



Beperkt ventileren bij energiearme groentegewassen

Jan Janse en Marcel Raaphorst





WAGENINGEN **UR**

For quality of life

Beperkt ventileren bij energiearme groentegewassen

Jan Janse en Marcel Raaphorst

Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk
September 2008

Rapport 206

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw



Projectnummer: 3242036300

PT nummer: 13079

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methoden	5
2.1 Proefopzet	5
2.2 Overige proefgegevens	6
2.3 Waarnemingen	6
2.4 Berekening energieverbruik	7
3 Resultaten	9
3.1 Radijs	9
3.2 Sla	10
3.3 Andijvie	11
3.4 Energieverbruik	13
4 Discussie	17
5 Conclusies	19
Bijlage I. Kropgewicht en droge stof bij sla en andijvie	1 p.

Samenvatting

Naar aanleiding van positieve ervaringen van Belgische slatelers met beperkt ventileren in combinatie met het aanhouden van een hogere stooktemperatuur om een snellere teelt te krijgen, is door Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk een onderzoek uitgevoerd.

In een kas werd pas geventileerd bij een kastemperatuur van 28 °C. De stooktemperatuur tijdens de dag en nacht was respectievelijk 14 en 7 °C. Dit werd vergeleken met een kas waarin normaal werd geventileerd en een stooktemperatuur tijdens de dag en nacht werd aangehouden van respectievelijk 10 en 6 °C. Het onderzoek werd in de winter van 2007-2008 uitgevoerd met twee rassen sla, radijs en andijvie, elk bij twee voedingsniveaus.

Effect op klimaat

In de kas met beperkt ventileren is er bij sla en radijs nooit geventileerd en bij andijvie slechts op twee dagen in maart. Beperkt ventileren in combinatie met een hogere stooktemperatuur verhoogde de gemiddelde temperatuur, afhankelijk van het gewas en teeltduur, met 1,6 à 2,0 °C, de RV met 5 à 6% en het CO₂-gehalte op de dag met 350 tot 450 ppm ten opzichte van een standaard klimaatregiem. Door de hogere stooktemperaturen steeg het berekende gasverbruik van half december tot eind februari wel met 2,4 m³/m².

Effect op gewas

Beperkt ventileren verminderde globaal de teeltduur bij radijs, sla en andijvie met respectievelijk één, twee en drie weken. Bij radijs gaf beperkt ventileren veel langer blad, grovere knollen en meer voosheid. De sla was bij beperkte ventilatie kwalitatief zwakker dan bij het standaard klimaatregiem, namelijk meer graterig en rot. Het optreden van rot had echter vooral te maken met een beperkte laag met zand waarin de beworteling plaatsvond. De kans op schot bij andijvie wordt bij beperkt ventileren groter.

Een hoger voedingsniveau had nauwelijks of geen effect op de verschillende kwaliteitskenmerken. Onafhankelijk van het ras of klimaatregiem, gaf het hoogste voedingsniveau steeds een lager versgewicht, maar het droge-stofgehalte was veelal hoger. Interacties tussen de verschillende behandelingen zijn niet geconstateerd.

Perspectieven beperkt ventileren

Het blijkt mogelijk om sla en andijvie te telen zonder of met zeer weinig ventilatie in combinatie met een hogere stooktemperatuur, maar hierbij is wel een moderne lichte kas gewenst. Ook het watergeven behoeft extra aandacht. Het hogere energieverbruik is een groot nadeel.

1 Inleiding

In België hebben slatelers in de streek Waesland goede ervaringen met in de winter helemaal niet en vanaf het voorjaar alleen aan de luwe zijde luchten. Omdat hierdoor de RV niet plotseling op een laag niveau komt te liggen, komen er volgens zeggen minder fysiogene afwijkingen zoals rand, voor. Door beperkt te ventileren kan ook de CO₂-benutting worden vergroot en daarmee de CO₂-uitstoot worden beperkt. Er wordt wel een hogere stooktemperatuur aangehouden, enerzijds om via hogere etmaaltemperaturen een snellere teelt te bewerkstelligen, anderzijds om het risico op fysiogene afwijkingen door stimulering van de verdamping te beperken.

Minder ventileren zou ook bij andere energie-extensieve teelten positief uit kunnen pakken. Door een hogere temperatuur aan te houden dan normaal kan de teelt worden versneld, waardoor er meer teelten per jaar uitgevoerd kunnen worden.

In een onderzoek met enkele gewassen met een lage energiebehoefte is nagegaan of het mogelijk is om een kwalitatief goed product te telen bij de combinatie van beperkte ventilatie en een wat hoger temperatuurniveau.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet

Het onderzoek met beperkt ventileren is uitgevoerd met de gewassen sla, radijs en andijvie in twee vergelijkbare kassen bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. In beide afdelingen zijn verschillende klimaatinstellingen gehandhaafd. Om eventuele interacties tussen het klimaat en ras na te gaan, zijn per gewas twee rassen in de proef opgenomen. De rassen zijn in overleg met radijs- en slatelers bepaald uit de landelijke gewascommissies van LTO-Groei-service.

Door beperkt te ventileren zou er effect kunnen zijn op de voedingsopname en daarmee de kwaliteit ofwel kwaliteitsafwijkingen. Daarom is er ook een behandeling met een verhoogd voedingsniveau in de proef gelegd.

De proefperiode liep van begin december tot half april.

