

Energie-efficiënte belichtingstechnieken in tomaat

Vergelijking LED interlight continu versus
maximaal 18 uur per dag

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 continu versus maximaal 18 uur per dag
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 klok rond belichten met led-interlights is niet schadelijk voor tomatenplanten. In de winter is het verschil in aantal branduren met de referentie, waar de leds maximaal 18 uur per dag branden, te klein om een verschil in productie te maken. Door meer te belichten hou je wel het vruchtgewicht op peil. We slagen er in om de productie in het voorjaar en de zomer te verhogen, weliswaar aan een lagere efficiëntie voor omzetting van licht naar productie. Misschien kunnen we met minder branduren hetzelfde resultaat bereiken.

2. Inhoudstafel

1. Samenvatting / Abstract	3
3. Inleiding	5
4. Proefopzet	6
4.1 Proefbeschrijving	6
4.2 Teeltgegevens	8
4.3 Beoordelingen	9
5. Resultaten en bespreking	10
5.1 Opbrengst	10
5.2 Plantontwikkeling	12
5.4 Energieverbruik en lichtefficiëntie	13
6. Conclusies	14



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 manieren om led interlight aan te sturen, continue interlight belichting of belichting van maximaal 18 uur per dag, om het energieverbruik in de tomatenteelt te verlagen.

4. Proefopzet

4.1 Proefbeschrijving

Deze proef werd opgezet om continue belichting met horizontale led interlights te vergelijken met een belichting die maximaal 18 uur per dag bedraagt. De proef werd uitgevoerd in twee plantrijen van een afdeling van 840m² op het Proefstation voor de Groenteteelt.



Proefopzet tomaat op PSKW: horizontale led interlights.

De led-interlights van Signify (GreenPower LED interlight DR/B Gen 3) worden in beide objecten gecombineerd met SON-T-topbelichting. De interlights hangen horizontaal in het gewas. De belichtingsduur van maximaal 18 uur per dag is de referentie, aangezien dit systeem het meest wordt toegepast in de praktijk. Alle objecten zijn in de proef aangelegd in vier herhalingen, twee herhalingen langs de zonkant en twee langs de schaduwzijde.

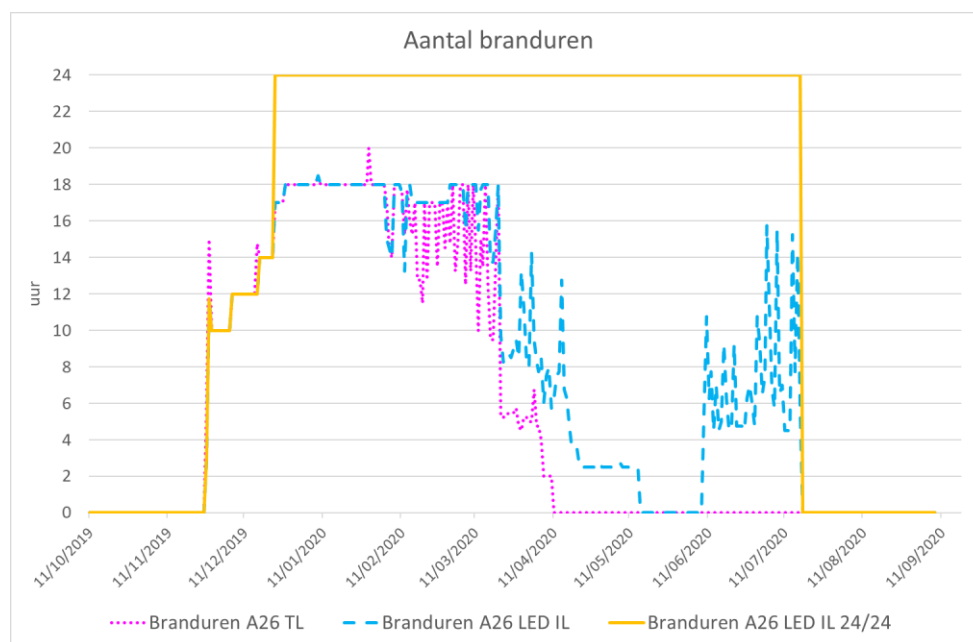
Tabel 1: Lamptypes en bijhorende lichtintensiteit

Object	Lamptype	Lichtintensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)		
		4 SON-T	LED interlight	Totaal
18u/24u	Signify GreenPower LED interlight DR/B Gen 3	151	75	226
24u/24u	Signify GreenPower LED interlight DR/B Gen 3	190	75	265

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. In het object met de continue interlight-belichting werden de brandduur van de leds opgevoerd tot een niveau van 24 uur per dag vanaf 23 december. De leds bleven branden tot 17 juli 2020. De sturing van de SON-T topbelichting was dezelfde in beide objecten.



