
PV-toepassingen in de glastuinbouw

Rapportage Fase A; Inventarisatie

B. van Kampen (TNO-Bouw)
H. Oldengarm (TNO-Bouw)
G.P.A. Bot (IMAG)
J.P.G. Huijs (IMAG)



september 2000

Voorwoord

Fotovoltaïsche zonne-energie (PV) vormt een belangrijk potentieel in de opwekking van duurzame energie. Door inzet van deze vorm van duurzame energie kan de glastuinbouwsector aanzienlijk bijdragen aan de door de Stuurgroep MJA-E gestelde doelstelling om in 2010 te komen tot een aandeel van 4% duurzame energie op het totale energiegebruik van deze branche.

Bij de toepassing van PV kan gedacht worden aan het benutten van daken en gevels van de bedrijfsgebouwen zoals verwerkings-, opslag- en stookruimten en het afdekken van regenwaterbassins, aan een zonweringscherm met PV ter bescherming van de gewassen bij felle zoninstraling in de zomer en aan het aanbrengen van (semi-transparant) PV op de zijgevels van kassen.

Om een inschatting te kunnen maken van de bijdrage van PV aan de duurzame energiedoelstelling dienen de toepassingsmogelijkheden van PV in de glastuinbouw globaal in kaart te worden gebracht. Daartoe is in het kader van het MJA-Energieonderzoek een inventariserende studie gestart. De eerste oriënterende fase van deze studie is inmiddels afgerond en vastgelegd in dit (deel)rapport.

De resultaten lijken veelbelovend en zullen aan de MJA-Energiecommissie ter beoordeling worden voorgelegd. Op basis van deze bevindingen zal door de MJA-Energiecommissie een go/no go beslissing worden genomen over de voortzetting van dit onderzoek.

Inhoud

Voorwoord	1
Inhoud.....	2
1 Inleiding.....	3
2 Gewassen en bedrijfsinrichting.....	4
2.1 Gewassen.....	4
2.2 Referentiejaar.....	4
2.3 Bedrijfsinrichting.....	5
3 Inzetbaarheid PV.....	6
3.1 Bedrijfsgebouwen.....	6
3.2 Waterbassin.....	6
4 Elektriciteitsvraag en stralingsaanbod	8
4.1 Maandelijks elektriciteitsverbruik.....	8
4.1 Uurlijks elektriciteitsverbruik en straling	8
5 Bijdrage elektriciteitsvoorziening door PV-systeem	12
6 Conclusies en aanbevelingen	13
7 Literatuur.....	14

1 Inleiding

De Stuurgroep MJA-E heeft als doelstelling om voor de glastuinbouwsector in 2010 een aandeel van 4% van het totale energiegebruik in de vorm van duurzame energie te realiseren. Fotovoltaïsche zonne-energie (PV) vormt daarbij een belangrijke potentieel in de opwekking van duurzame energie.

Ten einde meer inzicht te verkrijgen in de toepassingsmogelijkheden voor PV in de glastuinbouw wordt door TNO en IMAG in het kader van het MJA-Energieonderzoek een inventariserende studie uitgevoerd. De studie is onderverdeeld in een aantal fasen. In dit verslag zijn de bevindingen voor fase A van het onderzoek weergegeven. Op grond van de resultaten van deze fase zal door de MJA-Energiecommissie een go/no go worden genomen voor de uitvoering van de vervolgfases.

In dit deel van de studie zijn de volgende aspecten nader uitgewerkt.

Er is een globale inventarisatie van PV-toepassingen voor het glastuinbouwbedrijf opgesteld. Hierbij zijn de toepassingsmogelijkheden voor PV-systemen op daken van bedrijfsgebouwen en het waterbassin voor glastuinbouwbedrijven in kaart gebracht. Ten einde het meest geschikte jaar als referentiekader voor de berekeningen te bepalen zijn de voor- en nadelen van twee referentie jaren, namelijk het TRY en het SEL-jaar, vergeleken.

Voor 6 representatieve gewasgroepen in de glastuinbouwsector is een korte beschrijving gemaakt van de gewaseisen en kasklimaatinstellingen en is de belangrijkste elektriciteitsverbruikende apparatuur kort beschreven. Voor alle gewasgroepen zijn berekeningen uitgevoerd en is de maandelijkse elektriciteitsvraag in tabelvorm weergegeven. Uitgaande van het SEL-jaar zijn met het kassimulatieprogramma Kaspro de uurlijkse elektriciteitsbehoeften voor de 6 genoemde gewassen bepaald en samen met het stralingsaanbod grafisch in kaart gebracht.

Ten einde in deze fase van het onderzoek reeds enig zicht te verkrijgen op de mogelijke bijdrage aan de elektriciteitsbehoefte op de betrokken bedrijfstypen, zijn berekeningen uitgevoerd om een globaal beeld van de te verwachten dekkingsgraad van PV te kunnen geven.

