriciteit vanuit wk-installaties van de tuinders wordt vastgesteld.
- f. De berekende CO₂-emissie voor de verkoop van elektriciteit vanuit wk-installaties van de tuinders wordt bepaald en in mindering gebracht op de totale CO₂-emissie van de glastuinbouw.

Uitgangspunten

Voor de daadwerkelijke berekening zijn de volgende uitgangspunten gekozen:

19. De onderste verbrandingswaarde (o.w.) van aardgas = 31,65 MJ/m³ of 8,79 kWh/m³.
20. Het elektrisch jaargebruiksrendement van een wk-installatie met netlevering in de glastuinbouw bedraagt gemiddeld 40% o.w.
21. Het thermisch jaargebruiksrendement van een wk-installatie met netlevering in de glastuinbouw bedraagt gemiddeld 50% o.w.
22. Het nuttig gebruik van de warmte uit de wk-installatie in perioden met netlevering bedraagt gemiddeld 96% (Smit et al., 2008).
23. Het marginale aardgasverbruik in een gemiddelde ketel op bedrijven met een wk-installatie met netlevering in de glastuinbouw gemiddeld 30,6 m³ per GJ warmte (Nawrocki et al., 1991).
24. De omrekeningsfactor van aardgas naar CO₂ in 2006 = 1,795 kg CO₂/m³ (zie voor andere jaren paragraaf 3.4.6).

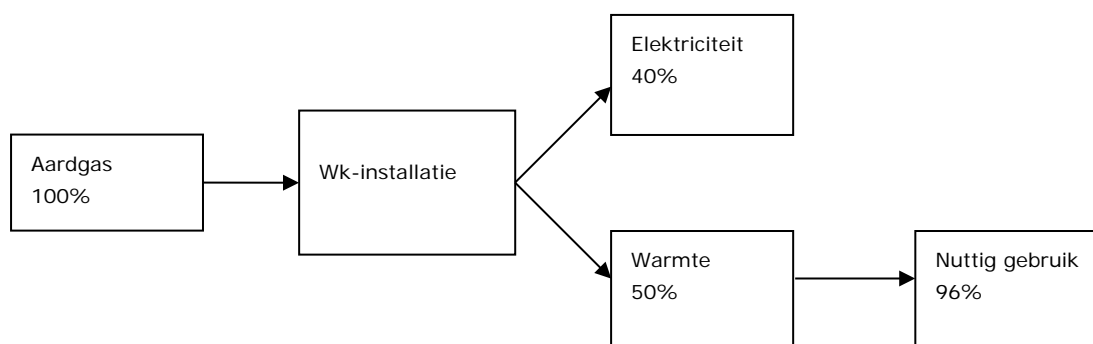
Voorbeeldberekening 2006

- a. Met één m³ aardgas wordt 8,79 kWh x 40% = 3,52 kWh elektriciteit geproduceerd.
- b. Hierbij komt 31,65 MJ x 50% x 96% = 15,192 MJ warmte vrij die nuttig wordt aangewend. Met die 15,192 MJ wordt 0,015192 GJ x 30,6 m³/GJ = 0,4649 m³ aardgas bespaard in de ketel(s).
- c. Het nettoaardgasverbruik voor de productie van 3,52 kWh elektriciteit = 1 - 0,4649 = 0,5351 m³; per kWh elektriciteit is dit 0,5351 m³/3,52 kWh = 0,1522 m³/kWh.
- d. De CO₂-emissie die samengaat met 1 kWh elektriciteitsverkoop bedraagt 0,1522 m³/kWh x 1,795 kg CO₂/m³ = 0,2731 kg (het resultaat van andere jaren is vermeld in tabel B1.1).
- e. In het jaar 2006 werd door de glastuinbouw 2.714 miljoen kWh elektriciteit geproduceerd met wk-installaties van de tuinders verkocht en de totale CO₂-emissie bedroeg 5,91 Mton.
- f. Die 2.714 miljoen kWh gaat samen met 2.714 106 kWh x 0,2731 kg CO₂/kWh = 0,74 Mton CO₂. De CO₂-emissie van de glastuinbouw zonder elektriciteitslevering in 2006 wordt dan 5,91 Mton - 0,74 Mton = 5,17 Mton.

