

Analyse van de resultaten van de projecten met betrekking tot energiebesparende vochtregeling

[PT 11620 EN PT 11559]

Cecilia Stanghellini (A&F)

Bert Houter (PPO)

Frank Kempkes (A&F)

Chris Blok (PPO)

A&F Rapport 438

In opdracht van:

Productschap  Tuinbouw



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

Samenvatting

De onderzoeken *Energiebesparing door verdampingsbeperking via klimaatregeling* en *Energiebesparing door aangepaste vochtregulatie* bevestigen dat door een kritischer vochtregulatie (het juiste doen op het juiste moment) 5 % tot meer dan 10 % energie kan worden bespaard ten opzichte van een praktijkregeling zonder dat het risico op natslag toeneemt.

Doordat de beide onderzoeken andere uitgangspunten hadden, vullen ze elkaar aan. Verder zijn geen conflicterende uitkomsten gevonden. Er is een overzicht gegeven van enkele grijze vlekken die door geringe onderzoeksinspanning verder ingekleurd kunnen worden. Daarmee kan een onderbouwde brede succesvolle praktijkintroduktie worden opgezet.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	5
2 Vocht in breder perspectief	6
3 Vergelijking van beide methoden	8
3.1 Principe	8
3.2 Vergelijking	8
3.3 Sterkten, zwakten en lacunes	10
3.4 SWOT-analyse	11
4 Praktijkimplementatie van energie-efficiënte vochtregulatie	12
4.1 Toekomstvisie voor energie-efficiënte vochtregulatie	12
4.2 Belemmeringen voor praktijkimplementatie	13
5 Voorstel voor praktijkintroduktie van energie-efficiënte vochtregulatie	15
5.1 Schets van stappenplan	15
6 Conclusies	17
Literatuur	18

1 Inleiding

De vochtregeling zoals deze nu in de praktijk wordt toegepast, is verantwoordelijk voor een groot deel van het energieverbruik van kassen (b.v. Esmeijer, 1998; De Graaf, 2001; Blok & Mattias, 2002). Hier zijn twee redenen voor:

1. Voor het verdampen van water is veel energie benodigd (latente warmte), en deze energie komt vaak van het verwarmingssysteem.
2. Bij veel omstandigheden van vochtafvoer wordt ook nog warme lucht uit de kas afgevoerd (voelbare warmte). Stanghellini et al., 2003, hebben geschat dat in de meest voorkomende “vochtgevoelige” omstandigheden het verdampen en afvoeren van een liter water 0.15 kuub gas kan kosten. Bovendien, kan het vaak gebeuren dat de “vochtigheid” van de kaslucht amper daalt, terwijl er wel degelijk energie in de kas wordt gepompt (en via de ramen wordt afgevoerd) omdat het afvoeren van vocht in heel veel gevallen juist een stimulans zal zijn voor gewasverdamping.

In 2003 en 2004 zijn er naar aanleiding hiervan door PPO en A&F 2 onderzoeken uitgevoerd naar de mogelijkheden van alternatieve regelparameters dan wel regelmethoden om het vocht in de kas te reguleren (Houter et al., 2004 en Stanghellini en Kempkes, 2004). Beide onderzoeken zijn op een totaal andere leest geschoeid. Waar in het PPO onderzoek direct een regeling op basis van al bestaande regelmogelijkheden in een proefkas is uitgeprobeerd, is door A&F een nieuwe regeling ontwikkeld en is deze op basis van modelberekeningen op zijn waarde beoordeeld. In deze notitie worden beide benaderingen o.a. op het gebied van sterkten en zwaktes met elkaar vergeleken. In hoofdstuk 4 wordt een beeld gegeven van de knelpunten voor een praktijkimplementatie van een energie-efficiënte vochtregulatie. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 een schets gegeven voor een stappenplan voor introductie van de beste, dan wel de in de huidige generatie klimaatcomputers maximaal haalbare regeling, in de praktijk.

