



Verwarming van de glastuinbouw in een post-fossiele energie infrastructuur

B.H.E. Vanthoor en H.F. de Zwart

Rapport GTB-1448

Referaat

De tuinbouwsector wil in de nabije toekomst vrij van fossiele energie kunnen produceren. Om hier doelgericht naar toe te kunnen werken is het van belang dat de mogelijke wegen daartoe op tijd in kaart gebracht worden. In dit rapport zijn deze in kwalitatieve zin weergegeven. Feitelijk zijn er 2 soorten aandrijfenergie, namelijk groene elektriciteit en geothermie/restwarmte, die elk andere technische oplossingen vereisen afhankelijk van het type teelt (onderverdeeld in koude extensieve teelten, niet, -matig en -zwaar belichte teelten).

Als kassen met behulp van elektriciteit worden verwarmd dan is de warmtepomp in combinatie met warmte-koude opslag energetisch en economisch de beste oplossing. Ook bij gebruik van restwarmte of geothermie kan de warmtepomp een rol spelen, maar minder prominent dan in een all-electric energie-infrastructuur. In alle gevallen is een goed ontvochtigingssysteem van belang. Energiesystemen in een fossiel-vrije infrastructuur worden gekenmerkt door hoge vaste kosten en lage variabele kosten. De hoge vaste kosten kunnen verlaagd worden door met lagere capaciteiten te werken wat bewerkstelligd kan worden door betere isolatie en lage temperatuur verwarmingssystemen.

In dit rapport is de stip op de horizon gezet voor een CO₂ neutrale tuinbouw. Hoe we daar gaan komen hangt af van de randvoorwaarden die onderweg steeds zullen veranderen. Dit vraagt om energetische en economische kengetallen voor verschillende teelten en opties voor de primaire energiebron die rekening houden met die veranderende randvoorwaarden.

Abstract

In the near future the greenhouse horticultural sector wants to produce free of fossil energy. To be able to work towards this purpose, it is important that the possible roads are mapped out on time. In this report, these roads are presented in a qualitative sense. In fact, there are 2 types of primary energy sources, namely green electricity and residual heat/geothermal energy, each requiring other technical solutions depending on the type of cultivation (divided in this report into cold extensive crops, not, -moderate and -heavily artificial lighted crops).

If greenhouses are heated by electricity, then the heat pump in combination with heat-cold storage, is the best solution both energetically and economically wise. When using residual heat or geothermal energy, the heat pump can play a role, but less prominent than in an all-electric energy infrastructure. In all cases a good dehumidification system is important. Energy systems in a fossil-free infrastructure are characterized by high fixed costs and low variable costs. These high fixed costs can be reduced by lowering the capacities using better isolation and low temperature heating systems.

This report has set the spot on the horizon for a CO₂ neutral horticulture. How we get there depends on the preconditions that will change on the way. This calls for energetic and economic indicators for different crops and options for the primary energy source that take into account those changing preconditions

Rapportgegevens

Rapport GTB-1448

Projectnummer: 3742157313-1

DOI nummer: 10.18174/420966

Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

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

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Voorwoord	5
1	Inleiding	7
2	Bedrijfstypen en energie-oplossingen	9
3	Conclusies	13

Voorwoord

De afgelopen decennia heeft de Nederlandse glastuinbouw grote vooruitgang geboekt in het verlagen van de CO₂-uitstoot. De CO₂-uitstoot is echter nog lang niet 0 en de teelt is dan ook nog lang niet klimaatneutraal te noemen, terwijl dat wel de ambities zijn die in het onderzoeks- en actieprogramma Kas Als Energiebron geformuleerd zijn.

Er is echter niettemin in de afgelopen jaren een breed palet aan mogelijkheden ontwikkeld waarmee deze ambities gerealiseerd zouden kunnen worden. Het feit dat deze tot nu toe slechts sporadisch en gedeeltelijk worden ingezet komt door de huidige marktverhoudingen. Als die in de komende jaren veranderen, hetzij door verandering van de consumentenvraag, hetzij door veranderingen zoals duurder of minder gas of CO₂-beprijzing zullen tuinders snel in de richting van die gewenste klimaatneutraliteit kunnen bewegen.

