



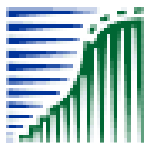
**PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING**

WAGENINGEN UR

Temperatuurintegratie op heteluchtbedrijven met sla en radijs

Onderzoek 2003-2004

Jan Janse, Bert Houter, Edwin Rijpsma en Boris Berkhout



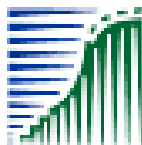
Productschap  **Tuinbouw**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business Unit Glastuinbouw
oktober 2004
PPO nr. 41717028

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Dit project is gefinancierd door: **Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij**

en



Met medewerking van Priva en Hoogendoorn Automation BV

Projectnummer PPO : 417.17028
Projectnummer PT : PT-11691

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 – 63 67 00
Fax : 0174 – 63 68 35
E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
VOORWOORD.....	5
SAMENVATTING.....	6
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODE	8
2.1 Bedrijven.....	8
2.2 Klimaatbehandelingen	8
2.3 Gewaswaarnemingen	10
2.4 Energiegebruik	11
3 RESULTATEN	12
3.1 Klimaat	12
3.1.1 Ingesteld klimaat.....	12
3.1.1.1 Ingestelde verwarmingstemperatuur	12
3.1.1.2 Ingestelde ventilatietemperatuur	13
3.1.2 Gerealiseerd klimaat	14
3.1.2.1 Berekende verwarmingstemperatuur	14
3.1.2.2 Berekende minimale en maximale verwarmingstemperatuur	15
3.1.2.3 Berekende integratietemperatuur	15
3.1.2.4 Berekende Ecolijn	16
3.1.2.5 Gemeten integratietemperatuur.....	16
3.1.2.6 Gemeten kastemperatuur	17
3.1.2.7 Berekende ventilatietemperatuur	18
3.1.2.8 Gemeten raamstand.....	19
3.1.2.9 Luchtuitwisselingssnelheid	21
3.1.2.10 Temperatuursom	21
3.1.2.11 Relatieve luchtvochtigheid.....	22
3.1.2.12 CO ₂	23
3.1.3 Buitenklimaat.....	24
3.1.4 Energiegebruik	25
3.1.5 Piekverbruik	27
3.1.6 Opbrengsten temperatuurintegratie	28
3.2 Productie en kwaliteit	28
3.2.1 Radijs	28
3.2.2 Sla.....	29
4 DISCUSSIE	30
5 CONCLUSIES	32
BIJLAGE 1	34
BIJLAGE 2	35
BIJLAGE 3	36
BIJLAGE 4	37
BIJLAGE 5	38

Voorwoord

Zonder medewerking van de telers en de leveranciers van klimaatcomputers kon dit onderzoek niet worden uitgevoerd.

We willen dan ook de telers gebroeders Reijm (Piet, Jaap en Johan), Arjan Tukker, Nol van Heijningen en Peet de Jong bedanken voor het beschikbaar stellen van hun kassen, financiële inspanningen en tijd ten behoeve van het onderzoek. Ook Priva en Hoogendoorn bedanken we voor hun bijdrage in de vorm van het beschikbaar stellen van een moderne klimaatcomputer, financiële bijdrage en/of begeleiding van dit onderzoek.

Samenvatting

Door de nieuwe energiewet hebben tuinders die gewassen telen met een lage energiebehoefte te maken met veel hogere energiekosten. Als het totale energiegebruik en de hoge uurpieken in gasverbruik verminderd zouden kunnen worden, zou dit voor de betreffende telers gunstig uit kunnen pakken. In eerder PPO-onderzoek is aangetoond dat toepassing van temperatuurintegratie (TI) bij buisverwarming veel perspectief biedt. Omdat zo'n 80 à 90% van de sla- en radijstelers gebruik maakt van heteluchtverwarming is voor deze groep een apart onderzoek uitgevoerd.

In een PPO-onderzoek op vier praktijkbedrijven met heteluchtverwarming is daarom het effect van toepassing van TI op het gerealiseerde klimaat, energiegebruik, productie en kwaliteit onderzocht. Het onderzoek is uitgevoerd op twee radijs- en twee slabedrijven met twee min of meer vergelijkbare afdelingen en liep van de tweede helft van november 2003 tot in de eerste helft van april 2004. Op deze bedrijven was een Priva- of Hoogendoorn klimaatcomputer aanwezig. Soms is speciaal voor dit onderzoek een nieuwe klimaatcomputer geïnstalleerd of is een TI-module aangeschaft. De klimaatinstellingen werden meestal door de teler zelf gedaan, bij de start van de proef veelal in overleg met de onderzoekers en/of leverancier van de klimaatcomputer. Gedurende het onderzoek zijn er zeer veel klimaatdata verzameld en berekeningen daarmee uitgevoerd.

Helaas waren de weersomstandigheden tijdens de proefperiode niet optimaal voor de toepassing van TI. Tot in de tweede helft van februari was er namelijk zo'n 14% minder instraling en was de gemiddelde buitentemperatuur 1 °C hoger dan normaal. Toch kon er een energiebesparing als gevolg van TI worden bereikt van gemiddeld 9%. Dit betekende een besparing van 0,9 m³ gas per vierkante meter. Ook bleek door TI het aantal hoge uurpieken in gasverbruik met zo'n 30% te verminderen. Hierdoor kunnen telers met een circa 10 m³/ha/uur lagere contractcapaciteit volstaan. Het kunnen afsluiten van een gascontract met een lagere contractcapaciteit en de energiebesparing door TI levert de heteluchtteler als vrije klant een voordeel op van zo'n € 0,28 per m². Voor de profielklant levert het lagere gasverbruik als gevolg van TI een voordeel op van ongeveer € 0,23 per m². De berekende investeringsruimte voor temperatuurintegratie op een bedrijf van 1,5 hectare komt uit op 15.000 à 18.000 euro.

In de TI-afdeling bleek op drie van de vier bedrijven minder te worden geventileerd dan in de afdeling met een standaard temperatuurinstelling. Op deze bedrijven was de luchtuitwisselingssnelheid bij TI gemiddeld over de gehele periode zo'n 20 à 30% lager in vergelijking met de standaard. Toepassing van TI gaf bij radijs meestal wat langer loof. Soms was het radijsloof ook wat weliger en in één geval kwam er ook wat valse meeldauw op de blaadjes voor. Sla kan bij TI ook wat weliger opgroeien. Er zijn bij de oogst geen duidelijke kwaliteitsverschillen geconstateerd tussen sla gegroeid bij TI of bij een standaard temperatuurinstelling.

Als er grote horizontale temperatuurverschillen in een kas bestaan, mag men de temperatuur niet te ver weg laten zakken. Bij lage buitentemperaturen bestaat dan bij de buitengevel namelijk de kans op bevriezing van het gewas.

1 Inleiding

Voor telers met glasgewassen met een lage energiebehoefte valt de nieuwe energiewet zeer ongunstig uit. Met een gasverbruik van circa 10 tot 13 m³ per vierkante meter per jaar behoren sla en radijs ook tot de energiearme groentegewassen. Rond de 90% van deze telers gebruikt alleen heteluchtverwarming. Op deze bedrijven wordt het gas grotendeels in de wintermaanden verstoekt en kunnen er onder koude omstandigheden hoge verbruikspieken ontstaan. Hierdoor komt de gasprijs op een hoog niveau te liggen. Uit berekeningen van het LEI blijkt dat de aardgaskosten bij koudere teelten gemiddeld met meer dan 50% stijgen en de rentabiliteit bij deze teelten ernstig in het geding komt (Van der Velden et al., 2003). Als het totale energieverbruik en het aantal en de grootte van de pieken verminderd zouden kunnen worden, zou dit voor de betreffende telers gunstig uit kunnen pakken. Door het verminderen van de pieken kunnen vrije klanten met een jaarverbruik van 170.000 m³ gas immers dan bij het energiebedrijf een gascontract met een lagere capaciteit afsluiten.

In eerder onderzoek op het PPO is aangetoond dat met een combinatie van een energiescherm en temperatuurintegratie tot 50% aan energie is te besparen en het aantal hoge pieken met 80 à 90% verminderd kan worden. Bij de decembroogst van sla kan dit echter ten koste gaan van de kwaliteit (Janse en Rijpsma, 2003). Ondanks de bereikte energiebesparing was een energiescherm niet rendabel te rekenen. In dit onderzoek is gewerkt met buisverwarming, terwijl rond de 90% van de sla- en radijstelers heteluchtverwarming gebruiken. Over het algemeen wordt door telers van energiearme gewassen nog weinig bewust met temperatuurintegratie gewerkt (Grashoff et al., 2004). Verschillende telers zijn bang voor kwaliteitsverlies, oogstvertraging of onregelmatige productie bij toepassing van temperatuurintegratie. Op deze bedrijven zijn er ook niet altijd mogelijkheden om via de klimaatcomputer temperatuurintegratie toe te passen, bijvoorbeeld doordat men een al wat oudere klimaatcomputer bezit. Ook zijn sommige telers van energiearme gewassen nog onbekend met temperatuurintegratie. Verder bestaat de vrees dat toepassing van temperatuurintegratie bij stoken met heteluchtkachels tot meer problemen zou kunnen leiden in vergelijking met buisverwarming, bijvoorbeeld door te veel vocht in de kas.

Om na te gaan hoe temperatuurintegratie op heteluchtbedrijven uitpakt, is in het seizoen 2003-2004 in een onderzoek op een aantal sla- en radijsbedrijven gewerkt met temperatuurintegratie. Deze bedrijven zijn intensief gevolgd en er zijn veel klimaatsgegevens verzameld. In dit rapport wordt hiervan verslag gedaan.

2 Materiaal en methode

2.1 Bedrijven

Voor het onderzoek is allereerst gezocht naar minimaal twee sla- en radijsbedrijven waar het mogelijk was om de proef uit te voeren. Dit bleek verre van eenvoudig te zijn. Op de bedrijven moesten twee min of meer vergelijkbare en niet te grote afdelingen aanwezig zijn. Ook dienden de betreffende telers te beschikken over een klimaatcomputer waarop een temperatuurintegratie programma kon draaien en de klimaatgegevens gelogd konden worden. Tevens moesten de telers bereid zijn om mee te werken aan het onderzoek en soms investeringen doen voor aanpassingen in de kas of aan de computer om de proef zo goed mogelijk te doen slagen.

Mede met hulp van leveranciers van klimaatcomputers zijn uiteindelijk twee sla- en twee radijstelers gevonden die aan het onderzoek mee konden en wilden werken. Deze waren:

- | | | | |
|---|--------------------|---------------------------|----------|
| - | Gebr. Reijm | Nieuwerkerk aan de IJssel | (sla) |
| - | Arjan Tukker | 's Gravenzande | (sla) |
| - | Nol van Heijningen | Monster | (radijs) |
| - | Peet de Jong | Monster | (radijs) |

De gebroeders (Piet, Jaap en Johan) Reijm telen in de wintermaanden 2 rondjes sla en vanaf eind maart/begin april telen ze komkommers en tomaat. Ze telen sla voor het middensegment, dat is sla zwaarder dan 31 kg/100 stuks.

Tukker teelt jaarrond lichte sla met een oogstgewicht rond de 20 kg per 100 stuks.

Zowel Van Heijningen als De Jong telen het jaar rond radijs en zij bossen met de hand.

2.2 Klimaatbehandelingen

Op elk bedrijf lag steeds een afdeling waarbij de temperatuur 'normaal' werd ingesteld (=standaard), naast een afdeling waarbij temperatuurintegratie werd toegepast (=TI). Op beide slabedrijven (Reijm en Tukker) werd hierbij gebruik gemaakt van de Priva Integro klimaatcomputer. Bij Van Heijningen werd gewerkt met een Hoogendoorn Vitaco met TI-module en bij De Jong met een Hoogendoorn NT Economic met de Econaut CTI-module.

Temperatuurintegratie is gebaseerd op het gegeven dat voor de ontwikkeling van het gewas de gemiddelde temperatuur over een bepaalde periode in vele gevallen belangrijker is dan de momentane temperatuur. Bij een bepaalde temperatuur hoort een bepaalde ontwikkelingssnelheid. De manier waarop deze temperatuur gerealiseerd wordt is minder belangrijk als kritische grenzen maar niet worden overschreden.

Bij de beide computermerken is de werkwijze bij temperatuurintegratie iets verschillend.

De Priva Integro heeft standaard TI. Dit programma heeft de normale temperatuurlijn voor de verwarmingsstrategie als uitgangspunt. Daaruit volgt de streefwaarde verwarming waarop eventueel stralings- en/of stralingssom-invloeden geldig kunnen zijn. Het resultaat is de berekende verwarmings temperatuur. Indien de gerealiseerde kastemperatuur daarvan afwijkt, wordt een temperatuursom opgebouwd die binnen 7 dagen gecompenseerd kan worden. Een positieve temperatuursom houdt in dat het te warm is geweest. De compensatie vindt plaats binnen elk van de maximaal 6 perioden waarin een etmaal kan worden opgedeeld. Daarvoor kan per periode worden aangegeven hoeveel er maximaal positief en maximaal negatief ten opzichte van de streefwaarde

verwarming gecompenseerd mag worden. Daarmee heeft de tuinder de zekerheid dat de berekende verwarmingstemperatuur binnen de voor hem toegestane temperatuurmarge blijft. Bij een positieve compensatie wordt de berekende ventilatietemperatuur ook met de compensatie verhoogd. Op de twee slabedrijven met een Intégro is een integratieperiode van drie dagen aangehouden. Bij Reijm wordt geen gebruik gemaakt van de weersvoorspelling, bij Tukker met een weersverwachting van twee dagen.

Hoogendoorn: bij de oudere computers (zoals de Vitaco bij Van Heijningen) met een TI-module, wordt temperatuurintegratie toegepast door binnen een etmaal te streven naar een gemiddelde temperatuur. De speelruimte die de regeling hiervoor krijgt, ligt vast in de bandbreedte en wordt bepaald door de minimum- en maximumtemperatuur. Temperatuurintegratie over een etmaal bouwt geen temperatuursom ofwel 'reserves' op. Wel wordt gebruik gemaakt van het lokale weerbericht, dat vijf maal per dag wordt opgevraagd.

Voor de modernere Hoogendoorn computers, zoals de Economic NT, kan de Econaut CTI (Combined Temperature Integration) module worden aangeschaft. Dit programma combineert etmaal en meerdaagse temperatuurintegratie met de weersverwachting op korte (binnen een dag) en langere termijn (binnen een week). Hiervoor wordt ook het lokale weerbericht vijf maal per etmaal opgevraagd bij Meteo Consult. Binnen het CTI-programma wordt wel met een temperatuursom (=reserve uitgedrukt in graaddagen) gewerkt. Deze kan worden op- of afgebouwd.

In tabel 1 staan enkele gegevens van de bedrijven en de proef vermeld.

Tabel 1 : Enkele gegevens van de proefafdelingen per bedrijf

Bedrijf	Oppervlakte per afdeling (m ²)	Scheidingswand tussen proefafdelingen	Aantal hangende kachels per afdeling	Maximale capaciteit kachels (m ³ /u)	Start proef in week	Einde proef in week
Reijm	6500	glas	10	13	48	14
Tukker	3750	grotendeels via verticaal plastic rolscherm	8	10,4	49	14
Van Heijningen	2000 (standaard) en 4000 (TI)	plastic rolscherm	resp. 4 en 6 (TI)	13	48	15
De Jong	4000	glas, bij standaardafd. aan kopse kant dubbel glas	6	9,9	51	15

Om teveel schaduwwerking als gevolg van het rolscherm en daardoor productie- en kwaliteitsverlies te voorkomen werden de plastic schermen bij zonnig weer en als er niet gestookt hoefde te worden door de telers veelal omhooggetrokken. Alle bedrijven werkten met hangende heteluchtkachels. Op de bedrijven was er geen energiescherm aanwezig.

