

# Gebruik laagwaardige warmte- afgiftesystemen

Effect van positionering op de temperatuur-  
verdeling en de productie in een tomatenteelt

Proefperiode:

Proef uitgevoerd door: *Proefstation voor de Groenteteelt en Thomas  
More hogeschool, België*





Titel	Gebruik laagwaardige warmte-afgiftesystemen, het effect van positionering op de temperatuurverdeling en de productie in een tomatenteelt
Proefperiode	7 oktober 2020 – 31 maart 2021
Contactgegevens	<p>Proefstation voor de Groenteteelt Duffelsesteenweg 101, 2860 Sint-Katelijne-Waver (België) Onderzoeksleider tomaat: Lieve Wittemans Lieve.wittemans@proefstation.be Onderzoeker vruchtgroenten: Stephanie De Bie Stephanie.de.bie@proefstation.be</p> <p>Thomas More hogeschool Kleinhoefstraat 4, 2440 Geel (België) Onderzoeker energie: Jeroen Van Roy jeroen.vanroy@thomasmore.be</p>
Project	<p>Dit onderzoek vond plaats binnen het project GLITCH. GLITCH zet in op de ontwikkeling van innovatieve energie-efficiënte en klimaatneutrale teelttechnieken en -systemen in de glastuinbouw.</p> <p><a href="https://glitch-innovatie.eu/">https://glitch-innovatie.eu/</a></p>
Steunvermelding	<p>Dit onderzoek wordt enerzijds mogelijk gemaakt met de steun van het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Anderzijds wordt het project ondersteund vanuit het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO), de Provincie Antwerpen, Het Vlaams Kabinet Omgeving, Natuur en landbouw, de provincie Limburg (NL) en het Nederlands Ministerie van Economische zaken.</p>



**Interreg**   
EUROPESE UNIE  
**Vlaanderen-Nederland**  
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling





## 1. Samenvatting / Abstract

In deze proef werd het potentieel bekeken van een alternatieve plaatsing van het laagwaardige temperatuur (LT)-net. Dit is een afgiftesysteem om warmte van relatief lage temperatuur (max. 40 °C) in de serre te verspreiden. Deze warmte kan afkomstig zijn van verschillende bronnen zoals bijvoorbeeld reststromen van de WKK. In deze proef werd geëvalueerd of de positionering van het LT-net een effect heeft op de productie en plantontwikkeling in een tomatenteelt. Hiervoor werd op drie verschillende goten een PE-net geïnstalleerd op een verschillende hoogte: onder de teeltgoot, naast de teeltgoot in de stengelbeugels en tussen de planten. Ook werd er geëvalueerd of de plaats van het LT-net invloed had op de verticale temperatuurverdeling in de serre.

Uit deze resultaten bleek dat de warmte afkomstig van het LT-net onder de teeltgoot ook vooral hier bleef hangen. Waar het LT-net tussen de planten hing, werd er vaak bij de kop van de planten de hoogste temperatuur gemeten. Bij het LT-net dat naast de teeltgoot geplaatst was, werd de maximum temperatuur vooral ter hoogte van de stengels bereikt. De warmte op deze hoogte zou een positief effect kunnen hebben op de activatie van de sapstroom in de planten. De lichte productiestijging bij dit teeltsysteem en de iets grovere tomaten zouden hierdoor verklaard kunnen worden. De verschillen in productie waren echter niet significant en er is nog meer onderzoek nodig om de meerwaarde van een alternatieve plaatsing van het LT-net aan te tonen.



## 2. Inhoud

1. Samenvatting / Abstract.....	3
3. Inleiding.....	5
4. Proefopzet.....	6
1. Proefbeschrijving.....	6
2. Teeltgegevens.....	7
3. Beoordelingen.....	7
5. Resultaten en bespreking.....	8
1. Temperatuurverdeling.....	8
2. Opbrengst.....	8
3. Plantontwikkeling.....	9
6. Conclusies.....	10



### 3. Inleiding

Het klimaat in de serre wordt actief gestuurd door het gebruik van verwarming en het openen of sluiten van de ramen, eventueel aangevuld met ventilatoren. Naast warmte op hoge temperatuur, rechtstreeks afkomstig van de huidige verwarmingsinstallaties, kan ook warmte op een relatief lage temperatuur (maximaal 40°C) worden gebruikt voor de verwarming van de serre. Deze warmte kan afkomstig zijn van verschillende bronnen waaronder bijvoorbeeld de rookgascondensor van de verwarmingsinstallatie. Dit zorgt voor een hogere efficiëntie van de verwarmingsbron. In de toekomst wordt het gebruik van warmte op lagere temperatuur waarschijnlijk nog interessanter door het gebruik van onder andere geothermie of restwarmte.