Indien besloten wordt tot uitvoering van het totale project zal in de volgende fasen van de meest interessante gewassoorten een gedetailleerde technische analyse van de PV-toepassingen worden opgesteld, zullen de vraag- en aanbodpatronen voor elektriciteit alsmede het dekkingspercentage worden weergegeven. Bovendien zullen de economische aspecten en het landelijk potentieel voor PV-toepassingen in de glastuinbouw nader worden geanalyseerd. De gehele studie zal in een eindrapportage worden vastgelegd.

2 Gewassen en bedrijfsinrichting

2.1 Gewassen

In de glastuinbouwsector is er een zeer grote verscheidenheid aan geteelde gewassen. De analyse van de toepassingsmogelijkheden voor PV is uitgevoerd voor een aantal representatieve gewassen. De keuze van deze gewassen is gebaseerd op een indeling door LEI en PBG (Alleblas en Mulder, 1997). De gewassen vertegenwoordigen de intensieve en extensieve glastuinbouw en geven zodoende inzicht in de mogelijkheden binnen de gehele glastuinbouwsector. Berekeningen zijn uitgevoerd naar de elektriciteitsvraag voor de in tabel 1 geselecteerde gewassen.

Momenteel worden op glastuinbouwbedrijven (nog) geen PV-systemen toegepast. Aangezien verondersteld wordt dat de toepassing van PV in de praktijk op modern ingerichte bedrijven zal plaatsvinden, is bij de uitgevoerde berekeningen uitgegaan van nieuwe, moderne, innovatieve bedrijven met een bedrijfsuitrusting waarvan wordt verwacht dat deze in de nabije toekomst standaard zal zijn.

Tabel 1 Geselecteerde gewassen

	intensief	extensief
Glasgroenten	tomaat	radijs
Snijbloemen	roos (belicht)	fresia
Potplanten	potplant (warm)	potplant (koud)

2.2 Referentiejaar

Bij onderzoek in de bouwwereld waarbij de straling een belangrijke rol speelt wordt het Test Reference Year (TRY-jaar) meestal als klimaatreferentiejaar gekozen (Lund, 1984). Bij energetisch onderzoek in de glastuinbouw is het zgn. SEL-jaar een gebruikelijk referentiejaar (van Weele, 1986). In tabel 2 zijn de belangrijkste verschillen tussen het TRY- en het SEL-jaar weergegeven.

Tabel 2 Voor- en nadelen van SEL- en TRY-jaar

	SEL	TRY
voordelen	binnen glastuinbouw erkend	in internationale bouwwereld erkend
	uurlijkse waarden van alle relevante factoren zijn beschikbaar	specifiek geselecteerd op stralingsgerelateerde factoren
nadelen	geselecteerd op energiegebruik (temperatuur is belangrijker dan straling)	geen gegevens over: regenvval barometerstand windrichting bewolking

Bij vergelijking van het TRY en SEL-jaar is gebleken dat de totale jaarlijkse instraling van het SEL-jaar 2,7% lager ligt dan van het TRY-jaar. Naast de extra beschikbaarheid van enkele voor het energiegebruik in de glastuinbouw relevante gegevens, is een belangrijk aspect van het SEL-jaar dat het in vele eerdere energiestudies voor de glastuinbouw is gebruikt.

Het SEL-jaar heeft op grond van de bovenstaande vergelijking de voorkeur gekregen om bij de berekeningen als referentiejaar te dienen.

2.3 Bedrijfsinrichting

Onlangs is door IMAG een studie uitgevoerd naar de elektriciteitsbehoefte voor diverse teelten in de glastuinbouw (Swinkels, 2000). De gehanteerde keuzes bij de berekeningen m.b.t. de bedrijfsuitrusting, het teeltsysteem, de klimaatsetpoints en de regelstrategie zijn in genoemd rapport uitgebreid beschreven. Zij worden nu eveneens als uitgangspunt gekozen.

Bij de berekening van de standaardverbruiksgegevens per teelt is gebruik gemaakt van het simulatiemodel KASPRO. Met dit kasklimaatmodel kunnen de energiestromen voor diverse gewasteelten in kassen worden berekend.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd.

Geteeld wordt in een moderne Venlo-kas met een hoge lichtdoorlatendheid. De klimaatregelaar die in het model wordt gebruikt, is vergelijkbaar met in de praktijk gebruikelijke regelaars zodat het gesimuleerde kasklimaat op eenzelfde manier gerealiseerd wordt als in de huidige tuinbouwpraktijk het geval is. De gegenereerde verbruiken gelden per m² teeltoppervlakte en worden berekend door het totale verbruik van het bedrijf te delen door het beteelbare oppervlak. De elektriciteitsvraag wordt gegeven als de hoeveelheid uit het openbare net opgenomen en door de WK-installatie geleverde elektriciteit (Watt per m²).