Keuze uitgangspunten

Over de keuze van de uitgangspunten en vooral uitgangspunten 2 en 3 is discussie mogelijk. De uitgangspunten 1, 4, 5 en 6 zijn bekend. De uitgangspunten 1 en 6 zijn (jaarlijkse) vaste factoren. Uitgangspunt 5 is afkomstig van een onderzoek met uitgebreide metingen op bedrijven in de praktijk (Nawrocki et al., 1991); de meetresultaten van dit onderzoek (marginale besparing) zijn nog steeds toepasbaar in de praktijk. Hierbij is uitgegaan van een enkelvoudige condensor op apart net omdat dit condensortype het meest in gebruik is bij het type bedrijf dat een wk-installatie in gebruik heeft (Van der Velden et al., 1996). De uitgangspunten 2 tot en met 4 zijn in de loop der tijd aan verandering onderhevig. De uitgangspunten 2 en 3 zijn ingeschat op basis van deskundigheid overeenkomstig (Smit et al., 2008) en uitgangspunt 4 is gebaseerd op (Smit et al., 2008). Voor uitgangspunt 2 is eveneens informatie beschikbaar van de energiebedrijven (paragraaf 3.3.8). Dit komt overeen met de inschatting.

In figuur B1.1 is het voorgaande schematisch weergegeven.



Figuur B1.1 Schematische weergave energiebenutting uit wk-installaties tuinders op aardgas

Tabel B1.1 Omrekeningsfactoren aardgas per kWh

Jaar	m ³ a.e./kWh
1990 tot en met 2006	0,2731
2007 en 2008	0,2727
2009 en 2010	0,2722
2011 tot en met 2013	0,2717
2014	0,2712
2015	0,2717
2016	0,2717

Bijlage 2 Uitgangspunten en factoren primair brandstof voor inkoop en verkoop elektriciteit en inkoop warmte¹

Tabel B2.1 *Uitgangspunten voor het bepalen van het primair brandstofverbruik per productie-eenheid per jaar*

Jaar	Productie-eenheid							
	elektr. centr. a)		warmteleverende eenheden b)				wk-installaties c)	
	ne	nve	ne-zwl	ne-mwl	nw-mwl	nvw	ne nw	ne nw
2001	42,6	3,77	48,0	43,3	34,0	5,0	35,5	49,5
2002	42,5	3,77	48,2	43,5	34,4	5,0	35,5	49,5
2003	42,7	3,77	48,2	43,5	34,3	5,0	35,5	49,5
2004	42,6	3,77	48,4	43,7	34,6	5,0	36,0	49,0
2005	41,9	3,77	47,3	42,8	32,8	5,0	36,0	49,0
2006	43,6	3,77	47,1	42,7	32,7	5,0	36,5	49,0
2007	43,8	3,77	47,4	42,9	32,9	5,0	37,0	49,0
2008	43,0	3,77	47,7	43,2	33,1	5,0	37,5	49,0
2009	44,1	3,77	47,3	42,9	32,5	5,0	38,0	49,0
2010	45,2	3,77	47,2	42,8	32,3	5,0	38,0	49,0
2011	46,1	3,77	47,4	43,0	32,6	5,0	38,0	49,0
2012	44,9	3,77	47,5	43,0	32,8	5,0	38,0	49,0
2013	45,7	3,77	47,4	43,0	32,7	5,0	38,0	49,0
2014	45,2	3,77	47,6	43,1	33,0	5,0	38,0	49,0
2015	45,1	3,77	47,7	43,2	33,2	5,0	38,0	49,0
2016v	45,1	3,77	47,4	43,0	33,7	5,0	38,0	49,0

v = voorlopig cijfer

ne = jaargebruiksrendement elektrisch (% o.w.)

nw = jaargebruiksrendement warmte (% o.w.)

ne-zwl = jaargebruiksrendement elektrisch zonder warmtelevering (% o.w.)

ne-mwl = jaargebruiksrendement elektrisch met warmtelevering (% o.w.)

nw-mwl = jaargebruiksrendement warmte met warmtelevering (% o.w.)

nve = netverliezen elektrisch (% van de levering van elektriciteit aan het net)

nvw = netverliezen warmte (% van de warmtelevering aan het net)

a) Bron: SEP (tot en met 1999), Nationale energiebalans CBS (vanaf 2000); b) Bron: Novem. Hier is het gewogen gemiddelde van alle eenheden met restwarmtelevering aan de glastuinbouw vermeld; c) Bron: Verhoeven et al. (1995) en mondelinge informatie van energiebedrijven en deskundigen.

¹ Exclusief inkoop duurzame elektriciteit en duurzame warmte.