In dit rapport wordt een doorzicht gegeven van een paar aannemelijke richtingen waarin een klimaatneutrale tuinbouw vorm zou kunnen krijgen.

Het hier gepresenteerde werk komt voort uit de kennis en ervaring die door Wageningen University en Research is opgedaan in de verschillende onderzoeken die gefinancierd zijn door het Ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland in het kader van het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron.

1 Inleiding

De teelt van gewassen in de glastuinbouw wordt vooral gerealiseerd door zonne-energie. De transparante overkapping zorgt voor een maximale toetreding van zonlicht, de primaire energiebron voor planten om te groeien en vruchten en bloemen te produceren. Met de toetreding van zonlicht wordt de kas ook verwarmd, en wel zodanig dat er gedurende de zomer de ramen meestal open moeten om te hoge temperaturen te voorkomen.

De geografische ligging van Nederland in combinatie met het gemiddelde winterse weertype maakt echter dat het aanbod van zonlicht in de winter een factor 10 kleiner is dan in de zomer. Om met dit gegeven jaarrond te kunnen telen worden kassen in de winter verwarmd en wordt er in toenemende mate ook kunstlicht gebruikt. Anno 2017 gaat hier veel energie in om, vooral aardgas welke wordt omgezet in elektra voor de belichting. De glastuinbouw is verantwoordelijk voor 10% van het Nederlandse gasverbruik.

Met het groeiende bewustzijn dat de aan fossiele brandstoffen gerelateerde CO₂-uitstoot bijdraagt aan de ongewenste wereldwijde klimaatverandering worden allerlei strategieën uitgezet om deze de komende jaren uit te faseren. Bovendien maakt het huidige verbruik van fossiele brandstoffen Nederland erg afhankelijk van buitenlandse leveranciers.

Om beide redenen zal het verbruik van aardgas in de glastuinbouw de komende jaren dus fors moeten worden afgebouwd.

Het onderzoeks- en innovatieprogramma Kas Als Energiebron heeft de afgelopen jaren veel ontwikkelingen laten zien waarmee het gasverbruik flink kan worden verlaagd. In de onbelichte groententeelt zijn in de praktijk gasverbruiken onder de 30 m³/(m² jaar) inmiddels de norm en er zijn verschillende voorbeelden van komkommer-, tomaten- en paprikatelers die rond of zelfs onder de 25 m³/(m² jaar) zitten. In onderzoekskassen varieert de warmtevraag tussen de 12 en 18 m³ aardgas equivalenten per m² per jaar. Dit zijn grote prestaties, met de kennis dat 10 jaar geleden het gasverbruik in de groenteteelt nog tussen de 35 en 40 m³/(m² jaar) lag.

De ambitie van het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron is echter een tuinbouwsector waarin geen fossiele energie meer wordt gebruikt. Dit lijkt nog ver af te staan van de huidige praktijk, maar een nadere beschouwing van de technieken die op dit moment voor handen zijn laat zien dat zo'n fossiele-energie vrije tuinbouw binnen handbereik ligt. De enige reden waarom dit nog niet massaal wordt toegepast is dat fossiele energiedragers nog steeds relatief goedkoop zijn. Gecombineerd met het gegeven dat tuinders opereren in een markt met smalle marges en het gegeven dat de markt nog geen duidelijke beloning geeft voor producten die CO₂-neutraal zijn voortgebracht, is het niet verwonderlijk dat kassen weliswaar energie-efficiënter zijn geworden, maar toch nog steeds zwaar op fossiele brandstoffen leunen.

Toch zal dit op korte termijn gaan veranderen en het voorliggende rapport geeft een overzicht op de technieken die daarvoor naar verwachting zullen worden ingezet. Dit rapport is bedoeld als ondersteunend materiaal voor beleidsmatige keuzen zodat de richting van onderzoeksonderwerpen bepaald kan worden. Tevens beoogt het rapport enig houvast te geven voor voorlichters, toeleveranciers en tuinders wanneer zij zich een beeld willen vormen over de ontwikkelingen in de sector.