Door de lagere temperaturen is deze warmte niet zo eenvoudig in te zetten, waardoor we dan ook spreken van laagwaardige warmte. Deze wordt meestal via leidingen in de serre gebracht en afgegeven via verwarmingsbuizen. Hierbij wordt water als transportmiddel gebruikt omdat water een hoge soortelijke warmte heeft en dus veel warmte kan opslaan. Daarnaast is de warmteafgifte vrij eenvoudig te regelen door het gebruik van regelkleppen. Standaard worden voor dit verdeelsysteem PE-buizen gebruikt. Er zijn echter materialen die laagwaardige warmte op een efficiëntere manier kunnen afgeven.

Thomas More Kempen screende vorig jaar 20 verschillende alternatieve materialen, die allemaal verschilden qua vorm, kleur of afmetingen. Bij verschillende buistemperaturen werd het vermogen gemeten dat de verschillende buizen kunnen afgeven. Deze metingen werden vergeleken met theoretische formules om de afgifte van stralings- en convectiewarmte na te rekenen. Voor de resultaten van deze proef wordt doorverwezen naar het verslag "Rapport doormetingen technische aspecten laagwaardige warmte".

De meest performante warmteafgifte systemen voor laagwaardige warmte werden dit jaar in een serreproef op het Proefstation voor de Groenteteelt getest. Als referentie werden witte polyethyleen (PE) darmen gebruikt. Deze werden vergeleken met vernette PE verwarmingsbuizen en aluminium verwarmingsbuizen die uitgerust zijn met vinnen om het afgifte oppervlak te vergroten. De resultaten van deze proef zijn te vinden in het verslag "Gebruik van lage temperatuur warmte in tomatenteelt". De positie van het verwarmingssysteem kan ook een invloed hebben op de planten zelf. Daarom bekeken we of er betere teelttechnische resultaten behaald konden worden door het LT-net op een andere hoogte te hangen. Hiervoor werden de PE-darmen onder de teeltgoot, naast de teeltgoot of tussen de planten gehangen. In dit verslag beschrijven we de resultaten van deze proef waar productie- en plantparameters werden opgevolgd samen met de temperatuurverdeling in de serre met behulp van temperatuursensoren op verschillende hoogtes.



## 4. Proefopzet

### 1. Proefbeschrijving

Deze proef werd opgesteld om het potentieel van een alternatieve plaatsing van het laagwaardig temperatuur (LT)-net te onderzoeken. De proef werd geïnstalleerd in een tomatenteelt in compartiment 27 van het Proefstation voor de Groenteteelt. Dit compartiment heeft een oppervlakte van 840 m<sup>2</sup> met een nuttig teeltoppervlak van 768 m<sup>2</sup>.

Voor deze proef werden drie teeltgoten uitgerust met een LT-warmteafgifte systeem van polyethyleen (PE) buizen met een diameter van 40 mm om laagwaardige warmte afkomstig van de WKK te verdelen in de serre. Het enige verschil voor de drie teeltgoten was de hoogte waarop de PE buizen geplaatst werden. Als referentie werden de PE buizen onder de teeltgoot gelegd. Dit werd vergeleken met twee alternatieve plaatsingen waar de buizen ofwel in de stengelbeugels of tussen de planten werden gehangen (figuur 1). Alle objecten waren - naast een LT-net - uitgerust met een ondernet bestaande uit buisrails met een diameter van 51 mm en een dubbel groeinnet met een diameter van 35 mm, die onafhankelijk van elkaar konden worden aangestuurd.

Op verschillende hoogtes in de serre werden ook temperatuursensoren geplaatst om de temperatuurverdeling in kaart te brengen.



*Figuur 1: Verschillende opstellingen met alternatieve plaatsing van het LT-net onder de teeltgoot (links), in de stengelbeugels (midden) en tussen de planten (rechts). Opmerking: de foto's werden in het begin van de teelt genomen waardoor de buizen in de rechtse foto nog boven de planten hangen i.p.v. ertussen.*

## 2. Teeltgegevens

Tijdens deze proef werd het effect van de plaatsing van het LT-net op verschillende hoogtes geëvalueerd op een tomatenteelt met het ras Mattinaro (Enza Zaden). De proefopzet wordt weergegeven in Tabel 1. De verschillende LT-netten werden elk op een aparte goot geïnstalleerd.