Het elektriciteitsverbruik van een modern tuinbouwbedrijf wordt voornamelijk bepaald door een aantal verbruikers die afhankelijk van de teelt op een bedrijf aanwezig zijn. Dit zijn:

- branderventilator
- CO₂-ventilator
- transport- en circulatiepompen
- water(bron)pomp
- luchtingsmotoren
- belichting
- recirculatieventilatoren
- overige, o.a. koelcel, sorteermachine, compressor(en).

Voor deze elektriciteitsverbruikers geldt dat een aantal hiervan een (nagenoeg) vast verbruik heeft. Zo hebben de branderventilator en pompen een elektriciteitsverbruik dat vrijwel gelijk blijft gedurende het jaar. Van andere, zoals de CO₂-ventilator en belichting, varieert het verbruik over het jaar.

De berekeningen van alle standaardteelten zijn gebaseerd op een zeer moderne tuinbouwkas die in de nabije toekomst als standaard verwacht mag worden. De kas heeft bijbehorende eigenschappen met betrekking tot lichtverlies, isolatie en ventilatie. Ten aanzien van de berekeningen met het simulatiemodel gelden nog de volgende eigenschappen:

- lengte/breedte-verhouding: 1
- goothoogte: 4.5 m
- dakhelling: 22.5 °
- enkelglas dek
- dubbelglas gevels
- kas is noord-zuid georiënteerd (goot in N-Z richting)

3 Inzetbaarheid PV

In de berekeningen van fase A wordt ervan uitgegaan dat de inzet van PV beperkt blijft tot het dak van bedrijfsgebouwen en de opstelling van een PV-systeem boven het waterbassin.

Naast genoemde toepassingen zou PV in principe ook in de kasgevel en als zonweringscherm kunnen worden ingezet. Van deze toepassingen worden beduidend geringere elektriciteitsopbrengsten verwacht. Genoemde toepassingen blijven daarom in deze inventarisatie buiten beschouwing, maar zullen in fase B van het project wel aandacht krijgen.

3.1 Bedrijfsgebouwen

Bij het aftasten van inzetbaarheid van PV bij gebouwen in de glastuinbouw dient onderscheid te worden gemaakt tussen de ruimte waar gewassen worden geteeld (kas) en de ruimte voor kantine, ketelhuis en opslag en verwerking van producten (bedrijfsgebouwen). Voor de groei van planten is zonlicht onmisbaar. Lichtverlies door de inzet van PV in het kasdek blijft derhalve vooralsnog buiten beschouwing.

Daken van bedrijfsgebouwen komen in principe wel in aanmerking voor toepassing van PV.

Uit de beschikbare informatie blijkt dat bij glastuinbouwbedrijven met een kasoppervlak van 1–2 ha de oppervlakte van de bedrijfsgebouwen ongeveer 4% van de kasoppervlakte bedraagt (Huijs et al, 1999). In de literatuur is geen informatie gevonden m.b.t. de oppervlakte van de bedrijfsgebouwen voor de afzonderlijke teeltgewassen. In de berekeningen is uitgegaan van een totale dakoppervlakte van 800 m² voor een bedrijf met een glasoppervlak van 2 ha.

Als gangbare dakhelling van de bedrijfsgebouwen wordt uitgegaan van 22°. Verondersteld is, dat 50% van het totale dak zuidelijk georiënteerd is en in aanmerking komt voor de toepassing van een PV-systeem. De voor PV-inzet geschikte dakoppervlakte bedraagt dus 400 m² voor een bedrijf van 2 ha kas.

3.2 Waterbassin

De overheid en de glastuinbouwsector zijn in het Convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) en de daarbij opgestelde Integrale Milieu Taakstelling (IMT) overeengekomen dat glastuinbouwbedrijven over een waterbassin dienen te beschikken waarin hemelwater wordt opgevangen dat wordt ingezet bij de watervoorziening van de kasteelt. Voor een tomaatbedrijf wordt een waterbassin met een inhoud van 1.500 m³ per ha als norm aangehouden (Van Os, 2000). Bij gewassen treden grote verschillen op in gewasverdamping, hetgeen consequenties heeft voor de bassingrootte (Achten et al, 2000).

Tabel 3 toont de op basis van de gewasverdamping gerelateerde inhoud en oppervlakte van het waterbassin voor de in de studie geselecteerde gewassen. Bij de gekozen inhoud van het bassin kan ongeveer 75% van het regenwater worden benut (Kwantitatieve informatie, 1999).