2 Bedrijfstypen en energie-oplossingen

De Trias Energetica, een veel gebruikte benaderingswijze bij de verduurzaming van energievoorzieningsystemen die zijn oorsprong kent uit de gebouwde omgeving en leidend voor het programma Kas als Energiebron, vertelt dat bij verduurzaming begonnen moet worden met de vraag of bepaalde eisen aan het klimaat echt nodig zijn (stap 1). Als daar rek in blijkt te zitten kan de verlichting van die eisen het energieverbruik doen verminderen. In de tuinbouw betekent dit dat er wordt gezocht naar de grenzen van temperatuurintegratie, het telen bij een hogere luchtvochtigheid, nieuwe rassen die extremere temperaturen en luchtvochtigheden tolereren en een eventueel aangepaste teeltstrategie (zoals lagere nachtverdamping, aangepaste plantbelasting, etc.)

Vervolgens wordt er in stap twee gekeken of door de toepassing van goede isolatie of slimme apparatuur het energieverbruik dat met de klimatisering gemoeid is kan worden verlaagd. De toepassing van kassen met een nog hogere licht transmissie, isolatieglas, goede schermssystemen en efficiënte ontvochtigingssystemen zijn goede voorbeelden van deze tweede stap in de verduurzaming.

De derde stap is de invulling van de resterende energievraag vanuit een duurzame bron. Hierbij kan gedacht worden aan geothermie, restwarmte, groene stroom, groen gas of bio-olie. Door het fossielvrij telen zal er geen CO₂ voor de teelt meer beschikbaar zijn. De tuinder zal dan op een andere manier aan zijn CO₂ moeten komen. Technieken om CO₂ op een duurzame manier te generen moeten daarom ook ontwikkeld worden. In dit rapport wordt de focus echter gelegd op de derde stap van de Trias Energetica namelijk de verwarming in de glastuinbouw in het post-fossiele tijdperk.

Voor wat betreft de eerste stap, het zo energie-zuinig mogelijk maken van de eisen aan het klimaat, is er in de tuinbouw al een grote waaier aan variatie. Er zijn gewassen die bij heel lage temperaturen prima groeien (sla, radijs, Antirrhinum (Leeuwebek), 10-12 °C), maar ook gewassen die hoge temperaturen nodig hebben (paprika, rond de 20 °C) of hele hoge temperaturen (de opkweek van Phalaenopsis bij 29 °C). Ongeacht de teelttemperatuur zullen isolerende maatregelen de warmtevraag kunnen verlagen en in de regel neemt de absolute warmtevraag meer af bij een warme teelt dan bij een koude teelt. Wanneer de verwarming hoge variabele kosten heeft en lage vaste kosten (capaciteitskosten) is de rentabiliteit van isolatie erg afhankelijk van de absolute warmtevraag en zal het in een warme teelt eerder financieel renderen om een hoge isolatiegraad aan te brengen dan in een koude teelt. Zijn echter de capaciteitskosten hoog en de variabele kosten laag, dan rendeert isolatie ook in koude teelten omdat daardoor kleinere verwarmingsinstallaties nodig zijn. Energiesystemen in een fossiel-vrije infrastructuur zullen waarschijnlijk systemen zijn met hoge vaste kosten en lage variabele kosten. Daardoor zal isolatie in de toekomst nog belangrijker worden dan dat het nu is. Ook zullen lage temperatuur verwarmingssystemen belangrijker worden. Door gebruik te maken van lagere verwarmingstemperaturen kunnen systemen zoals de warmtepomp (kleiner temperatuurverschil koude-warmte kant, levert een hogere COP) en restwarmte en geothermie (geven een hogere benutbaarheid van de warmte of lagere eisen aan de aanvoertemperatuur van het water) kosten efficiënter ingezet worden. Naast verwarming voor de temperatuurbeheersing hebben kassen echter ook verwarming nodig vanwege de verdamping van het gewas. De verdamping van het gewas onttrekt warmte aan de kas. Het overgrote deel van de verdamping vindt plaats met behulp van de energie-toevoer vanuit het licht, parallel aan de groei. Maar 's nachts en op sombere dagen verdampt het gewas ook en onttrekt het warmte aan de kaslucht. Indien de kas hierdoor te koud wordt voor een evenwichtige teelt moet deze energie weer worden aangevuld via de verwarming.