Figuur 1: Aantal branduren van de led interlights en het toplight.

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



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

4.3 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



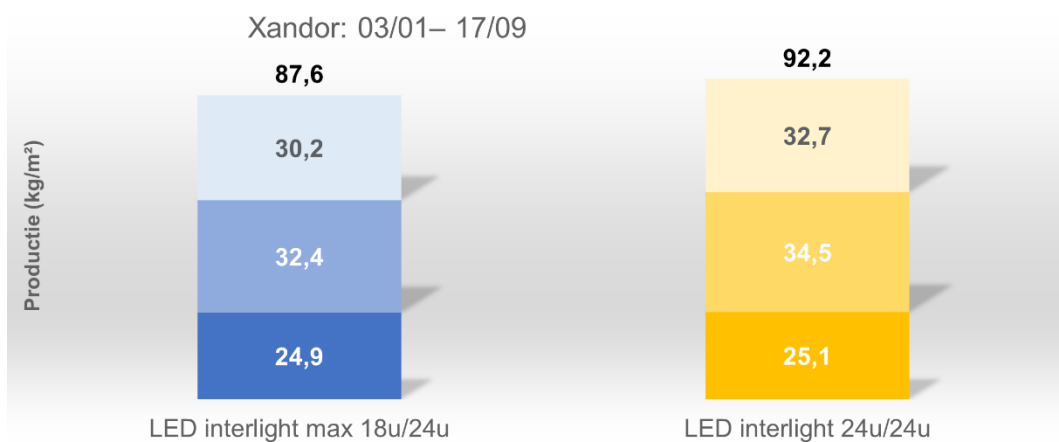
Flanders
State of the Art

5. Resultaten en bespreking

5.1 Opbrengst

De productieresultaten worden weergegeven in Figuur 2.

De referentie eindigde op 87,6 kg/m², terwijl de led interlight die continu brandde 92,2 kg/m² haalde. Het verschil werd vooral gemaakt in het voorjaar en de zomer.



Figuur 2: Productie bij een brandduur van maximaal 18 uur per dag en bij een continue brandduur

Tabel 3 toont aan dat het vruchtgewicht significant hoger was wanneer de led interlights continu brandden. Het verschil is het meest uitgesproken in van half maart tot eind juli (*Figuur 3*). De sortering was gelijkaardig (*Tabel 4*).