Tabel B2.2 Omrekeningsfactoren van afzonderlijke energiedragers naar primair brandstofverbruik per jaar

Jaar	Energiedrager			
	elektriciteit inkoop a)	elektriciteit verkoop b)	restwarmte c) d)	wk-warmte e)
	m ³ a.e./kWh	m ³ a.e./kWh	m ³ a.e./GJ	m ³ a.e./GJ
2001	0,278	0,267	9,52	10,64
2002	0,278	0,268	9,44	10,51
2003	0,277	0,266	9,44	10,76
2004	0,278	0,267	9,37	9,99
2005	0,282	0,272	9,52	9,08
2006	0,271	0,261	9,55	10,50
2007	0,273	0,263	9,52	9,38
2008	0,276	0,266	9,46	7,98
2009	0,265	0,255	9,52	9,54
2010	0,262	0,252	8,76	10,27
2011	0,256	0,247	8,67	11,33
2012	0,263	0,253	8,75	9,91
2013	0,259	0,249	8,79	10,86
2014	0,262	0,252	8,41	10,27
2015	0,262	0,252	8,14	10,15
2016v	0,262	0,252	8,00	10,15

v = voorlopig cijfer.

a) inclusief transportverliezen; b) exclusief transportverliezen; c) gewogen gemiddelde van alle eenheden restwarmteprojecten met glastuinbouw; d) exclusief aandeel duurzaam; e) gewogen gemiddelde van alle wk-installaties van energiebedrijven in de glastuinbouw.

Bijlage 3 Uitwerking met voorbeeld- berekeningen factoren primair brandstof

Inkoop elektriciteit

Het gemiddeld netto-elektrisch jaargebruiksrendement van alle elektriciteitscentrales in Nederland bedraagt in 2006 43,6% (bijlage 2); dit betreft centrales zonder warmtelevering. Dit betekent dat van de totale toegevoerde hoeveelheid energie in de vorm van brandstof 43,6% wordt omgezet in elektrische energie.

Bij het transport van de geproduceerde elektriciteit van de centrale naar de afnemer gaat elektriciteit verloren in de vorm van netverliezen. In de periode 2000-2011 bedragen de verliezen in het openbare elektriciteitsnet in Nederland volgens het CBS gemiddeld 3,77% van de via het openbare net getransporteerde elektriciteit.

Voor de productie van elektriciteit in elektriciteitscentrales die door de glastuinbouw wordt ingekocht is in 2006 nodig aan primair brandstof:

1 kWh

$$\text{-----} = 0,271 \text{ m}^3 \text{ a.e./kWh}$$
$$(31,65 \text{ MJ/m}^3 / 3,6 \text{ MJ/kWh}) \times 43,6\% \times (100-3,77)\%$$

Verkoop elektriciteit

Voor de verkoop van elektriciteit wordt in bovenstaande berekening de transportverliezen op nul gesteld en dat resulteert in een factor 0,261 m³ a.e./kWh.

Inkoop wk-warmte

Het gemiddelde gebruiksrendement van de wk-installaties van de energiebedrijven met warmtelevering aan de glastuinbouw wordt voor 2006 geschat op elektrisch 36,5% en thermisch 49% (bijlage 2).

De wk-installaties zijn geplaatst op glastuinbouwbedrijven waar de geproduceerde warmte wordt aangewend. De netverliezen van het transport van de warmte zijn daardoor te verwaarlozen. De geproduceerde elektriciteit wordt geleverd via het openbare elektriciteitsnet.

Indien in een gemiddelde elektriciteitscentrale zonder warmtelevering in Nederland 1.000 kWh elektriciteit wordt geproduceerd, dan is de brandstofbehoefte:

1.000 kWh

$$\text{-----} = 260,88 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$$
$$(31,65 \text{ MJ/m}^3 / 3,6 \text{ MJ/kWh}) \times 43,6\%$$

Indien dezelfde hoeveelheid elektriciteit wordt geproduceerd met een wk-installatie van het energiebedrijf, dan is de brandstofbehoefte:

1.000 kWh

$$\text{-----} = 311,63 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$$
$$(31,65 \text{ MJ/m}^3 / 3,6 \text{ MJ/kWh}) \times 36,5\%$$

Naast de 1.000 kWh elektriciteit wordt de volgende hoeveelheid warmte geproduceerd:

$$\begin{array}{r} 311,62 \text{ m}^3 \text{ a.e.} \times 31,65 \text{ MJ/m}^3 \times 49\% \\ \hline 1.000 \end{array} = 4,9 \text{ GJ}$$

Per eenheid geleverde wk-warmte is dan de volgende hoeveelheid (extra) primaire brandstof nodig:

$$\begin{array}{r} 311,63 \text{ m}^3 \text{ a.e.} - 260,88 \text{ m}^3 \text{ a.e.} \\ \hline 4,9 \text{ GJ} \end{array} = 10,50 \text{ m}^3 \text{ a.e./GJ}$$

Inkoop restwarmte

In de glastuinbouw wordt gebruik gemaakt van restwarmte vanuit diverse elektriciteitscentrales. In de situatie met warmtelevering vanuit deze centrales is het elektrisch jaargebruiksrendement lager dan in de situatie zonder warmtelevering.