De tabel toont de grondoppervlakte van het waterbassin voor de verschillende teeltgewassen.

De uitgangspunten hierbij zijn:

- bedrijfsoppervlakte 2 ha
- aarden waterbassin

Tabel 3 Verdamping, inhoud en oppervlakte van het waterbassin voor verschillende gewassen.

gewas	verdamping (kg/m ² /jaar)	bassin-inhoud (m ³)	grondoppervlakte (m ²)
tomaat	800	3.000	1.800
roos			
radijs	500	2.000	1.350
fresia			
potplanten	400	1.500	1.100

Verondersteld wordt dat boven het waterbassin PV-panelen worden aangebracht.

In tabel 4 zijn de voor de verschillende gewassen het voor PV beschikbare oppervlakte voor de verschillende teelten voor bedrijven met een glasoppervlakte van 2 ha weergegeven.

Tabel 4 Beschikbare oppervlakte voor de inzet van PV bij verschillende glastuinbouwbedrijven (2 ha kas).

gewas	dak bedrijfsgebouwen m ²	waterbassin m ²	totale PV-inzet m ²
tomaat roos	400	1.800	2.200
radijs fresia	400	1.350	1.750
potplanten	400	1.100	1.500

4 Elektriciteitsvraag en stralingsaanbod

Voor 6 verschillende gewassen is de elektriciteitsvraag bepaald. Ten einde inzicht te verschaffen in de gelijktijdigheid van het aanbod van straling (door een PV-systeem omgezet in elektriciteit) en de vraag naar elektriciteit zijn beide voor de geselecteerde gewassen in kaart gebracht.

4.1 Maandelijks elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsverbruik is berekend met het kasklimaatmodel (KASPRO). Tabel 4 toont het maandelijks en jaarlijkse elektriciteitsverbruik. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de 6 geselecteerde bedrijven verschillende gewassen op basis van het SEL-jaar.

Tabel 4 Maandelijks elektriciteitsverbruik geselecteerde teelten (kWh/m²)