2 Vocht in breder perspectief

Afgezien van het opwekken van elektriciteit voor belichting en het verbranden van gas om CO₂ te produceren, is het energieverbruik van kasteelten opgebouwd uit een deel gericht op handhaven van een gewenste temperatuur en een deel dat heeft te maken met vochthuishouding. Het laatste is het resultaat van twee deelprocessen: ten eerste de aanvoer van voldoende energie om het verdampingsproces (omzetten van water in waterdamp) te laten gebeuren, en als tweede de afvoer van de waterdamp weg van de kaslucht.

Voor het wijzigen van het deel “handhaven temperatuur” moet het teeltconcept (lagere temperatuur, kortere teelt) of de bedrijfsuitrusting (dubbel kasdek, dubbel scherm) worden aangepast. Hoe groot het aandeel energieverbruik voor de vochthuishouding is, hangt af van hoeveel vocht men wilt afvoeren (het vochtsetpoint) en de maatregelen in de klimaatregeling die worden uitgevoerd bij overschrijding van het setpoint (d.w.z. hoeveel “kaswarmte” wordt met het vocht afgevoerd). Er zijn natuurlijk ook dwarsverbanden tussen deze twee processen: door toepassing van bijvoorbeeld een dubbelscherm wordt vocht afvoer door condensatie afgeremd, waardoor meer ventilatie nodig is, tenzij het vochtsetpoint ook wordt aangepast.

Om de ruimte van energiebesparing te behalen uit een betere vochthuishouding te kwantificeren, hebben we de fractie “energieverbruik voor vochthuishouding” geschat voor twee extreme gevallen, dat zijn de referentietuinders voor het project *Energiebesparing door verdampingsbeperking via klimaatregeling*, dat zijn: Een heel zuinige paprikateler en een tomatenteler met slechts een vast scherm in de eerste weken van de teelt. Daarbij is het referentie-gasverbruik (zoals door de tuinders aangegeven en door invoering van hun klimaatregeling in KASPRO in bovengenoemde project berekend) vergeleken met het berekend verbruik in het geval dat alle vocht afvoer maatregelen worden uitgeschakeld (het gewas blijft natuurlijk verdampen, maar de RV wordt helemaal niet begrensd). Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de berekeningen:

	Reductie %	
	Tomaat	Paprika
Gasverbruik	29	11
Verdamping	8	4
Drogestof productie	4	2
Gedoseerde CO ₂	50	29

Kolommen 2 en 3 geven de reductie (%), respectievelijk in gasverbruik, verdamping, productie en gedoseerde CO₂) in het geval zonder enige vochtregeling t.o.v. de referentie. De gesuggereerde winst in gasverbruik is wel extreem, omdat in beide gevallen de hoeveelheid uren waarbij de RV van de kaslucht boven 95% komt te staan, toeneemt met zo'n 500%, wat door weinig tuinders aanvaard zal worden. Hoe dan ook, de eerste regel van de tabel maakt wel duidelijk dat er in het

traject van de vochtuithouding nog behoorlijke winsten te behalen zijn door beter en scherper te gaan regelen.

De grootte van de winst hangt natuurlijk af van hoe zuinig nu al wordt geregeld en van de uitrusting van de kas. Nota bene dat hier gaat zuiver om de energiebesparing voor vochtuithouding, dat komt naast de besparing die wordt gehaald in de “temperatuur aandeel” door een betere kasuitrusting zoals schermen e.d.

Het is wel van belang op te merken dat de afname in verdamping veel kleiner is dan de afname in energieverbruik, hetgeen bevestigt de stelling dat de enige zinvol doelstelling van vochtuithouding is het voorkomen van ziektes verbonden aan natslag. Een relatief kleine afname in productie is te verwachten waar eigen rookgassen de enige bron van CO₂ zijn (zoals in onze voorbeeld).

3 Vergelijking van beide methoden

In dit hoofdstuk zal de werkwijze/principes van de in beide projecten toegepaste methoden, de verschillen en overeenkomsten en de sterkten, zwakten en lacunes van beide regelingen besproken worden.