Hieronder worden de behandelingen weergegeven:

Klimaat

- Referentiekas : stooktemperatuur nacht/dag 6/10°C, ventilatietemperatuur circa +1°C, overdag CO₂-dosering alleen bij warmtebehoefte tot 1000 ppm, maximum dosering 30 kg/ha/u
- ‘Beperkt ventilerenkas’: stooktemperatuur nacht/dag van 7/14°C, ventilatietemperatuur 28°C, indien nodig alleen aan luwe zijde luchten, CO₂-niveau overdag handhaven op 1000 ppm, maximum dosering 30 kg/ha/u

Gewassen/rassen

- Sla : Fenston (Enza) (= zware sla) en Wiske (Rijk Zwaan) (= middentype)
- Radijs : rassen Donar (S&G) en Famox (Nunhems Seeds)
- Andijvie : Ambio (Enza) en Keran (Royal Sluis)

Bemestingsniveau

- Normaal : EC circa 1.2 mS/cm
- Hoog : EC circa 1.8 mS/cm

De beide bemestingsbehandelingen zijn uitgevoerd bij alle gewassen en rassen. Alleen bij Keran ontbrak de hoge EC in verband met slechte opkomst bij de plantenkweker van het zaad van dit ras. In plaats hiervan is dit gedeelte beplant met het ras Ambio.

2.2 Overige proefgegevens

Proefplaats	Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk
Kas en verwarming	Kas 304 en 305, type Venlokas met buisverwarming, poothoogte ca. 5,5 m, doorlopende nokluchting met gaas in luchtramen, kasgrootte circa 90 m ²
Kasligging	Buitenkant gevel met dubbelglas aan zuidkant met tussenin beide proefkassen een corridor. Aan de noordkant lagen andere proefkassen
Energiescherm	LS 10 ultra
Grondsoort	Zware kleigrond. Speciaal voor de radijsteelt is zand door de bovenste laag gewerkt en daar bovenop is een circa 10 cm dikke zandlaag vermengd met wat potgrond aangebracht. Dit is gedaan in de gehele proefruimte.
Bemesting	Voor de start en halverwege de proef zijn grondmonsters uit de eerste en tweede steek genomen om het bemestingsniveau te bepalen en te berekenen welke meststoffen en hoeveelheden toegevoegd moesten worden
Herhalingen	Proef in enkelvoud
Plantdata	<ul style="list-style-type: none"> – Sla : 7 dec 2007 – Radijs : 12 dec 2007 (zaaien) – Andijvie : 17 dec 2007
Plant/zaaidichtheid	<ul style="list-style-type: none"> – Sla : Fenston en Wiske resp. 14 en 18 planten/m² – Radijs : 290 zaden/m² – Andijvie : 12 planten/m²

2.3 Waarnemingen

In de proef werden de volgende waarnemingen verricht:

- Sla : kropgewicht, droog gewicht, kwaliteitseigenschappen (o.a. graterigheid)
- Radijs : bladlengte, diameter, aantal nieten, aantal voze knollen, versgewicht, droog gewicht
- Andijvie : versgewicht, drooggewicht, kwaliteitseigenschappen (o.a. rand, schot)

De waarnemingen zijn bij radijs verricht aan ongeveer 100 knollen. Bij sla en andijvie zijn per ras zo'n 10 kroppen uit het midden van de veldjes beoordeeld.

Het klimaat werd geregistreerd. Op basis van de klimaatgegevens is een berekening uitgevoerd naar het energieverbruik in beide kassen in de periode 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.



Figuur 1. Overzicht van de kasproef. Links respectievelijk de gewassen andijvie, sla en radijs in de kas met beperkte ventilatie. Rechts de gewassen andijvie, sla en radijs in de kas met een normaal klimaatregiem (27 februari 2008).

2.4 Berekening energieverbruik

Omdat het onderzoek in vrij kleine kassen met relatief veel gevels is uitgevoerd en de ligging wat verschillend was, konden de gerealiseerde buistemperaturen in de betreffende afdelingen niet goed voor de berekening van het energieverbruik worden gebruikt.

Daarom is voor de vergelijking van het energieverbruik van beide kassen uitgegaan van het energieverlies dat bij een dichte standaardkas zou optreden bij de gehanteerde temperatuur.

Daar bovenop is aan de hand van het dampdrukverschil binnen en buiten de kas berekend hoeveel ventilatie er heeft plaatsgevonden in beide proefkassen. Door het berekende ventilatievoud te vermenigvuldigen met het verschil in energie-inhoud tussen de kaslucht en de buitenlucht is het lekverlies berekend. Het berekende energieverlies bij een dichte kas en het lekverlies zijn nu samen het totale energieverlies.

De periode die genomen is voor de berekening liep van 10 december 2007 tot en met 29 januari 2008.

3 Resultaten

3.1 Radijs

De radijs in beide kassen is geoogst op 28 februari bij een zaaidatum van 12 december. Dit betekent dat het gewas bij beide behandelingen 78 dagen in de kas heeft gestaan. De radijs in de beperkt ventileren kas was echter duidelijk verder (zie Tabel 2). Het gerealiseerde klimaat in de teeltperiode van radijs is hieronder weergegeven.

Tabel 1. *Gerealiseerd klimaat over de gehele teeltperiode (12 december tot en met 28 februari) van radijs bij de twee klimaatbehandelingen.*

Klimaatbehandeling/klimaatparameter	Beperkt ventileren	Standaard
Etmaaltemperatuur (°C)	11,0	9,4
RV (%)	84	78
Vochtdeficiet (g/m ³)	1,7	2,0
CO ₂ -dag (ppm)	1137	780

- De gemiddeld gerealiseerde temperatuur gedurende de teelt van radijs was bij beperkt ventileren ruim 1,5 °C hoger dan bij de standaard.
- Tijdens de teeltperiode van radijs is in de kas met beperkt ventileren nooit gelucht, omdat de ingestelde ventilatietemperatuur van 28 °C nooit is bereikt. De maximaal bereikte luchttemperatuur in deze kas was 24 °C (op 24 en 27 februari). In de standaardkas is de kastemperatuur tijdens de groeiperiode van radijs maximaal 18 °C geweest, namelijk op 24 februari.
- De gemiddelde luchtvochtigheid was 6% hoger en het vochtdeficiet 0,3 g/m³ lager bij beperkt ventileren.
- Het CO₂-gehalte overdag was bij beperkt ventileren gemiddeld over de gehele teeltperiode van radijs ruim 350 ppm hoger dan bij de standaard.

