

Energie-efficiënte belichtingstechnieken in tomaat

Vergelijking LED interlight horizontaal met
verticaal

Proefperiode: 24 oktober 2019 – 17 september 2020

Proef uitgevoerd door: Proefstation voor de Groenteteelt, België



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

Titel	Energie efficiënte belichtingstechnieken in tomaat Vergelijking LED interlight horizontaal met LED interlight verticaal
Proefperiode	24 oktober 2019 – 17 september 2020
Contactgegevens	Proefstation voor de Groenteteelt Duffelsesteenweg 101, 2860 Sint-Katelijne-Waver (België) Lieve Wittemans Lieve.wittemans@proefstation.be
Project	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. https://glitch-innovatie.eu/
Steunvermelding	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.


Interreg

Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

 AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN

Vlaanderen
is ondernemen

Provincie
Antwerpen

 Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

 provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg

Flanders
State of the Art



1. Samenvatting / Abstract

Om de energie efficiëntie van de belichte tomatenteelt te verhogen is een transitie naar led noodzakelijk. Led belichting kan worden toegepast in de vorm van led toplight en/of led interlight. Voor interlight bestaan er horizontale en verticale led modules. De verticale modules zorgen voor een betere verticale lichtverdeling over de bladmassa van de planten. De vraag is welke de meerwaarde is van verticale interlights ten opzichte van horizontale interlights.

De verticale leds verbruiken meer energie doordat er meer lampen per m² hangen. Daar staat wel een hogere tomatenproductie tegenover: 8% meer licht resulteert in een meeropbrengst van 6%. De efficiëntie voor omzetting van licht naar productie is vergelijkbaar met de horizontale leds.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

2. Inhoudstafel

1. Samenvatting / Abstract	3
3. Inleiding	5
4. Proefopzet	6
4.1 Proefbeschrijving	6
4.2 Teeltgegevens	8
4.3 Beoordelingen	8
5. Resultaten en bespreking	9
5.1 Opbrengst	9
5.2 Plantontwikkeling	11
5.4 Energieverbruik en lichtefficiëntie	11
6. Conclusies	12



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

3. Inleiding

Om de energie efficiëntie van de belichte tomatenteelt te verhogen is een transitie naar led noodzakelijk. Dit kan door middel van led topbelichting die bovenin de serre wordt opgehangen, maar ook met led interlights die tussen het gewas worden gehangen en die worden gebruikt in combinatie met topbelichting. Er bestaan twee verschillende types van led interlight: lampen die horizontaal en lampen die verticaal tussen de planten worden gehangen. De verticale lampen zouden een betere lichtverdeling geven over de hoogte van het gewas en daardoor leiden tot een efficiëntere lichtbenutting.

In deze proef vergeleken we de twee types van led interlight om het energieverbruik in de tomatenteelt te verlagen.

4. Proefopzet

4.1 Proefbeschrijving

Deze proef werd opgezet om horizontale led interlights te vergelijken met verticale led interlights. De proef werd uitgevoerd in twee plantrijen van een afdeling van 840m² op het Proefstation voor de Groenteteelt. In de ene plantrij werden de horizontale led interlights opgehangen, in de andere plantrij de verticale led interlights.



Proefopzet tomaat op PSKW: horizontale led interlights (links), verticale led interlights (rechts).

De horizontale interlights van Signify (GreenPower LED interlight DR/B Gen 3) waren de referentie, omdat dit systeem het meest wordt toegepast in de praktijk. Daarnaast werden de verticale interlights van Lohuis (Apollo III) getest. Niet alleen de oriëntatie van de interlights was verschillend, ook de lichtintensiteit en het lightspectrum. Zo produceerden de verticale interlights 67% meer PAR-licht per m² dan de horizontale doordat er meer lampen per m² waren geïnstalleerd (*Tabel 1*). Bovendien bevatte hun lightspectrum 10% blauw licht in plaats van 5% bij de horizontale interlights. Beide types van interlight werden gecombineerd met hybride toplight (SON-T en Signify GreenPower LED toplighting compact).