In het onderstaande rekenvoorbeeld wordt uitgegaan van een elektrisch jaargebruiksrendement van een centrale met levering restwarmte van 40% en in de situatie zonder warmtelevering van 45%. In de situatie met warmtelevering bedraagt het thermisch jaargebruiksrendement 42%.

Bij het transport en distributie van de warmte gaat warmte verloren in de vorm van netverliezen. Deze netverliezen zijn op basis van diverse bronnen en informatie van deskundigen geschat op 5% van de geleverde hoeveelheid restwarmte.

Indien in deze centrales in de situatie zonder warmtelevering 1.000 kWh elektriciteit wordt geproduceerd dan is de brandstofbehoefte:

$$\begin{array}{r} 1.000 \text{ kWh} \\ \hline (31,65 \text{ MJ/m}^3 / 3,6 \text{ MJ/kWh}) \times 45\% \end{array} = 252,8 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$$

Indien dezelfde hoeveelheid elektriciteit wordt geproduceerd in de situatie met warmtelevering dan is de brandstofbehoefte:

$$\begin{array}{r} 1.000 \text{ kWh} \\ \hline (31,65 \text{ MJ/m}^3 / 3,6 \text{ MJ/kWh}) \times 40\% \end{array} = 284,4 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$$

Naast de 1.000 kWh elektriciteit wordt de volgende hoeveelheid warmte geproduceerd:

$$\begin{array}{r} 284,4 \text{ m}^3 \text{ a.e.} \times 31,65 \text{ MJ/m}^3 \times 42\% \\ \hline 1.000 \end{array} = 3,78 \text{ GJ}$$

Van deze warmteproductie van 3,78 GJ gaar 5% verloren bij het transport en distributie; de warmtelevering wordt dan $3,78 \text{ GJ} \times (100-5)\% = 3,59 \text{ GJ}$.

Per geleverde GJ restwarmte is dan de volgende hoeveelheid (extra) primaire brandstof nodig:

$$\begin{array}{r} 284,4 \text{ m}^3 \text{ a.e.} - 252,8 \text{ m}^3 \text{ a.e.} \\ \hline 3,59 \text{ GJ} \end{array} = 8,80 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$$

Bijlage 4 Relaties temperatuurcorrectie

Toelichting

Het primair brandstofverbruik wordt gecorrigeerd voor de buitentemperatuur. De correctie betreft het energiegebruik voor omrekening naar primair brandstof. Voor deze correctie worden onderstaande relaties gebruikt. Onderscheidt wordt gemaakt naar correctie van de brandstofintensiteit en van de elektriciteit intensiteit.

Correctie brandstofintensiteit

De brandstofintensiteit wordt gecorrigeerd op basis van de empirische relatie tussen de brandstof intensiteit voor de teelt en de buitentemperatuur. Bij het schatten van deze relatie is ook de invloed van de aardgasprijs in beschouwing genomen.

In de analyse zijn meerdere perioden in beschouwing genomen die niet allemaal een significant betrouwbaar resultaat gaven.

Periode 1995-2008

De regressieanalyse over de periode 1995-2008 resulteert in het volgende significant betrouwbare resultaat:

$$BI = 17,3 + 0,415 \times \text{grdg} - 0,196 \times \text{prijs} - 0,622 \times \text{dum_lib}$$

waarin:

BI	= gemiddelde brandstofintensiteit per jaar ² (m ³ a.e./m ²) a)
grdg	= aantal graaddagen per jaar (stookgrens = 18 °C)
prijs	= gemiddelde reële gasprijs per jaar ³ (cent(1980)/m ³) b)
dum_lib	= dummy voor de wijziging van de tariefstructuur voor aardgas door de liberalisering van de aardgasmarkt (voor = 0; na = 1)

$$r^2 = 95,6\%$$

$$n = 14$$

$$t_{\text{grdg}} = 5,5$$

$$t_{\text{prijs}} = 2,7$$

$$t_{\text{dum_lib}} = 8,3$$

De intercorrelaties tussen grdg, prijs en dum_lib zijn allemaal kleiner dan 18%.