In de volgende tabel wordt per bedrijf een overzicht gegeven van de benutte en berekende klimaatparameters.

Tabel 2 : De benutte geregistreerde klimaatgegevens door de klimaatcomputer en/of de later berekende parameters.

Klimaatparameter	Reijm (Priva)	Tukker (Priva)	Heijningen (Hoogendoorn)	De Jong (Hoogendoorn)
Ingestelde verwarmingstemperatuur	X	X		
Berekende verwarmingstemperatuur	X	X		X
Minimum berekende verwarmingstemperatuur			X	X
Maximum berekende verwarmingstemperatuur			X	X
Berekende integratietemperatuur			X	X
Gemeten integratietemperatuur			X	
Berekende Ecolijn-temperatuur				X
Nog te compenseren temperatuursom	X	X		
Berekende invloed TI op verwarmingstemperatuur	X	X		
Gemeten kasttemperatuur	X	X	X	X
Ingestelde ventilatietemperatuur	X	X		
Berekende ventilatietemperatuur luwe en windzijde	X	X	X	X
Berekende raamstand luwe en windzijde	X	X		
Gemeten raamstand luwe en windzijde	X	X	X	X
Berekende luchtuitwisselingssnelheid	X	X		
Relatieve luchtvochtigheid	X	X		X
CO ₂	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X
Berekend vermogen	X	X		
Berekend gasverbruik	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾
Straling	X	X	X	X
Buitentemperatuur	X	X	X	X
Windsnelheid	X	X	X	X

¹⁾ Niet continu gemeten

²⁾ Berekend op basis van de bedrijfstijd van de kachels (Priva)

³⁾ Berekend op basis van de status (aan/uit) van de kachels (Hoogendoorn)

De data zijn op basis van vijf minuutgegevens.

Bij verschillende parameters zijn ook de minimum- en maximumwaardes per dag uit de gegevens gehaald.

Bij de berekening per week is hiervoor het gemiddelde van de minimum- of maximumwaardes van de zeven dagen in die week genomen. Dit geeft een beeld binnen welke grenzen geregeld is.

In het begin van het onderzoek werden de klimaatinstellingen door telers vooral in samenspraak gedaan met vertegenwoordigers van klimaatcomputerleveranciers of PPO-onderzoekers. De tussentijdse wijzigingen in de klimaatinstellingen werden door de telers apart in een schrift genoteerd. Elke week tot om de twee weken werden de weggeschreven data van de klimaatcomputer opgehaald en door het PPO verwerkt.

Omdat niet alle telers in beide proefafdelingen beschikten over een CO₂-meter, is met een datalogger (squirrel) de CO₂-concentratie bij Reijm, Tukker en Van Heijningen gemeten. De maximum meetwaarde was 2000 ppm. Na een meetduur van meestal twee weken werden de meters in de proefkassen op een ander bedrijf gehangen. Hierdoor kon toch een indruk worden verkregen van eventuele verschillen tussen de behandelingen.

2.3 Gewaswaarnemingen

Binnen de proefperiode vonden bij radijs grotendeels twee teelten plaats. Bij de oogst van beide teelten zijn op de radijsbedrijven in de standaard- en TI-afdeling waarnemingen verricht aan een aantal knol- en loofeigenschappen. Deze eigenschappen waren: knoldiameter, looflengte, percentage nieten (dat is percentage knollen met een diameter kleiner dan 17 mm), voze en gescheurde knollen. Elke knol met inwendig een plekje wit werd reeds als voos aangemerkt. In totaal zijn per keer en per behandeling 100 knollen gemeten en beoordeeld. In de volgende tabel zijn nog enkele gegevens weergegeven.

Tabel 3: Enkele gegevens ten aanzien van zaai- en oogstdata en rassen per bedrijf en klimaatbehandeling

Bedrijf	Zaaidata	Ras	Oogstdatum
Van Heijningen	19 november 2003	Donar (Syngenta)	1 februari 2004
	13 februari 2004	Donar (Syngenta)	30 maart 2004
De Jong	standaard en TI resp. 15 en 17 november 2003	Donar (Syngenta)	1 februari 2004
	standaard en TI resp.. 9 en 10 februari 2004	Suprella (Nickerson Zwaan)	31 maart 2004

Op de slabedrijven konden helaas geen uitgebreide waarnemingen bij de oogst worden verricht, omdat de plantdata en dus de oogstdata veelal sterk verschilden tussen beide afdelingen. Zo was er bij Tukker in de winter ca. één maand verschil in oogstdatum tussen de standaard en TI-afdeling. Er zijn wel gewasindrukken opgedaan op basis van eigen waarnemingen en ervaringen van de telers tijdens de teelt en de oogst.

2.4 Energiegebruik

Bij de Priva klimaatcomputer wordt de bedrijfstijd van de kachels gesommeerd, waardoor het werkelijke aantal draaiuren van de kachels exact bekend is. Bij de Hoogendoorn klimaatcomputer is de bedrijfstijd afgeleid uit de vijf minuutgegevens. Dit betekent dat de branderstand (aan of uit) bij de Hoogendoorn-klimaatcomputer op dat moment werd vastgelegd. Dit komt dus niet exact overeen met de draaiuren van de heteluchtkachels. Daarnaast is er sprake van een vertraging in de start van de kachels. Op grond van waarnemingen is bij de berekening van het energiegebruik bij Van Heijningen en De Jong rekening gehouden met een gemiddelde vertraging in de start van de brander van 10 sec per 5 minuten.

Door De Jong was ten behoeve van het onderzoek een teller voor een heteluchtkachel aangeschaft om de bedrijfstijd beter te kunnen bepalen. De tellerstand werd door de teler dagelijks genoteerd. Hiervan is gebruik gemaakt om dit met de door de computer geregistreerde bedrijfstijd van de kachels te vergelijken. Verder werd door De Jong ook dagelijks om 18.00 uur de gasmeterstand opgenomen. Mede op grond hiervan kon de maximum capaciteit van de kachels beter worden bepaald.

Door de Priva-klimaatcomputer werd het gebruikte vermogen berekend. Dit is later omgerekend naar gasverbruik per vierkante meter.

Omdat de gerealiseerde temperaturen tussen beide afdelingen konden verschillen, is bij de berekening van het energiegebruik een correctie toegepast voor het temperatuurverschil tussen de standaard en TI-afdeling in relatie tot de buitentemperatuur. Hiervoor zijn de gemiddelde temperaturen per week in beide afdelingen met elkaar vergeleken en is het temperatuurverschil van de TI-afdeling ten opzichte van de standaardafdeling uitgedrukt in percentage van de gemiddelde buitentemperatuur voor die week. Met dit percentage is per week het berekende gasverbruik in de TI-afdeling gecorrigeerd.

Bij De Jong bevatte de kopgevel van de standaardafdeling dubbel glas. Dubbel glas in plaats van enkel glas geeft normaal een energiebesparing van 45%. De energiebesparing door dubbel glas uitsluitend in de kopgevel wordt ingeschat op 15% voor de gehele kas (Marcel Raaphorst, PPO, persoonlijke mededeling). Er is daarom een correctie op het gasverbruik in de standaardafdeling bij De Jong toegepast door hiervoor een meerverbruik van 15% te berekenen.

Bij de berekening van het energiegebruik bij Van Heijningen en De Jong is niet gecorrigeerd voor de luchtuitwisseling met de buitenlucht.

Voor de piekverbruiken in gas is berekend hoe vaak een gasverbruik per uur voorkwam boven een bepaalde waarde. Op de vier bedrijven zijn arbitraire grenzen aangehouden van circa 70, 100 en 130 m³/ha/uur. Op de beide slabedrijven met een Priva-klimaatcomputer waren de verbruiken per uur bekend, maar bij de Hoogendoorn-klimaatcomputer op de radijsbedrijven werd alleen het verbruik per dag geregistreerd. Dit is omgerekend naar uurverbruik. Het piekverbruik wordt hierdoor echter wel afgevlakt.

3 Resultaten

3.1 Klimaat

3.1.1 Ingesteld klimaat

In de Bijlagen 1 tot en met 4 zijn per bedrijf de klimaatinstellingen bij de start en de wijzigingen in de instellingen in de loop van de teelt in tabelvorm weergegeven. De klimaatinstellingen bij temperatuurintegratie werd vooral bepaald door de telers. Zij moesten er een goed gevoel bij hebben.

De ingestelde verwarmingstemperatuur bij de Priva-klimaatcomputer varieerde in de standaard en TI-afdeling bij **Reijm** van 6 tot 10 °C en was afhankelijk van het dagdeel, periode in het jaar en het ontwikkelingsstadium van het gewas. Afhankelijk van het dagdeel mocht de temperatuur bij TI naar boven toe worden gecompenseerd met maximaal 2 à 6 °C en naar beneden toe met maximaal 0 tot 3 °C (zie Bijlage 1).

Bij **Tukker** varieerde de ingestelde verwarmingstemperatuur in de standaard en TI-afdeling afhankelijk van het dagdeel, periode in het jaar en ontwikkelingsstadium van het gewas respectievelijk van 5 tot 11 en 5 tot 11,5 °C. De maximale positieve compensatie bij TI bedroeg 0 tot 4,5 °C en de maximale negatieve compensatie was 0,5 tot 3 °C (zie Bijlage 2).

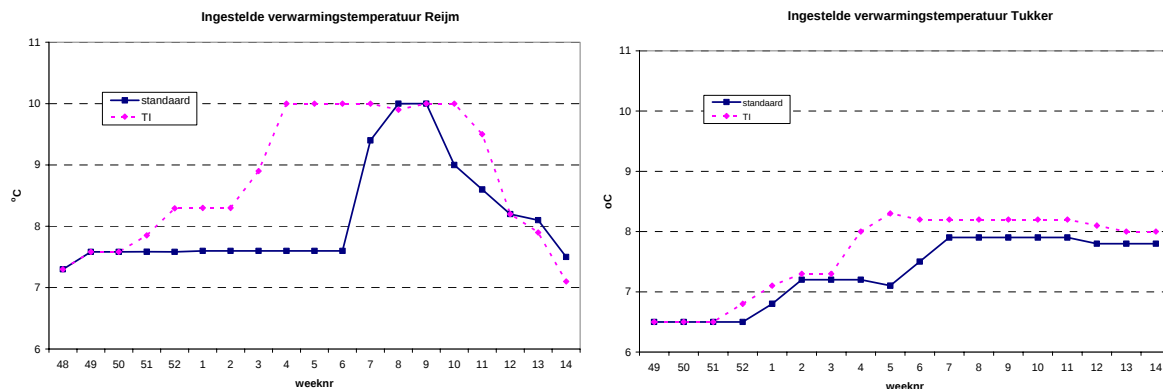
De stooktemperatuur in de standaardafdeling was gedurende de gehele periode bij **Van Heijningen** tijdens de nacht en de dag respectievelijk 6 à 7 en 11 °C. De integratietemperatuur, dat is de gemiddelde etmaaltemperatuur waarnaar gestreefd wordt in de TI-afdeling met de Hoogendoorn-klimaatcomputer, was bij de start 9,9 °C. Deze is begin januari verlaagd tot 9,0 °C en vanaf half februari tot 8,0 °C. De bandbreedte waarbinnen de temperatuur mocht variëren was gedurende de nacht en dag gelijk en was bij de start van de proef 2 °C. Op 23 januari is de bandbreedte gedurende drie weken gehandhaafd op 3 °C en is daarna weer op 2 °C gezet (zie Bijlage 3).

Bij **De Jong** varieerde de stooktemperatuur in de nacht gedurende de gehele proefperiode van 8 tot 10 °C en op de dag van 10 tot 11,5 °C. In de TI-afdeling bedroeg de integratietemperatuur bij de start 10,6 °C, vanaf begin januari 9,9 °C, vanaf 24 februari 9,0 °C en vanaf begin maart 8,0 °C. De bandbreedte was in de TI-afdeling tijdens de gehele teelt gedurende de nacht en de dag respectievelijk 3 en 5 °C (zie Bijlage 4).

Vooraf op de slabedrijven waren er soms duidelijke verschillen in ingestelde verwarmingstemperaturen tussen de beide afdelingen op één bedrijf. In de volgende paragraaf wordt hierop nader ingegaan.

3.1.1.1 Ingestelde verwarmingstemperatuur

In figuur 1 is de ingestelde verwarmingstemperatuur gemiddeld per week weergegeven op de twee slabedrijven met een Priva-klimaatcomputer.

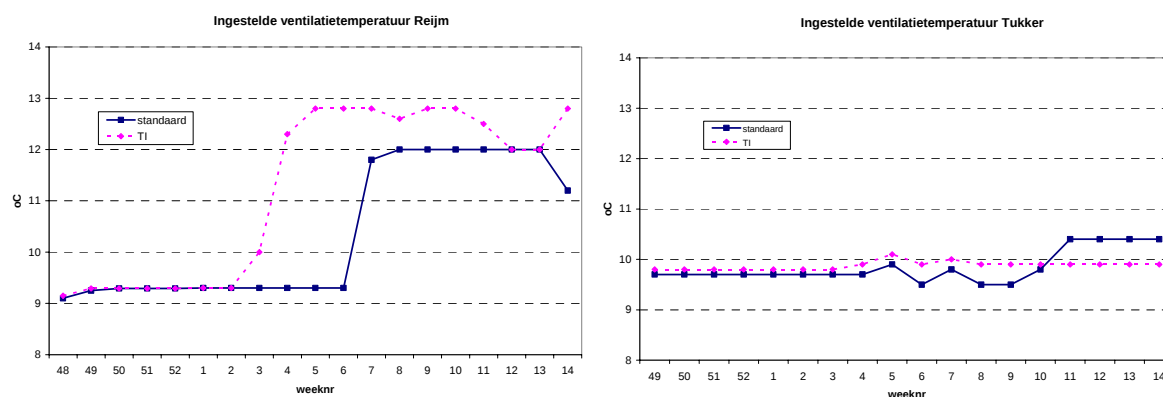


Figuur 1: Gemiddeld ingestelde verwarmingstemperatuur per week weergegeven op de twee slabedrijven, respectievelijk Reijm (links) en Tukker (rechts).

- Op beide bedrijven, maar vooral bij Reijm, is de ingestelde temperatuur bij TI hoger dan bij de standaard. Gemiddeld over de gehele proefperiode was de ingestelde verwarmingstemperatuur bij Reijm bij de standaard en TI respectievelijk 8,1 en 8,8 °C en bij Tukker respectievelijk 7,3 en 7,6 °C. De ingestelde temperatuur is bij Reijm dus circa 1 °C hoger dan bij Tukker.
- De variatie in ingestelde temperatuur gedurende het seizoen is bij Reijm groter dan bij Tukker.
- Bij Reijm is de ingestelde temperatuur in de TI-afdeling met name fors hoger in week 3 tot en met 6 en bij Tukker van week 4 tot en met 6. Dit heeft mede te maken met verschillen in ontwikkelingsstadium van de sla in de standaard- en TI-afdeling. In de eerste weken na het planten worden veelal wat hogere temperaturen aangehouden om een vlottere weggroei van de sla te verkrijgen.

3.1.1.2 Ingestelde ventilatietemperatuur

In figuur 2 wordt de ingestelde ventilatietemperatuur gemiddeld per week gegeven voor de beide slabedrijven.



