

Rapport 5.1 - paprika

ENERGLIK 2025 – Proefcentrum Hoogstraten

Auteurs: Steffi Pot



Disclaimer: Dit document mag niet verder verspreid worden zonder toestemming vanuit het Energlik-consortium.
De leden van het projectconsortium kunnen niet verantwoordelijk gesteld worden voor eventuele schade.

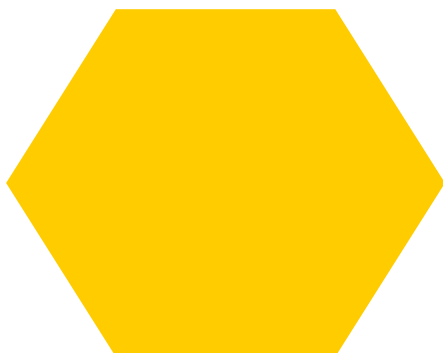
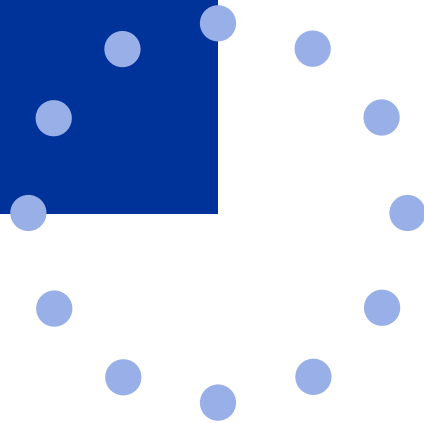
**Hoog
mikken voor
de lage landen!**

grensregio.eu

Inhoud

1. Introductie	3
1.1 ENERGLIK.....	4
1.2 Doelstelling taak 5.1.....	4
1.3 Proefopzet.....	5
1.3.1 Schermkeuze	5
1.3.2 Actieve ontvochtiging	5
1.3.3 Klimaat- en schermsturing	5
2. Resultaten energie en klimaat	7
2.1 Energiebesparing.....	8
3. Resultaten teelt	9
3.1 Productie en opbrengst.....	10
3.2 Gewasstand	11
3.3 Assimilatenbalans	12
3.4 Kwaliteit.....	13

1. Introductie



1.1 ENERGLIK

In kader van de energiecrisis van 2022 en de klimaatdoelstellingen van 2030 staan vele telers voor een uitdaging. Hoe kan je op een energiezuinige manier rendabel blijven telen? In het Interreg Vlaanderen-Nederland project ENERGLIK slaan tal van partners de handen in elkaar om de glastuinbouwsector hierin te ondersteunen. Er wordt gericht op vier innovatieve technologieën voortbouwend op het GLITCH-innovatie-project. Meer informatie over ENERGLIK wordt weergegeven in Tabel 1, alsook op de projectwebsite. Tijdens het driejarige project zal Proefcentrum Hoogstraten instaan voor het praktijkonderzoek in paprika.

Tabel 1: samenvatting projectinformatie

Projectfinanciering	Interreg Vlaanderen-Nederland FIO, Provincie Antwerpen, Agentschap Landbouw en Zeevisserij
Projectduur	01/03/2023 - 28/02/2026
Projectpartners	Proefcentrum Hoogstraten als coördinator Proefstation voor de Groenteteelt, Thomas More, UGent, Universiteit Maastricht, EV-ILVO, Plant Lighting B.V., Tomerel, Botany BV, Maurice Kassenbouw en Wageningen Research
Innovaties	1. CO ₂ captatie 2. Energiebalancerende schermen 3. Actieve ontvochtiging 4. Sensor voor detectie schimmelsporen
Teelten	Paprika, komkommer en tomaat
Website	https://www.proefcentrum.be/energlik https://interregvlandeu/energlik/nieuws-events

1.2 Doelstelling taak 5.1

In dit onderdeel van het project worden de vier verschillende innovaties gecombineerd, gevalideerd en gedemonstreerd op de praktijkcentra voor de drie teelten paprika, komkommer en tomaat. De vier innovatiepistes werden als volgt opgenomen in de teeltproef:

- **Energiebalancerende schermen:** In het project werken UGent en WUR samen met meerdere schermfabrikanten om nieuwe materialen te evalueren. Op basis van de analyses en in samenwerking met de technische werkgroep, selecteerde het consortium de geschikte combinatie voor de proef.
- **Ontvochtigingssysteem:** In deze proef werd een Air&Energy systeem van Maurice Kassenbouw gebruikt voor ontvochtiging. Dit systeem is gebaseerd op actieve ventilatie.
- **Efficiënte CO₂-dosering:** Binnen deze taak werd initieel voorzien om de CO₂-efficiënter toe te passen. De begeleidingsgroep koos er echter voor om de algemene sturing van CO₂ gelijk in te stellen aan de referentieafdeling, met hierbij in het achterhoofd dat externe CO₂-bronnen wellicht in de nabije toekomst populairder worden. PlantLighting analyseerde wel de assimilatenbalans om de efficiëntie doorheen de teelt op te volgen.
- **Sensor voor sporendetectie:** Binnen deze taak werd initieel voorzien om prototypes te testen die het verloop van de sporenconcentratie opvolgen in de teelt om met deze gegevens de ventilatie te optimaliseren. De sensor voor Fusarium kon echter niet tijdig ontwikkeld worden om deze in de teelt in te zetten.

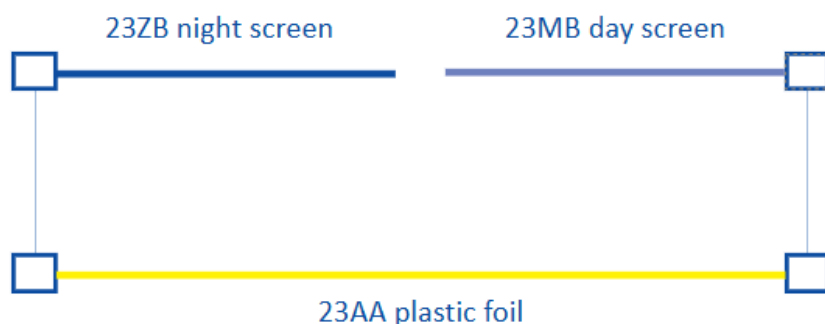


1.3 Proefopzet

De proef werd uitgevoerd in twee afdelingen: een proefafdeling (490 m²) en een referentieafdeling (459 m²). Op 3 december 2024 werden in beide afdelingen paprika's van het ras Mathieu (Enza Zaden) geplant met een stengeldichtheid van 7,1 stengels/m². In de proefafdeling werd een geavanceerd energie-balancerend schermstelsel met nieuw ontwikkelde schermen geïnstalleerd, werd gebruikgemaakt van actieve ontvochtiging en werd een energiezuinige klimaat- en schermsturing toegepast. De proefafdeling werd vergeleken met de referentieafdeling, waarin standaard schermen werden gebruikt, geen actieve ontvochtiging aanwezig was en een standaard klimaat- en schermsturing werd gehanteerd.

1.3.1 Schermkeuze

In de proefafdeling werd op het onderste dradenbed een beweegbare polyvinylideenfluoride (PVDF) folie (23AA) geïnstalleerd (Figuur 1). Deze folie kenmerkt zich door hoge lichttransmissie, lage reflectiviteit en hoge emissiviteit. Omdat de PVDF-folie geen vocht doorlaat, wordt aanbevolen deze te gebruiken in combinatie met een actief ontvochtigingssysteem. De hoge lichttransmissie maakte het mogelijk het scherm langer gesloten te houden. Op het bovenste dradenbed werden een beweegbaar dagscherf (23MB) en een beweegbaar aluminium nachtscherf (23ZB) geplaatst. Beide schermen kunnen open zijn, maar niet gelijktijdig gesloten. Het nachtscherf is lichtdicht, heeft een hoge reflectiviteit, lage transmissiviteit en hoge vochtdoorlaatbaarheid. Het dagscherf heeft een hoge transmissiviteit, lage emissiviteit en eveneens hoge vochtdoorlaatbaarheid. De hoge reflectiviteit helpt om warmte in de serre te behouden, terwijl lage emissiviteit en lage absorptie zorgen dat het scherm minder warmte opneemt en uitstraalt naar de omgeving. Een lage transmissiviteit voorkomt dat warmtestraling van planten of verwarmingssystemen direct door het scherm naar het kasdek of buiten ontsnapt. In de referentieafdeling zijn twee schermen aanwezig: Luxous 1147 FR Eco en Luxous 1547 D FR (Svensson).