Tabel 2. *Knoldiameter en -gewicht, percentage nieten, bladlengte, droge stofgehalte en percentage voze knollen bij de verschillende behandelingen.*

Behandeling	Ventileren		Voedingsniveau		Ras	
	Beperkt	Normaal	Normaal	Hoog	Famox	Donar
knoldiameter (mm)	25,5	22,8	25,9	22,4	23,3	24,9
knolgewicht (g)	9,3	6,3	9,0	6,6	7,3	8,2
% nieten	6	32	10	27	19	19
bladlengte (cm)	26	20	24	22	22	24
% drogestof (knol en blad)	7,0	6,9	6,4	7,5	7,2	6,7
% voos	49	0	28	21	15	39

- Bij beperkt ventileren waren de knollen groter en zwaarder, waren er minder nieten, was het blad langer en waren de knollen veel meer voos dan bij de normaal geventileerde kas. De radijs was bij beperkt ventileren als het ware in een verder fysiologisch stadium. De inschatting is dat er in de beperkt ventileren behandeling een week eerder geoogst had kunnen worden.

- Bij een hoog voedingsniveau waren de knollen kleiner en lichter van gewicht, waren er ook meer nieten, was het blad wat korter, bevatten de knollen en het blad meer drogestof en was de voosheid iets minder ten opzichte van een normaal voedingsniveau. Deze trends waren bij de beide klimaten en rassen te zien, met andere woorden: er lijkt geen interactie te zijn met klimaat en ras.
- Bij Donar waren de knollen iets grover en zwaarder, was het blad wat langer en het droge stofgehalte iets lager dan bij Famox. Het ras Donar is duidelijk gevoeliger voor voosheid dan Famox.

3.2 Sla

De sla van het ras Wiske is in de kassen met beperkte en normale ventilatie geoogst op respectievelijk 28 februari en 13 maart. De oogst van het zware slaras Fenston vond in de kassen met beperkte en normale ventilatie plaats op respectievelijk 4 en 18 maart. Door beperkt te ventileren en een hogere temperatuur aan te houden was de sla dus ongeveer 14 dagen eerder oogstbaar. Er is dan ook een duidelijke oogstvervroeging opgetreden.

In de volgende tabel wordt het gerealiseerde klimaat weergegeven gemiddeld over de gehele groeiperiode van de sla geoogst op verschillende data.

Tabel 3. Gerealiseerd klimaat over de teeltperiode van de beide slarassen bij de twee klimaatbehandelingen.

Klimaat tot en met Klimaatbehandeling/ klimaatparameter	28 februari		4 maart		13 maart		18 maart	
	Beperkt	Normaal	Beperkt	Normaal	Beperkt	Normaal	Beperkt ¹⁾	Normaal
Etmaaltemperatuur (°C)	11,0	9,4	11,1	9,5	11,2	9,6	-	9,7
RV (%)	84	79	84	79	84	78	-	78
Vochtdeficiet (g/m ³)	1,7	2,0	1,7	2,0	1,8	2,1	-	2,1
CO ₂ -dag (ppm)	1137	780	1124	732	1111	693	-	674

¹⁾ Laatste sla (Fenston) is in deze kas al geoogst op 13 maart

- Tot en met half maart is de gemiddelde etmaaltemperatuur 1,6 °C hoger geweest in de beperkt ventileren kas ten opzichte van de standaardkas. De relatieve luchtvochtigheid is was gemiddeld 6% hoger bij beperkt ventileren. Het verschil in vochtdeficiet was gemiddeld 0,3 g/m³.
- Het CO₂-gehalte is afhankelijk van de teeltduur 360 tot 420 ppm hoger geweest in de beperkt ventileren kas dan in de standaardkas.
- Bij een latere oogstdatum nam de gerealiseerde temperatuur toe door de hogere instraling.
- Evenals bij radijs is er bij sla tijdens de teeltperiode in de kas met beperkt ventileren nooit geventileerd. De maximaal bereikte temperatuur in deze kas was 24 °C, namelijk op 24 en 27 februari en 11 maart. In de standaardkas is de kastemperatuur maximaal 18 °C geweest (op 24 februari).

In de volgende tabel is het kropgewicht en het droge-stofgehalte van de sla bij de twee klimaatbehandelingen, voedingsniveau's en rassen weergegeven.

Tabel 4. Kropgewicht en droge-stofgehalte van de sla bij de verschillende behandelingen.

Behandeling	Ventileren		Voedingsniveau		Ras	
	Beperkt	Normaal	Normaal	Hoog	Wiske	Fenston
Nettogewicht per 100 kroppen (kg)	32,8	36,3	36,9	32,2	29,5	39,6
% drogestof	4,2	4,9	4,2	4,6	4,4	4,6