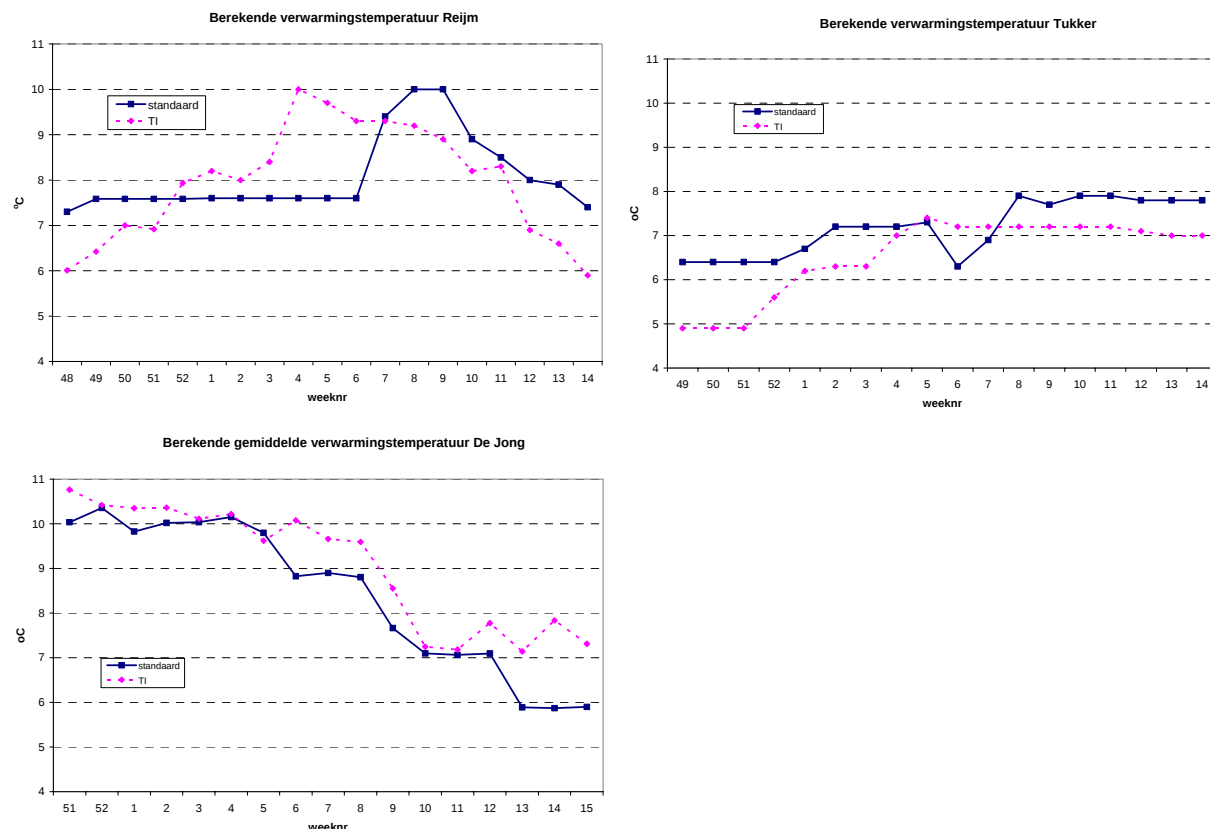
Figuur 2: Gemiddeld ingestelde ventilatietemperatuur per week weergegeven bij respectievelijk Reijm (links) en Tukker (rechts).

- Bij Reijm is de gemiddeld ingestelde ventilatietemperatuur bij de standaard en de TI respectievelijk 10,4 en 11,2 °C, bij Tukker is deze 9,8 en 9,9 °C. Vooral in de tweede helft van de proefperiode wordt er bij Tukker bij een duidelijk lagere de temperatuur geventileerd dan bij Reijm.
- De ingestelde ventilatietemperatuur is bij Reijm in de TI-afdeling ten opzichte van de standaardafdeling vooral hoger vanaf week 4 tot en met 10. Bij Tukker is de ingestelde ventilatietemperatuur in de TI-afdeling in de laatste vier weken van de proefperiode wat lager dan bij de standaard. Dit heeft ook te maken met verschillen in ontwikkelingsstadium van de sla.

3.1.2 Gerealiseerd klimaat

3.1.2.1 Berekende verwarmingstemperatuur

In figuur 3 en tabel 4 worden de gemiddelde berekende temperaturen op drie bedrijven weergegeven. Bij de slabedrijven met een Priva-computer is dit na invloed van de temperatuurcompensatie.



Figuur 3: Berekende verwarmingstemperatuur per klimaatbehandeling bij Reijm (linksboven), Tukker (rechtsboven) en De Jong (onder) gemiddeld per week weergegeven.

Tabel 4: Gemiddelde, minimum en maximum berekende verwarmingstemperatuur (°C) gemiddeld over de gehele proefperiode bij de standaard- en TI-behandeling op het bedrijf van Reijm, Tukker en De Jong.

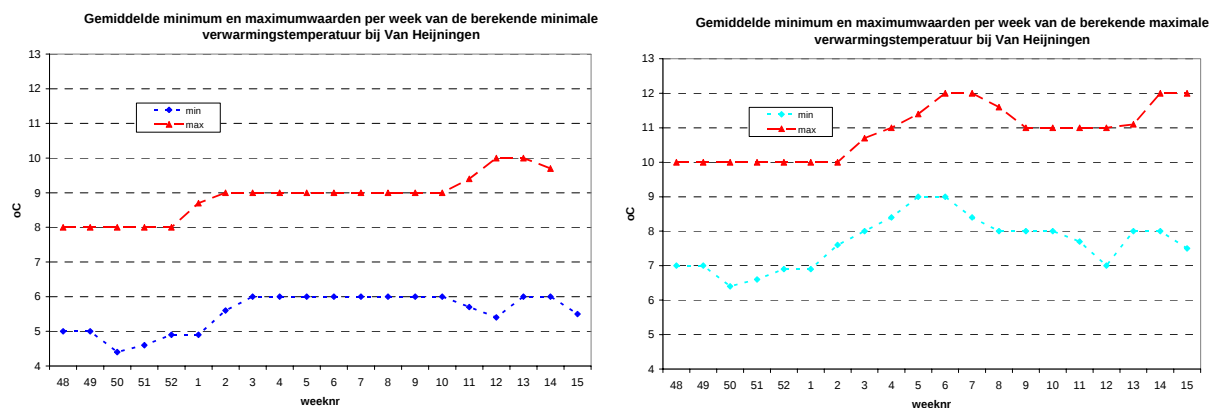
Behandeling	Reijm			Tukker			Van Heijningen			De Jong		
	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
Standaard	8,1	7,4	9,5	7,2	6,2	10,4	.	.	.	8,4	7,6	9,6
TI	8,0	6,3	10,4	6,5	5,8	10,2	.	.	.	9,1	7,9	11,2

- Bij Tukker is de gemiddeld berekende verwarmingstemperatuur in de TI-afdeling bijna continu lager lager dan in de standaardafdeling. Mogelijk door de invloed van de kust was de temperatuur bij Tukker niet lager te krijgen. De klimaatcomputer berekende vrijwel continu een lagere verwarmingstemperatuur om de temperatuur naar beneden te krijgen.
- Bij De Jong was de gemiddeld berekende verwarmingstemperatuur bij de TI juist hoger dan bij de standaard.
- Bij Reijm is er gemiddeld weinig verschil in gemiddeld berekende verwarmingstemperatuur. In de eerste vier en de laatste zeven proefweken is deze in de TI-afdeling lager, in de tussenliggende periode juist weer hoger (zie figuur 3).
- Bij Reijm en De Jong is de gemiddelde variatie in berekende verwarmingstemperatuur, dat is het

gemiddeld verschil tussen minimum en maximum waarde, duidelijk groter bij de TI-afdeling dan bij de standaard. Bij Tukker is het verschil veel geringer. Uiteraard is dit ook afhankelijk van het temperatuurregiem over een etmaal.

3.1.2.2 Berekende minimale en maximale verwarmingstemperatuur

Bij de Vitaco klimaatcomputer bij Van Heijningen zijn minima en maxima per dag geregistreerd van respectievelijk de berekende minimale en maximale verwarmingstemperatuur van de TI-afdeling. Door deze minima en maxima per week te middelen ontstaat een indruk van de bandbreedte waarbinnen de verwarmingstemperatuur zich bewoog. Het verloop in de tijd is weergegeven in de volgende figuur.

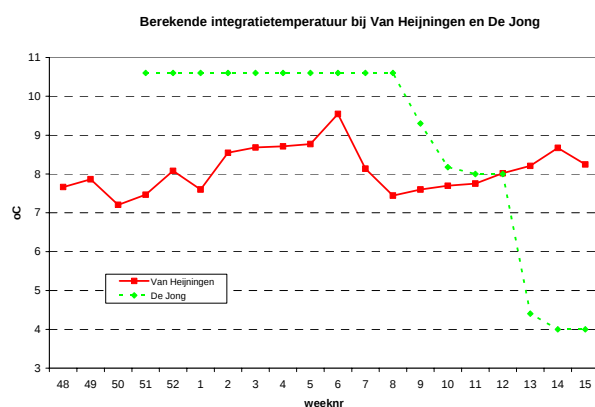


Figuur 4: Grenswaarden gemiddeld per week bij de berekende minimale (rechts) en maximale (links) verwarmingstemperatuur in de TI-afdeling bij Van Heijningen.

- Bij de minimale berekende verwarmingstemperatuur is het verschil tussen de minima en maxima (=bandbreedte) per etmaal gemiddeld over de gehele proefperiode 3,2 °C (verschil tussen 5,6 en 8,8 °C) en bij de maximale berekende verwarmingstemperatuur gemiddeld 4,0 °C (verschil tussen 7,7 en 11,7 °C).

3.1.2.3 Berekende integratietemperatuur

In figuur 5 is de berekende integratietemperatuur voor de TI-afdeling bij beide radijsbedrijven met een Hoogendoorn-klimaatcomputer gegeven. De integratietemperatuur is de streefwaarde in temperatuur.

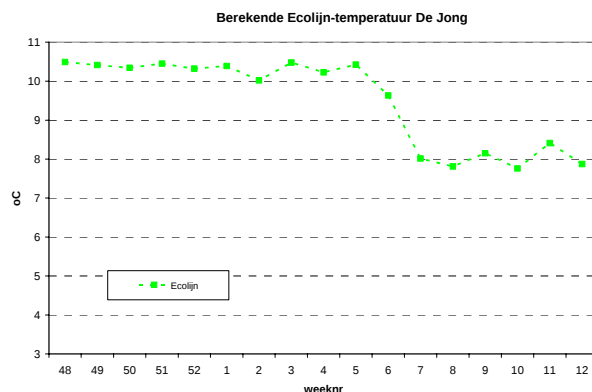


Figuur 5: Berekende integratietemperatuur bij Van Heijningen en De Jong per week weergegeven.

- Gemiddeld over de gehele proefperiode ligt de berekende integratietemperatuur bij De Jong circa 1 °C boven die bij Van Heijningen. De gemiddelde waarden voor Van Heijningen en De Jong zijn respectievelijk 8,1 en 9,0 °C.
- Met name voor week 10 ligt de berekende integratietemperatuur bij De Jong duidelijk boven die van Van Heijningen. In de laatste drie teeltweken is de berekende integratietemperatuur bij De Jong juist fors lager.

3.1.2.4 Berekende Ecolijn

In figuur 6 is de Ecolijn-temperatuur voor de TI-afdeling bij De Jong gegeven. De ecolijn is de vooruit berekende temperatuur waarbij het energieverbruik zo gunstig mogelijk uit zou moeten komen.

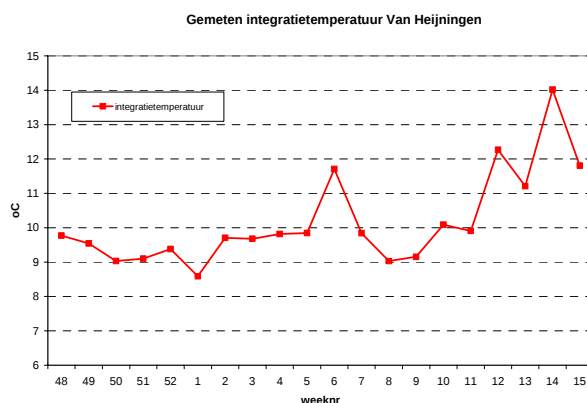


Figuur 6: Berekende Ecolijn-temperatuur bij De Jong per week weergegeven.

- De berekende Ecolijn-temperatuur ligt in het begin op ongeveer hetzelfde niveau als de berekende integratietemperatuur. Vanaf week 13 ligt de Ecolijn circa 4 °C daarboven.

3.1.2.5 Gemeten integratietemperatuur

In figuur 7 is de achteraf gemeten integratietemperatuur gegeven bij Van Heijningen.

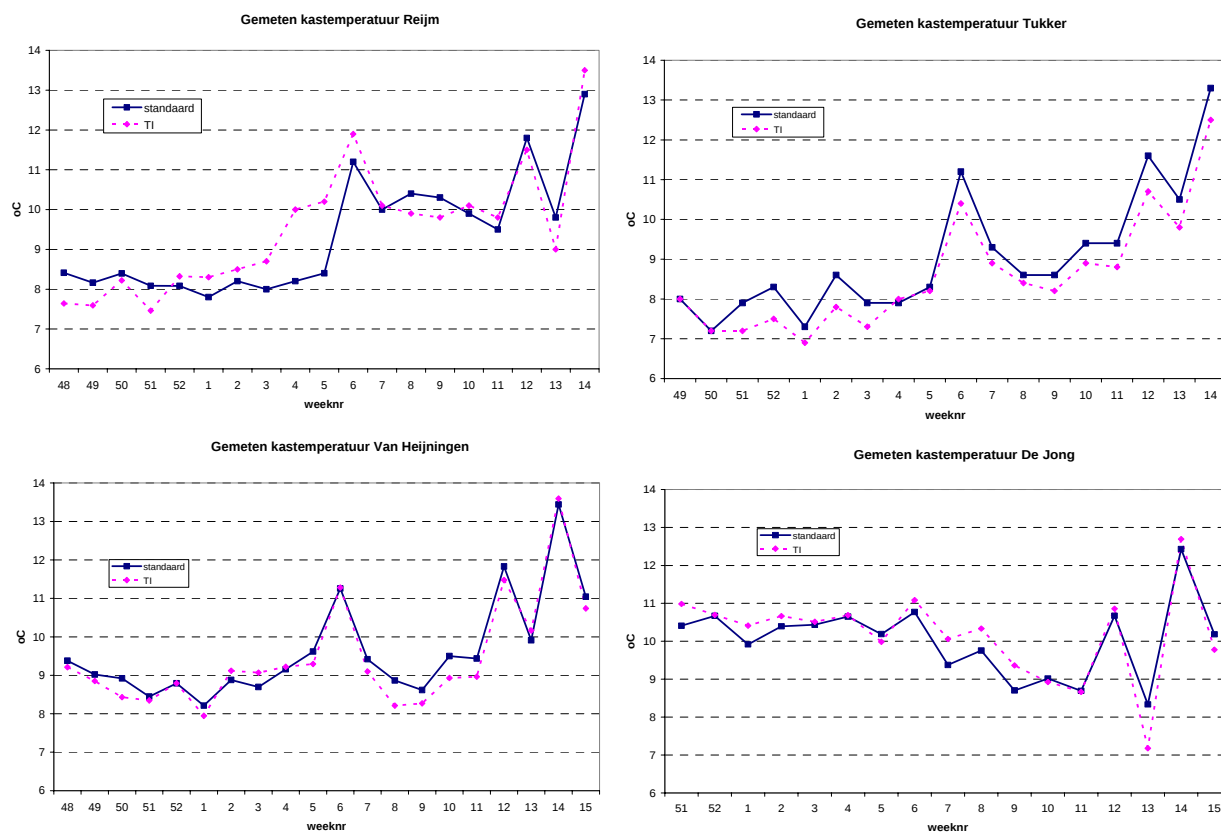


Figuur 7: Gemeten integratietemperatuur bij Van Heijningen per week.