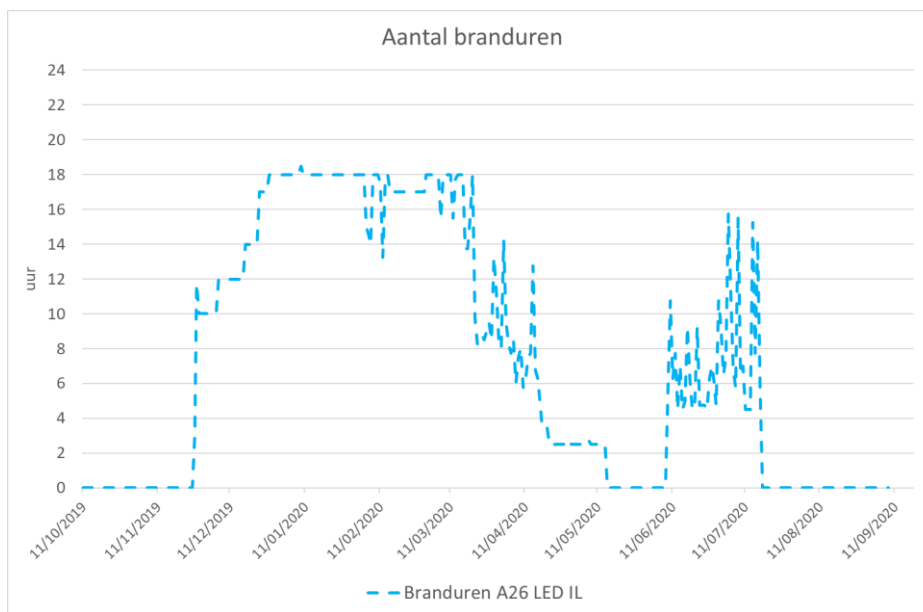
Tabel 1: Lamptypes en bijhorende lichtintensiteit

Object	Lamptype	Lichtintensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)		Totaal
		2 SON-T + 2 LED TL	LED interlight	
Horizontaal	Signify GreenPower LED interlight DR/B Gen 3	157	75	232
Verticaal	Lohuis Apollo III	183	125	308



De sturing en verwarmingsstrategie was dezelfde voor de twee objecten. Verschillen in energieverbruik kwamen daarom overeen met een hoger of lager verbruik van elektriciteit door de lampen.

De belichtingsstrategie wordt weergegeven in *Figuur 1*. De interlights werden in de referentie op een standaard manier aangestuurd. De belichting werd opgebouwd tot een maximum van 18 uur per dag op 27 december 2019. Vanaf 23 maart werd de belichting geleidelijk aan afgebouwd en vanaf 21 april werd enkel alleen nog belicht van 1 uur voor zons opgang tot 1,5 uur na zons opgang. Door het zeer zonnige voorjaar werd beslist om de interlights volledig uit te schakelen vanaf 15 mei. Op 10 juni werd beslist om de lampen opnieuw aan te schakelen van 2,5 uur voor zon op met een lichtdrempel van 400 W/m². Deze instellingen werden aangehouden tot 17 juli. Daarna werden de interlights definitief uitgeschakeld.



Figuur 1: Aantal branduren van de horizontale en verticale led interlights



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

4.2 Teeltgegevens

De verschillende lamptypes werden getest bij het ras Xandor (Axia Vegetable Seeds), geënt-getopt op DR 0141 TX (De Ruiter). De tomatenplanten werden geplant op een afstand van 44 cm. In week 49 werd bij 1 op 3 planten een extra stengel aangehouden, wat de eindstengelafstand bracht op 3,80 stengels per m². Tabel 2 geeft een overzicht van de proefopzet. Elk object werd in vier herhalingen aangelegd. Per herhaling werden 19 stengels geëvalueerd.

Tabel 2: Proefopzet

Proeflocatie	PSKW
Substraat	Steenwol
Ras	Xandor (Axia Vegetable Seeds)
Onderstam	DR 0141 TX (De Ruiter)
Planttype	Geënt-getopt
Zaaidatum onderstam	31/08/2019
Zaaidatum bovenstam	31/08/2019
Plantdatum	24/10/2019
Plantafstand	44 cm
Extra stengels	W 49: 1 op 3
Aantal stengels/m ²	3,80
Eerste oogstdatum	10/01/2020
Laatste oogstdatum	17/09/2020