De r^2 van 95,6% betekent dat 95,6% van de verschillen in BI tussen de jaren wordt verklaard door de beschreven relatie.

De correctie van de brandstofintensiteit bedraagt per 100 graaddagen, 0,415 m³ a.e. per m².

² Onder de brandstofintensiteit wordt verstaan het totaal aan aardgas, overig fossiel, inkoop warmte uit fossiele bron en warmte afkomstig uit een duurzame bron per m² kas. De brandstofintensiteit is gecorrigeerd voor het aardgas dat nodig is voor de verkoop van elektriciteit. Er is niet gecorrigeerd voor de totale elektriciteitsproductie ofwel inclusief de productie die door de sector zelf wordt gebruikt; deze elektriciteit wordt via de belichting grotendeels omgezet in warmte.

³ Vanaf de invoering van de liberalisering van de aardgasmarkt betreft dit de commodityprijs.

Periode 2001-2010

De regressieanalyse over de periode 2001-2010 resulteert in het volgende significant betrouwbare resultaat:

$$BI = 33,2 + 0,332 \times \text{grdg} - 0,494 \times \text{prijs} - 0,600 \times \text{dum_lib}$$

waarin:

BI	= gemiddelde brandstofintensiteit per jaar ⁴ (m ³ a.e./m ²) a)
grdg	= aantal graaddagen per jaar (stookgrens = 18 °C)
prijs	= gemiddelde reële gasprijs per jaar ⁵ (cent(1980)/m ³) b)
dum_lib	= dummy voor de wijziging van de tariefstructuur voor aardgas door de liberalisering van de aardgasmarkt (voor = 0; na = 1)

$$r^2 = 92,1\%$$

$$n = 10$$

$$t_{\text{grdg}} = 2,9$$

$$t_{\text{prijs}} = -4,2$$

$$t_{\text{dum_lib}} = -5,1$$

De intercorrelaties tussen grdg, prijs en dum_lib zijn allemaal kleiner dan 5%.

De r^2 van 92,1% betekent dat 92,1% van de verschillen in BI tussen de jaren wordt verklaard door de beschreven relatie.

De correctie van de brandstofintensiteit bedraagt per 100 graaddagen, 0,332 m³ a.e. per m².

Het resultaat over de periode 1995 tot en met 2008 wordt gebruikt als correctiefactor voor de periode 2001 tot en met 2010 en het resultaat over de periode 2001 tot en met 2010 voor de periode na 2010⁶.

Correctie elektriciteitsintensiteit

De elektriciteitsintensiteit wordt gecorrigeerd op basis van de empirische relatie tussen de elektriciteitsintensiteit en de brandstofintensiteit. Dit is dus een indirecte correctie.

De correctie van de elektriciteitsintensiteit bedraagt per m³ aardgas, 0,067 kWh per m². Deze coëfficiënt is afkomstig van de relatie over de periode 1980-1998 (Van der Velden et al., 1993). Door de toename van het elektriciteitsverbruik door andere factoren (belichting, mechanisatie, enzovoort) is de relatie niet in een recentere periode empirisch vast te stellen.

Graaddagen

Als maatstaf voor de buitentemperatuur wordt het aantal graaddagen gebruikt op jaarbasis (locatie De Bilt). Het aantal graaddagen wordt bepaald op basis van de gemiddelde buitentemperatuur per etmaal. Indien de etmaaltemperatuur boven de 18 °C ligt, wordt ervan uitgegaan dat er geen warmte nodig is voor het verwarmen van de kas. Dit wordt de stookgrens genoemd. Iedere °C die de gemiddelde buitentemperatuur per etmaal onder de stookgrens ligt, is een graaddag. Bij een gemiddelde etmaaltemperatuur van 12 °C bedraagt het aantal graaddagen 6 en bij een etmaaltemperatuur van -5 °C is dit 23.

⁴ Onder de brandstofintensiteit wordt verstaan het totaal aan aardgas, overig fossiel, inkoop warmte uit fossiele bron en warmte afkomstig uit een duurzame bron per m² kas. De brandstofintensiteit is gecorrigeerd voor het aardgas dat nodig is voor de verkoop van elektriciteit. Er is niet gecorrigeerd voor de totale elektriciteitsproductie ofwel inclusief de productie die door de sector zelf wordt gebruikt; deze elektriciteit wordt via de belichting grotendeels omgezet in warmte.