- Bij vergelijking van de berekende integratietemperatuur in paragraaf 3.1.2.3 en de gemeten integratietemperatuur bij Van Heijningen blijkt dat de gemeten integratietemperatuur gemiddeld 2 °C boven de berekende integratietemperatuur ligt (respectievelijk 10,1 en 8,1 °C).

3.1.2.6 Gemeten kasttemperatuur

In de volgende figuur is per bedrijf de gemeten kasttemperatuur per week bij de twee klimaatbehandelingen weergegeven. In tabel 5 staan de gemiddelde, minimum en maximumwaardes.



Figuur 8: Gemeten kasttemperatuur per week per klimaatbehandeling bij respectievelijk Reijm (linksboven), Tukker (rechtsboven), Van Heijningen (linksonder) en De Jong (rechtsonder).

Tabel 5: Gemiddeld gemeten kasttemperatuur en het gemiddelde van de minimum en maximum kasttemperatuur (°C) per dag bij de standaard- en TI-behandeling op de vier bedrijven.

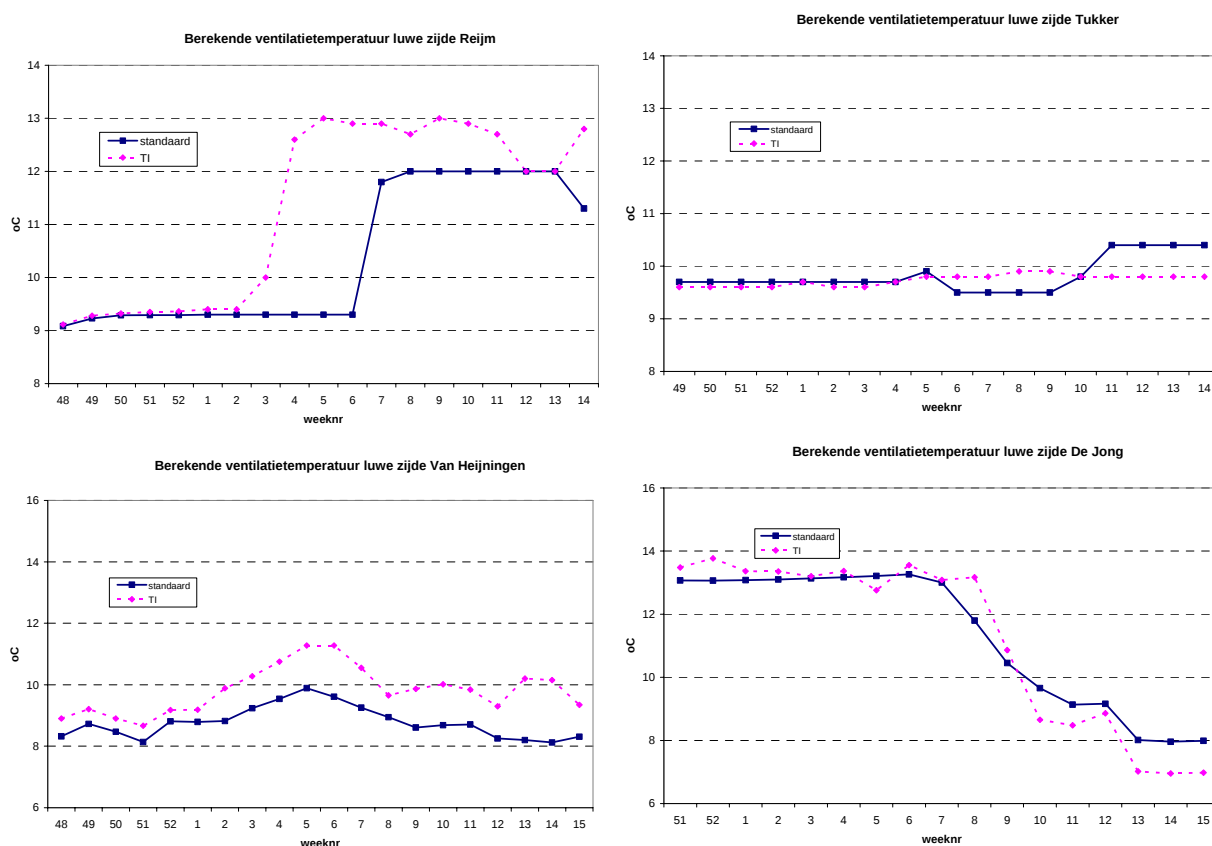
Behandeling	Reijm			Tukker			Van Heijningen			De Jong		
	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.
Standaard	9,3	7,1	13,3	9,1	6,4	13,6	9,6	6,5	14,0	10,0	7,0	14,6
TI	9,5	6,6	14,2	8,6	6,0	13,3	9,4	6,5	13,8	10,2	7,0	14,7
Gemiddeld	9,4	6,9	13,8	8,8	6,2	13,4	9,5	6,5	13,9	10,1	7,0	14,7

- Bij het gewas radijs is de gerealiseerde kasttemperatuur hoger bij De Jong dan bij Van Heijningen. Bij de slabedrijven is deze bij Reijm het hoogst.
- Ten opzichte van de andere bedrijven wordt bij De Jong juist in de eerste helft van de teeltperiode een relatief hoge temperatuur aangehouden en gemeten.
- Gemiddeld komt de gemeten kasttemperatuur bij Reijm en De Jong 0,2 °C hoger uit bij TI dan bij de standaard. Bij Van Heijningen is deze gemiddeld 0,2 °C lager en bij Tukker 0,5 °C lager dan bij de standaard. Dit is ook in bovenstaande figuren te zien.
- Bij Reijm is er gemiddeld een grotere variatie in kasttemperatuur (verschil minimum en maximum waarde) bij TI dan bij de standaard. Bij de andere bedrijven zijn er gemiddeld over de gehele periode nauwelijks verschillen in variatie.

In Bijlage 5 is het maximale temperatuurverschil per week bij de twee klimaatbehandelingen op de vier bedrijven weergegeven. In deze figuur is te zien dat bij Reijm de temperatuur bij de TI inderdaad meer varieert dan bij de standaard. Bij Reijm is dit vooral in de weken 48 tot en met 51 en week 7 tot en met 14 het geval. Bij Van Heijningen is er ook per week gezien nauwelijks variatie en bij Tukker en De Jong zijn de verschillen in variatie tussen de standaard en TI afhankelijk van de periode.

3.1.2.7 Berekende ventilatietemperatuur

In figuur 9 is de gemiddeld berekende ventilatietemperatuur aan de luwe zijde weergegeven in de loop van de proef op de vier bedrijven. In de tabel zijn de gemiddelden gegeven voor de luwe en windzijde.



Figuur 9: Gemiddeld berekende ventilatietemperatuur luwe zijde per week bij de standaard- en TI-afdeling bij Reijm (linksboven), Tukker (rechtsboven), Van Heijningen (linksonder) en De Jong (rechtsonder).

- Tussen de bedrijven zijn er duidelijke verschillen in berekende ventilatietemperatuur luwe zijde.
- Bij Van Heijningen ligt de ventilatietemperatuur luwe zijde bij de TI-afdeling het gehele seizoen meer of minder boven die van de standaard.
- Bij Reijm ligt de ventilatietemperatuur vanaf week 3 duidelijk hoger in de TI-afdeling dan in de standaard.
- Bij Tukker en De Jong liggen de lijnen het gehele seizoen vrij dicht bij elkaar.

De berekende ventilatietemperatuur aan de windzijde volgt vrijwel dezelfde trend als bij de windzijde. Alleen bij Van Heijningen liggen de ventilatielijnen van de standaard en TI dicht bij elkaar dan bij de luwe zijde. Zie ook volgende tabel.

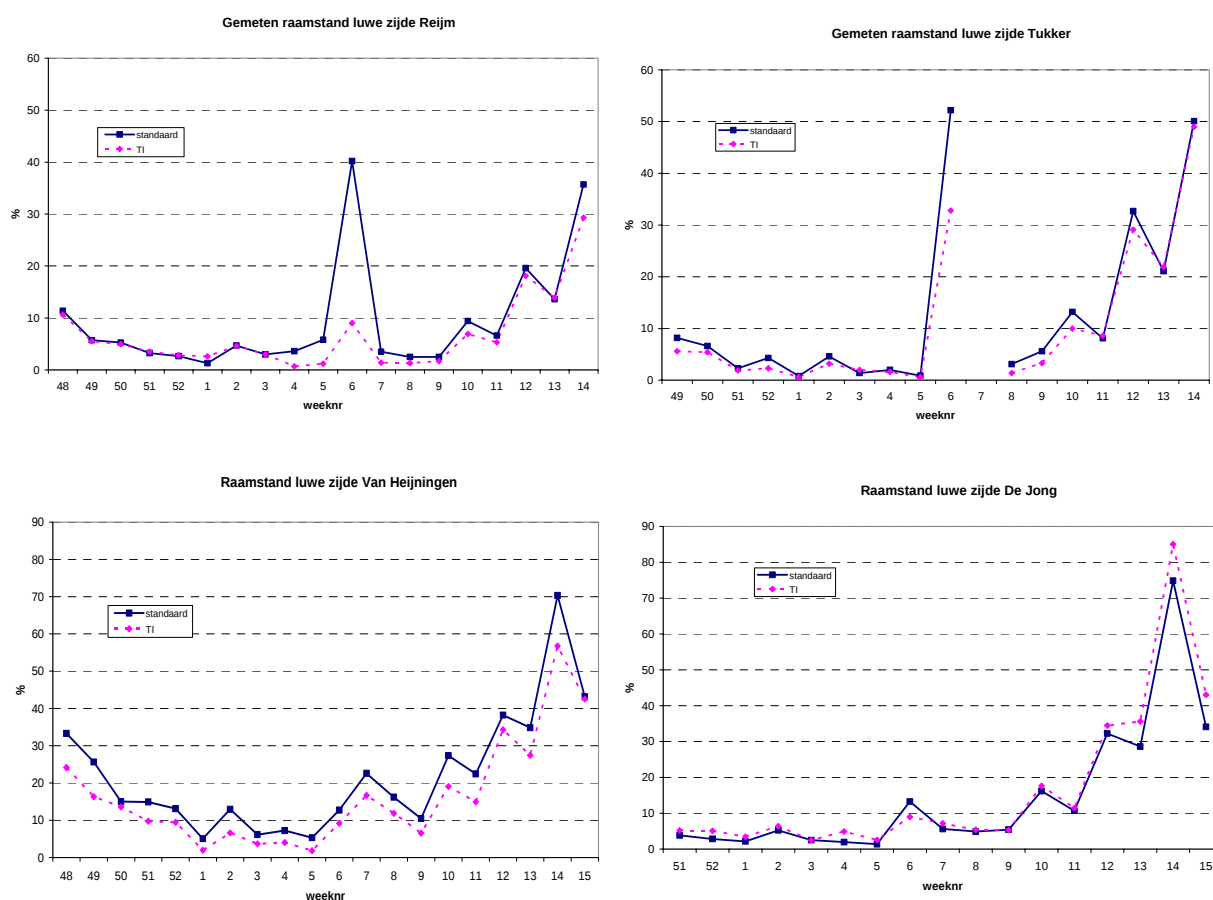
Tabel 6 : Berekende ventilatietemperatuur luwe en windzijde gemiddeld over de gehele proefperiode bij de standaard- en TI-behandeling op de vier proefbedrijven.

Behandeling	Reijm		Tukker		Van Heijningen		De Jong	
	luw	wind	luw	wind	luw	wind	luw	wind
Standaard	10,4	11,5	9,8	9,8	8,8	9,9	11,3	13,2
TI	11,3	12,4	9,7	9,7	9,8	10,3	11,3	13,0

- Bij Reijm en Van Heijningen is de gemiddeld berekende ventilatietemperatuur luwe zijde bij de TI circa 1 °C hoger dan bij de standaard. Bij Tukker en De Jong zijn deze ongeveer gelijk.
- Bij Van Heijningen is het verschil in de berekende ventilatietemperatuur aan de windzijde tussen de standaard en TI ook vrij gering.
- Bij Tukker is de berekende ventilatietemperatuur windzijde gelijk aan de luwe zijde. Bij de andere bedrijven ligt deze aan de windzijde gemiddeld 0,5 à 2 °C hoger dan aan de luwe zijde. De verschillen tussen de bedrijven hebben mogelijk mede te maken met de kasligging. Alleen bij Tukker is de nokrichting noord-zuid.

3.1.2.8 Gemeten raamstand

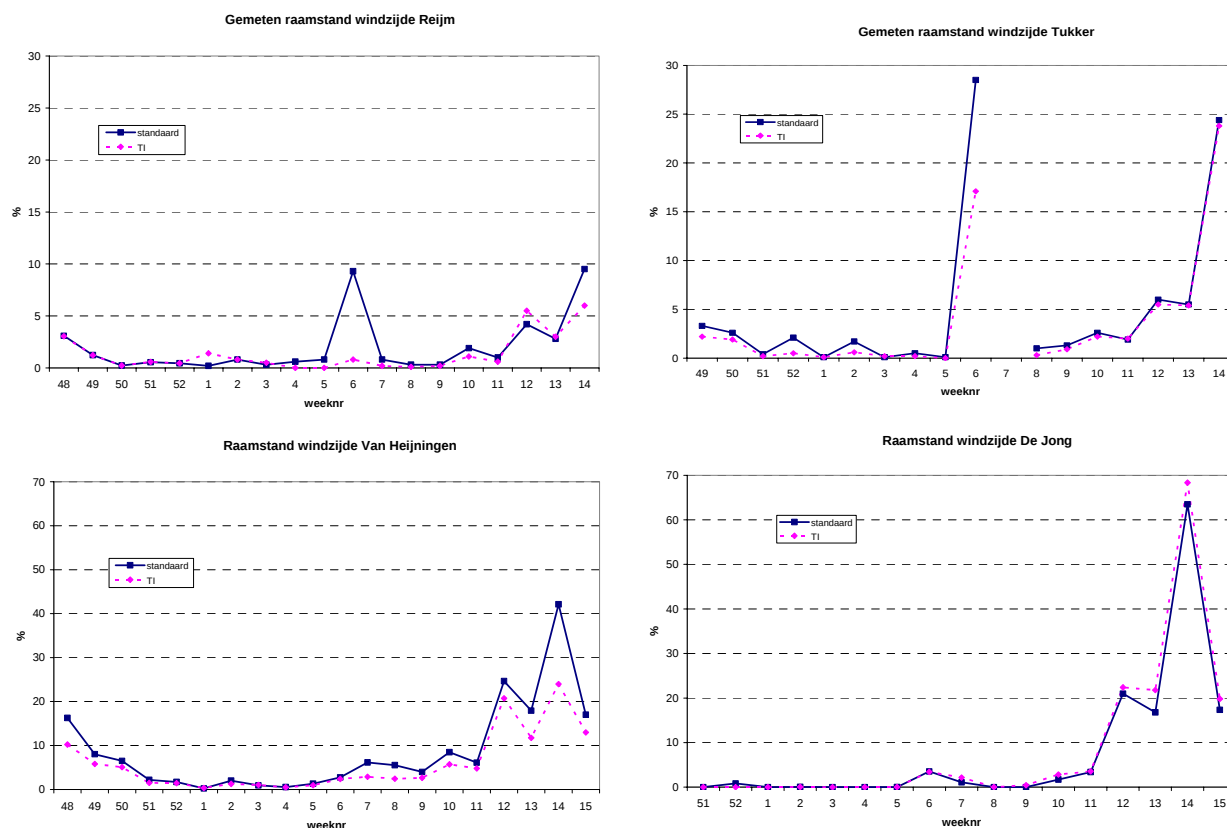
In figuur 10 wordt de gemeten raamstand aan de luwe en windzijde bij de twee klimaatbehandelingen op de vier bedrijven weergegeven.