- Bij beperkt ventileren waren de kroppen wat minder zwaar dan in de standaardkas. Op zich opvallend, want de CO₂-concentratie was aanzienlijk hoger. Dit heeft vooral te maken met de problemen met inwendig rot (zie hieronder). De hogere groeisnelheid bij beperkt te ventileren lijkt wat ten koste te zijn gegaan van het droge-stofgehalte.
- Een hoog voedingsniveau gaf minder zware kroppen in beide kassen en rassen (zie Bijlage I). De sla bevatte bij een hoog voedingsniveau wel een hoger droge stofgehalte. Alleen bij het ras Wiske kwam er bij een hoog voedingsniveau iets minder inwendig rot voor in de kas met beperkt ventileren.
- Het zware slaras Fenston was 10 kg zwaarder dan het tussentype Wiske, maar stond vijf dagen langer in de kas. Daarnaast was ook de plantdichtheid bij Fenston lager. Fenston bevatte een iets hoger droge stofgehalte dan Wiske.
- De sla van beide rassen in de beperkt ventileren kas was kwalitatief duidelijk minder dan in de standaardkas. De kroppen van vooral Wiske en in mindere mate van Fenston waren behoorlijk graterig. Dit was waarschijnlijk het gevolg van een verkeerde temperatuur/licht verhouding
- Daarnaast trad er in de beperkt ventileren kas aan het einde van de teelt veel inwendig rot op, ofwel zogenaamde klets-koppen.
- De kwaliteit van de kroppen van beide rassen in de standaardkas was prima. Nauwelijks rot of geel blad aan de onderkant en weinig graterig. Wel vertoonden sommige kroppen van beide rassen een licht ouderdomsrandje.



Figuur 2. De sla uit de kas met beperkte ventilatie (foto links) was meer graterig dan de sla uit de standaardkas (ras Wiske).

3.3 Andijvie

Door de slechte opkomst van het zaad van het ras Keran, konden niet alle behandelingen bij dit ras worden uitgevoerd. Daarom ontbrak bij Keran de behandeling met een hoog voedingsniveau. Ook was het plantmateriaal van dit ras bij het uitplanten vrij ongelijk.

De andijvie is in de kas met beperkte en normale ventilatie geoogst op respectievelijk 2 en 11 april. Dit betekent een teeltperiode van respectievelijk 116 en 107 dagen.

In de volgende tabel wordt het gerealiseerde klimaat vanaf planten tot beide data weergegeven. Bij beperkt ventileren staan de klimaatgegevens bij 11 april niet vermeld, omdat de andijvie bij deze behandeling 9 dagen daarvoor al was geoogst.

Tabel 5. *Gerealiseerd klimaat over de teeltperiode van de beide slarassen bij de twee klimaatbehandelingen.*

Klimaat tot en met Klimaatbehandeling/ klimaatparameter	2 april		11 april	
	Beperkt	Normaal	Beperkt	Normaal
Etmaaltemperatuur (°C)	11,7	9,8	-	9,9
RV (%)	83	76	-	76
Vochtdeficiet (g/m ³)	2,0	2,3	-	2,5
CO ₂ -dag (ppm)	1081	620	-	596

- Tot begin april was er een verschil van gemiddeld bijna 2 °C in gerealiseerde etmaaltemperatuur als gevolg van beide klimaatbehandelingen.
- Tijdens de teelt van andijvie zijn de luchtramen in de beperkt ventileren kas alleen iets open geweest op 14 en 31 maart, omdat de maximumtemperatuur van 28 °C toen werd overschreden.
- Het vochtdeficiet in de beperkt ventileren kas was tot begin april 0.3 g/m³ lager dan in de standaardkas.
- Het CO₂-gehalte is ruim 450 ppm hoger geweest in de beperkt ventileren kas dan in de standaardkas.

In de volgende tabel is het nettogewicht en het drogestof gehalte van het geoogste product weergegeven.

Tabel 6. *Kropgewicht en droge-stofgehalte van de andijvie bij de verschillende behandelingen.*

Behandeling Kenmerk	Ventileren		Voedingsniveau ¹⁾		Ras ²⁾	
	Beperkt	Normaal	Normaal	Hoog	Ambio	Keran
Nettogewicht per 100 kroppen (kg)	52,0	39,8	50,3	44,6	50,3	43,0
% drogestof	5,3	5,6	5,0	5,5	5,0	5,8

¹⁾ Alleen gegevens van Ambio door ontbreken van hoog voedingsniveau bij Keran

²⁾ Alleen gegevens van normaal voedingsniveau door ontbreken van hoog voedingsniveau bij Keran

- De andijvie was bij beperkt ventileren duidelijk eerder oogstbaar. Het verschil bedroeg meer dan 14 dagen.
- Het kropgewicht van de andijvie is duidelijk lager uit de standaard kas dan uit de beperkt ventileren kas. De andijvie had nog langer kunnen staan, maar de groei verliep trager dan verwacht.
- Bij normaal ventileren was het droge stofgehalte iets hoger.
- Een normaal voedingsniveau geeft bij Ambio vooral bij beperkt ventileren een veel hoger kropgewicht. Dit gaat wel ten koste van het droge stofgehalte.
- Ambio is duidelijk zwaarder dan Keran. Het drogestofgehalte van Keran is wel fors hoger dan van Ambio.

- Keran blijkt bij beperkt ventileren wat gevoeliger voor rand te zijn dan Ambio. In de standaardkas trad geen rand op.
- De andijvie in de kas met beperkt ventileren vertoonde veel schot.