⁵ Vanaf de invoering van de liberalisering van de aardgasmarkt betreft dit de commodityprijs.

⁶ Door intercorrelaties kon over een recentere periode nog geen statistisch betrouwbare relatie worden gekwantificeerd. Het streven is om de correctiefactor de komende jaren te actualiseren.

Bijlage 5 Kwantificering sanering wk-vermogen tuinders

De kwantificering van het werkelijk wk-vermogen in de glastuinbouw inclusief sanering van de wk-installaties van de tuinders hieronder uiteengezet. Onder sanering wordt verstaan: installaties die uit de glastuinbouw zijn verdwenen.

1. Als verstrekpunt is gekozen voor de stand van zaken van het in gebruik zijnde wk-vermogen in de land- en tuinbouw in de periode 1999-2003 uit de rapportage van CBS en Cogen Projects (Van der Pijl, 2004). Dit betreft zowel installatie van de tuinders als van de energiebedrijven. Op basis van de inventarisatie van Cogen Projects is deze informatie gecorrigeerd voor het wk-vermogen van de energiebedrijven waardoor het wk-vermogen van de tuinders resteert. Hierbij is het wk-vermogen in de land- en tuinbouw buiten de glastuinbouw verwaarloosd.
2. Het bijgeplaatste wk-vermogen door de tuinders in de periode vanaf 2003 is bekend uit de inventarisaties van Cogen Projects en de latere jaren door Energy Matters.
3. Uit de inventarisatie van het wk-vermogen in de glastuinbouw van Wageningen Economic Research uit 1992 (Van Leeuwen et al., 1992) is bekend hoeveel wk-vermogen er in 1992 in de glastuinbouw stond opgesteld, opgesplitst naar installaties van de tuinders en van de energiebedrijven; ook de plaatsing in de jaren daarvoor is daaruit bekend.
4. De plaatsing aan wk-vermogen door de tuinders per jaar en de periode 1992-1999 is bepaald door interpolatie van de situatie per 1 januari 1992 (3) en per 1 januari 1999 (1). Hieruit ontstaat een bijgeplaatst vermogen dat in deze periode per jaar gelijk is; dit wordt als juist verondersteld omdat de ontwikkeling van het wk-vermogen in die periode geleidelijk is gegaan (ging samen op met het areaal belichting). Hierbij is ook verondersteld dat er in deze periode nog geen noemenswaardige sanering heeft plaatsgevonden.
5. De gemiddelde leeftijd van de wk-installaties van de tuinders waarbij deze uit gebruik wordt genomen, is bepaald op basis van:
 - informatie uit het Bedrijveninformatienet van Wageningen Economic Research;
 - informatie van de bedrijven die het onderhoud van de wk-installaties uitvoeren.Uit informatie uit het Bedrijveninformatienet is gebleken dat installaties ouder dan 15 jaar praktisch niet voorkomen en dat na een leeftijd van 10 jaar er minder installaties in gebruik zijn. Wk-installaties worden geleverd met een onderhoudscontract voor 30.000-60.000 draaiuren. In het algemeen betekent dit dat installaties in gebruik worden gehouden tot deze uren zijn gerealiseerd; dit betekent een periode van 8 tot 15 jaar. Hierna kan revisie volgen, waarna een nieuw onderhoudscontract afgesloten kan worden. De informatie vanuit de onderhoudsbedrijven stemt dus overeen met de informatie uit het Bedrijveninformatienet.

Op basis van het voorgaande is gesteld dat de wk-installaties van de tuinders in de periode tot en met 2010 voor de basissanering gemiddeld 12 jaar mee gaan.
6. De jaarlijkse sanering van de wk-installaties van de tuinders is in de periode 2004-2008 bepaald door de installaties die in die periode meer dan 12 jaar oud worden als sanering te beschouwen; in jaar X is de sanering dan gelijk aan wat is bijgeplaatst in jaar X-12. Voor alle duidelijkheid; het is niet zo dat in jaar X alle installaties uit jaar X -12 uit gebruik worden genomen; er zijn er die eerder en er zijn er die later uit gebruik worden genomen; er wordt gerekend met het gemiddelde.
7. In de periode 2010-2015 is het areaal glastuinbouw gekrompen (1.100 ha). Op het gekrompen areaal waren ook wk-installaties van tuinders in gebruik. De krimp van het areaal ging daarom samen met extra sanering van het wk-vermogen. Deze extra sanering is bepaald door het product van het verminderde areaal per gewas(groep) (ha), het gemiddeld wk-vermogen (W_e/m^2) en het aandeel (%) van het areaal per gewas(groep) waar een wk in gebruik was. Vervolgens is de berekende extra sanering per gewas(groep) gesommeerd op sectorniveau. De totale extra sanering is vervolgens deels in mindering gebracht op de standaardsanering op basis van de gemiddelde levensduur van 12 jaar (punt 5 en 6). Wk-vermogen kan immers maar eenmaal worden gesaneerd. De extra sanering is een tijdelijke versnelling van de sanering. In de periode tot en met 2015 is een aandeel van 50% van de extra sanering in mindering gebracht op de standaardsanering.