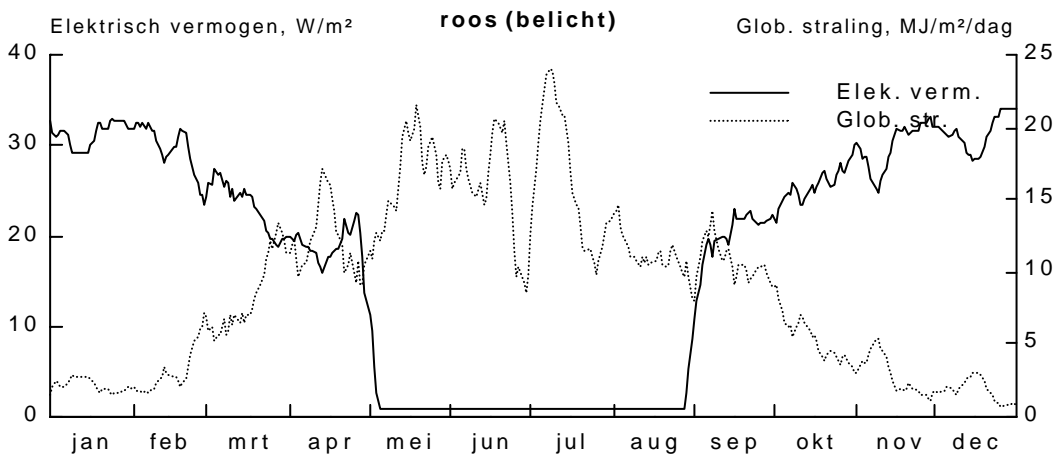
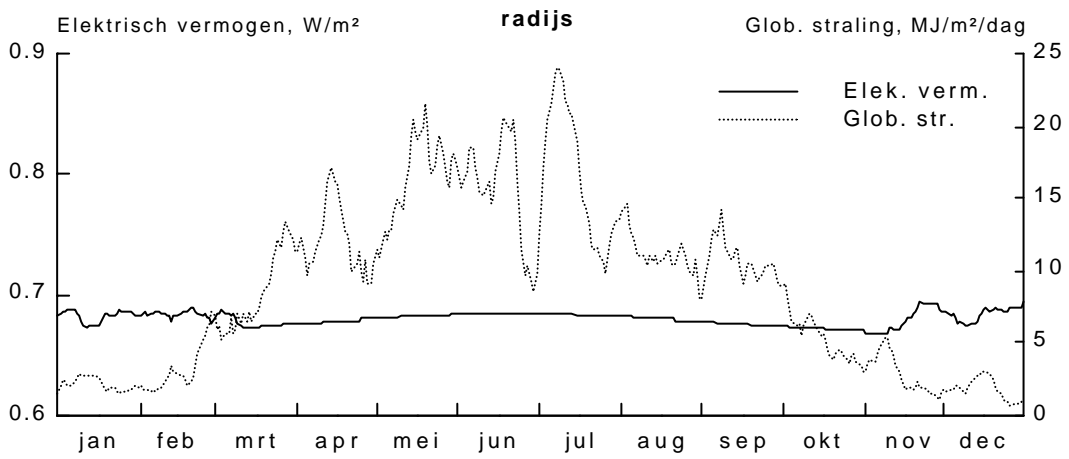
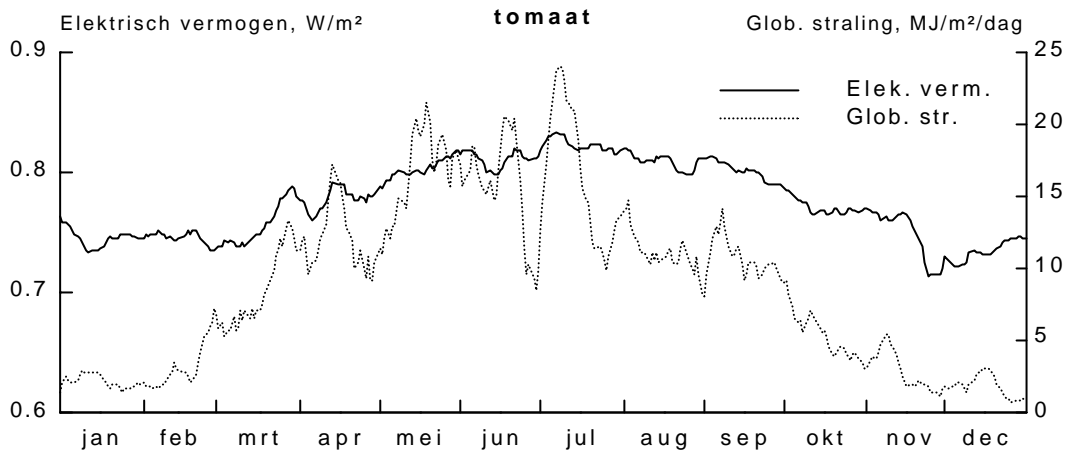
maand	tomaat	radijs	roos	fresia	potplant (w)	potplant (k)
jan	0.56	0.51	23.36	0.45	0.58	0.55
feb	0.50	0.46	19.77	0.39	0.52	0.50
mrt	0.56	0.50	17.19	0.44	0.55	0.55
apr	0.56	0.49	14.19	0.42	0.52	0.53
mei	0.60	0.51	0.54	5.24	0.54	0.56
jun	0.58	0.49	0.51	8.44	0.52	0.54
jul	0.61	0.51	0.53	9.91	0.55	0.56
aug	0.60	0.51	0.52	7.63	0.54	0.55
sep	0.58	0.49	14.90	3.53	0.52	0.53
okt	0.57	0.50	18.99	0.43	0.52	0.54
nov	0.54	0.49	21.91	0.42	0.54	0.52
dec	0.55	0.51	23.31	0.44	0.56	0.54
totaal	6.81	5.96	155.73	37.74	6.46	6.47