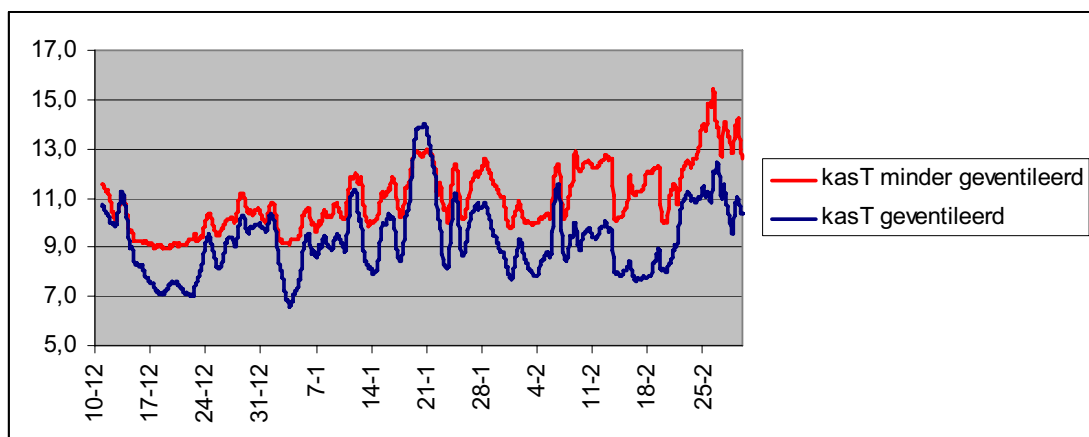


Figuur 3. De andijvie vertoonde in de kas met beperkt ventileren veel schot.

3.4 Energieverbruik

Gerealiseerde kastemperatuur en RV

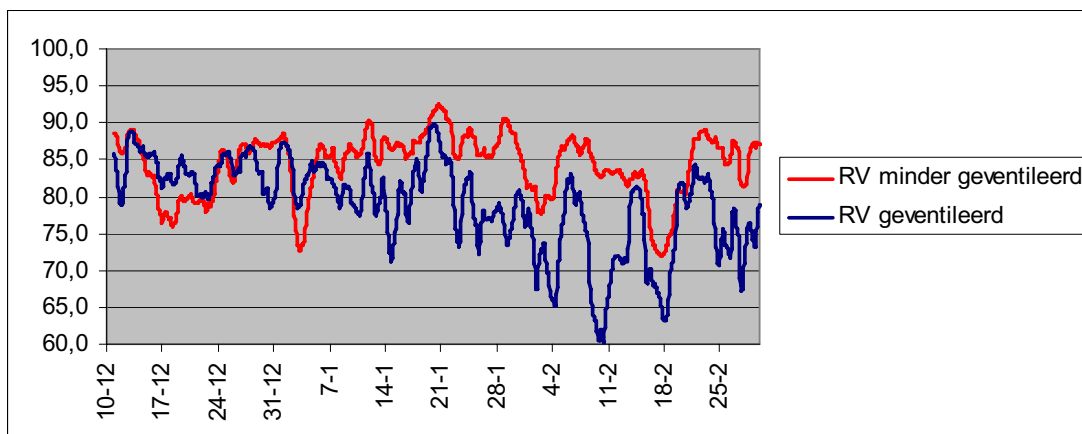
In de beperkt of minder geventileerde kas is een duidelijk hogere temperatuur gehanteerd dan in de standaardkas. Gemiddeld was deze 1,7°C hoger dan in de minder geventileerde kas. Het verloop van de gerealiseerde temperaturen zijn weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 4. Gerealiseerde temperaturen (°C) van 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.

De gemiddelde etmaaltemperatuur in de betreffende periode was in de beperkt ventileren en standaard kas respectievelijk 11,0 en 9,3 °C, de dagtemperatuur respectievelijk 14,3 en 11,3 °C en de nachttemperatuur respectievelijk 9,1 en 8,3 °C.

De relatieve luchtvochtigheid was vrijwel de gehele teelt hoger in de minder geventileerde kas (zie Figuur 5).

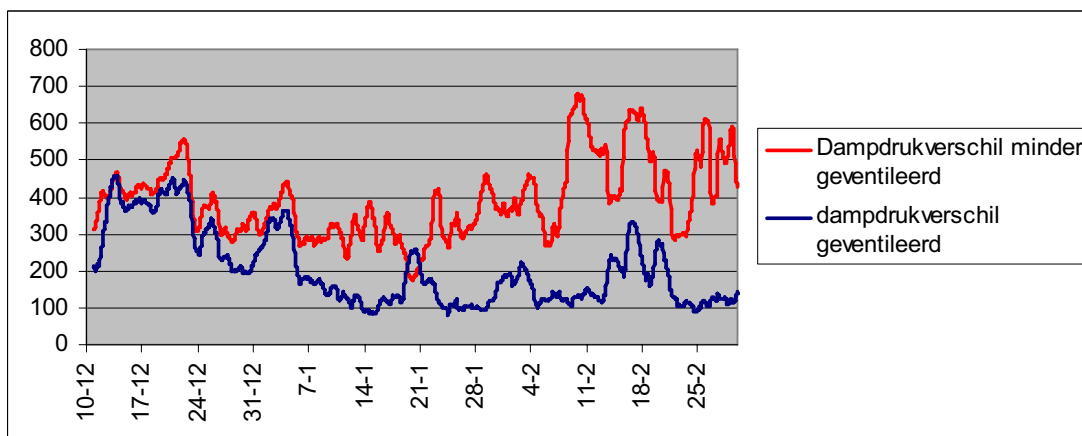


Figuur 5. Relatieve luchtvochtigheid (%) van 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.

De gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (RV) in de betreffende periode was in de beperkt ventileren en standaard kas respectievelijk 84,4 en 79,0 %, de RV gedurende de dag respectievelijk 76,8 en 73,8 % en de RV tijdens de nacht respectievelijk 88,6 en 81,9. Het verschil in RV was 's nachts dus gemiddeld groter dan overdag.