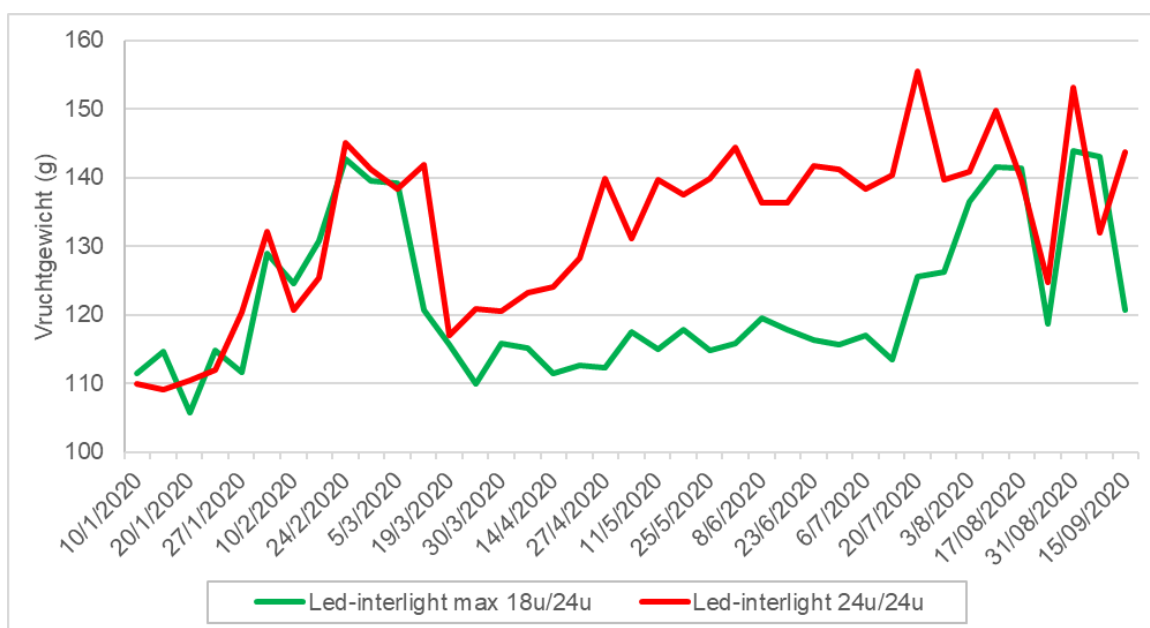
Tabel 3: Opbrengst, aantal vruchten en gemiddeld vruchtgewicht per object, totaal, winter, voorjaar en zomer.

TOTAAL	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Max 18u/24u	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Max 18u/24u	87,6 a	100	712	123 b
24u/24u	92,2 a	105	683	135 a

WINTER	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Max 18u/24u	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Max 18u/24u	15,6 a	100	128	122 a
24u/24u	15,1 a	97	124	122 a

VOORJAAR	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Max 18u/24u	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Max 18u/24u	30,8 a	100	263	117 b
24u/24u	31,9 a	97	242	132 a

ZOMER	Opbrengst (kg/m ²)	Relatief tov Max 18u/24u	Vruchten per m ²	Vrucht- gewicht (g)
Max 18u/24u	41,2 a	100	322	128 b
24u/24u	45,2 a	97	318	142 a



Figuur 3 Evolutie van het vruchtgewicht bij de referentie (max 18 uur per dag) en bij continue interlight-belichting

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
Max 18u/24u	1 a	55 a	39 a	4 a	1 a	0 a	0 a	1 a	2,1%
24u/24u	1 a	61 a	33 a	4 a	0 a	0 a	0 a	1 a	3,1%

WINTER	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Max 18u/24u	0 a	2 a	95 a	2 a	1 a	1 a	0 a	2 a	0,0%
24u/24u	0 a	1 a	96 a	3 a	0 a	0 b	0 a	1 a	0,0%

VOORJAAR	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Max 18u/24u	2 a	78 a	19 a	1 a	0 a	0 a	0 a	1 a	0,0%
24u/24u	1 a	78 a	18 a	2 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0,0%

ZOMER	7 vr/tr	6 vr/tr	5 vr/tr	4 vr/tr	3 vr/tr	los	gebarsten	groen	neusrot
Max 18u/24u	0 a	53 a	37 a	6 a	1 a	0 a	0 a	2 a	4,4%
24u/24u	1 a	64 a	27 a	6 a	1 a	0 a	0 a	1 a	6,2%

5.2 Plantontwikkeling

De maandelijkse plantmetingen en gewasbeoordelingen tonen geen verschillen aan (Tabel 5, Tabel 6). Het aantal aangelegde trossen ligt 1,6 trossen hoger bij de continue belichting, dit verschil is echter niet significant.

Tabel 5: Resultaten plantmetingen per object (totaal).

	Plantlengte (cm)	Behanglengte (cm)	Aantal trossen
Max 18u/24u	1121 a	209 a	34,1 a
24u/24u	1133 a	216 a	35,7 a

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

	Groeikracht	Gewas-geslotenheid	% trossen met achterblijvende vruchten	% onvolledige trossen
Max 18u/24u	5,7 a	5,8 a	3 a	1 a
24u/24u	5,7 a	5,6 a	3 a	1 a
	Score 0-10	Score 2-10	%	%



5.4 Energieverbruik en lichtefficiëntie

In totaal hebben de interlights 2459 uren gebrand bij de referentie en 5303 in het object waar ze continu brandden (*Tabel 7*). Het geïnstalleerd vermogen is even groot, maar door het hoger aantal branduren is het energieverbruik 28% hoger dan de referentie.. 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 geoogste tomaten, is er een toename van het energieverbruik met 22% wanneer de led interlights continu branden. De gerealiseerde lichtefficiëntie is 0,5 g/mol hoger bij de referentie.