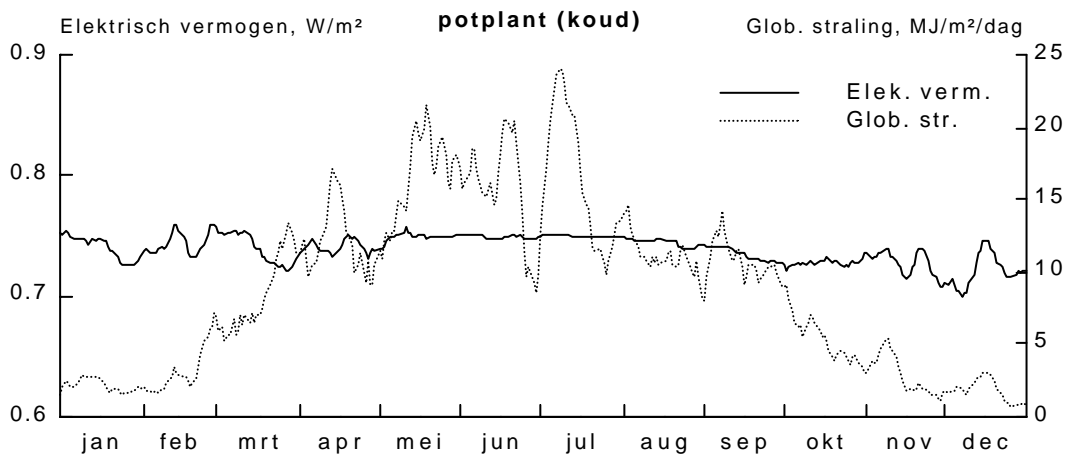
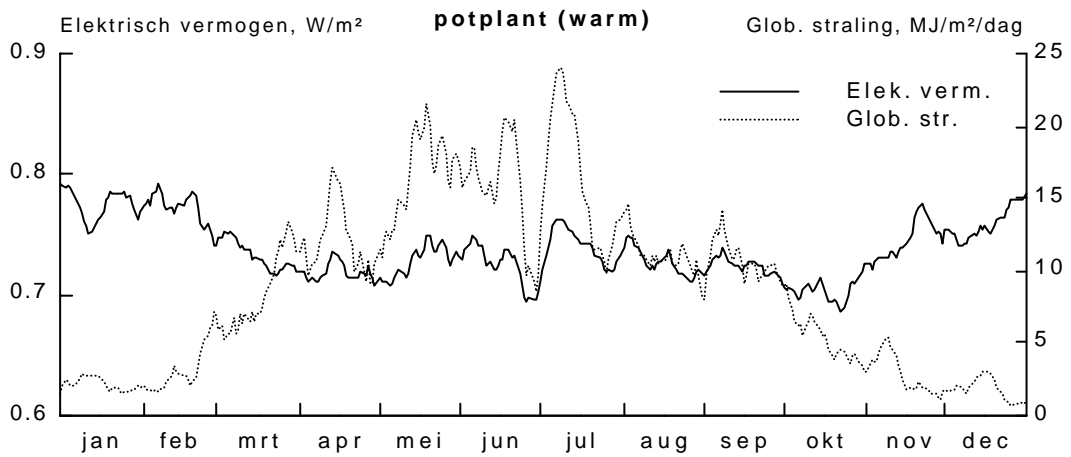
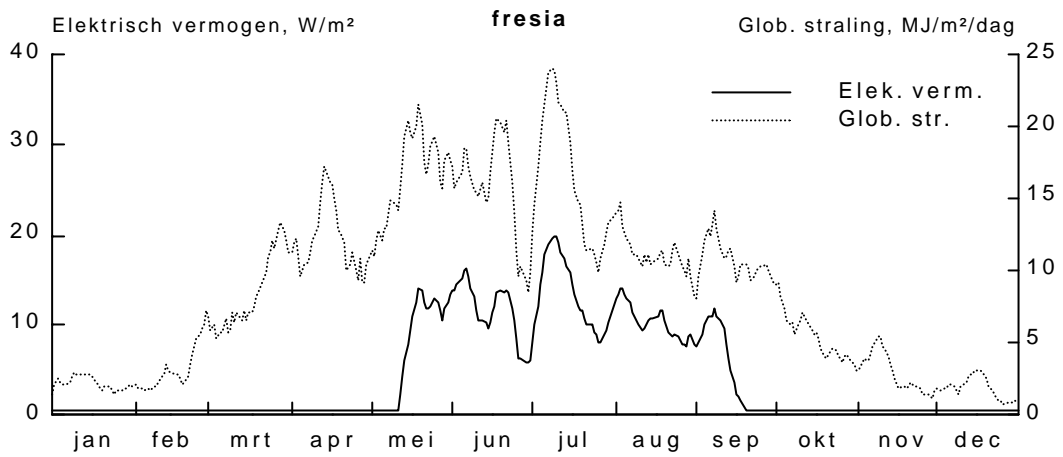
Opmerkingen n.a.v. tabel 4:

- De elektriciteitsvraag voor rozen (ongeveer 156 kWh/m²/jaar) is veel groter dan voor de overige gewassen (factor 23 t.o.v. tomaat). De grote elektriciteitsbehoefte wordt veroorzaakt door de inzet van assimilatiebelichting en treedt op in de maanden september t/m april.
- Fresia's vragen in de zomer veel elektriciteit (koeling) en komen daardoor op een elektriciteitsbehoefte van ongeveer 38 kWh/m²/jaar (factor 5,5 t.o.v. tomaat).
- De verschillen in elektriciteitsvraag voor tomaat, radijs en zowel warme als koude potplanten zijn gering.

4.1 Uurlijks elektriciteitsverbruik en straling

In de figuren 1 t/m 6 is het jaarlijkse verloop van de elektriciteitsvraag voor de gewassen tomaat, radijs, roos, fresia, potplant (warm) en potplant (koud) weergegeven. Als basis zijn de uurlijkse waarden gekozen waarmee de dagsom is bepaald en het gemiddelde elektriciteitsverbruik is berekend. Grote fluctuaties hierin zijn uitgefilterd. Tevens zijn in de grafieken de gefilterde gemiddelde dagsommen van de instraling in kaart gebracht. De verschillen in vraag- en aanbodpatronen gedurende het jaar komen zodoende naar voren. De grafieken geven geen inzicht in de elektriciteitsvraag en het stralingsaanbod gedurende het etmaal. Duidelijk zal zijn dat er alleen overdag straling is en dat opwekking van elektriciteit daardoor beperkt blijft tot de daguren. Een meer gedetailleerde studie is voorzien in fase B.