Gerealiseerd dampdrukverschil

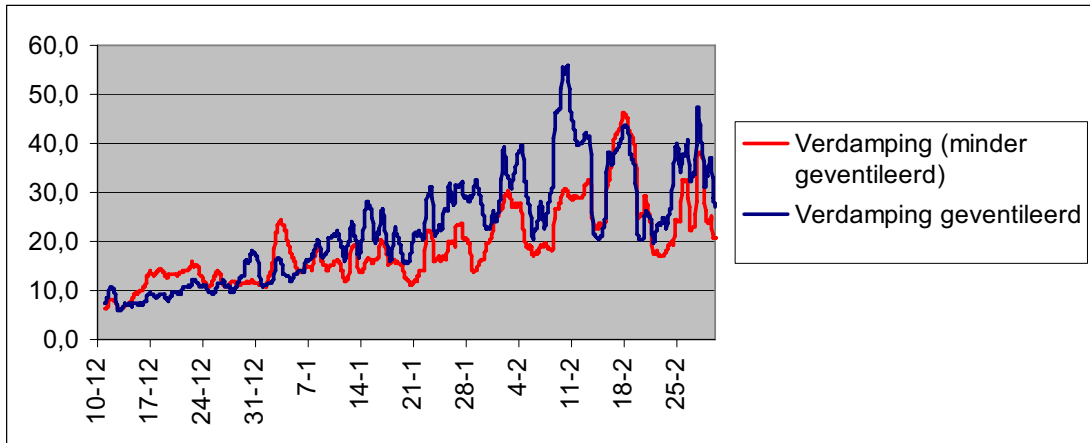
Door de hoge kasttemperatuur en de geringe ventilatie steeg ook het dampdrukverschil tussen binnen en buiten in de minder geventileerde kas (zie Figuur 6).



Figuur 6. Dampdrukverschil tussen de kaslucht en de buitenlucht (Pa) van 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.

Berekende verdamping

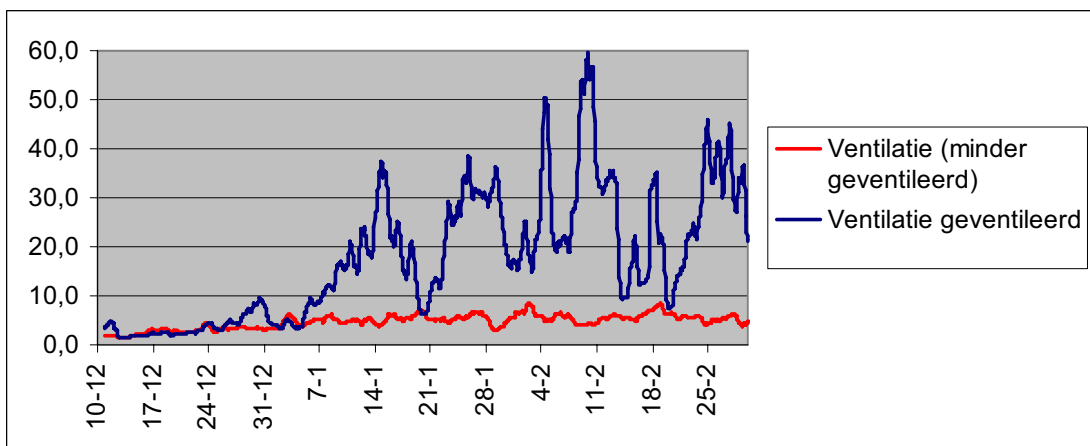
Door aan te nemen dat de verdamping alleen afhankelijk is van de plantgrootte, de straling en het vochtdeficit is voor beide kassen de verdamping berekend. Deze is weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7. Berekende verdamping $g/m^2.uur$ van 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.

Berekende ventilatie

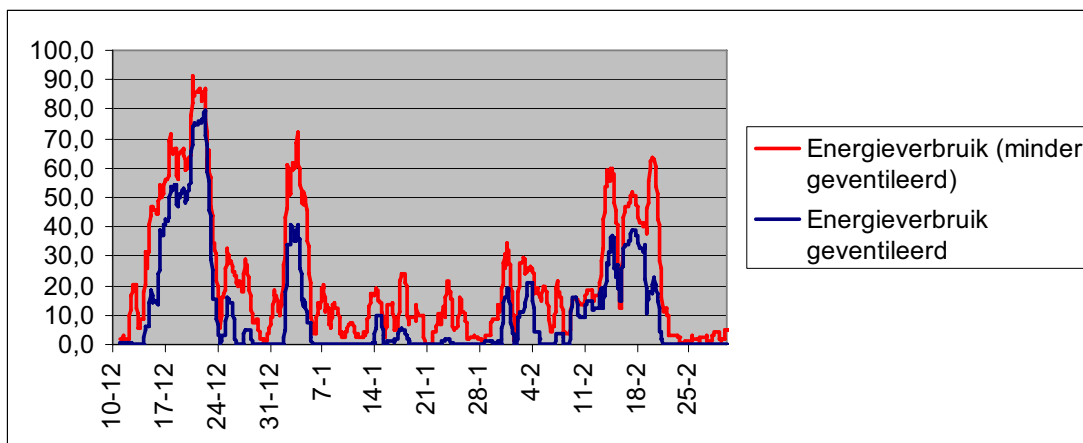
Door de berekende verdamping en het dampdrukverschil tussen kaslucht en buitenlucht te vergelijken, kan worden berekend hoe gemakkelijk het verdampte water naar buiten verdwijnt, ofwel hoe veel ventilatie er is (zie Figuur 8).



Figuur 8. Berekende ventilatie ($m^3/m^2.uur$) van 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.

Berekend energieverbruik

Op de momenten dat de kastemperatuur onder de verwarmingstemperatuur ligt, is het energieverlies berekend op basis van de ventilatie op dat moment en het temperatuurverschil tussen kas en buitenlucht (zie Figuur 9).



Figuur 9. Berekend energieverbruik (W/m^2) van 10 december 2007 tot en met 29 februari 2008.