4.3 Beoordelingen

Tijdens dit onderzoek werd de opbrengst, plantontwikkeling, plantkwaliteit, vruchtkwaliteit, kasklimaat, lichtefficiëntie en het energieverbruik 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 **lichtefficiëntie** werd berekend aan de hand van het totaal aangeboden licht en de bekomen productie.
- Het **energieverbruik** van de lampen werd berekend aan de hand van het aantal branduren en het vermogen van de lampen en werd uitgedrukt in kWh/kg geogoste tomaten.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



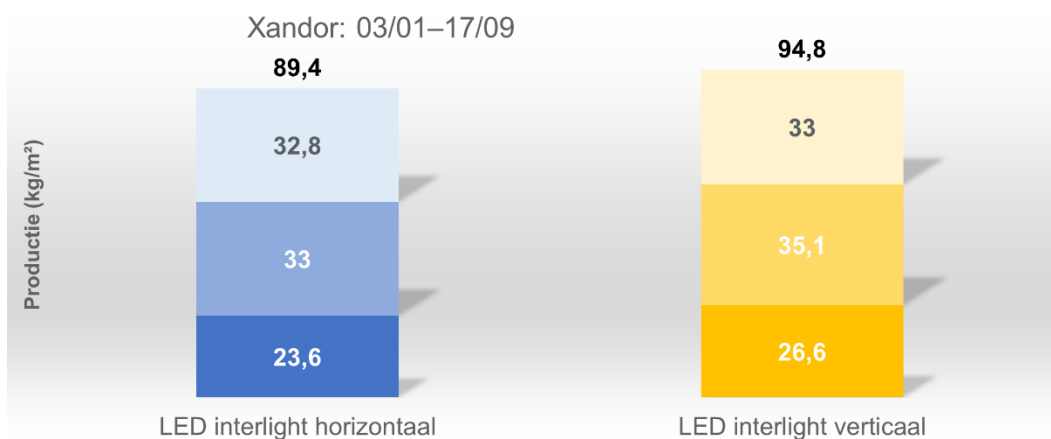
Flanders
State of the Art

5. Resultaten en bespreking

5.1 Opbrengst

De productieresultaten worden weergegeven in Figuur 2.

De horizontale led interlight eindigde op 89,4 kg/m², terwijl de verticale led interlight 94,8 kg/m² haalde. Het verschil werd vooral gemaakt in de winter en het voorjaar.



Figuur 2: Productie bij horizontale en verticale led interlight

Tabel 3 toont aan dat het vruchtgewicht hoger was bij de verticale leds, hoewel dit statistisch niet significant verschillend is. Het verschil is het meest uitgesproken in de winter. De sortering was gelijkaardig (*Tabel 4*).



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

Tabel 3: Opbrengst, aantal vruchten en gemiddeld vruchtgewicht per object, totaal, winter, voorjaar en zomer.

TOTAAL	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Horizontaal led IL	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Horizontaal led interlight	89,4 a	100	682	131 a
Verticaal led interlight	94,8 a	106	697	136 a

WINTER	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Horizontaal led IL	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Horizontaal led interlight	13,8 b	100	112	123 a
Verticaal led interlight	15,7 a	114	120	131 a

VOORJAAR	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Horizontaal led IL	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Horizontaal led interlight	31,7 a	100	240	132 a
Verticaal led interlight	34,2 a	108	253	135 a

ZOMER	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Horizontaal led IL	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Horizontaal led interlight	44 a	100	326	135 a
Verticaal led interlight	44,9 a	102	323	139 a

Tabel 4: Sortering per object (%).

TOTAAL	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Horizontaal led IL	2 a	57 a	36 a	3 a	0 a	0,6 a	0 a	1,1 a	1,9%
Verticaal led IL	1 a	61 a	32 a	4 a	0 a	0,4 a	0 a	1,1 a	2,5%

WINTER	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Horizontaal led IL	0 a	1 a	97 a	2 a	0 a	0,0 a	0	0,0 a	0,0%
Verticaal led IL	1 a	0 a	97 a	2 a	0 a	0,0 a	0	0,0 a	0,0%

VOORJAAR	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Horizontaal led IL	2 a	75 b	21 a	1 a	0 a	0,8 a	0	0,3 a	0,0%
Verticaal led IL	1 a	87 a	11 b	1 a	0 a	0,1 a	0	0,1 a	0,0%

ZOMER	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Horizontaal led IL	3 a	57 a	31 a	6 a	0 a	0,8 a	0	2,2 a	3,8%
Verticaal led IL	1 a	56 a	33 a	7 a	0 a	0,7 a	0	1,9 a	5,2%

5.2 Plantontwikkeling

De planten opgegroeid onder verticaal led interlight waren langer en hadden een grotere behanglengte dan de planten met horizontaal led interlight (*Tabel 5*). Er werden ongeveer evenveel trossen aangelegd.