3.1 Principe

A&F-methode

A&F werkt op basis van de “energetisch” meest optimale manier om vocht af te voeren, afhankelijk van de combinatie van momentane weersomstandigheden met de specifieke teelteisen. Hierbij is een gereedschap ontwikkeld om de juiste combinatie van klimaatregelingen aan elkaar te koppelen tot een optimale vocht- en verdampingsstrategie, waarbij rekening wordt gehouden met de momentane omstandigheden

PPO-methode

PPO methode gaat uit van de luchtvochtigheid bij de traag opwarmende vruchten, omdat daar de kans op natslag het grootst is. Deze luchtvochtigheid is berekend met een eenvoudig condensatiemodel. De toegepaste vochtregulatie gaat uit van een vaste volgorde: eerst een vochtafhankelijke vochtier in het scherm, gevolgd door een vochtafhankelijke minimum raamstand en tot slot een vochtafhankelijke minimum buistemperatuur.

3.2 Vergelijking

1. Het resultaat van beide methodes was dat als er direct wordt geregeld op de grootte die je wilt regelen (het voorkomen van natslag), er een forse energiebesparing is te bereiken en de performance van de regeling (met betrekking op gevaar voor natslag) ook nog beter is dan de referentie. De referentie is hierbij een regeling die in de huidige praktijk gebruikt wordt.
2. De A&F-methode maakt de afweging wat energetisch gunstiger is: eerst een vochtafhankelijke minimum buis en dan eventueel ventileren of anderszids eerst vochtafhankelijk ventileren (vochtafhankelijke minimum raamstand) en dan verwarmen. Indien geschermd wordt, wordt altijd eerst een vochtafhankelijke vochtier toegepast. De PPO-methode hanteert jaarrond een vooraf vastgestelde volgorde: eerst een vochtafhankelijke vochtier in scherm, dan een vochtafhankelijke minimum raamstand en dan pas een vochtafhankelijke minimum buistemperatuur, welke is afgeleid van de stelregel eerst luchten, dan stoken (Bakker et al., 1993). Verwacht mag worden dat de A&F-methode energetisch beter is, maar op voorhand is niet te zeggen hoeveel.
3. Een belangrijk punt waarin de methoden onderling van elkaar verschillen is het plantorgaan dat “droog” gehouden moet worden. De A&F-methode gaat uit van de berekende temperatuur van de gemiddelde bladlaag (big leaf), waar de PPO-methode de berekende temperatuur van een vrucht als uitgangspunt neemt. Bij de PPO-methode is alleen de opwarmings- of naijlings-factor van een tomatenvrucht gebruikt. Daarnaast is er een verschil

- in de eenheid waarop geregeld wordt. De A&F-methode regelt op het temperatuurverschil tussen blad en dauwpunttemperatuur van de kaslucht en de PPO-methode op de RV bij de vrucht. In principe kan de RV omgerekend worden in een temperatuurverschil en omgekeerd. Vochtregelen op een RV-waarde in plaats van op een temperatuurverschil blad – dauwpunt sluit voor de grootste groep tuinders nauwer aan bij wat men momenteel gewend is.
4. Ondanks de bovenstaande verschillen laten beide methoden zien dat door een kritischer vochtregulatie (het juiste doen op het juiste moment) energie kan worden bespaard ten opzichte van een praktijkregeling zonder dat het risico op natslag toeneemt (Stanghellini en Kempkes 2004: figuur 5 en 6; Houter et al. 2004: tabel 8). Afhankelijk van het toegepaste vochniveau kon op jaarbasis 13 tot 35 % energie bespaard worden ten opzichte van een praktijkregeling (geschermd teelt met jaarverbruik van $51 \text{ m}^3/\text{m}^2$). Daarnaast bleek bij de toegepaste vochtregulatie minder kans op natslag. Dit geeft aan dat er in potentie nog veel valt te bereiken. Bij een sterke besparing neemt bij beide methoden de kans op natslag uiteindelijk wel toe.
 5. Bij beide methoden wordt geconstateerd dat er altijd nog uren met natslag zijn. Volgens punt 2 kan het aantal uren niet (direct) onderling worden vergeleken. Niet bekend is of de regelruimte voor de vochtregeling in alle gevallen voldoende is en deze is in de onderlinge studies ook niet vergelijkbaar. Verder lijkt uit de A&F-studie (Stanghellini en Kempkes 2004, figuur 5) dat er een knikpunt is onder welk aardgasverbruik de kans op natslag duidelijk gaat toenemen. Inzicht in dit knikpunt is nuttig om bij een minimaal gasverbruik ook tot een minimale kans op natslag te komen.
 6. De PPO-methode is in het bewuste onderzoek als kasexperiment uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de “standaard” aanwezige regelmogelijkheden in de bij het PPO aanwezige klimaatcomputer. In het daaropvolgende jaar is deze methode ook in het energieonderzoek “Planttemperatuur als stuurparameter” en het gewasbeschermingonderzoek “Effect teeltmaatregelen op ziekten en plagen bij tomaat” regeltechnisch met succes uitgevoerd. Bij het A&F-project is eerst een nieuw regelalgoritme ontwikkeld (welke niet direct zonder softwareaanpassingen in de klimaatcomputer toegepast kan worden) waarna middels een simulatiestudie de gevolgen voor klimaat en energie zijn bepaald. In een kasexperiment zou deze methode eerst regeltechnisch beproefd moeten worden.
 7. De PPO-methode is eenvoudiger van opzet en sluit beter aan bij de regeling en instelmogelijkheden van de moderne klimaatcomputer. Om de A&F-methode in de praktijk te kunnen implementeren zijn software aanpassingen nodig. Voor beide methoden geldt dat de vochtstrategie voor het gehele etmaal hetzelfde is en dat bijvoorbeeld geen stralingsafhankelijke aanpassingen op bijvoorbeeld de minimum buis toegepast hoeven worden. De kans op fouten of op conflicterende instellingen is daardoor geringer.
 8. Het regelalgoritme (de wijze van vochtregelen) staat bij beide methode los van de grootheid waarop geregeld wordt. Waar tot nu toe in beide methoden met een berekende vrucht- dan wel blad-temperatuur is gewerkt, kan in beide methoden ook gebruik worden gemaakt van de