Het totale berekende energieverbruik van 10 december tot en met 29 februari is $4,9 \text{ m}^3/m^2$ in de minder geventileerde kas en $2,5 \text{ m}^3/m^2$ in de standaard geventileerde kas. Dit verschil is grotendeels het gevolg van de hoge gerealiseerde kastemperatuur in de kas met een beperkte ventilatie. Door de hoger aangehouden temperatuur wordt het gasverbruik in de betreffende periode dus bijna verdubbeld. Maar omdat de teelt bij beperkt ventileren sneller verloopt, is het verschil in energieverbruik per teelt minder groot.

4 Discussie

De proef is uitgevoerd naar aanleiding van positieve ervaringen van een aantal slatelers met beperkt ventileren in België. Deze telers houden tevens hogere stooktemperaturen aan. Het resultaat bij deze slatelers is dat de teelt duidelijk sneller verloopt, terwijl de kwaliteit op het oog goed blijft. Hierdoor kunnen er meer teelten per jaar plaatsvinden, zodat het rendement toe kan nemen.

In het onderzoek uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw lag de gemiddeld gerealiseerde temperatuur afhankelijk van het gewas en dus teeltduur zo'n 1,5 à 2 °C hoger in de kas met beperkte ventilatie. Het CO₂-gehalte was zo'n 350 tot 450 ppm hoger in deze kas. De dag- en nachttemperatuur was, evenals bij de Belgische telers, respectievelijk 1 en 4 °C hoger ingesteld dan in de standaardkas. De hogere temperaturen en het hogere CO₂-gehalte leidden in de proef tot een duidelijke teeltversnelling. Bij sla was dit ongeveer veertien dagen. De inschatting is dat dit bij radijs ongeveer een week was en bij andijvie ongeveer drie weken. Bij de laatste gewassen kan dit niet exact worden bepaald omdat de radijs uit beide kassen op dezelfde datum is geoogst en de andijvie vanwege omstandigheden wat eerder geoogst moest worden in de standaardkas dan eigenlijk de bedoeling was.

Door nauwelijks of niet te ventileren kan goed geprofiteerd worden van de warmte van de zon, maar er worden bij deze teeltwijze ook naar hogere temperaturen gestookt. Dit stimuleert tijdens donker weer de verdamping, wat belangrijk is om bepaalde fysiogene afwijkingen zoals glazigheid zoveel mogelijk te voorkomen. Door alleen bij kastemperaturen boven de 28 °C te ventileren, kunnen ook hogere CO₂-gehalten worden gehandhaafd en het aanwezige CO₂ beter worden benut.

De vraag is of de behaalde teeltversnelling opweegt tegen de meerkosten aan gas. Berekend is dat het extra gasverbruik in de proef bij die klimaatinstellingen 2,4 m³/m² bedroeg. Met de huidige hoge energieprijzen in combinatie met lage productprijzen lijkt dit niet gauw rendabel te rekenen te zijn.

Bij radijs had beperkt ventileren en een hogere temperatuur aanhouden als nadeel dat het loof te lang werd, terwijl de knollen ook veel voosheid vertoonden. Voosheid is een probleem dat met name optreedt als de knollen fysiologisch rijper worden. Waarschijnlijk had deze radijs eerder geoogst moeten worden en de radijs in de standaardkas iets later (veel nieten). Voor radijs lijkt dit teeltregiem niet aanbevelenswaardig. Opvallend was dat het blad met name in de afdeling met beperkt ventileren erg donker was. Hoogstwaarschijnlijk heeft dit te maken met het continue hoge CO₂-niveau in deze kas.

Bij sla lijkt beperkt ventileren wel perspectieven te bieden. Daarbij zal bij lage lichtintensiteiten niet te hoge temperaturen aangehouden moeten worden, omdat anders de kans op graterigheid groot is. Graterigheid treedt namelijk op bij ongunstige temperatuur/licht verhouding. In de proef was vooral het middentype sla daarvoor gevoelig. Daarbij komt nog dat de proefkassen aan de donkere kant waren. De lichttransmissie van de kas wordt ten hoogste op 50% geschat. Als het betreffende teeltregiem door Nederlandse slatelers wordt toegepast, dan is het sterk aan te bevelen om dit alleen in lichte moderne kassen te doen.

In de proefkas met beperkte ventilatie kwam bij de sla nogal wat rot voor. Dit is waarschijnlijk vooral te wijten aan de beperkte bovenste teeltlaag met zand, waarin de planten grotendeels wortelden. Deze zandlaag vermengd met wat potgrond was aangebracht in verband met de teelt van radijs in dezelfde kas. Als de slaplanten niet in de onderlaag met klei wortelen, kan men tijdens de laatste fase van de slateelt in de problemen komen. In de proef droogde de zandlaag snel uit, waardoor er ook in de laatste fase van de teelt nog water gegeven moest worden. De kroppen kunnen daarbij lang nat blijven, wat de verdamping beperkt. Hierdoor worden cellen kapot gedrukt en kan inwendig rot ontstaan. Het gevolg is zogenaamde kletsoppen. In de kas waar normaal werd geventileerd, waren hiermee geen problemen. De slaplanten bleken hier wel in diepere grondlagen te wortelen. Door de sterkere verdamping in deze kas werd de slaplant als het ware gedwongen om dieper met zijn wortels te gaan. Opvallend was dat in de kas met beperkt ventileren de sla vlakbij de klimaatmeetbox met continue ventilatie, geen rot vertoonde. Ook hier wortelden de slakroppen dieper.

De andijvie in de kas met beperkte ventilatie zag er goed uit, maar vertoonde wel wat schot. Het is bekend dat vooral een lage opkweektemperatuur dit veroorzaakt. Het is de vraag of dat hier ook het geval was. Mogelijk hebben de soms behoorlijk hoge dagtemperaturen de schotvorming in deze kas gestimuleerd.