Figuur 10: Gemeten raamstand luwe zijde bij beide behandelingen per week weergegeven bij Reijm (linksboven), Tukker¹⁾ (rechtsboven), Van Heijningen (linksonder) en De Jong (rechtsonder).

¹⁾ Bij Tukker ontbreekt week 7 in verband met onbetrouwbare waarden in raamstand.

Bij beide slatelers is er een duidelijke piek in raamstand in week 6. Dit is veel minder te zien op de beide radijsbedrijven. In deze week was er relatief weinig instraling, maar een hoge buitentemperatuur (zie paragraaf 3.1.3).



Figuur 11: Gemeten raamstand windzijde bij beide behandelingen per week weergegeven bij Reijm (linksboven), Tukker¹⁾ (rechtsboven), Van Heijningen (linksonder) en De Jong (rechtsonder).

¹⁾ Bij Tukker ontbreekt week 7 in verband met onbetrouwbare waarden in raamstand.

Evenals bij de luwe zijde, wordt er aan de windzijde op de slabedrijven vooral bij Tukker sterk gelucht. Bij De Jong wordt er opvallend veel gelucht in week 14.

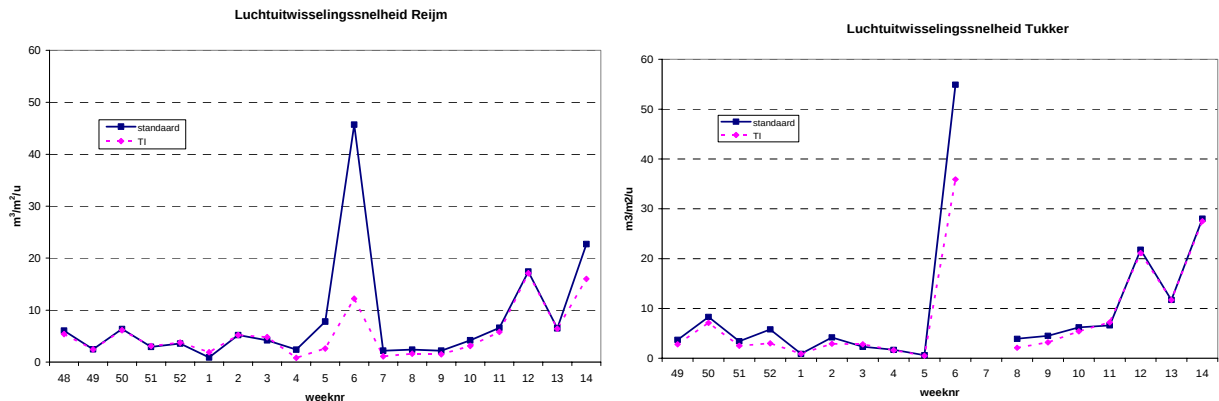
Tabel 7: Gemeten raamstand luwe en windzijde in procenten gemiddeld over de gehele proefperiode bij de standaard- en TI-behandeling op de vier proefbedrijven.

Behandeling	Reijm		Tukker		Van Heijningen		De Jong	
	luw	wind	luw	wind	luw	wind	luw	wind
Standaard	9,5	2,0	12,7	4,8	21,4	8,5	14,5	7,6
TI	6,6	1,3	10,5	3,7	16,0	5,8	16,5	8,5

- Van alle bedrijven heeft Reijm het minst en Van Heijningen het meest gelucht.
- Op drie van de vier bedrijven is duidelijk minder geventileerd in de TI-afdeling dan in de standaardafdeling. Het verschil op deze drie bedrijven bedraagt aan de luwe en windzijde gemiddeld respectievelijk 25 en 30%.
- Bij De Jong is er juist wat meer geventileerd in de TI-afdeling. Het relatieve verschil in raamstand ligt rond de 15%.

3.1.2.9 Luchtuitwisselingssnelheid

In onderstaande figuur en tabel is de berekende luchtuitwisselingssnelheid weergegeven voor de beide slabadrijven met een Priva-klimaatcomputer. Deze wordt berekend op basis van raamstanden, raamstandkarakteristiek en windsnelheid.



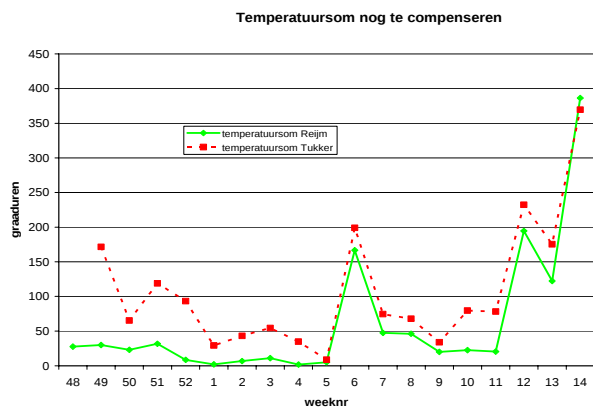
Figuur 12: De luchtuitwisselingssnelheid bij de standaard en TI op de beide slabadrijven (Reijm links en Tukker rechts) in de loop van het seizoen.

- De gemiddelde luchtuitwisselingssnelheid over de gehele periode bij de standaard en TI is bij Reijm respectievelijk 8,0 en 5,3 en bij Tukker respectievelijk 9,9 en 8,1 m³/m²/uur. Dit betekent dat de luchtuitwisselingssnelheid relatief gezien bij Reijm en Tukker respectievelijk 34 en 18% lager is in de TI- dan in de standaardafdeling.
- Op beide bedrijven is het verschil in luchtuitwisselingssnelheid tussen de standaard en TI vooral groot in week 6. Er is toen ineens veel gelucht. De buitentemperatuur was toen veel hoger en de instraling lager dan normaal (zie ook paragraaf 3.1.3).
- Als week 6 eruit gelaten wordt, is de gemiddelde luchtuitwisselingssnelheid bij de standaard en TI bij Reijm gemiddeld respectievelijk 5,9 en 4,9 en bij Tukker respectievelijk 7,1 en 6,4 m³/m²/uur. Het relatieve verschil bij Reijm en Tukker komt dan uit op respectievelijk 17 en 10%.

Op de beide radijsbedrijven met de Hoogendoorn-computer was de luchtuitwisselingssnelheid niet bekend. Een ruwe maat voor de luchtuitwisseling is echter als de raamstand luwe zijde wordt opgeteld bij twee maal de raamstand windzijde. Bij Van Heijningen komt het verschil in luchtuitwisselingssnelheid dan uit op 31% minder bij TI en bij De Jong op juist 13% méér bij TI dan bij de standaard.

3.1.2.10 Temperatuursom

In de volgende figuur is voor de beide bedrijven met een Priva-klimaatcomputer de gemiddelde temperatuursom per etmaal dat nog gecompenseerd moet worden weergegeven.

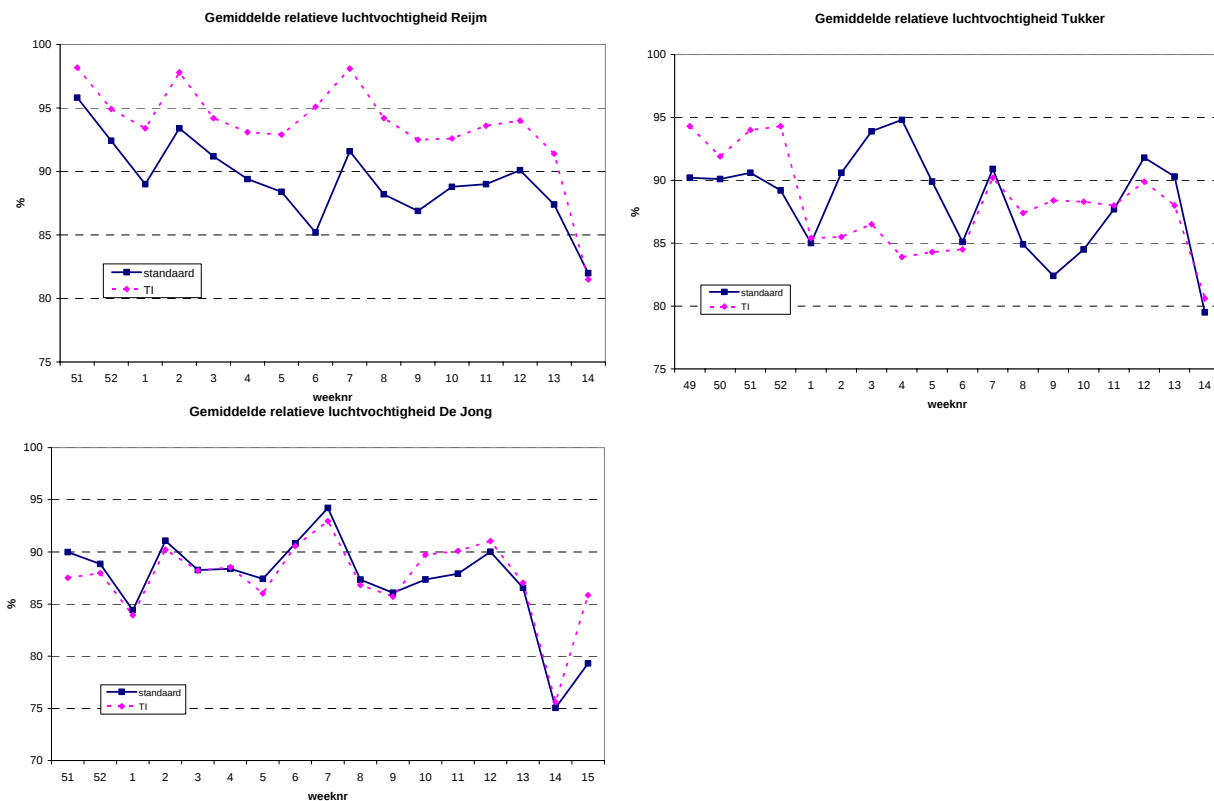


Figuur 13: Temperatuursom dat nog gecompenseerd moet worden in de TI-afdeling bij Reijm en Tukker per week.

- Vanaf de start is de temperatuursom bij Tukker relatief hoog.
- In week 5 komt de temperatuursom van beide bedrijven op hetzelfde niveau en daarna is het verloop grotendeels gelijk.
- In week 6 met relatief warm weer (zie paragraaf 3.1.3) neemt de temperatuursom op beide bedrijven sterk toe. Dit geldt ook voor de laatste weken.
- Zeker bij Tukker is er bijna altijd een temperatuuroverschot. Dit heeft mede te maken met de zachte winter.

3.1.2.11 Relatieve luchtvochtigheid

In de volgende figuren is de relatieve luchtvochtigheid bij beide klimaatbehandelingen gegeven op het bedrijf van Reijm, Tukker en De Jong.



Figuur 14: Gemiddelde RV op drie bedrijven in de standaard- en TI-afdeling per week weergegeven bij Reijm (linksboven), Tukker (rechtsboven) en De Jong (onder).

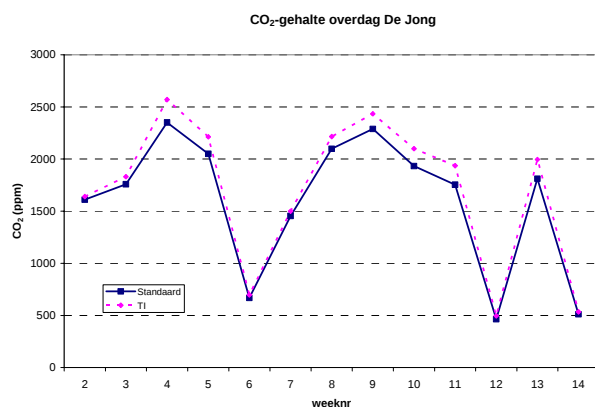
Tabel 8: Gemiddelde RV over de gehele proefperiode (%) per behandeling en bedrijf.

Behandeling	Reijm	Tukker	Van Heijningen	De Jong
Standaard	89,3	88,4	.	87,4
TI	93,6	88,1	.	87,6

- Bij Reijm is de RV praktisch elke week hoger bij TI dan bij de standaard. Dit resulteert in gemiddeld een 4% hogere RV in de TI-afdeling. Het is mogelijk dat dit veroorzaakt wordt door een meetbox met een naar boven toe afwijkende waarde.
- Gemiddeld over de hele periode is er bij Tukker nauwelijks verschil in RV tussen beide afdelingen. In de eerste 4 teeltweken is de RV bij TI hoger, vanaf week 2 tot en met week 5 fors lager en rond week 9 weer hoger dan bij de standaard.
- Bij De Jong zijn er per week bekeken ook geen grote RV-verschillen tussen beide proefafdelingen.
- Opgemerkt moet worden dat de gemiddelde RV een indicatie is voor de vochtigheid van de lucht, maar dat deze ook afhangt van de temperatuur en mate van afluchting.
-

3.1.2.12 CO₂

Alleen bij de Jong zijn in de beide proefafdelingen continu CO₂-metingen verricht. In de volgende figuur is het verloop van het CO₂-gehalte in de tijd in de twee afdelingen weergegeven.



Figuur 15: Het gemiddelde CO₂-gehalte overdag in de standaard- en TI-afdeling bij De Jong.

- In verschillende weken is het CO₂-gehalte overdag in de afdeling met TI wat hoger. Gemiddeld over de gehele periode is het CO₂-gehalte in de standaard- en TI-afdeling respectievelijk 1894 en 2018 ppm.
- Lage waarden zijn er in de weken 6, 12 en 14. In deze weken was de buitentemperatuur relatief hoog en/of was er veel wind (zie paragraaf 3.1.3). Er is toen weinig gestookt en/of veel gelucht (zie paragraaf 3.1.2.8 en 3.1.2.9).
- De hoogste waarde gedurende de proefperiode is gemeten op 23 januari om ca. 9.30 uur in de TI afdeling. Het CO₂-gehalte was toen ruim 4600 ppm.

Met een datarecorder is het CO₂-gehalte in beide proefafdelingen op de andere drie bedrijven gedurende enkele weken gemeten. In de volgende tabel zijn de gerealiseerde CO₂-gehalten en temperaturen in die periodes weergegeven.