Tabel 7: Branduren en energieverbruik per object

	4 SON-T + led interlight max 18u/24u	4 SON-T + led interlight 24u/24u
Branduren (uur)	2459	5303
Natuurlijk licht (mol)	6053	6053
Kunstlicht (mol)	1693	2565
Totale lichthoeveelheid (mol)	7746	8618
Vermogen (W/m ²)	125	125
Verbruik (kWh/m ²)	251	322
Verbruik relatief (%)	100%	128%
Productie (kg/m ²)	87,6	92,2
Energieverbruik (kWh/kg)	2,86	3,49
Energieverbruik relatief (%)	100%	122%
Lichtefficiëntie (g/mol)	11,3	10,7



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



6. Conclusies

Eerder onderzoek met SON-T-topbelichting toonde aan dat langdurig belichten plantstress veroorzaakt bij tomatenplanten. Dit leidde al na drie weken tot bladrand, bladchlorose, bleekgroene groeipunten, een zwakke kop en kleiner blad (zie artikel 'Langdurig 20 uur belichten is geen aanrader', Proeftuinnieuws nummer 15 van 8 september 2017). De vraag is of dit probleem zich ook stelt bij gebruik van led-interlights. Vorig jaar werd een kleine oriënterende proef opgezet waarin we de belichting met led-interlights geleidelijk aan opvoerden tot 24 uur per dag. Dat bleek perfect te lukken. Deze nieuwe proef bevestigt alvast dat continue belichting met led-interlight niet schadelijk is voor de planten. Maar is het ook een meerwaarde? Kunnen we hiermee meer tomaten produceren en weegt dit op tegen het hogere energieverbruik?

Door de led-interlights continu te laten branden werd er 51% meer kunstlicht gegeven aan de planten in vergelijking met de referentie. Hierdoor stijgt het energieverbruik per kilogram tomaat met 22%. De totale lichthoeveelheid (kunstlicht én zonlicht) ligt 11% hoger, wat resulteert in een meerproductie van 5% of 4,6 kg/m². Deze meerproductie wordt pas gerealiseerd na de winterperiode wanneer het verschil in branduren tussen de twee objecten groter wordt.

De efficiëntie voor omzetting van licht (mol) naar productie (g) bedraagt 11,3 g/mol voor de referentie en 10,7 g/mol voor de continue belichting. Dat wil zeggen dat de referentie efficiënter omging met het toegediende licht dan de planten in het object met continue interlight-belichting.

Door het donkere weer in januari en februari was er dit jaar een tekort aan licht, wat met enige vertraging resulteerde in een lager vruchtgewicht dan verwacht wanneer de tomaten volledig waren uitgegroeid en rijp voor oogst. Dat verklaart waarom het vruchtgewicht van de referentie sterk terugvalt in maart. Een gelijkaardige evolutie zien we bij de continue interlight-belichting, alleen is de daling hier kleiner omdat er bij dit object meer branduren worden gemaakt met de led-interlights en de planten dus meer licht krijgen.

Door het zeer zonnige voorjaar werden de led-interlights in de referentie van half mei tot half juni volledig uitgeschakeld. Dat had een negatieve impact op het vruchtgewicht. Op 10 juni werden de interlights opnieuw aangeschakeld tijdens de ochtenduren, waardoor het vruchtgewicht vanaf eind juli terug toenam. Bij de continue interlight-belichting zagen we het vruchtgewicht vanaf mei beduidend toenemen.

Door de interlights continu te laten branden kan het vruchtgewicht dus wel op peil worden gehouden. De vraag is echter of het hiervoor nodig is om continu te belichten. Misschien is het mogelijk om met minder branduren hetzelfde resultaat te behalen. Waar deze lichtdrempel ligt in verhouding tot de stengeldichtheid moet verder worden onderzocht.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