-
8. In 2016 is het areaal glastuinbouw niet gekrompen. Bovendien is de gebruiksduur van de installaties de laatste jaren gedaald. Hierdoor gaan de installaties langer mee. In 2016 is geen extra sanering opgenomen in de berekening en de standaardsanering (12 jaar) is verminderd tot circa 50 MW_e in 2016. Dit laatste geldt ook voor het jaar 2015.

Bijlage 6 Effecten energiebronnen op energie-efficiëntie en CO₂-emissie

Inleiding

In de Energiemonitor Glastuinbouw wordt voor de wk-installaties van de tuinder, inkoop warmte en voor de duurzame energiebronnen het effect op het primair brandstofverbruik c.q. de energie-efficiëntie en op het fossiel brandstofverbruik c.q. de CO₂-emissie bepaald. In deze bijlage wordt uiteengezet hoe het effect van deze energiebronnen wordt gekwantificeerd.

De afzonderlijke opties kunnen zelf fossiele brandstof gebruiken en bij opties met de inkoop van energie kan er voor de productie hiervan buiten de glastuinbouw fossiele brandstof nodig zijn. Ook kunnen opties extra elektriciteitsverbruik met zich mee brengen. Tot slot wordt door de opties het fossiel brandstofverbruik in de glastuinbouw gereduceerd en bij verkoop van de geproduceerde energie buiten de sector wordt bij de afnemer fossiel brandstof bespaard.

Conceptuele berekening

Bij de conceptuele berekening van de effecten per optie wordt onderscheid gemaakt naar het effect op de nationale CO₂-emissie en op de CO₂-emissie van de glastuinbouw.

Gebruikte data

Bij de uitwerking van de afzonderlijke elementen van de conceptuele berekening is aangegeven welke data worden gebruikt. De gebruikte data zijn afkomstig uit de energie-input en -output (paragraaf 3.3.1) en de inventarisatie van de projecten met duurzame energie (paragraaf 3.3.2). De gebruikte omrekeningsfactoren zijn behandeld in hoofdstuk 3. In deze bijlage is per data-input en omrekeningsfactor een verwijzing opgenomen naar de paragraaf in dit protocol waar dit is uitgewerkt.

Nationale CO₂-emissie

Het effect per optie op de nationale CO₂-emissie wordt bepaald middels het effect op het primair brandstofverbruik. Bij het primair brandstofverbruik wordt het fossiel brandstofverbruik voor de productie van de energie zowel binnen als buiten de sector in beschouwing genomen. Voor nadere uitleg over het primair brandstofverbruik wordt verwezen naar paragraaf 2.4.2.

Het effect per optie of van meerdere opties gezamenlijk op het primair brandstofverbruik wordt bepaald met formule (8). In deze formule kunnen per optie één of meerdere elementen gelijk zijn aan nul.

$$E_{pb} = -pbwkt - pbiw + bpbce + bpbve + bpbcw + bpbvw - pbee \quad (8)$$

waarin:

E_{pb}	= effect op primair brandstofverbruik ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$pbwkt$	= primair brandstofverbruik wk-tuinder ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$pbiw$	= primair brandstofverbruik inkoop warmte ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$bpbce$	= besparing primair brandstofverbruik consumptie elektriciteit ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$bpbve$	= besparing primair brandstofverbruik verkoop elektriciteit ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$bpbcw$	= besparing primair brandstofverbruik consumptie warmte ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$bpbvw$	= besparing primair brandstofverbruik verkoop warmte ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)
$pbee$	= primair brandstofverbruik extra elektriciteitsverbruik ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e}$)

Alle elementen in formule (8) betreffen de effecten op sectorniveau. Hieronder zijn de afzonderlijke elementen verder uitgewerkt.