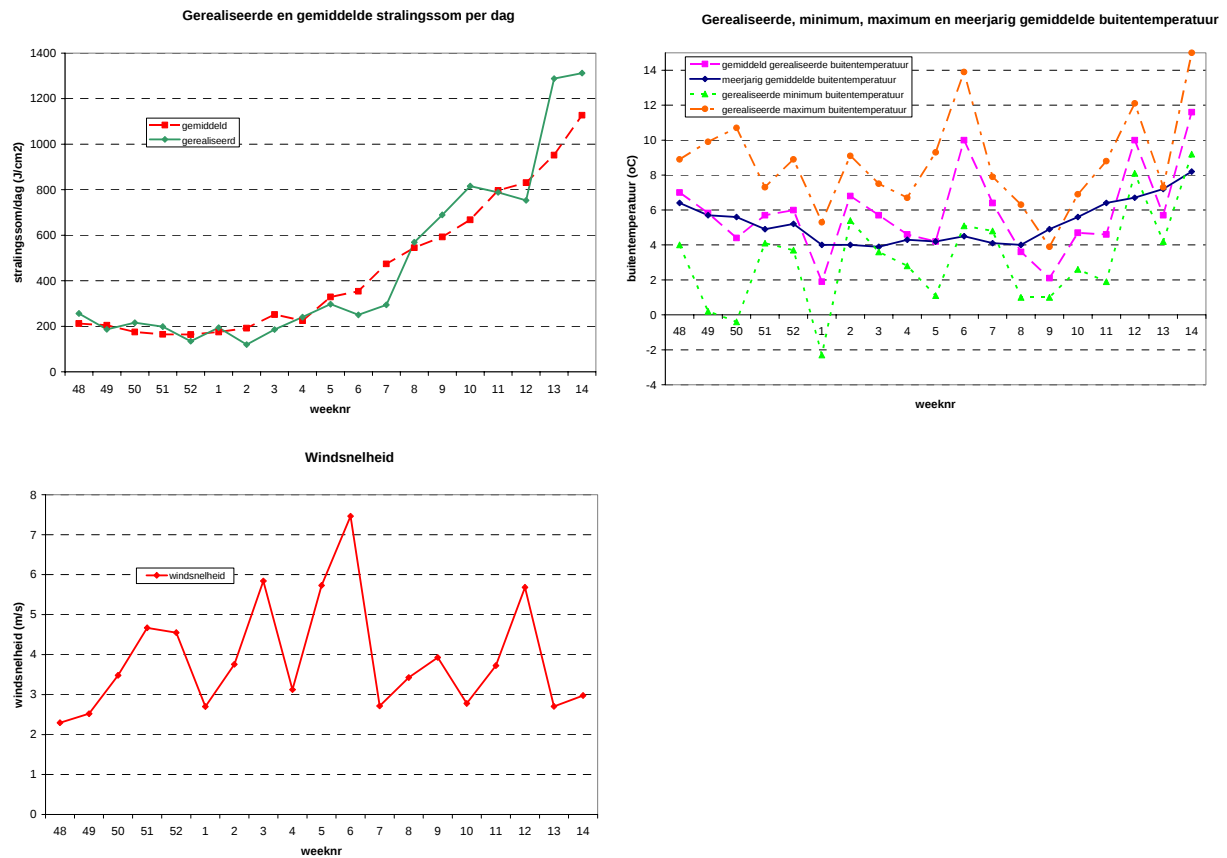
Tabel 9: Het CO₂-gehalte gedurende enkele meetperiodes in de standaard- en TI-afdeling en de gerealiseerde temperatuur in dezelfde periode.

Bedrijf	Meetperiode	Behandeling	CO ₂ -concentratie dag (ppm)	Gerealiseerde temperatuur (°C)
Reijm	30 jan t/m 13 febr	Standaard	792	10.3
		TI	968	11.0
	8 mrt t/m 24 mrt	Standaard	772	10.5
		TI	764	10.3
Tukker	28 nov t/m 15 dec	Standaard	1046	7.6
		TI	1002	7.6
	16 febr t/m 3 mrt	Standaard	1025	8.7
		TI	990	8.4
Van Heijningen	19 dec t/m 22 jan	Standaard	1098	8,7
		TI	960	8,7

- In vrijwel alle gevallen is het CO₂-gehalte meer of minder lager in de TI-afdeling in vergelijking met de standaardafdeling.
- Alleen bij Reijm is het CO₂-gehalte in de eerste meetperiode in de TI-afdeling behoorlijk wat hoger (gemiddeld circa 175 ppm) dan in de standaardafdeling.
- Het hogere CO₂-gehalte bij TI in de eerste meetperiode bij Reijm komt waarschijnlijk door de hoger ingestelde temperatuur en de daarmee samenhangende hogere gerealiseerde temperatuur. Om de hogere temperatuur te bereiken moesten de kachels immers vaker en/of langer branden, waardoor het CO₂-gehalte kon toenemen. Ook is er in vooral week 6 minder geventileerd in de TI-afdeling (zie figuur 12 in paragraaf 3.1.2.9).

3.1.3 Buitenklimaat

In de volgende figuur is de gerealiseerde straling, buitentemperatuur en windsnelheid zoals gemeten op het PPO in Naaldwijk gedurende de proefperiode weergegeven. In de figuur met de straling en de buitentemperatuur is tevens het langjarig gemiddelde (over 32 jaar) weergegeven. Bij de buitentemperatuur is ook de gemeten minimum en maximum waarde gegeven per week.

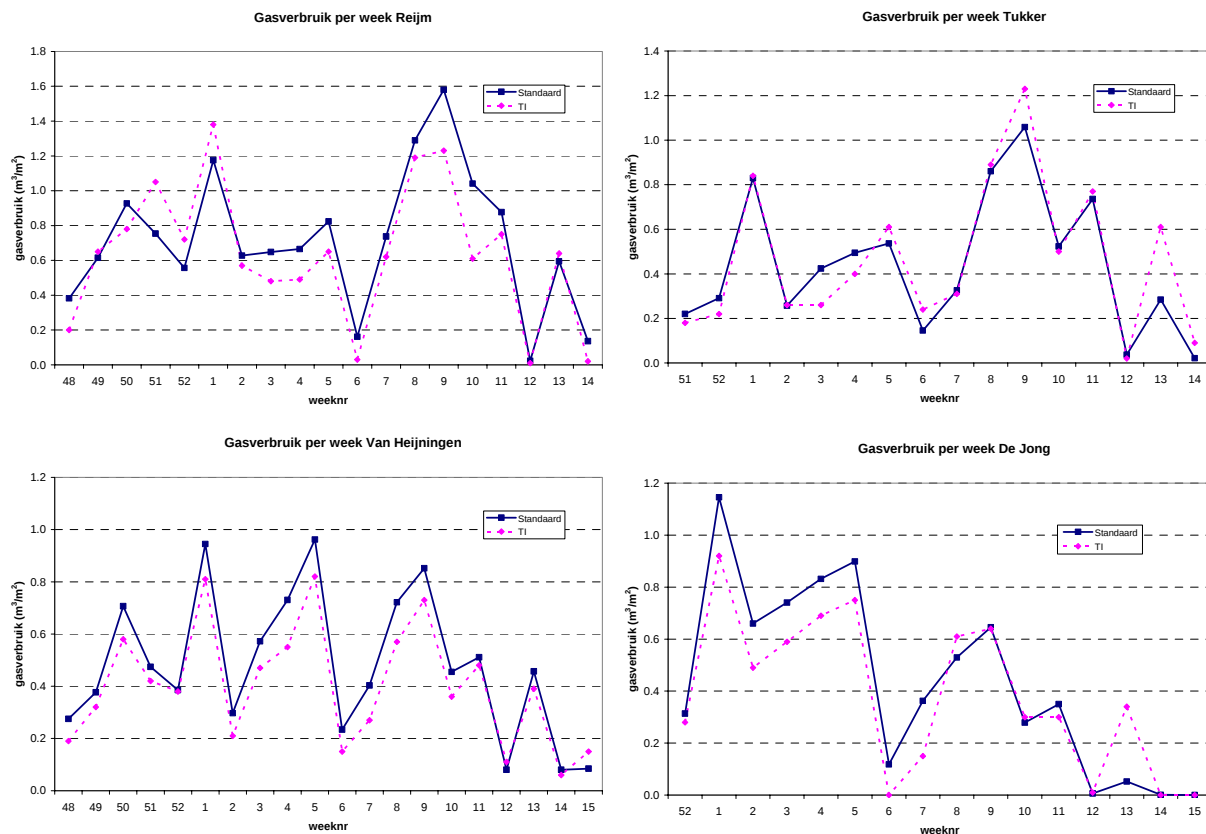


Figuur 16: Langjarig gemiddelde en gerealiseerde straling (linksboven), de gerealiseerde gemiddelde, minimum en maximum buitentemperatuur + langjarig gemiddelde (rechtsboven) en de windsnelheid (linksonder) vanaf week 48 tot en met week 14.

- In de figuur is te zien dat de straling voor week 8 in verschillende weken fors onder de gemiddelde straling ligt. Tot en met week 7 is de gerealiseerde straling 12% lager dan het langjarig gemiddelde. In de periode erna is de gerealiseerde straling veelal wel wat hoger dan gemiddeld.
- In de figuur met de buitentemperatuur is te zien dat er weinig weken met een lage temperatuur zijn geweest. Er is alleen lichte vorst met een laagste gemeten temperatuur van -2,3 °C voorgekomen in week 50 en 1. De winter is dus zeer mild geweest. Tijdens de onderzoeksperiode van 20 weken kwam de gemiddeld gerealiseerde buitentemperatuur uit op 1 °C boven de normale temperatuur. Vooral in week 6 was het relatief warm, terwijl de instraling gering was.
- Met name in week 6 is er veel wind geweest.
-

3.1.4 Energiegebruik

In figuur 17 is het berekend gasverbruik per week weergegeven voor de vier bedrijven. Hierbij is onder andere gecorrigeerd voor de temperatuurverschillen tussen de afdelingen (zie paragraaf 2.3). In tabel 10 is per bedrijf het gemiddelde berekend gasverbruik in beide afdelingen weergegeven.



Figuur 17: Het berekend gasverbruik per week in de standaard en TI-afdeling bij Reijm (linksboven), Tukker (rechtsboven), Van Heijningen (linksonder) en De Jong (rechtsonder).

Tabel 10: Berekend gasverbruik in m^3/m^2 over de gehele proefperiode in de standaard- en TI-afdeling op de vier proefbedrijven.

Behandeling	Reijm	Tukker	Van Heijningen	De Jong
Standaard	13,6	7,1	9,6	6,9
TI	12,1	7,4	8,0	6,1
Verskil (%)	1,5 (11,3%)	-0,3 (-5,3%)	1,6 (16,4%)	0,9 (12,4%)

- Bij Van Heijningen is de berekende energiebesparing bij TI het hoogst, namelijk ruim 16%. Reijm en Van Heijningen komen tot een energiebesparing als gevolg van TI van gemiddeld 11 à 12%. Bij Tukker is er juist meer energie verbruikt in de TI-afdeling, namelijk 5% meer dan in de standaard.
- Gemiddeld over alle bedrijven bedraagt de berekende energiebesparing door toepassing van TI bijna 9 (8,7%).
- Absoluut gezien is de gemiddelde besparing in gasverbruik $0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Indien het verloop van het gasverbruik per week in bovenstaande figuur wordt bekeken, dan komt het volgende naar voren:

- Bij Reijm wordt er bij TI vooral energie bespaard in week 48 en 3 tot en met 11. In week 52 tot en met 1 is het gasverbruik bij TI hoger.
- Bij Tukker is het gasverbruik bij TI iets lager in week 51, 52, 3 en 4. Vooral in week 9 en 13 is het gasverbruik bij TI hoger dan bij de standaard. De verbruikscijfers van week 48 t/m week 50 zijn helaas niet door de klimaatcomputer weggeschreven. Op basis van regelmatige controle in deze periode door de teler is wel de sterke indruk dat er in deze weken ook duidelijk energie werd bespaard door toepassing van TI. De verbruikscijfers aan gas in de TI-afdeling zouden

- dan ook gunstiger kunnen liggen.
- Bij Van Heijningen is er vrijwel in elke week een iets lager gasverbruik bij TI bereikt.
- Bij De Jong is het gasverbruik vooral lager in de beginperiode, namelijk week 1 t/m 7. Opvallend is het hogere verbruik in week 13.

3.1.5 Piekverbruik

Het maximum piekverbruik aan gas dat door de klimaatcomputer op uurbasis berekend is, door lag in zowel de standaard- als TI-afdeling bij Reijm op circa 172 m³/ha/uur en bij Tukker op 248 m³/ha/uur. Bij Van Heijningen en De Jong waren de urengegevens niet bekend, maar is het maximumverbruik berekend aan de hand van het aantal kachels met een bepaalde capaciteit per oppervlakte eenheid. Bij Van Heijningen lag deze in de standaard- en TI-afdeling op respectievelijk 260 en 195 m³/ha/uur. Het verschil bij Van Heijningen wordt veroorzaakt door een verschillend aantal kachels per oppervlakte eenheid bij de standaard- en TI-afdeling (zie tabel 1 paragraaf 2.2). Bij De Jong was het maximum piekverbruik in beide afdelingen 150 m³/ha/uur.

In de volgende tabel zijn de frequenties weergegeven van het gasverbruik per uur gedurende de proefperiode, waarbij een bepaalde grens werd overschreden. Hiervoor zijn grenzen genomen van circa 70, 100 en 130 m³/ha/uur.

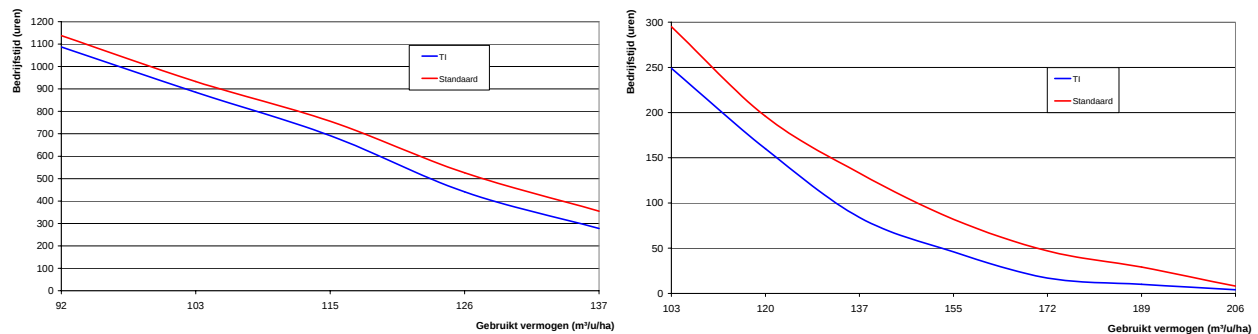
Tabel 11: Het berekende aantal pieken¹⁾ in gasverbruik boven de circa 70, 100 en 130 m³/ha/uur bij de twee klimaatbehandelingen en de procentuele verschillen tijdens de gehele proefperiode per bedrijf.

Behandeling	Reijm			Tukker			Van Heijningen			De Jong		
	>70	>100	>130	>70	>100	>130	>70	>100	>130	>70	>100	>130
Standaard	1452	933	464	518	295	159	423	80	22	304	97	45
TI	1372	885	382	465	249	115	433	117	14	315	76	30
<i>Vershil (%)</i>	<i>-6</i>	<i>-5</i>	<i>-18</i>	<i>-10</i>	<i>-16</i>	<i>-28</i>	<i>+2</i>	<i>+46</i>	<i>-36</i>	<i>+4</i>	<i>-22</i>	<i>-33</i>

¹⁾ Bij Reijm en Tukker is de berekening op uurbasis en bij Van Heijningen en De Jong op basis van dagverbruik omgerekend naar uurverbruik.

- In de meeste gevallen is het aantal uren dat het gasverbruik boven een bepaalde waarde stijgt hoger bij de standaard dan bij TI. Toepassing van TI vermindert dus het aantal hoge pieken. Vooral het aantal pieken boven de 130 m³/ha/uur is op alle bedrijven fors minder, namelijk bijna 30% minder.
- Bij Van Heijningen zijn er rond de 100 m³/ha/uur juist meer pieken in gasverbruik bij TI dan bij de standaard. Dit verandert echter sterk als de grens hoger wordt gesteld.
- De frequenties aan verbruikspieken boven een bepaalde waarde mogen bij Reijm en Tukker enerzijds en Van Heijningen en De Jong anderzijds niet met elkaar worden vergeleken gezien de verschillen in berekeningswijze. De uurpieken in gasverbruik bij Van Heijningen en De Jong konden immers alleen berekend worden op etmaalbasis in plaats van op uurbasis.
- Bij Reijm is het aantal pieken boven een bepaalde grenswaarde duidelijk hoger dan bij Tukker. Dit is waarschijnlijk mede het gevolg van de circa 1 °C hoger ingestelde verwarmingstemperatuur in vergelijking met Tukker (zie paragraaf 3.1.1.1).