Tabel 1: Proefopzet van de proef laagwaardige warmte verdelen, belichte teelt 2020-2021

Proeflocatie	PSKW
Substraat	Steenwol
Ras	Mattinaro (Enza Zaden)
Onderstam	DR 0141 TX (De Ruiter)
Planttype	Geënt-getopt
Zaaidatum onderstam	14/08/2020
Zaaidatum bovenstam	14/08/2020
Plantdatum	07/10/2020
Plantafstand	50 cm
Extra stengels	W 49: 1 op 3
Aantal stengels/m <sup>2</sup>	3,33
Eerste oogstdatum	01/12/2020
Laatste oogstdatum	26/03/2021

## 3. Beoordelingen

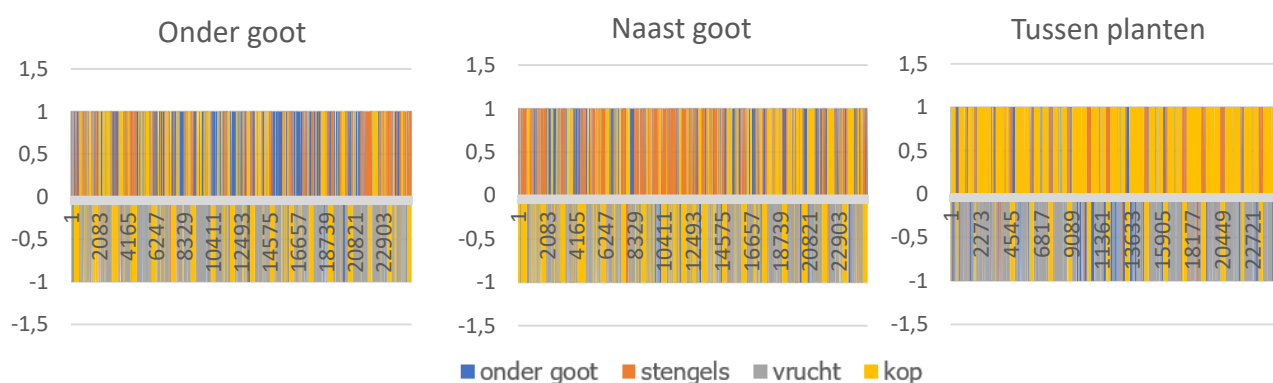
Tijdens dit onderzoek werd de opbrengst en plantontwikkeling opgevolgd en geëvalueerd:

- De **opbrengst** werd twee maal per week gemeten. Per herhaling werden de vruchten gewogen en éénmaal per week werden de tomaten gesorteerd en geteld per kwaliteitsklasse. Hieruit volgt het aantal stuks en hun gemiddeld vruchtgewicht per kwaliteitsklasse.
- De **plantontwikkeling** werd maandelijks geëvalueerd door het opmeten van de lengtegroei en het aantal gezette trossen.
- De **plantkwaliteit** werd maandelijks geëvalueerd door een beoordeling van de groeikracht, de gewasgeslotenheid en de vruchtzetting.
- De **temperatuurverdeling** in de serre werd geëvalueerd met behulp van temperatuursensoren op verschillende hoogtes in de serre.

## 5. Resultaten en bespreking

### 1. Temperatuurverdeling

Met behulp van temperatuursensoren die op verschillende hoogtes in de serre geplaatst werden (onder de goot, t.h.v. de stengels, t.h.v. vruchten en t.h.v. de kop van de plant), kon de temperatuurverdeling in de serre geëvalueerd worden. In figuur 2 staat grafisch afgebeeld op welke plek in de serre de maximum en minimum temperatuur bereikt werd. Elk gekleurd streepje stelt een tijdstip voor dat met behulp van een kleur aanduidt op welke plek in de serre op dat ogenblik de minimum (-1) en maximum (1) temperatuur bereikt werd voor de drie teeltsystemen.



*Figuur 2: Grafische voorstelling van temperatuurverdeling in de serre. Elk gekleurd streepje stelt een tijdstip voor dat met behulp van een kleur aanduidt op welke plek in de serre op dat ogenblik de minimum (-1) en maximum (1) temperatuur bereikt werd voor de drie teeltsystemen*

In figuur 2 is zichtbaar dat bij het LT-net onder de teeltgoot, de maximumtemperatuur ook het vaakst onder de teeltgoot bereikt werd. Voor het LT-net dat naast de goot hing, werd deze maximumtemperatuur eerder ter hoogte van de stengels bereikt en ter hoogte van de kop voor het LT-net dat tussen de planten hing. Uit deze resultaten blijkt dat de warmte afkomstig van het LT-net onder de teeltgoot ook vaak daar blijft hangen. Bij het teeltsysteem met het LT-net tussen de planten is dan weer duidelijk dat de kop de hoogste temperaturen behaalt.