Qua gebruikswaarde voldeed het andijvieras Ambio beter dan Keran. De kiemingsproblemen en daarmee ongelijk plantmateriaal bij het ras Keran zullen hierbij ongetwijfeld een rol hebben gespeeld. Door het zaadbedrijf is Keran echter niet meer leverbaar.

Bij de opzet van de proef was het de gedachte dat een hoger voedingsniveau eventuele negatieve effecten van beperkt ventileren zou verminderen. Een hoger voedingsniveau bleek in de proef echter nauwelijks of geen effect te hebben op de kwaliteitskenmerken. Onafhankelijk van het ras of klimaatregiem, gaf het hoogste voedingsniveau steeds een lager versgewicht, wat dus ongunstig is. Het drogestofgehalte was wel hoger. Waarschijnlijk beïnvloedt dit de houdbaarheid positief. Een hoger voedingsniveau handhaven dan de standaard lijkt echter niet gewenst, gezien het negatieve effect op de productie.

Mede door het ongunstige energieprofiel van energie-extensieve teelten zoals sla, radijs en andijvie, zijn de energiekosten relatief zeer hoog. Door beperkter te ventileren kan meer gebruik gemaakt worden van de warmte van de zon. Het is nu nog de vraag of er geteeld kan worden bij een hogere ventilatietemperatuur, in combinatie met de gangbare (of zelfs lagere) stooktemperatuur. Op die manier wordt er immers slechts gedeeltelijk concessie gedaan aan de teeltsnelheid, zodat de energie-efficiency per geoogst product zal stijgen. Er wordt echter ook gestookt om het risico op fysiogene afwijkingen te beperken. Wellicht dat andere maatregelen, die minder energie kosten, ook de verdamping kunnen stimuleren waardoor deze risico's in de hand gehouden kunnen worden. Wellicht biedt een systeem met luchtbeweging mogelijkheden.

5 Conclusies

- Beperkt ventileren en een hogere stooktemperatuur aanhouden, verhoogde de gemiddelde temperatuur afhankelijk van het gewas en teeltduur met 1,6 à 2,0 °C, de RV met 5 à 6% en het CO₂-gehalte overdag met 350 tot 450 ppm ten opzichte van een standaard teeltregiem.
- Tijdens de teelt van sla en radijs is bij de behandeling met beperkt ventileren de maximum ventilatie-temperatuur van 28 °C nooit overschreden en is er dus nooit geventileerd. Bij andijvie gebeurde dit wel, namelijk op twee data in de tweede helft van maart.
- De teeltduur bij radijs, sla en andijvie werd door de behandeling met beperkte ventilatie met respectievelijk globaal één, twee en drie weken verkort.
- Het berekende gasverbruik was in de periode 10 december – 29 februari 2,4 m³/m² hoger.
- Bij radijs werd het blad 30% langer en vertoonden de knollen bij beperkt ventileren meer voosheid. De knollen waren duidelijk grover.
- De sla was bij beperkte ventilatie kwalitatief zwakker dan bij het standaard klimaatregiem. De sla vertoonde meer graterigheid en meer rot in de kroppen.
- Het optreden van rot had echter vooral te maken met een beperkte laag met zand waarin beworteling plaatsvond in combinatie met watergeven.
- De kans op schot bij andijvie is groter bij beperkt ventileren.
- Een hoger voedingsniveau had nauwelijks of geen effect op de verschillende kwaliteitskenmerken.
- Onafhankelijk van het ras of klimaatregiem, gaf het hoogste voedingsniveau steeds een lager versgewicht, maar het droge-stofgehalte was veelal hoger.
- Er was geen sprake van interactie tussen de klimaat- en voedingsbehandelingen enerzijds en het ras anderzijds. Qua productie- en kwaliteitsniveau waren er vaak wel verschillen tussen de rassen.
- Het is mogelijk om sla en radijs te telen zonder of met zeer weinig ventilatie in combinatie met een hogere stooktemperatuur, maar stelt wel eisen aan de lichtdoorlatendheid van de kas. Ook het watergeven behoeft extra aandacht.
- Hoge energieprijzen maken het aanhouden van hoge stooktemperaturen niet aantrekkelijk; zoveel mogelijk profiteren van het zonlicht door beperkt te ventileren blijft wel aantrekkelijk.

Bijlage I.

Kropgewicht en droge stof bij sla en andijvie

Tabel 7. *Kropgewicht en droge-stofgehalte van sla bij de twee klimaatregiems, twee rassen en twee bemestingsniveau's.*

Klimaat	Beperkt ventileren				Standaard			
	Wiske		Fenston		Wiske		Fenston	
Bemestingsniveau	normaal	hoog	normaal	hoog	normaal	hoog	normaal	hoog
Nettogewicht per 100 kroppen (kg)	28,6	26,8	41,0	34,9	35,1	27,6	42,8	39,5
% droge stof	4,1	4,4	4,3	4,1	4,4	4,9	5,0	5,2

Tabel 8. *Kropgewicht en droge-stofgehalte van andijvie bij de twee klimaatregiems, twee rassen en twee bemestingsniveau's.*

Klimaat	Beperkt ventileren (oogst 2 april)				Standaard ²⁾ (oogst 11 april)			
	Ambio		Keran		Ambio		Keran	
Bemestingsniveau:	normaal	hoog	normaal	- ¹⁾	normaal	hoog	normaal	-
Netto gewicht/100 krop	57,6	47,1	51,4	-	42,9	42,0	34,6	
% droge stof	4,7	5,6	5,6	-	5,3	5,4	6,1	-

¹⁾ Door een slechte opkomst van het zaad is deze behandeling uitgevallen

²⁾ In verband met een vervolgteelt is de andijvie in deze kas jonger geoogst.