In de volgende figuur is de jaarbelastingsduurkromme bij gasverbruiken boven de circa 100 m³/u/ha weergegeven op de twee bedrijven waarvan de urengegevens van het gasverbruik bekend waren.



Figuur 18: Cumulatief aantal uren met een bepaalde piekbelasting bij de standaard en TI-afdeling bij Reijm (links) en Tukker (rechts).

Het aantal uren met een bepaalde piekbelasting is lager in de afdeling met TI dan bij de standaard. Het aantal pieken bij de TI boven de 130 à 140 m³/u/ha komt ongeveer overeen met het aantal pieken bij de standaard boven de 140 à 150 m³/u/ha. Dit betekent dat toepassing van TI het piekverbruik verlaagt met ongeveer 10 m³/u/ha.

3.1.6 Opbrengsten temperatuurintegratie

Op basis van de verzamelde gegevens in het onderzoek is een berekening gemaakt van het financiële voordeel van TI voor de teler. Hierbij moet een onderscheidt gemaakt worden tussen vrije klanten met een jaarverbruik van meer dan 170.000 m³/ha en profielklanten die met hun jaarverbruik daaronder zitten.

Bij vrije klanten is met name het lagere aantal minder hoge pieken bij toepassing van TI van belang. Uit de verzamelde gegevens van het aantal hoge gaspieken komt naar voren dat door gebruikmaking van TI de contractcapaciteit met zo'n 10 m³/ha/uur kan dalen. Per m³/uur is de besparing circa € 170,-/jaar (Janse en Rijpsma, 2003). Dit betekent een besparing door een lagere contractcapaciteit van $10 * € 170,- = € 1700,-/ha$ ofwel € 0,17/m².

De gemiddelde energiebesparing door TI was in het praktijkonderzoek 0,9 m³/m². Als gemiddelde gasprijs (de commodity volgens CDS) is € 0,12 aangehouden. De opbrengst als gevolg van de energiebesparing is dan: $0,9 * € 0,12 = € 0,11$. De totale opbrengst door toepassing van TI komt dan uit op $€ 0,17 + € 0,11 = € 0,28/m²$ per jaar.

Voor profielklanten geldt alleen de besparing op energie. De gevonden energiebesparing was 0,9 m³ gas per m². Voor profielklanten is een gasprijs aangehouden van € 0,26. Dit betekent een financieel voordeel van TI van $0,9 * € 0,26 = € 0,23/m²$ per jaar.

Om temperatuurintegratie toe te kunnen passen, moet bij sommige merken klimaatcomputers een temperatuurintegratiemodule worden aangeschaft. Soms zal een geheel nieuwe klimaatcomputer moeten worden aangeschaft. Er kan berekend worden wat de investeringsruimte is om eventueel een module of nieuwe computer aan te schaffen. Voor een bedrijf van 1,5 hectare, een afschrijvingstermijn van vijf jaar, geen onderhoudskosten en een rentepercentage van 3% op het geïnvesteerde vermogen (Van Woerden, 2003) bedraagt de investeringsprijs voor een vrije klant $15.000 * € 0,28/0,23 = € 18.260,-$. Voor een profielklant is dit: $15.000 * € 0,23/0,23 = € 15.000,-$.

3.2 Productie en kwaliteit

3.2.1 Radijs

In de volgende tabellen zijn de resultaten weergegeven van de oogstwaarnemingen bij twee radijsteelten bij Van Heijningen en De Jong.

Tabel 12: Waarnemingen aan radijs op twee oogstdata bij Van Heijningen.

Oogstdatum	1 februari		31 maart		Gemiddeld	
Behandeling	Standaard	TI	Standaard	TI	Standaard	TI
Knoldiameter (mm)	25.4	24.0	24.3	23.6	24,9	23,8
Looflengte (cm)	8.0	9.0	12.5	12.4	10,3	10,7
% nieten	0	0	1	0	1	0
% voos	51	24	7	7	29	16
% gescheurd	0	0	0	0	0	0

Eerste oogstdatum:

- Bij TI kleinere knol, wat langer loof en minder voosheid dan bij de standaard. Minder voosheid is mogelijk mede het gevolg van de wat kleinere knollen in de TI-afdeling.
- In het proefveld is geen wit ofwel aantasting van valse meeldauw geconstateerd. Teler had wel op één plaats in de standaardafdeling wat last van wit op het loof.

Tweede oogstdatum:

- Bij TI iets kleinere, maar rondere knol. Bij de standaard waren de knollen wat langwerpiger van vorm. Verder verwaarloosbare verschillen tussen de klimaatbehandelingen.

Tabel 13: Waarnemingen aan radijs op twee oogstdata bij De Jong.

Oogstdatum	1 februari		30 maart		Gemiddeld	
Behandeling	Standaard	TI	Standaard	TI	Standaard	TI
Knoldiameter (mm)	27.7	28.0	28.4	28.8	28,1	28,4
Looflengte (cm)	12.2	12.7	12.9	13.6	12,6	13,2
% nieten	2	1	6	1	4	1
% voos	49	72	28	21	39	47
% gescheurd	5	7	1	0	3	4

Eerste oogstdatum:

- Bij TI wat langer loof en duidelijk meer voosheid.
- Het algehele niveau van voosheid is hoog. Waarschijnlijk speelt het geteelde ras hierbij een rol.

Tweede oogstdatum:

- Bij TI wat langer loof, wat zwakker blad, minder nieten en iets minder voosheid.
- Verschillende blaadjes vertoonden bij TI een lichte witaantasting.

3.2.2 Sla

Omdat de oogstdata in de standaard- en TI-afdeling op beide slabedrijven niet gelijk waren, kon de sla niet goed met elkaar worden vergeleken. De indruk was wel dat er geen grote verschillen in uiterlijk, aantasting door schimmels en kropkwaliteit tussen de sla gegroeid in de standaard- en TI-afdeling was. Wel leek bij Tukker de groei in de TI-afdeling wat weliger en was de krop iets royaler. De kropvorming van de sla in de TI-afdeling was goed. Tukker had de indruk dat de sla in de TI-afdeling iets achterbleef in groei ten opzichte van collega's met eenzelfde plantdatum, maar dit heeft hoogstwaarschijnlijk vooral te maken met een wat lagere gerealiseerde temperatuur in de TI-afdeling. Gemiddeld was deze 0,5 °C lager in de TI- dan in de standaardafdeling. Bij Reijm was men tevreden over de productie en kwaliteit van de sla en heeft men geen duidelijke afwijkingen geconstateerd in het slagewas.

4 Discussie

In het seizoen 2003-2004 heeft het weer niet bepaald meegewerkt om TI toe te passen. Koude periodes kwamen amper voor en tot week 7 was de instraling 12% lager in vergelijking met normaal. Hierdoor waren de compensatiemogelijkheden beperkt. Toch is er in het onderzoek over de gehele periode door toepassing van TI een gemiddelde energiebesparing bereikt van bijna 9%. Als de weersomstandigheden beter hadden meegewerkt, had er gemiddeld zeker een hoger percentage energiebesparing ingezet dan de gemiddeld behaalde 9%.

Het percentage varieerde echter per bedrijf van -5 tot ruim 16%. Het meerverbruik bij TI op het één bedrijf kan mogelijk veroorzaakt zijn door de volgende factoren. De standaardafdeling grensde aan een andere afdeling waar gemiddeld een 0,3 °C hogere temperatuur stond ingesteld. Tussen beide afdelingen was er geen tussengevel of rolscherm aanwezig, waardoor er warmte van de warmere naar de koudere afdeling kan zijn getrokken, zodat de kachels in de standaardafdeling minder hoefden te branden. Aan de andere kant had de TI-afdeling een buitengevel aan de koude noordkant, waardoor hier extra gas zal zijn verbruikt. Daarnaast waren de verbruikscijfers in de eerste drie weken niet door de klimaatcomputer weggeschreven. Door de betreffende teler is er toen echter regelmatig naar de verbruikscijfers in de computer gekeken en hij kreeg de sterke indruk dat er toen door toepassing van TI weldegelijk flink energie werd bespaard. De verbruikscijfers aan gas in de TI-afdeling liggen dan ook in werkelijkheid gunstiger dan nu is berekend. Waarschijnlijk is er ook op dit bedrijf een besparing bereikt als gevolg van toepassing van TI.

Kwantitatief bedroeg de energiebesparing in de proefperiode gemiddeld 0,9 m³/m². Bij een totaal areaal aan radijs en sla van zo'n 300 ha, betekent toepassing van TI op alle bedrijven een mogelijke energiebesparing van in totaal 2,7 miljoen m³ per jaar.

In het PPO-onderzoek in het seizoen 2002-2003 kon een energiebesparing worden gehaald van rond de 50% (Janse en Rijpsma, 2003). Het onderzoek werd toen echter uitgevoerd bij de combinatie van buisverwarming, temperatuurintegratie en een energiescherm. Door de lage buitentemperaturen en veel instraling waren de omstandigheden toen ook veel beter om TI toe te passen. Er werden bij TI eveneens grotere bandbreedtes in temperatuur aangehouden, namelijk 8 à 12 °C, terwijl de maximale bandbreedte in het praktijkonderzoek 5 °C bedroeg. Het is echter logisch dat telers de temperatuur wat minder ver durven laten zakken. Op één proefbedrijf is namelijk in de tweede helft van december een aantal bevroren slakroppen bij de buitengevel geconstateerd. Bij grote horizontale temperatuurverschillen in de kas is dit inderdaad een reëel gevaar. Na de constatering van bevroren kropsen heeft de betreffende teler voor de nacht de verwarmingstemperatuur hoger en de maximale negatieve compensatie lager gezet.

Evenals in voorgaand onderzoek met buisverwarming is in dit onderzoek met heteluchtkachels aangetoond dat TI het aantal hoge pieken in gasverbruik per uur vermindert (Janse en Rijpsma, 2003). Toen bedroeg de vermindering in aantal hoge pieken 80 à 90%. In het praktijkonderzoek lag dit op circa 30% bij pieken boven de 130 m³/ha/uur. Minder hoge pieken is voor de grotere bedrijven met een jaarverbruik van meer dan 170.000 m³ aantrekkelijk, omdat er dan minder overschrijdingen zijn bij een bepaalde grenswaarde en dus met een lagere contractcapaciteit kan worden volstaan. In dit onderzoek leek door toepassing van TI met een circa 10 m³/ha/uur lagere contractcapaciteit te kunnen volstaan. Dit leverde de vrije klanten een financieel voordeel op van € 0,28. Bij kouder en zonniger weer zal het financiële voordeel groter zijn dan in het afgelopen seizoen.

Een andere mogelijkheid om een hoog piekverbruik van heteluchtkachels te voorkomen is om de kachels in groepen in te delen en ze gefaseerd te laten branden en het gasverbruik te maximaliseren. Recent heeft één klimaatcomputerfabrikant hiervoor programmatuur ontwikkeld.

De energiebesparing als gevolg van toepassing van TI wordt mede bereikt door op de koudste momenten van de dag of op koudere dagen minder hard te stoken en dit op een ander tijdstip weer te compenseren. Het was vooral één teler (Van Heijningen) al opgevallen dat de kachels rond zonop minder en aan het eind van de dag meestal vaker brandden. Dit heeft echter mede te maken met de klimaatinstellingen en dus de speelruimte die de klimaatcomputer krijgt om de temperatuur weg te laten zakken of juist te compenseren.

Afhankelijk van de instellingen zou er 's morgens eerder condensatie op het gewas en daardoor bepaalde ziektes of fysiogene afwijkingen kunnen ontstaan. Dit is in de praktijk echter erg meegevallen. Op één radijsbedrijf (De Jong) ontstond er in de radijs met oogst eind maart wel iets wit ofwel valse meeldauw op het blad bij TI, maar het was niet ernstig. Daartegenover stond het andere radijsbedrijf (Van Heijningen), waarbij alleen iets wit werd geconstateerd aan de gevel bij de standaard en niet bij TI. Evenals in eerder PPO-onderzoek kwam wel naar voren dat het radijsloof met TI iets langer was en soms wat weliger groeide. Dit heeft waarschijnlijk mede te maken met minder ventileren en grotere verschillen tussen de dag en de nacht. Langer loof hoeft echter geen bezwaar te zijn. Ook bij sla was de indruk dat deze bij TI wat weliger groeide.

Uit de metingen van het CO₂-gehalte op de verschillende bedrijven lijkt naar voren te komen dat het CO₂-gehalte overdag wat lager is in de TI- dan in de standaardafdeling. In het hoge CO₂-bereik is het effect van enige verschillen in CO₂ echter relatief gering. De resultaten zijn echter niet geheel eenduidig, mede omdat er soms verschil was in ingestelde verwarmingstemperatuur tussen de beide afdelingen. Als de ingestelde temperatuur hoger is, zal er bij kouder weer ook meer gestookt moeten worden om deze temperatuur te halen, waardoor het CO₂-gehalte zal stijgen.

Bij De Jong was het CO₂-gehalte in de TI-afdeling juist wat hoger dan in de standaardafdeling. Dit heeft waarschijnlijk mede te maken met de wat hogere gerealiseerde temperatuur. Daarnaast had de standaardafdeling dubbel glas in de kopgevel, wat een forse energiebesparing geeft, waardoor de heteluchtkachels minder behoeven te branden.

Op drie van de vier bedrijven is in de TI-afdeling minder gelucht dan in de standaardafdeling. Dit zal het CO₂-gehalte weer positief beïnvloeden, omdat er dan immers bij hogere gehalten in de kas minder CO₂ via de luchtramen naar de buitenlucht verdwijnt. Een hoger CO₂-gehalte in de kas zal leiden tot een grotere groeisnelheid en hogere productie. De CO₂-gehalten overdag lagen echter gemiddeld op een vrij hoog niveau, waarbij het positieve effect van CO₂ wordt afgevlakt (Heij, 1984). Waarschijnlijk hebben de verschillen in CO₂-gehalte tussen beide afdelingen daarom maar weinig invloed gehad op de productie. In de PPO-proef van 2002-2003 was het CO₂-gehalte ondanks een forse energiebesparing wel hoger in de TI-afdeling in vergelijking met de standaard. Er werd toen echter gebruik gemaakt van buisverwarming en centrale CO₂-dosering. De CO₂-dosering in deze kassen was dus grotendeels onafhankelijk van de warmtevraag. Ook toen werd er minder geventileerd in de TI-afdeling dan bij de standaard. In vergelijking met de praktijkproef met heteluchtverwarming, lag het gehalte met gemiddeld rond de 600 ppm toen wel lager.

De beide proefafdelingen op de bedrijven waren niet altijd evengoed vergelijkbaar. Dit had onder andere te maken met de scheidingswand met behulp van een plastic rolscherp, welke niet steeds geheel afsloot en er soms een trek ontstond van de ene naar de andere afdeling. Vooral bij de slabedrijven waren de temperaturen in beide afdelingen soms bewust duidelijk verschillend ingesteld in verband met een verschillend ontwikkelingsstadium, waardoor er uiteraard verschillen ontstonden in energiegebruik. Bij de berekening van het gasverbruik is echter zoveel mogelijk gecorrigeerd voor ontstane temperatuurverschillen. Ook is op één bedrijf (De Jong) het gasverbruik gecorrigeerd voor een buitengevel aan de kopse kant met dubbel glas.