temperatuur van kunstvruchten of kunstbloemen als grootheid waarop op vocht wordt geregeld.

9. Daarbij is er nog ruimte voor optimalisatie van de praktische uitwerking van de beide manieren van ontvochtigen. Des te meer de luchtvochtigheid boven de streefwaarde komt, des te sterker zal de vochtregulatie zijn. De reactiesnelheid van het algoritme kan leiden tot oversturing van het regelorgaan. De PPO-methode heeft bewust gekozen voor een rustige regeling, in het A&F-studie is niet gekeken naar het effect hiervan. Door de koppeling, in beide studies, aan temperatuurintegratie wordt verwacht dat de netto invloed op het gewas van bijvoorbeeld geringe tijdelijke temperatuurverhogingen marginaal is, terwijl het effect op energieverbruik kan wel aanzienlijk zijn.
10. In beide onderzoeken is naar een vruchtgroentegewas gekeken, echter de regelalgoritmen van beide methoden kunnen ook worden toegepast in de sierteelt. Het niveau waarop vocht geregeld wordt, zal in de sierteelt veiligheidshalve lager moeten zijn, omdat de bloemen die boven het gewas uitsteken door uitstraling een lagere temperatuur hebben. Daardoor zal het eerst op de bloemen natslag optreden. Daarnaast liggen de geëiste kwaliteitscriteria voor sierteeltgewassen hoger. Indien de gemeten temperatuur van vrucht, bloem, blad of stengel als grootheid wordt meegenomen, dan kan het vochniveau worden verhoogd.

3.3 Sterkten, zwakten en lacunes

1. In ieder project is slechts naar één regelgrootheid (blad dan wel vrucht) gekeken. Op voorhand is dit uit te breiden tot een 3^e regelgrootheid, de stengel. Uiteindelijk zou in een ideale situatie iedere ogenblik op het “voor natslag meest kritische” orgaan geregeld moeten worden.
2. Voor een algemene toepassing moeten nog factoren voor massastraagheid van andere vruchtgroenten worden vastgesteld. Van de vrucht is bekend dat natslag in de praktijk voor problemen zorgt. Of er daarnaast nog problemen met bladnatslag dan wel natslag op andere plantonderdelen optreden, moet nog uit simulaties blijken.
3. De invloed van de regelruimte op het gevaar voor natslag blijft in de studies onderbelicht.
4. In beide projecten is met een berekende waarde voor blad- dan wel vrucht-temperatuur gewerkt. Beide methoden zijn ook geschikt om op gemeten temperaturen te regelen.