$$\text{pbwkt} = \frac{\text{elpwk}}{\text{ow gas} \times \text{egrwkt}}$$

elpwk = elektriciteitsproductie wk-tuinder (10^6 kWk) (paragraaf 3.3.7)

owgas = onderste verbrandingswaarde aardgas (kWk/m³) (bijlage 1)

egrwkt = elektrisch jaargebruiksrendement wk-tuinder (% o.w.) (bijlage 1)

pbiw = iw . fpbiw

iw = inkoop warmte (10^6 GJ)

fpbiw = factor primair brandstof inkoop warmte (m³ a.e./GJ) = f(warmtebron) (paragraaf 3.3.4)

bpbce = ce . fpbie

ce = consumptie elektriciteitsproductie (10^6 kWh) (paragraaf 3.3.2)

fpbie = factor primair brandstof inkoop elektriciteit (m³ a.e./kWh) (paragraaf 3.3.4)

bpbve = ve . fpbve

ve = verkoop elektriciteitsproductie (10^6 kWh) (paragraaf 3.3.2)

fpbve = factor primair brandstof verkoop elektriciteit (m³ a.e./kWh) (paragraaf 3.3.4)

bpbcw = cw . fpbcw

cw = consumptie warmte (10^6 GJ) (paragraaf 3.3.2)

fpbcw = factor primair brandstofbesparing consumptie warmte (m³ a.e./GJ) (paragraaf 2.4.5 en bijlage 1)

bpbv w = vw . fpbv w

vw = verkoop warmte (10^6 GJ) (paragraaf 3.3.2)

fpbv w = factor primair brandstofbesparing verkoop warmte (m³ a.e./GJ) = f(referentie opwekking bij afnemer) (paragraaf 3.3.4 en bijlage 2)

pbee = ee . fpbie

ee = extra elektriciteitsverbruik (10^6 kWh) (paragraaf 3.3.2)

fpbie = factor primair brandstof inkoop elektriciteit (m³ a.e./kWh) (paragraaf 3.3.4)

Vervolgens wordt het effect op het primair brandstofverbruik omgezet naar het effect op de nationale CO₂-emissie met formule (9).

$$\text{Enat CO}_2 = \text{Epb} \cdot \text{efCO}_2\text{gas} \quad (9)$$

waarin:

Enat CO₂ = effect op nationale CO₂-emissie (Mton/jaar)

efCO₂gas = CO₂-emissiefactor aardgas (kg/m³) (paragraaf 3.3.5)

CO₂-emissie glastuinbouw

Het effect per optie op de CO₂-emissie op sectorniveau wordt bepaald middels de IPPC-methode. Bij de IPCC-methode wordt alleen het effect op het fossiel brandstofverbruik binnen de sector in beschouwing genomen. Voor nadere uitleg over de IPCC-methode wordt verwezen naar paragraaf 2.4.3.

Het effect per optie of van meerdere opties gezamenlijk op het fossiel brandstofverbruik wordt bepaald met formule (10).

$$E_{fbs} = -pbwkt + bpbcw \quad (10)$$

waarin:

E_{fbs} = effect op fossiel brandstofverbruik sectorniveau ($10^6 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$)

Formule (10) is een ingekorte versie van formule (8). Bij de IPCC-methode gaat het alleen om de effecten op het fossiel brandstofverbruik in de glastuinbouw. Dit betreft het fossiel brandstofverbruik door de wk-installaties van de tuinders en de besparing aan fossiel brandstofverbruik door consumptie van warmte waardoor alleen de componenten pbwkt en bpbcw van formule (8) overblijven. Verondersteld wordt dat de consumptie van duurzaam geproduceerde elektriciteit substitueert met de inkoop van niet duurzame elektriciteit en de inkoop van elektriciteit telt niet mee bij de CO_2 -emissie (IPCC-methode). Dit laatste geldt ook voor de verkoop van warmte en elektriciteit.

Vervolgens wordt het effect op het fossiel brandstofverbruik omgezet naar het effect op de CO_2 -emissie van de glastuinbouw met formule (11).

$$E_{\text{sec CO}_2} = E_{fbs} \cdot ef_{\text{CO}_2\text{gas}} \quad (11)$$

waarin:

$E_{\text{sec CO}_2}$ = effect op de sectorale CO_2 -emissie (Mton/jaar)

$ef_{\text{CO}_2\text{gas}}$ = CO_2 -emissiefactor aardgas (kg/m^3) (paragraaf 3.3.5)

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
NOTA
2017-094b

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
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
E communications.ssg@wur.nl
T +31 (0)70 335 83 30
www.wur.nl/economic-research

Nota 2017-094b

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.