Opmerkingen n.a.v. de figuren 1 t/m 6:

- De elektriciteitsvraag in de glasgroenteteelt (tomaat en radijs) en de potplantenteelt is gedurende het jaar redelijk constant.
- Toepassing van assimilatiebelichting (roos) leidt tot grote verschillen in de elektriciteitsvraag. In de zomer bedraagt de elektriciteitsbehoefte slechts 2 tot 3% van vraag in de winter.
- Bij toepassing van grondkoeling (fresia) is de elektriciteitsvraag in de zomer een factor 8 tot 20 hoger dan in de winter.
- De verhouding straling (elektriciteitsproductie met PV)/elektriciteitsvraag is in de glasgroente- en potplantenteelt in de winter relatief laag en in de zomer relatief hoog.
- Straling en elektriciteitsvraag vertonen voor teelten met assimilatiebelichting (roos) een zeer a-synchroon verloop.
- Bij teelten met grondkoeling (fresia) verlopen straling en elektriciteitsvraag zeer synchroon, hetgeen een gunstig is voor de inzet van een PV-systeem.
- Op basis van globale overeenstemming in de patronen van elektriciteitsvraag en stralingsaanbod (elektriciteit met zonnecellen) komt de teelt van fresia's als meest perspectiefvol voor toepassing van PV naar voren. Daarna volgen tomaten, potplanten en radijs. Bij de rozenteelt met assimilatiebelichting liggen de kansen minder goed omdat er in perioden met een hoog stralings(c.q. elektriciteits)aanbod relatief weinig vraag naar elektriciteit is.

5 Bijdrage elektriciteitsvoorziening door PV-systeem

Op basis van de elektriciteitsvraag, de instraling en de mogelijkheid tot inzetbaarheid van PV-systemen is in tabel 5 voor de 6 selecteerde gewassen een verkennende aftasting van de elektriciteitsdekking middels PV weergegeven. Uiteraard geeft dit slechts een globale inschatting van de orde grootte. In fase B wordt dit verder uitgewerkt.

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing:

- bedrijfsgrootte 2 ha
- elektriciteitsproductie PV-systeem: Onder optimale omstandigheden is de elektriciteitsopbrengst in Nederland ca. 80 kWh per m² (bij toepassing van kristallijn silicium zonnecellen). Omdat de dakhelling van 22° voor bedrijfsgebouwen onder de voor Nederland optimale hellingshoek ligt van 36°, is in de oriënterende berekeningen uitgegaan van een elektriciteitsopbrengst van 75 kWh per m² PV-paneel per jaar. De dekkingsgraad is berekend op basis van jaartotalen.

Tabel 5 Dekkingsgraad elektriciteitsbehoefte voor 6 tuinbouwgewassen met een PV-systeem (2 ha kas)

gewas	PV-systeem (opp. in m ²)	Elektriciteitsvraag (kWh)	Elektriciteitsproductie PV-systeem (kWh)	dekkingsgraad elektriciteit door PV-systeem (%)
tomaat	2.200	136.200	165.000	121
radijs	1.750	119.200	131.250	110
roos	2.200	3.114.600	165.000	5
fresia	1.750	754.800	131.250	17
potplant (warm)	1.500	129.200	112.500	87
potplant (koud)	1.500	129.400	112.500	87

Opmerkingen n.a.v. tabel 5:

- Verwacht wordt dat op een 2 ha glastuinbouwbedrijf, bij toepassing van een PV-systeem op het dak van de bedrijfsgebouwen en boven het waterbassin, 112.500 – 165.000 kWh elektriciteit kan worden opgewekt (afhankelijk van het teeltgewas).
- De dekkingsgraad op jaarbasis in de elektriciteitsvoorziening die met een PV op glastuinbouwbedrijven gerealiseerd kan worden geeft grote verschillen te zien voor diverse teeltgewassen.
- Op tomaten- en radijsbedrijven kan per jaar middels PV meer elektriciteit worden opgewekt dan er op het bedrijf nodig is. Het netto overschot aan elektriciteit kan dan aan het openbare net worden geleverd.
- Potplantenbedrijven kunnen middels een PV-systeem bijna 90% van hun jaarlijkse elektriciteitsbehoefte opwekken.
- Omdat bij de glasbedrijven die assimilatiebelichting (roos) of grondkoeling (fresia) toepassen het elektriciteitsverbruik aanzienlijk hoger ligt, kan bij toepassing van PV op deze bedrijven resp. 5 en 17% van de jaarlijkse elektriciteitsbehoefte van het bedrijf worden opgewekt.
- Naast dekking van het jaarlijkse verbruik is momentane dekking van het verbruik van groot belang. Dit komt in fase B aan de orde.