Een goede vergelijkbaarheid van de afdelingen blijft een belangrijk punt bij uitvoering van onderzoek op praktijkbedrijven. Het was echter erg moeilijk om bedrijven te vinden die aan dit onderzoek mee wilden en konden doen. Dankzij goede medewerking en inspanningen van de betreffende telers en leveranciers van klimaatcomputers kon het onderzoek in de praktijk toch doorgang vinden.

Uit een gehouden enquête onder telers met energiearme teelten bleek dat verschillende telers bij koud weer wel de temperatuur wat verder weg laten zaken, maar dit daarna meestal niet bewust compenseren door de temperatuur hoger op te laten lopen (Grashoff et al., 2004). Vanwege de positieve ervaringen met temperatuurintegratie op zijn bedrijf heeft één teler die meedeelde aan het onderzoek (Reijm) nu al aangegeven dat hij het volgende seizoen in alle afdelingen TI toe gaat passen (Anonymus, 2004). Uit de onderzoeken op het PPO in 2002-2003 en het uitgevoerde praktijkonderzoek op heteluchtbedrijven in 2003-2004 blijkt dat er via temperatuurintegratie weldegelijk energie is te besparen en het aantal hoge pieken kan worden verminderd. Daarbij wordt de productie en kwaliteit nauwelijks of niet beïnvloed.

5 Conclusies

- De weersomstandigheden tijdens de proefperiode waren niet optimaal voor de toepassing van TI. Tot in de tweede helft van februari was er 14% minder instraling en was de gemiddelde buitentemperatuur 1 °C hoger dan normaal.
- Desondanks is een berekende energiebesparing door TI bereikt van gemiddeld 9%. Absoluut gezien betekent dit per vierkante meter een besparing aan gas van 0,9 m³.
- Door toepassing van TI vermindert het aantal hoge uurpieken in gasverbruik met zo'n 30%. Hierdoor kan met een circa 10 m³/ha/uur lagere contractcapaciteit worden volstaan.
- Het kunnen afsluiten van een gascontract met een lagere contractcapaciteit en de energiebesparing door TI levert de heteluchtteler als vrije klant een voordeel op van zo'n € 0,28 per m².
- Het lagere gasverbruik door TI levert de profielklant een voordeel op van ongeveer € 0,23 per m².
- De berekende investeringsruimte voor temperatuurintegratie op een bedrijf van 1,5 hectare komt daarmee uit op 15.000 à 18.000 euro.
- In de TI-afdeling wordt op drie van de vier bedrijven minder geventileerd. De luchtuitwisselingssnelheid was bij TI op deze bedrijven gemiddeld over de gehele periode zo'n 20 à 30% lager in vergelijking met de standaard.
- Bij radijs is het loof bij TI meestal wat langer, soms wat weliger en in één geval was het loof bij TI iets gevoeliger voor het wit.
- Sla kan bij TI wat weliger opgroeien. Er zijn geen duidelijke kwaliteitsverschillen geconstateerd tussen sla gegroeid bij TI of bij een standaard temperatuurinstelling.
- Als er grote horizontale temperatuurverschillen in een kas bestaan, mag men de temperatuur niet te ver weg laten zakken. Bij lage buitentemperaturen bestaat dan met name bij de buitengevel de kans op bevriezing van het gewas.

Literatuur

- Anonymus, 2004. Teelten kunnen kouder. Oogst Tuinbouw, 20 augustus 2004, p. 28.
- Grashoff, C, M.G.M. Raaphorst, J.W.M. Kempen, J. Janse, J.A. Dieleman en L.F.M. Marcelis, 2004. Temperatuurintegratie kleine gewassen. PRI-rapport, notanummer 307.
- Heij, G., 1984. CO₂ geeft zwaardere sla en een vroegere oogst. Tuinderij 26 januari 1984, p. 80-83.
- Janse, J. en E. Rijpsma, 2003. Energiebesparing en vermindering van pieken in gasafname bij gewassen met een lage energiebehoefte. Onderzoek 2002-2003. PPO-rapport, projectnummer 417.04628.
- Velden, N. van der, J. Nienhuis, R. van der Meer en O. Hietbrink, 2003. Beleidsmatige analyse liberalisering aardgasmarkt en extensieve glastuinbouwbedrijven. LEI-rapport, projectcode 40054, 37 pp.
- Woerden, S.C. van, 2003. Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2003-2004. Groenten-Snijbloemen-Potplanten. PPO 580, pp. 154+.

Bijlage 1

Tabel 14: Klimaatinstellingen vanaf de start van het onderzoek (24 november 2003) en wijzigingen in klimaatinstellingen tijdens de onderzoeksperiode tot en met 2 maart 2004 bij **Reijm**. De veranderingen ten opzichte van de vorige datum zijn vetgedrukt weergegeven.

Datum	Parameter	Standaard					TI				
		2.00	6.00	9.00	13.00	19.00	2.00	6.00	9.00	13.00	19.00
	Begintijd verwarming/ ventilatie (uur)	2.00	6.00	9.00	13.00	19.00	2.00	6.00	9.00	13.00	19.00
24 nov.	Verwarmingstemp. (°C)	7	9	9	7	7	7	9	9	7	7
	Max. pos. comp. (°C)						2	3	4	6	2
	Max. neg. comp. (°C)						2	2	0	0	3
	Ventilatiestemp. (°C)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
27 nov.	Verwarmingstemp. (°C)	7	9	9	7	7	7	9	9	7	7
	Max. pos. comp. (°C)						2	3	4	6	2
	Max. neg. comp. (°C)						2	1	0	0	3
	Ventilatiestemp. (°C)	9	10	10	9	9	9	10	10	9	9
19 dec.	Verwarmingstemp. (°C)	7	9	9	7	7	8	9	9	8	8
	Ventilatiestemp. (°C)	9	10	10	9	9	9	10	10	9	9
16 jan.	Verwarmingstemp. (°C)	7	9	9	7	7	10	10	10	10	10
	Ventilatiestemp. (°C)	9	10	10	9	9	11	12	12	11	11
22 jan.	Verwarmingstemp. (°C)	7	9	9	7	7	10	10	10	10	10
	Ventilatiestemp. (°C)	9	10	10	9	9	12	14	14	14	11
9 febr.	Verwarmingstemp. (°C)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Max. pos. comp. (°C)						2	3	4	6	2
	Max. neg. comp. (°C)						2	1	0	2	3
	Ventilatiestemp. (°C)	12	12	12	12	12	12	14	14	14	11
2 mrt.	Verwarmingstemp. (°C)	8	10	11	9	7	10	10	10	10	10
	Ventilatiestemp. (°C)	12	12	12	12	12	12	14	14	14	11
12 mrt.	Verwarmingstemp. (°C)	8	10	10	8	7	8	10	10	8	8
	Ventilatiestemp. (°C)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
18 mrt.	Verwarmingstemp. (°C)	7	10	10	8	7	7	10	10	7	7
	Ventilatiestemp. (°C)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
2 apr.	Verwarmingstemp. (°C)	6	8	8	6	6	6	6	6	6	6
	Ventilatiestemp. (°C)	12	12	12	12	12	14	14	14	14	14

Bijlage 2

Tabel 15: Klimaatinstellingen vanaf de start op 24 november 2003 en de veranderingen in instellingen tijdens de onderzoeksperiode bij **Tukker**. De veranderingen ten opzichte van de vorige datum zijn vetgedrukt weergegeven.

Datum	Parameter	Standaard				Tl			
		7.00	10.00	11.00	15.00 ¹⁾	7.00	10.00	11.00	15.00 ¹⁾
	Begintijd verwarming/ ventilatie (uur)	7.00	10.00	11.00	15.00 ¹⁾	7.00	10.00	11.00	15.00 ¹⁾
24 nov.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	9,5	8,5	5	11	9,5	8,5	5
	Maximale pos. compensatie (°C)					0	3,5	4,5	3
	Maximale neg. compensatie (°C)					1	2,5	3	1
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
3 dec.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	9,5	8,5	5	11	10	8,5	5
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13	12	11	8,5
11 dec.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	9,5	8,5	5	11	9	8,5	5
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
19 dec.	Verwarmingstemperatuur (°C)	10	9,5	8,5	5	11	9	8,5	5
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
22 dec.	Verwarmingstemperatuur (°C)	10	9,5	8,5	5	11	9	8,5	5,5
	Maximale pos. compensatie (°C)					0	3,5	4,5	3
	Maximale neg. compensatie (°C)					1	2,5	3	0,5
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
25 dec.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	5	11	9	8,5	5,5
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
1 jan.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	5	11	10	9	6
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
2 jan.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	6	11	10	9	6
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
5 jan.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	6	11	10	9	6
	Maximale pos. compensatie (°C)					0	3,5	4,5	3
	Maximale neg. compensatie (°C)					1	2	2	0,5
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11	8,5
20 jan.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	6	11,5	10,5	10	7
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11,5	8,5
5 febr.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	7	11,5	10,5	10	7
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11,5	8,5
18 mrt.	Verwarmingstemperatuur (°C)	11	10	8,5	7	11	10	9	7
	Ventilatietemperatuur (°C)	13	12	11	8,5	13,5	12	11,5	8,5

¹⁾ ventilatietemperatuur vanaf 16.00 uur

Bijlage 3

Tabel 16: Klimaatinstellingen vanaf de start op 27 november 2003 en de veranderingen in instellingen tijdens de onderzoeksperiode bij **Van Heijningen**. De veranderingen ten opzichte van de vorige datum staan vetgedrukt.

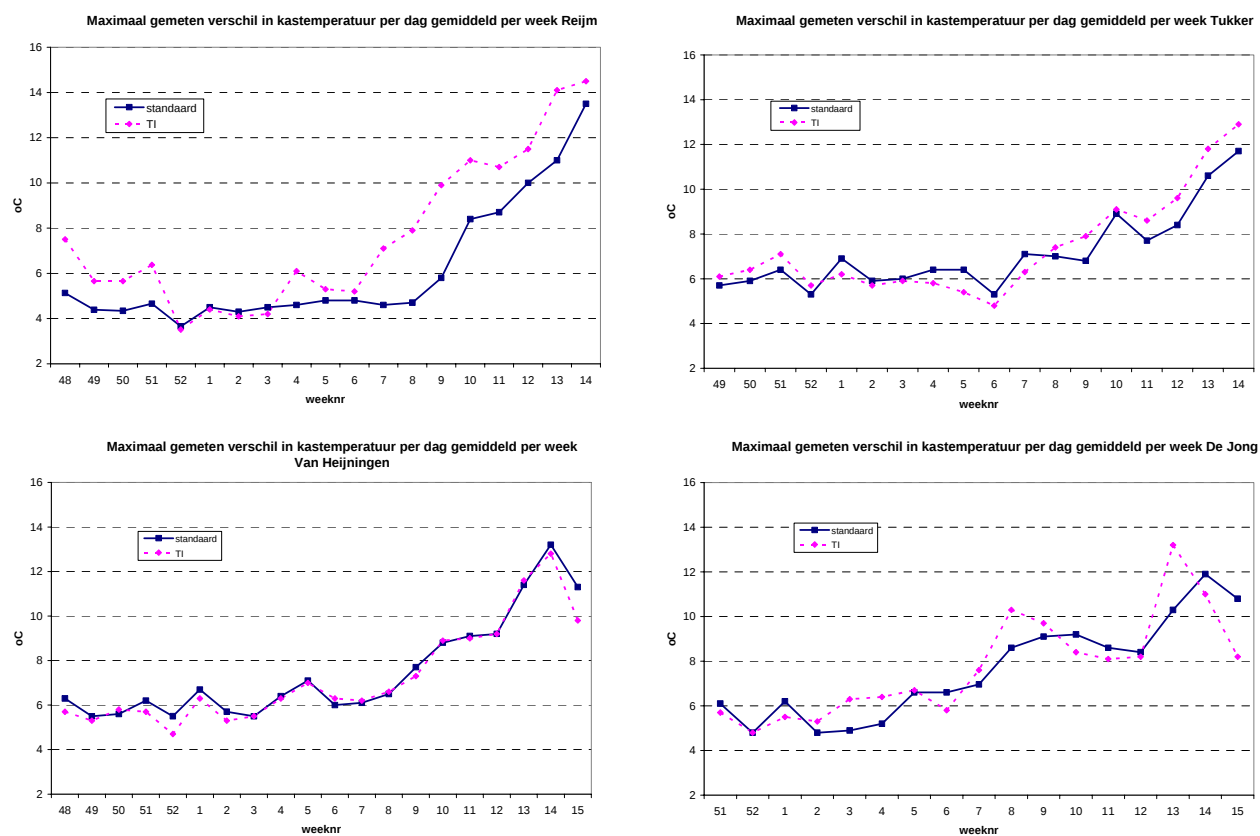
Datum	Parameter	Standaard	Ti
27 nov.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9,9
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	7/10
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	5/8
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7,0	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11,0	Nvt
	Ventilatieverschil met Ecolijn (°C)	Nvt	+1
	Maximum ventilatietemperatuur (°C)	12,5	Nvt
	Minimum ventilatietemperatuur (°C)	7,0	Nvt
	Bandbreedte nacht (°C)	Nvt	+2
	Bandbreedte dag (°C)	Nvt	+2
	Integratieperiode (dagen)	Nvt	1
11 dec.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9,9
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	6 /10
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	4 /8
	Stooktemperatuur nacht (°C)	6,0	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11,0	Nvt
18 dec.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9,9
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	7 /10
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	5 /8
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7,0	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11,0	Nvt
6 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	7/10
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	5/8
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7,0	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11,0	Nvt
7 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	8 /11
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	6 /9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7,0	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11,0	Nvt
23 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	9 /12
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	6/9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt
13 febr.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	8
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	8 /11
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	6/9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt
13 mrt	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	8
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	7 /11
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	5 /9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt
19 mrt	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	8
	Maximale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	8 /12
	Minimale verwarmingstemperatuur nacht/dag (°C)	Nvt	6 /10
	Stooktemperatuur nacht (°C)	7	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt

Bijlage 4

Tabel 17: Kimaatinstellingen vanaf 1 januari 2004 en de veranderingen in instellingen tijdens de onderzoeksperiode bij **De Jong**. De veranderingen ten opzichte van de vorige datum zijn vetgedrukt weergegeven.

Datum	Parameter	Standaard	Ti
1 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	10,6
	Maximale verwarmingstemperatuur (°C)	Nvt	13,6
	Minimale verwarmingstemperatuur (°C)	Nvt	8,6
	Stooktemperatuur nacht (°C)	8,5	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt
	Ventilatieverschil met Ecolijn (°C)	Nvt	+3
	Maximum ventilatietemperatuur (°C)	12	14,6
	Minimum ventilatietemperatuur (°C)	7,5	8,6
	Bandbreedte nacht (°C)	Nvt	+3
	Bandbreedte dag (°C)	Nvt	+5
	Integratieperiode (dagen)	Nvt	5
	Maximale temperatuursom integratie (graaduren)	Nvt	100
4 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9,9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	10	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11,5	Nvt
8 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9,9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	9,5	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt
16 jan.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9,9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	10	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	11	Nvt
24 febr.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	9
	Stooktemperatuur nacht (°C)	8	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	10	Nvt
2 mrt.	Integratie temperatuur (°C)	Nvt	8
	Stooktemperatuur nacht (°C)	8	Nvt
	Stooktemperatuur dag (°C)	10	Nvt

Bijlage 5



Figuur 23. Maximaal gemeten verschil in kasttemperatuur per dag gemiddeld per week bij de standaard- en T1-behandeling bij Reijm (linksboven), Tukker (rechtsboven), Van Heijningen (linksonder) en De Jong (rechtsonder).