Door de verdamping wordt de kaslucht vochtiger en dit kan in een goed geïsoleerde kas al gauw tot ongewenst hoge luchtvochtigheden leiden. In verschillende projecten wordt gezocht naar een bovengrens voor de luchtvochtigheid en met name in de sierteelt ligt die dynamische bovengrens niet erg hoog. Denk aan 80 tot 85% RV (afhankelijk van periode in de teelt en tijdstip van de dag) om de productkwaliteit te waarborgen. Indien het overtollig vocht wordt afgevoerd door de kas te ventileren wordt er koude buitenlucht binnengelaten, waarmee de kas natuurlijk afkoelt. De verdamping van het gewas kost daarom twee keer energie. Eerst de verdamping zelf, en daarna wanneer de luchtvochtigheid met buitenlucht wordt beheerst.

Ook hier geldt weer dat er veel verschillende gewassen zijn met allemaal hun eigen eisen zodat er nauwelijks een 'gemiddeld' getal kan worden gegeven over het energieverbruik dat met de verdamping en vochtbeheersing gemoeid is, maar als er een richtgetal zou moeten worden gegeven dan zou dit op 10 m³/(m² jaar) moeten worden gesteld (aangenomen dat er met standaard buitenlucht gebruik ontvochtigd wordt). Uiteraard zal dit voor de intensieve sierteelt wat hoger zijn en voor de extensievere teelten wat lager.

Een interessant aspect van dit vochtbeheersingsprobleem is dat daar waar de ontvochtiging met buitenlucht warmte kost, de ontvochtiging met geavanceerde ontvochtigingssystemen zelfs warmte kan opleveren. In het onderzoeksrapport "Vochtbeheersing in kassen en terugwinning van latente energie" worden allerlei systemen hiervoor beschreven.

Het rapport beschrijft een gradatie van systemen die alleen het voelbare verlies van de ontvochtiging verminderen (dat is het energieverlies doordat ingezogen buitenlucht kouder is dan kaslucht) tot aan installaties die alle energie die met de verdamping gemoeid is in de kas houden. Dit zijn de systemen die niet alleen voelbare warmte terugwinnen, maar ook latente warmte.

Vanwege de oogst van latente warmte vormen deze laatste systemen een interessante energiebron voor kasverwarming in een energie-neutrale tuinbouw. Echter, gegeven de grote variatie in de tuinbouw en het feit dat ook geothermie, restwarmte en groene energiedragers oplossingen bieden voor een energie neutrale tuinbouw kan er hier geen sprake zijn van 'one solution fits all problems'. In onderstaande tekst wordt een inschatting gegeven van welke duurzame energievoorziening mogelijkheden biedt voor welk deel van de tuinbouw.

Er worden daartoe vier verschillende type teelten onderscheiden:

- a. Zwaar belichte teelten ($> 100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).
- b. Matig belichte teelten ($< 100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).
- c. Niet belichte telers.
- d. Koude extensieve teelten.

En er wordt gekeken naar drie hoofdgroepen voor duurzame energiebronnen:

- a. Groene elektriciteit in combinatie met WKO.
- b. Geothermie en restwarmte.
- c. Groene energiedragers (groen gas en bio-olie).

En uiteraard kunnen er in de praktijk combinaties van die duurzame energiebronnen gemaakt worden. Zo zullen systemen op basis van restwarmte en geothermie nog altijd ook elektriciteit nodig hebben om pompen aan te drijven en is het alleszins denkbaar dat een deel van de warmte en/of elektriciteitsbehoefte met groen gas wordt geproduceerd omdat er daarmee ook CO_2 beschikbaar komt voor de teelt.

Vanwege het bijzondere karakter van ontvochtiging worden er bij de beschrijvingen naar twee gradaties in energie-efficiënte ontvochtigingssystemen gekeken:

- a. Systemen die alleen een deel van de voelbare warmte terugwinnen (systemen als Air and Energy, HortiAir, AVS-WTW (Van Dijk Heating), en een aantal conceptuele systemen die in het onderzoeksrapport "Vochtbeheersing in kassen en terugwinning van latente energie" worden genoemd (slurf in slurf principe en ontvochtigen via de zijgevel).
- b. Systemen die voelbare én latente warmte terugwinnen (zoals Next Generation, DryGear of ontvochtiging met hygrosopische zouten zoals de 'Climate Converter').