3.4 SWOT-analyse

<p>Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none">• Forse energiebesparing mogelijk. <i>Met A&F-methode grotere besparing dan met PPO-methode.</i>• Eenvoudige opzet en instellingen van de vochtregulatie, waardoor minder fouten en conflicterende instellingen zullen worden gemaakt. <i>Geldt voor A&F- en PPO-methode.</i>• Minder kans op natslag. <i>Geldt voor A&F- en PPO-methode.</i>	<p>Kansen</p> <ul style="list-style-type: none">• Vochtregeling op basis van berekende vruchttemperatuur (condensatiemodel) is bij de meeste klimaatcomputers mogelijk (soms commerciële optie). <i>Geldt voor PPO-methode. Voor de A&F-methode zijn meer software aanpassingen nodig.</i>• Enkele tuinders passen vochtregeling op basis van berekende vruchttemperatuur al toe. <i>Geldt voor PPO-methode.</i>
<p>Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none">• Vochtregeling op basis van berekende vruchttemperatuur is bij bloemisterij gewassen moeilijk. De vochtgevoelige objecten steken in het algemeen boven het gewas uit en hebben door uitstraling een lagere temperatuur. <i>Geldt voor A&F- en PPO-methode.</i>• Voorlichting is vrij terughoudend met het oppakken van vernieuwingen. <i>Geldt voor A&F- en PPO-methode.</i>	<p>Bedreigingen (<i>gelden voor A&F- en PPO-methode</i>)</p> <ul style="list-style-type: none">• Tuinders hebben meer vertrouwen in een gemeten waarde dan in een berekende waarde. Ze zijn daardoor vrij terughoudend om op basis van berekende vruchttemperatuur vocht te regelen.• Volgens de modelberekeningen treedt er nog steeds natslag op. Niet bekend is of dit te ondervangen is.• In de groenteteelt worden steeds meer schermen gebruikt waarbij een fractie van de bandjes afwezig is. Dit kan gezien worden als een vaste kier, terwijl een regelbare kier energetisch voordelen heeft.• De meeste klimaatcomputers hebben nog niet de beschikking over een integrerende vochtkierregeling maar werken proportioneel.

4 Praktijkimplementatie van energie-efficiënte vochtregulatie

4.1 Toekomstvisie voor energie-efficiënte vochtregulatie

De traditionele vochtregulatie is gebaseerd op het regelen van de luchtvochtigheid van de kaslucht, waarbij op bepaalde momenten van de dag veiligheidshalve minimum raamstanden en minimum buistemperaturen worden aangehouden die niet direct gerelateerd zijn aan de kasluchtvochtigheid maar afhankelijke van buitenomstandigheden (bij minimum raamstanden) of straling (bij minimum buistemperatuur). Indien een hogere luchtvochtigheid wordt aangehouden, wordt energie bespaard. Echter de kans op natslag neemt wel toe.

De glastuinbouw moet terug in het energiegebruik. Eerdere studies hebben aangegeven dat de beheersing van de luchtvochtigheid van kassen 10 tot 25 % van het energiegebruik vergt, hetgeen is bevestigd door de tabel op pagina 6. De onderzoeken van Stanghellini en Kempkes (2004) en Houter et al. (2004) geven aan dat door een energie-efficiënte vochtregulatie energie bespaard kan worden zonder dat de kansen op natslag toenemen. De hulpmiddelen waren daarbij:

1. het regelen van de luchtvochtigheid bij de plant in plaats van de kasluchtvochtigheid. De luchtvochtigheid bij de plant kan bepaald worden met behulp van een condensatie model of met een kunstvrucht of kunstbloem;
2. energie-efficiënte vochtregulatie (al dan niet optimale volgorde waarin vochtafhankelijke vochtier, vochtafhankelijke minimum raamstand en vochtafhankelijke minimum buis worden ingezet).