Figuur 1: Opstelling van de schermen in de proefafdeling

1.3.2 Actieve ontvochtiging

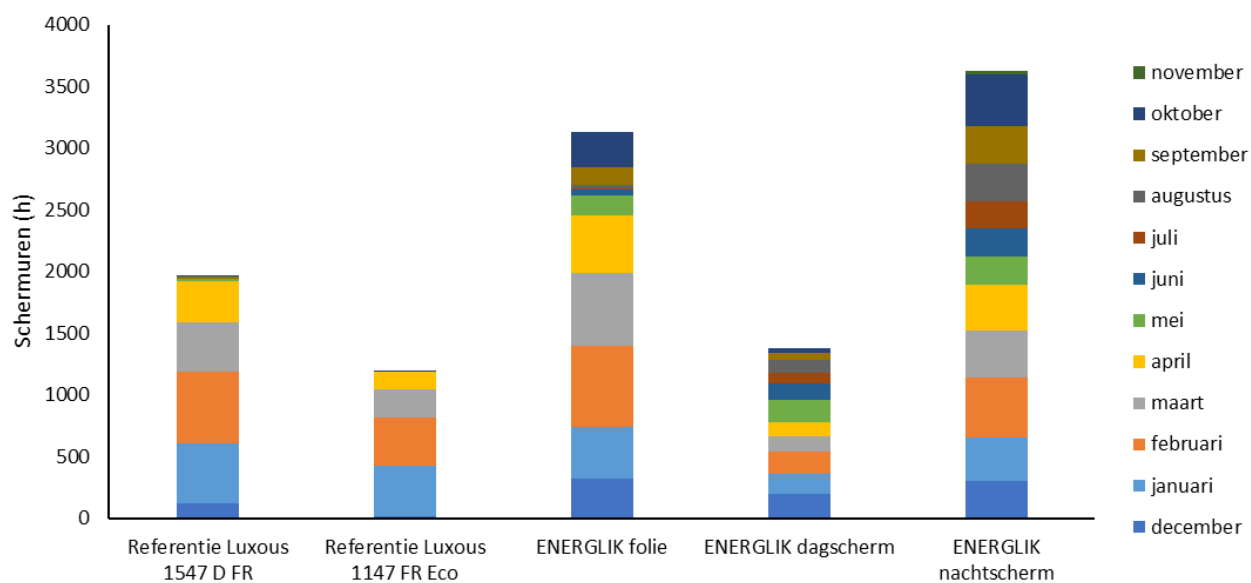
In de proefafdeling werd een actief ontvochtigingssysteem toegepast op basis van een kruisstroomwarmtewisselaar (Air&Energy, Maurice Kassenbouw). Het systeem werkt volgens het principe van actieve ventilatie en ontvochtigt de kas door vochtige binnenlucht af te voeren en te behandelen via een lucht/lucht-warmtewisselaar. De vochtige lucht wordt door ventilatoren aangezogen en passeert de warmtewisselaar, waarbij waterdamp condenseert. De vrijgekomen warmte wordt benut om de droge buitenlucht op te warmen, waarna deze via slurven onder de goot weer de kas in wordt geblazen. De inkomende lucht kan bovendien nog na-verwarmd worden tot de gewenste temperatuur. In de referentieafdeling is geen actieve ontvochtiging aanwezig.

1.3.3 Klimaat- en schermsturing

In de proefafdeling werd een aangepaste klimaat- en schermsturing toegepast, terwijl in de referentieafdeling een standaard klimaat- en schermsturing werd gehanteerd. Hoewel de etmaaltemperaturen in beide afdelingen gelijk werden gehouden, werd in de proefafdeling een vlakkere temperatuursturing toegepast. Bovendien startte de verwarming in de proefafdeling 's ochtends later om optimaal gebruik te maken van het zonlicht. De relatieve vochtigheid (RV) mocht in de proefafdeling hoger oplopen dan in de referentieafdeling, met een gemiddelde van 86 % versus 78 %. In de proefafdeling werd intensiever gebruikgemaakt van de schermen: 3128 uur met de PVDF-folie, 1382 uur met het dagscherf en 3624