Randvoorwaarden die de beste oplossing in hoge mate beïnvloeden:

- a. De toekomstige prijs van groene stroom, groen gas, restwarmte en CO_2 .
- b. Aangepaste dynamische temperatuur en relatieve vochtigheid strategie (afhankelijk van periode in teelt en tijdstip van de dag) zouden invloed kunnen hebben op de ontvochtigingsbehoefte van de kas. Hogere temperaturen en vochtigheden zorgen voor een lagere ontvochtigingsbehoefte die vaak ook energie efficiënter kan worden uitgevoerd.
- c. Rassen zouden ontwikkeld kunnen worden die een lagere nachtverdamping hebben en rassen die bij lagere vochtdeficieten kwalitatief goed blijven.
- d. Efficiënte irrigatie systemen voor gewassen die niet in substraat geteeld worden zodat het overschot aan irrigatiewater niet verdampt hoeft te worden.
- e. Er is een trend naar steeds hogere belichtingsintensiteiten en dit zal de ontvochtigingsbehoefte vergroten.
- f. Er moet oog zijn voor de verhouding tussen piek-capaciteit en gemiddelde capaciteit.

Het is duidelijk dat dit een multifactorieel optimalisatieprobleem is waarop niet eenvoudig algemene antwoorden gegeven kunnen worden. Wel kunnen we een inkijk geven naar plausibele richtingen waarin oplossingen zullen liggen. Feitelijk zijn er twee soorten aandrijfenergie namelijk groene elektriciteit en rest warmte/geothermie die beide andere technische oplossingen vereisen afhankelijk van de type teelt. Groene energiedragers (groen gas en bio-olie), de derde energiebron die genoemd is behoeft geen speciale aandacht omdat de daarbij te gebruiken technieken niet zullen verschillen ten opzichte van het huidige gebruik van aardgas als primaire energiebron. In onderstaande tekst geven we een inkijk in de oplossingsrichtingen voor deze 2 soorten aandrijfenergie en 4 verschillende teelten.

Groene elektriciteit

Als kassen met behulp van elektriciteit worden verwarmd dan is de warmtepomp energetisch en economisch de beste oplossing onafhankelijk van het type teelt. In deze "all electric" oplossing is er uiteraard een laagwaardige warmtebron voor de warmtepomp nodig en deze kan voor de 3 intensiefste teelten goed in de terugwinning van latente warmte uit de ontvochtiging worden gevonden. Voor alle 4 type teelten wordt de capaciteit van de warmtepomp bepaald door de warmtevraag. Als deze berekend zou worden op de ontvochtigingsvraag zou er namelijk al gauw een overschot aan laagwaardige warmte optreden. En besparing op het verlies van warmte bij ontvochtiging via ramen heeft bij een warmteoverschot geen waarde. Voor alle typen teelten is een koude opslag gewenst zodat de warmtepomp draait als er warmtevraag is. De koude-opslagtank hoeft nauwelijks geïsoleerd te zijn en kan dus bestaan uit een eenvoudige silo. Wellicht is een warmte-opslagtank ook nog te overwegen zodat de capaciteit van de warmtepomp wat beperkt kan worden. Het vermogen van de warmtepomp wordt natuurlijk bepaald door de verwarmingsbehoefte op de koudste dagen, maar om zelfs aan de verwarmingsbehoefte in een elf steden-winter te kunnen voldoen is de toevoeging van een bio-olie gestookte ketel waarschijnlijk een goedkopere optie dan de installatie van een warmtepomp die ook in zo'n extreem koude periode nog voldoende verwarming levert. Uiteraard is ook het simpelweg tijdelijk accepteren van (te) lage temperaturen een optie die eventueel via financiële (collectieve) buffers zou kunnen worden opgevangen.