6 Conclusies en aanbevelingen

- Verwacht wordt dat daken van bedrijfsgebouwen en waterbassins op glastuinbouwbedrijven als eerste in aanmerking komen voor plaatsing van een PV-systeem. De inzet van PV op andere plaatsen binnen een glastuinbouwbedrijf (gevel, schermen) zal in de vervolgfase van dit project aandacht krijgen.
- De elektriciteitsvraag voor teelten in de glastuinbouw is sterk verschillend. De toepassing van assimilatiebelichting en grondkoeling heeft tot gevolg dat het totale elektriciteitsverbruik vele malen hoger wordt. Indien assimilatiebelichting en grondkoeling echter buiten beschouwing worden gelaten ligt de elektriciteitsvraag gedurende het jaar op een vrij constant niveau (0,6 – 0,9 W/m²).
- De verhouding straling (elektriciteitsproductie met PV)/elektriciteitsvraag is in de glasgroente- en potplantenteelt in de winter relatief laag en in de zomer relatief hoog.
- Straling en elektriciteitsvraag vertonen voor teelten met grondkoeling (fresia) een hoge mate van synchroniteit en verlopen voor teelten met assimilatiebelichting (roos) sterk a-synchroon.
- Naast het jaarlijkse verloop is natuurlijk ook een dagelijks verloop van vraag en aanbod gedurende het etmaal mede bepalend voor de toepasbaarheid van PV. Dit aspect zal in fase B aandacht krijgen.
- Een eerste verkenning wijst uit dat bij inzet van PV op het dak van bedrijfsgebouwen en boven waterbassins op glasgroente bedrijven (tomaat en radijs) per jaar middels PV meer elektriciteit kan worden opgewekt dan er op het bedrijf is benodigd. In de potplantenteelt is de elektriciteitsproductie van een eigen PV-systeem bijna voldoende om aan de totale elektriciteitsvraag te kunnen voldoen. In de rozen- en fresiateelt worden bijdragen verwacht van resp. 5 en 17% van de jaarlijkse elektriciteitsbehoefte.
- Op basis van de synchroniteit van vraag en aanbod van elektriciteit en de dekkingsgraad van de jaarlijkse elektriciteitsbehoefte wordt voor de in deze studie opgenomen gewassen de volgende globale rangorde met afnemend perspectief voor toepasbaarheid van PV verwacht: fresia, tomaat, potplanten, radijs en roos.
- Ten einde een goed inzicht te krijgen in de toepassingskansen voor PV in de glastuinbouw is verdere detaillering van een aantal technische (beschikbare systemen en rendementen) en economische aspecten (investering en kosten) van PV-systemen gewenst. In de nog uit te voeren fasen B, en C van dit project zullen deze zaken aan de orde komen.

7 Literatuur

- Achten, J.M.F.H., E.A. van Os, en C. Stanghellini, 2000. Programma van eisen voor een DSS Waterbeheer Gesloten Teeltsystemen, Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG), Nota P 2000-49, juni 2000.
- Alleblas, J.T.W., en M. Mulder, 1997. Kansen voor kassen; naar een economische hoofdstructuur glastuinbouw. LEI, PBG en CLM, Landbouw Economisch Instituut, Den Haag.
- Huijs, Jo, en Jolande van Nieuwkerk, 1999. Duurzame energie opties. Stand van zaken technische aspecten januari 1999, Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG), Nota V 99-20, februari 1999.
- Kwantitatieve Informatie voor de glastuinbouw 1999-2000. Groenten-Snijbloemen-Potplanten, 1999. Informatie en Kenniscentrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Glasgroente en Bloemisterij, Aalsmeer/Naaldwijk.
- Lund, Hans, 1984. Test Reference Years (TRY), Weather data sets for computer simulations of solar energy systems and energy consumption, Technical University of Denmark, Thermal Insulation Laboratory, 1984.
- Swinkels G.L.A.M., en H.F. de Zwart, 2000. Standaardteelten, Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG) Wageningen, IMAG rapport R...., 43 pag.
- Van Os, E.A., 2000. Persoonlijke informatie, Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG), juli 2000.
- Weele, A.M. van, 1986. Energiegebruik in kassen berekend met verschillende bestanden klimaatgegevens. Stichting Instituut voor studie en stimulering van onderzoek op het gebied van verwarming en luchtbehandeling (ISSO), Rotterdam, ISSO-rapport nr. 10.02/IMAG-Nota 208 (PT)/THD nr. K-112, 95 pp.