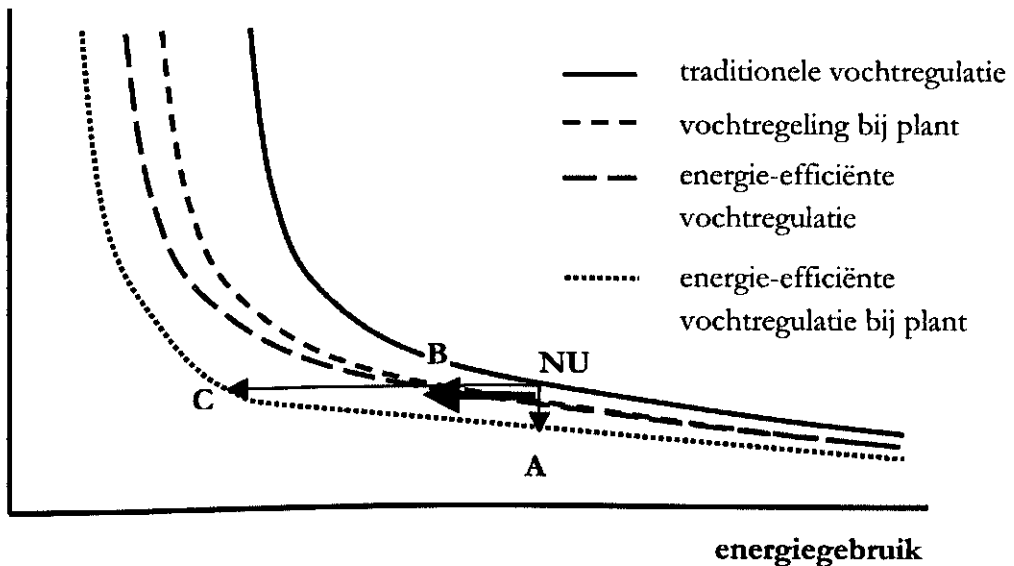
Beide hulpmiddelen kunnen onafhankelijk van elkaar worden toegepast.

In onderstaande figuur wordt een schets gegeven hoe we vanuit de situatie NU tot een energiebesparing kunnen komen. Het alleen regelen van de luchtvochtigheid op basis van de plant (hulpmiddel 1) leidt niet of nauwelijks tot een energiebesparing (situatie A), zolang de streefwaarden hetzelfde blijven. Er is een gedragsverandering nodig om toch een besparing te bereiken: de tuinder zal een hogere vochtstreefwaarde moeten toestaan en niet-vochtafhankelijke minimum raamstanden en niet-vochtafhankelijke minimum buizen moeten worden losgelaten. Dit hoeft niet te leiden tot meer uren natslag (situatie B).

Bij een energie-efficiënte vochtregulatie (hulpmiddel 2) verschuift de kromme naar links. In onderstaand voorbeeld valt die toevallig samen in situatie B.

Om de maximale energiebesparing te bereiken moeten beide hulpmiddelen worden ingezet. Dan wordt bij een gelijke kans op natslag situatie C bereikt.

uren natslag



4.2 Belemmeringen voor praktijkimplementatie

Voor een succesvolle praktijkimplementatie en acceptatie worden de volgende belemmeringen geconstateerd:

1. De beste methode om tuinders te overtuigen van het succes van de onderzochte vochtregulatie is door tuinders die de methode toepassen aan het woord te laten. Daarom is het zinvol een praktijkintroduktie in gang te zetten.
2. Inzicht in besparing en uren natslag bij regelalgoritme van PPO-methode t.o.v. A&F-methode (zie vergelijkingspunt 2 paragraaf 2.2) bij gelijke uitgangspunten. Dit kan worden bepaald bij zowel regelen op temperatuur van “big leaf” als op “vruchttemperatuur” (zie vergelijkingspunt 3 paragraaf 2.2), eventueel als 3^e potentieel plantonderdeel met gevaar voor natslag, de stengel, meenemen. Daarmee wordt inzicht verkregen in de besparing die op korte termijn en wat op iets langere termijn bereikt kan worden. Daarmee kan ook antwoord gegeven worden op de vraag: Kan met 20 % van de inspanningen 80 % van de besparing worden bereikt?
3. Kunnen uren natslag nog gereduceerd worden door de regelruimte voor de vochtregeling te vergroten (zie vergelijkingspunt 5 paragraaf 2.2)?
4. Verband tussen aardgasverbruik als gevolg van een bepaalde vochtstrategie en uren natslag. Is er een duidelijk knippunt bij de uren natslag als onder een bepaald aardgasverbruik komt? Dit sluit aan bij vergelijkingspunt 5 uit paragraaf 2.2.