Tabel 5: Resultaten plantmetingen per object (totaal).

	Plantlengte (cm)	Behanglengte (cm)	Aantal trossen
Horizontaal led interlight	1165 a	208 b	34,6 a
Verticaal led interlight	1139 b	220 a	34,9 a

De maandelijkse gewasbeoordelingen tonen geen verschillen aan (*Tabel 6*).

Tabel 6: Resultaten gewasbeoordelingen per object (gemiddelde van maandelijkse beoordeling).

	Groeikracht	Gewas-geslotenheid	% trossen met achterblijvende vruchten	% onvolledige trossen
Horizontaal led interlight	5,7 a	5,6 a	2 a	0 a
Verticaal led interlight	5,7 a	5,7 a	2 a	0 a
	Score 0-10	Score 2-10	%	%

5.4 Energieverbruik en lichtefficiëntie

In totaal hebben de interlights 2459 uren gebrand (*Tabel 7*). Omdat er bij de verticale led interlights meer lampen per m² werden opgehangen, is het geïnstalleerd vermogen groter en ligt bijgevolg ook het elektriciteitsverbruik hoger. Aangezien alle planten in dezelfde afdeling werden geteeld met dezelfde klimaatsturing en verwarming, is dit hoger energieverbruik gerelateerd met een toegenomen elektriciteitsverbruik. Uitgedrukt per kilogram geogoste tomaten, is er bij de verticale led interlights een toename van het energieverbruik van 17%. De gerealiseerde lichtefficiëntie is gelijkaardig bij de twee types interlight.

Tabel 7: Branduren en energieverbruik per object

	2 SON-T + 2 LED TL + Horizontaal led interlight	2 SON-T + 2 LED TL + Verticaal led interlight
Branduren (uur)	2459	2459
Natuurlijk licht (mol)	6053	6053
Kunstlicht (mol)	1734	2354
Totale lichthoeveelheid (mol)	7787	8407
Vermogen (W/m ²)	106	127
Verbruik (kWh/m ²)	215	267
Verbruik relatief (%)	100%	124%
Productie (kg/m ²)	89,4	94,8
Energieverbruik (kWh/kg)	2,40	2,81
Energieverbruik relatief (%)	100%	117%
Lichtefficiëntie (g/mol)	11,5	11,3



6. Conclusies

Niet alleen de oriëntatie van de interlights is verschillend, ook de lichtintensiteit en het lichtspectrum. Zo produceren de verticale interlights 67% meer PAR-licht per m² dan de horizontale doordat er meer lampen per m² zijn geïnstalleerd. Bovendien bevat hun lichtspectrum 10% blauw licht in plaats van 5% bij de horizontale interlights. Beide types van interlight worden gecombineerd met hybride toplight (SON-T en Signify GreenPower LED toplighting compact).

Doordat er meer verticale interlights zijn opgehangen per m², is de lichtoutput per m² hoger. Hierdoor kregen deze planten 36% meer kunstlicht in vergelijking met de horizontale leds. Dat resulteert in een verhoging van het energieverbruik per kilogram geproduceerde tomaat van 17%. Wanneer we ook het zonlicht meetellen dan hebben de planten met de verticale leds in totaal 8% meer licht ontvangen. Hiermee kunnen zij 6% meer tomaten produceren. Deze meerproductie zien we voornamelijk in de winter en het voorjaar en is te danken aan een iets hoger vruchtgewicht maar ook aan een hoger aantal geogoste vruchten per m².

De efficiëntie van omzetting van licht (mol) naar productie (g) is tamelijk vergelijkbaar. De planten onder de horizontale leds hebben 11,5 gram tomaat geproduceerd per mol ontvangen licht. Voor de verticale leds is dit 11,3 g/mol. De plantontwikkeling is vergelijkbaar tussen de twee types interlight.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art