### 2. Opbrengst

De hoogste productiecijfers en vruchtgewichten werden gehaald bij het object waar het LT verwarmingsnet werd opgehangen naast de teeltgoot (Tabel 2). De verschillen in opbrengst zijn echter niet significant verschillend. De tomaten van de planten waar het LT-net werd opgehangen tussen de planten waren iets fijner, terwijl de tomaten van het LT-net naast de teeltgoot iets grover waren (Tabel 3). Uit de temperatuurverdeling bleek dat bij een LT-net naast de teeltgoot de warmte zich voornamelijk ter hoogte van de stengels bevindt. Dit zou een positief effect kunnen hebben op de activatie van de sapstroom van de planten. Mogelijks kan hierdoor de lichte stijging in productie en de grovere vruchten ten opzichte van de andere teelttechnieken verklaard worden.



Tabel 2: Opbrengst, aantal vruchten en gemiddeld vruchtgewicht per object tot 26 maart 2021.

Object	Opbrengst (kg/m <sup>2</sup> )	Relatief t.o.v. PE laag	Vruchten per m <sup>2</sup>	Vruchtgewicht (g)
PE onder teeltgoot	20,7 a	100	128	162 ab
PE naast teeltgoot	22,6 a	109	134	169 a
PE tussen planten	21,3 a	103	134	159 b

Tabel 3: Sortering per object (%) tot 26 maart 2021.

Object	+102	+92	+82	+70	+60	+50	+40	neusrot
PE onder teeltgoot	0,3 a	1,1 a	8 ab	70 a	20 ab	0,7 a	0,1 a	0%
PE naast teeltgoot	0,6 a	2,1 a	9 a	73 a	14 b	0,2 a	0,0 a	0%
PE tussen planten	0,5 a	1,0 a	6 b	69 a	23 a	0,3 a	0,0 a	0%

### 3. Plantontwikkeling

De plantlengte was niet significant verschillend (Tabel 4). De planten waar het LT-net tussen de planten was opgehangen hadden 1 tros meer aangelegd en een kleinere behanglengte in vergelijking met de planten met het LT-net onder de teeltgoot. De gewasbeoordelingen toonden geen significante verschillen aan (Tabel 5). Dit wijst erop dat de plantbelasting vermindert door de warmte van het LT-net tussen de planten in te brengen en de ontwikkelingsnelheid toeneemt, zonder verlies van groeikracht.

Tabel 4: Resultaten plantmetingen per object (tot maart 2021).

	Plantlengte (cm)	Behanglengte (cm)	Aantal trossen
PE onder teeltgoot	595 a	213 a	18,8 b
PE naast teeltgoot	603 a	212 ab	19,3 ab
PE tussen planten	604 a	200 b	19,6 a

Tabel 5: Resultaten gewasbeoordelingen per object (gemiddelde van maandelijkse beoordeling van november 2020 tot maart 2021).

	Groeikracht	Gewasgeslotenheid	% trossen met achterblijvende vruchten	% onvolledige trossen
PE onder teeltgoot	6,7 a	6,0 a	2 a	3 a
PE naast teeltgoot	6,7 a	5,6 a	0 a	3 a
PE tussen planten	6,7 a	5,6 a	1 a	3 a
	Score 0-10	Score 2-10	%	%

## 6. Conclusies

Door het LT-net op verschillende hoogtes op te hangen, werd de verticale temperatuurverdeling in de serre beïnvloed. Er werd vastgesteld dat de hoogste temperatuur het vaakst werd gemeten onder de teeltgoot indien het LT-net hier werd geïnstalleerd. Bij het LT-net naast de teeltgoot was dit ter hoogte van de stengels en bij het LT-net tussen de planten was dit aan de kop van de plant. Deze verschillende temperatuurverdeling zou effect kunnen hebben op de plantontwikkeling en de productie.

Het verplaatsen van het LT-net van onder de teeltgoot naar tussen de planten leidde tot een snellere trossaanleg en een kleinere behanglengte zonder verlies van groeikracht. Dit had echter nauwelijks een effect op de productie en het vruchtgewicht. Er was wel een lichte productiestijging bij het LT-net naast de teeltgoot. Ook werden bij dit teeltsysteem grovere tomaten geoogst. Mogelijks is dit het effect van de hogere temperatuur ter hoogte van de stengels van de planten. Dit zou de sapstroom kunnen activeren waardoor meer assimilaten naar de vruchten gestuurd kunnen worden. Er is echter nog meer onderzoek nodig om dit aan te tonen.