5. Inzicht in de exacte mogelijkheden van de klimaatregelsoftware van Hoogendoorn, Hortimax en Priva (Brinkman) om te kunnen bepalen welke regeling(en) maximaal haalbaar is(zijn) met de laatste generatie klimaatcomputers.
6. Bepaling van opwarm eigenschappen van diverse vruchten (zie vergelijkingspunt 3 paragraaf 2.2).
7. De tendens bij de vruchtgroenten is dat steeds meer wordt gekozen voor een scherm met ontbrekende bandjes in plaats van het toepassen van een vochtafhankelijke vochtkier. Als reden wordt aangegeven dat een vochtkier in de praktijk zou leiden tot een ongelijke horizontale temperatuurverdeling. Echter door het weglaten van bandjes is er sprake van een vaste kier zonder regelmogelijkheden. Daarmee wordt ook in het begin van de teelt vocht afgevoerd terwijl een hogere luchtvochtigheid dan juist gunstig is. Ook wordt minder energiebesparing bereikt.
8. Vochtregeling op basis van berekende planttemperatuur is bij bloemisterijgewassen moeilijk. De vochtgevoelige plantendelen steken in het algemeen boven het gewas uit en hebben door uitstraling een lagere temperatuur. De ontwikkeling van een temperatuurmeting van bijvoorbeeld bloemen of bloemknoppen of de ontwikkeling van een kunstbloem met temperatuurmeting met dezelfde fysische eigenschappen als een echte bloem verdient de aanbeveling.

5 Voorstel voor praktijkintroduktie van energie-efficiënte vochtregulatie

Beide onderzoeken geven aan dat er een flinke energiebesparing mogelijk is als kritischer en met een regelgroetheid die daadwerkelijk het gevaar voor vochtproblemen weergeeft, op vocht geregeld wordt. Zonder aanvullende inspanningen vanuit het onderzoek zal de praktijk dit niet of traag oppakken. Dit geldt ook voor de computerfirma's die vooral vraaggericht producten ontwikkelen. Daarom wordt voorgesteld om samen met tuinders en computerfirma's een praktijkintroduktie traject op te zetten. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld een praktijkintroduktie op meerdere bedrijven met verschillende vruchtgroentegewassen waarbij de 3 computerfirma's betrokken zijn.

5.1 Schets van stappenplan

Om te komen tot een goede praktijkintroduktie moeten de volgende activiteiten vooraf worden uitgevoerd om de openstaande vragen dan wel kennis lacunes te beantwoorden:

- A) In een voortraject voor een mogelijke praktijkintroduktie van de maximaal haalbare regeling met de laatste generatie klimaatcomputers moeten nog een 3-tal punten nader worden uitgewerkt:
1. Aanvullende simulatieruns met Kaspro om inzicht te krijgen in:
 - Besparing en uren natslag bij regelalgoritme van PPO-methode t.o.v. A&F-methode (zie vergelijkingspunt 2 paragraaf 2.2) bij gelijke uitgangspunten. Dit kan worden bepaald bij zowel regelen op temperatuur van "big leaf" als op "vruchttemperatuur" (zie vergelijkingspunt 3 paragraaf 2.2), eventueel als 3^e potentieel plantonderdeel met gevaar voor natslag, de stengel, meenemen. Daarmee wordt inzicht verkregen in de besparing die op korte termijn en wat op iets langere termijn bereikt kan worden.
 - Kunnen uren natslag nog gereduceerd worden door de regelruimte voor de vochtregeling te vergroten (zie vergelijkingspunt 5 paragraaf 2.2)?
 - Verband tussen aardgasverbruik als gevolg van een bepaalde vochtstrategie en uren natslag. Is er een duidelijk knikpunt bij de uren natslag als onder een bepaald aardgasverbruik komt? Dit sluit aan bij vergelijkingspunt 5 uit paragraaf 2.2.
 - Bij deze runs zal ook gekeken worden naar de duur van de natslag.
 2. Inventarisatie van de exacte mogelijkheden van de klimaatregelsoftware van Hoogendoorn, Hortimax en Priva (Brinkman) om te kunnen bepalen welke regeling(en) maximaal haalbaar is met de laatste generatie klimaatcomputers.
 3. Bepaling van opwarm eigenschappen van diverse vruchten (zie vergelijkingspunt 3 paragraaf 2.2).
 4. Presentatie van een onderzoeksvoorstel aan de BCO's van tomaat, komkommer en paprika met het doel om draagvlak en betrokkenheid van de tuinders te krijgen.