Voor zwaar belichte teelten geldt dat er een warmteoverschot is als de lampen aanstaan maar dat er warmtevraag kan zijn als de lampen uitstaan. De capaciteit van de warmtepomp wordt in dit geval berekend op de warmtevraag die de tuinder heeft. In de studie 'All electric roses' van Ronald-Jan Post, (DLV Glas & Energie) wordt aangetoond dat rozentelers hun intensieve belichting kunnen gebruiken om de kas te verwarmen. Een koelblok in de kas van ongeveer 40 W/m² is voldoende om aan de warmtevraag te voldoen. Door condensatie wordt de warmte uit de kaslucht geogst, die via een warmtepomp inzet kan worden voor de buisverwarming. Omdat niet altijd de lampen aan zijn, is er een etmaalbuffer nodig, maar geen aquifer. Door het gebruik van een warmtepomp als verwarmingssysteem zal het elektriciteitsverbruik van de teler met ongeveer 10-15% hoger liggen dan gebruikelijk.

Voor matig belichte teelten en niet belichte teelten is de dagelijkse oogst van voelbare en latente warmte te klein om in de winter de kas op temperatuur te kunnen houden en daarom moet er extra energie voor handen zijn. Deze energie kan in de zomer in de vorm van laagwaardige warmte opgeslagen worden in een kleine seizoens aquifer of in een grotere seizoens aquifer. De energie in dit opgewarmde water wordt in de winter via een warmtepomp benut voor de kasverwarming.

Bij extensieve teelten is de teelttemperatuur laag waardoor het lastig is om latente energie terug te winnen via een koelblok. Hygroscopische ontvochtiging is dan nog een optie, maar omdat et al. gauw een warmteoverschot zal ontstaan is het voor extensieve teelten waarschijnlijk goedkoper om de latente warmte te laten voor wat het is en de benodigde energie in de zomer te verzamelen. Die kan dan in een kleine seizoens aquifer opgeslagen worden. Voor de warmteoogst kan in dat geval gebruik gemaakt worden van zonnecollectoren of warmtewisselaars die uit de warme kaslucht energie onttrekken al naar gelang de integrale kostprijs.

Samengevat zien de oplossingen voor elektrisch aangedreven kassen er als volgt uit:

Type teelt	Aquifer	Overige technieken
Zwaar belicht	Nee	Koel- en ontvochtigingsblok
Matig belicht	Klein	Koel- en ontvochtigingsblok
Niet belicht	Groot	Koel- en ontvochtigingsblok
Extensief	Klein	Warmtewisselaar die in de zomer warmte verzamelt

Restwarmte en geothermie

Als een kas wordt verwarmd op basis van restwarmte of geothermie dan zijn de verwarmingskosten in de basislast zeer laag. Een goede kasisolatie is in dat geval zinvol omdat dit vooral ook de benodigde aansluitcapaciteit beperkt, maar een energie-efficiënt ontvochtigingssysteem ligt dan niet voor de hand. Immers, zo'n ontvochtigingssysteem levert vooral een verlaging van de basis-last in het energieverbruik. Systemen die alleen voelbare warmte terugwinnen, zoals Air and Energy, HortiAir, AVS-WTW (Van Dijk Heating), en een aantal conceptuele systemen zoals slurf in slurf principe en ontvochtigen via de zijgevel zijn in dat geval denkbaar, maar systemen die ook latente warmte terugwinnen zijn voor dit soort kassen waarschijnlijk niet zinvol. Nog afgezien van de basis-last/pieklast verhouding die bij deze latente warmte terugwinnende systemen niet past in kassen die met goedkope basislast-warmte worden verwarmd kan er ook geen handig dubbel gebruik van de warmtepomp worden gemaakt zoals dat bij de "all electric" systemen wel mogelijk is.

Voor zwaar belichte teelten is er relatief weinig warmte en ontvochtigings vraag omdat zij vaak een warmteoverschot hebben. Door deze lage warmtevraag zal een kleine aansluitcapaciteit op de warmtebron voldoende zijn. Voor matig en niet belichte teelten zal een grotere aansluitcapaciteit nodig zijn. In extensieve teelten is weer een erg kleine capaciteit voldoende.

Restwarmte en geothermie zijn in technische zin gelijkwaardig. In economische zin verschillen ze in de verhouding tussen vaste en variabele kosten en de technische risico's bij de aanleg. Van geval tot geval zal hier moeten worden gekeken naar de beste oplossingen.