Periode: juni 2005 tot oktober 2005.

GO/NO GO

Bij een GO wordt besloten voor één, dan wel beide, hierna genoemde punten B en C

B) Praktijkintrodactie van de voor de praktijk met de huidige generatie klimaatcomputers maximaal haalbare regelmethode met daarnaast synchroon een kasexperiment met de geoptimaliseerde regeling:

1. Een praktijkintrodactie op 6 bedrijven met tomaat, komkommer, paprika en aubergine, waarbij de 3 computerfirma's elk met 2 bedrijven betrokken zijn.
Periode: oktober 2005 tot november 2006.
2. Kasexperiment met de geoptimaliseerde methode. In een kasexperiment wordt de volgens de simulatieberekeningen maximaal haalbare (grootste besparing ten opzichte van minste uren kans op natslag van enig plantonderdeel) regeltechnisch beproefd (zie vergelijkingspunt 6).

Periode: november 2005 tot november 2006.

GO/NO GO

C) Praktijkintrodactie van de geoptimaliseerde methode.

Bij onderdeel A1 en B1 zijn intensieve contacten met de computerfirma's. Positieve resultaten bij de praktijkintrodactie van onderdeel B1 en bij het kasexperiment van onderdeel B2 moeten de computerfirma's en tuinders enthousiast maken om ook de geoptimaliseerde methode in de praktijk te introduceren en daarmee nog een flinke extra energiebesparing te realiseren. In het najaar van 2006 kunnen de computerfirma's de infrastructuur aanpassen voor deze methode. In 2007 kan dan de introductie in de praktijk plaatsvinden.

Periode: najaar 2006 en 2007.

6 Conclusies

Beide projecten komen tot de conclusie dat er een grote besparingsmogelijkheid aanwezig is door op de juiste regelgrootte te regelen. De PPO-methode heeft daarbij een wat meer (huidige) praktijk gerichte aanpak gehad, terwijl de A&F-methode meer op (regel)optimalisatie gericht is geweest. Daarnaast is er in beide projecten op verschillende regelgrootheden geregeld (blad dan wel vrucht). Er is niet een éénduidige winnaar in aanpak dan wel performance aan te geven, daarvoor zijn de uitgangspunten, regelgrootte en regelruimte te verschillend geweest. Hoe het beste uit beide regelingen (projecten) klaargestoomd kan worden voor een praktijkintroduktie is middels een stappenplan verduidelijkt.

Literatuur

- Bakker, J.C. e.a., 1993. Luchtvochtigheid, Informatiereeks 104, Proefstation voor tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Holland.
- Blok, C. en M.C. Mattias, 2002. Verlaagde gewasverdamping. PPO rapport 565, Naaldwijk, Holland.
- De Graaf, R., 2001. Energiebesparing met een aangepaste minimumbuisregeling. Rapport 341, PPO, Naaldwijk, Holland.
- Esmeijer, M.H., 1998. Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, productie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. PBG, Rapport 154, Naaldwijk, Holland.
- Houter, B, A. de Gelder, E. Rijpsma, M. Roos, P. Paternotte en H.F. de Zwart, 2004. Energiebesparing door aangepaste vochtregulatie. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Sector Glastuinbouw. PPO 416.16017.
- Stanghellini, C., C. Blok, M. Esmeijer en F.L.K. Kempkes, 2003. Strategieverkenning verdamping, IMAG rapport P2003-2: 36 pp.
- Stanghellini, C en F.L.K. Kempkes, 2004. Energiebesparing door verdampingsbeperking via klimaatregeling. Agrotechnology and Food Innovations B.V., Report nr.309.