Het is te verwachten dat tuinbouwbedrijven die met restwarmte of geothermie verwarmd worden een grote warmte-opslag tank zullen gebruiken om de benuttingsgraad van de aansluiting te vergroten. Ook zullen deze bedrijven veelal een onderdeel van clusters vormen omdat alleen bij grote projecten voldoende massa kan worden verkregen om de benodigde infrastructurele maatregelen betaalbaar te houden. Daarnaast zal er voor de piekmomenten (elf steden-winter) een extra warmtebron moeten worden aangelegd, waarschijnlijk gevoed met bio-olie. Dit geldt vooral voor de weinig en niet-belichte teelten. Voor intensief belichte teelten, die een grote aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet hebben, zou het extra verwarmingsvermogen uit elektrische verwarmingselementen in de buffer kunnen worden gerealiseerd (waarbij de lampen dan uitgeschakeld moeten blijven).

Om de relatieve hoge investeringen van geothermie te verlagen zou het een optie kunnen zijn om geothermie te gebruiken in combinatie met een warmtepomp. Hiermee kan het warme aanvoerwater verder worden uitgekoeled zodat de aansluitcapaciteit verkleind kan worden.

Financiële en energetische kengetallen voor de verschillende teelten en groene energiebronnen

Tot nu toe zijn technische verbeteringen om energie te besparen steeds doorgevoerd doordat tuinders de investeringen terug konden verdienen. In de komende jaren zou het echter zomaar kunnen gebeuren dat er rigoureuze beslissingen genomen moeten worden omdat gas helemaal niet meer voorhanden is. Dit zou kunnen betekenen dat technische aanpassingen doorgevoerd moeten worden, niet zozeer omdat ze terugverdiend worden maar omdat er simpelweg geen andere oplossing is.

Om hier tijdig op in te kunnen spelen is het van belang dat de financiële en energetische kengetallen van de geschetste oplossingsrichtingen op tijd in kaart gebracht worden. In dit rapport zijn de denkrichtingen weergegeven over hoe we in toekomst energetisch efficiënt kunnen verwarmen en ontvochtigen in de kassen. Hoe de bijbehorende energetisch en financiële kengetallen eruit komt te zien is nog niet berekend en dit zal ook per type teelt verschillen. Deze analyse hangt bovendien af van veel randvoorwaarden. Het is daarom aan te bevelen om voor de geschetste oplossingsrichting het financiële verhaal door te rekenen en met gebruik van gevoeligheidsanalyses kan eventueel ook de invloed van de veranderende randvoorwaarden inzichtelijk gemaakt worden. In deze analyse moet dan rekening houden met de randvoorwaarden zoals de prijsontwikkeling van (groene) elektriciteit, restwarmte en CO₂, veranderende rassen, veranderende klimaat strategie (hogere temperaturen en relatieve vochtigheden) en hogere belichting intensiteiten.

Als de kengetallen van de geschetste oplossingsrichtingen eenmaal duidelijk zijn, wordt ook snel duidelijk welke deelsystemen verder geoptimaliseerd moeten worden om de kosten van de energietransitie te beperken. Hierop kan vervolgens de onderzoeksagenda worden gebaseerd. Tevens geeft dit telers houvast in hun zoektocht naar de beste kas voor de komende jaren.

3 Conclusies

In de toekomst zal het verbruik van aardgas in de glastuinbouw worden afgebouwd. Technische oplossingen om nu al CO₂ neutraal te telen zijn voorhanden. Deze oplossingen zijn echter economisch nog niet rendabel doordat fossiele energiedragers relatief goedkoop zijn. Om toch dit doel van een CO₂-neutrale tuinbouw te realiseren zijn in dit rapport kwalitatieve oplossingsrichtingen weergegeven. De Trias Energetica, leidend voor het programma Kas als Energiebron, gaat uit dat als eerste stap bij verduurzaming begonnen moet worden met de vraag of bepaalde eisen aan het klimaat echt nodig zijn. In de tuinbouw betekent dit dat er wordt gezocht naar de grenzen van temperatuurintegratie, het telen bij een hogere luchtvochtigheid, nieuwe rassen die extremere temperaturen en luchtvochtigheden tolereren en een eventueel aangepaste teeltstrategie. Vervolgens wordt er in stap twee gekeken of door de toepassing van goede isolatie of slimme apparatuur het energieverbruik dat met de klimatisering gemoeid is kan worden verlaagd. De toepassing van kassen met een nog hogere licht transmissie, isolatieglas, goede schermssystemen en efficiënte ontvochtigingssystemen zijn goede voorbeelden van deze tweede stap in de verduurzaming. Onderzoek naar stap 1 en 2 van de Trias Energetica is erg belangrijk om het energieverbruik in de glastuinbouw verder af te bouwen. In dit rapport ligt de focus op de derde stap van de Trias Energetica, namelijk de invulling van de resterende energievraag in een kas vanuit een duurzame bron. Feitelijk zijn er hiervoor 2 soorten aandrijfenergie beschikbaar, namelijk groene elektriciteit en restwarmte/ geothermie die elk andere technische oplossingen vereisen afhankelijk van de type teelt (zwaar belichte teelten, matig belichte teelten, niet belichte teelten en koude extensieve teelten). Hierdoor is er geen "one solution fits all problems" benadering mogelijk.

Als kassen met behulp van elektriciteit worden verwarmd dan is de warmtepomp energetisch en economisch de beste oplossing, onafhankelijk van het type teelt. De laagwaardige warmtebron voor de warmtepomp kan goed in de latente warmte terugwinning van de ontvochtiging worden gevonden. Afhankelijk van het type teelt moeten de capaciteiten van de warmte-koude opslag (WKO, seizoensopslag) en de 24 uren opslag van warmte en koude worden aangepast.

Als een teler kiest voor restwarmte of geothermie zal het bedrijf meestal deel uitmaken van een groter cluster. De aansluitcapaciteit voor restwarmte en geothermie hangt sterk af van het type teelt: een lage aansluitcapaciteit voor koude extensieve teelten en zwaar belichte teelten (de belichting zorgt voor invulling van een groot deel van de warmtevraag) en voor matig en niet belichte teelten zal een grotere aansluitcapaciteit nodig zijn. Om de relatief hoge investeringen in de aansluitcapaciteit te verlagen zou het een optie kunnen zijn om ook een warmtepomp in het verwarmingssysteem op te nemen. Verbeterde kasisolatie is, net als bij de "all electric" situatie belangrijk, maar voor de ontvochtiging zal bij gebruik van restwarmte of geothermie niet 'het onderste uit de kan' worden gehaald.

De verwachting van de energiesystemen in een fossiel-vrije infrastructuur is dat het systemen zullen zijn met hoge vaste kosten en lage variabele kosten. Hierdoor zal isolatie en lage temperatuur verwarmingssystemen in de toekomst over de hele range van teelten aantrekkelijker worden. Dit zal immers de benodigde capaciteit verlagen. Lage temperatuur verwarmingssystemen worden ook belangrijk omdat deze de prestaties van een warmtepomp vergroten (kleiner temperatuurverschil koude-warmte kant levert een hogere COP) en de benutbaarheid van restwarmte en geothermie verhogen.

In dit rapport zijn kwalitatieve oplossingsrichtingen weergegeven voor een CO₂ neutrale tuinbouw. De stip op de horizon is gezet, maar hoe de weg daarnaartoe zal zijn hangt af van de randvoorwaarden in de komende decennia. Een vervolgstap is daarom om voor verschillende teelten de energetische en economische kengetallen te bepalen voor verschillende aandrijf energie opties en verschillende teelten. In zo'n studie wordt dan duidelijk waar de grootste uitdagingen zitten om CO₂ neutraal te kunnen telen en kunnen de prioriteiten in onderzoek worden gelegd. Wat mag bijvoorbeeld verwacht worden van rassen die 's nachts minder verdampen, rassen die tegen lagere temperaturen kunnen, betere isolatie van de kassen, vochtdichte schermen, lichtere kassen, efficiënte irrigatie systemen voor gewassen die niet in substraat geteeld worden, lage temperatuur verwarmingssystemen, gedragsverandering van de tuinders, etc.? Als de grootste bijdrage vanuit de teelt verwacht mag worden betekent dit intensief gewoonderzoek en snelle communicatie hierover naar de sector omdat de resultaten daarvan ook direct al ten gunste van een verlaging van de huidige CO₂-uitstoot kunnen worden ingezet.

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



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1448

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR 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.