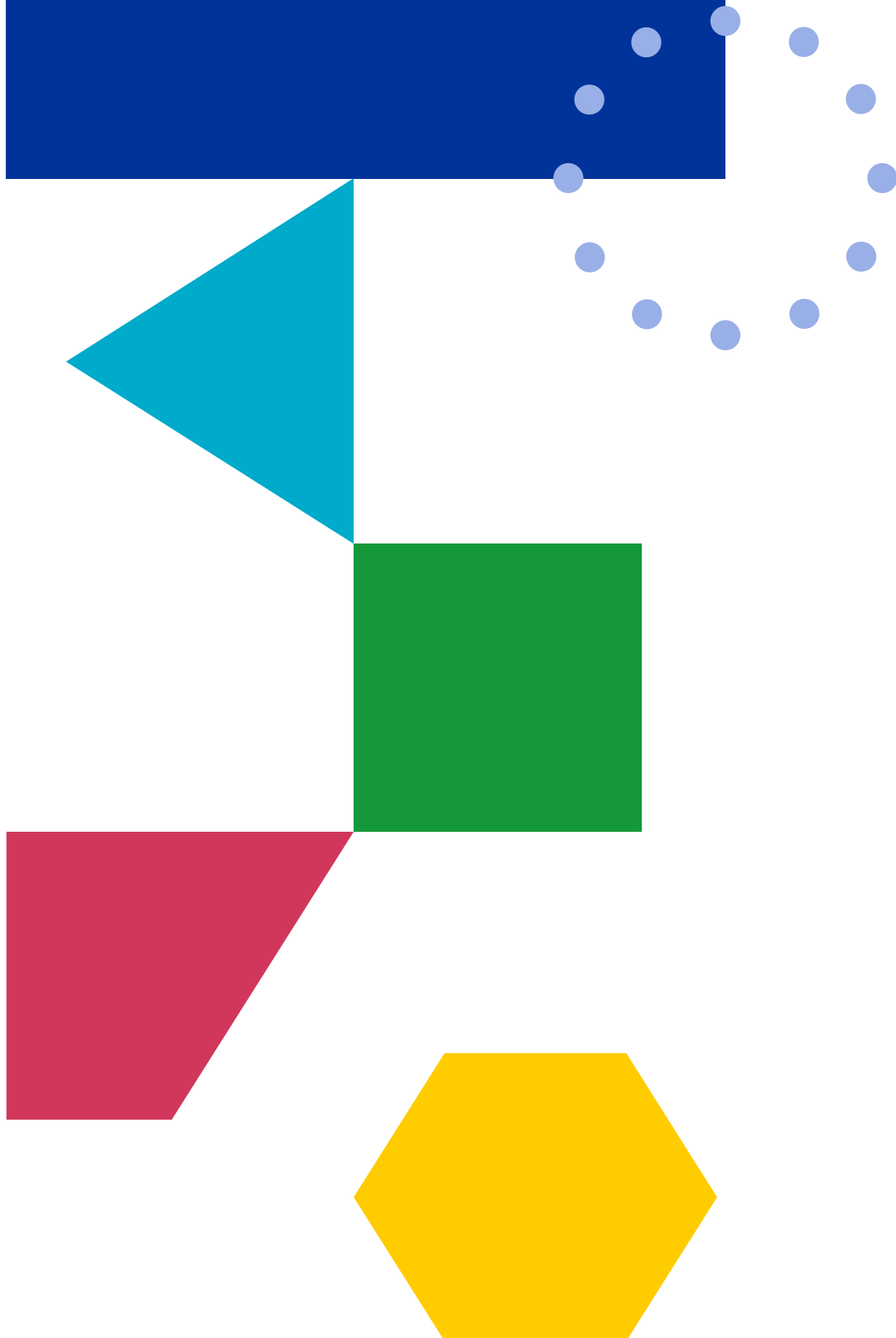
uur met het nachtscherf. In de referentieafdeling werden het onderste scherm 1967 uur en het bovenste scherm 1190 uur gebruikt. (Figuur 2).



Figuur 2: Het aantal schermuren voor de verschillende schermen in de referentie- en de ENERGLIK-afdeling per maand.

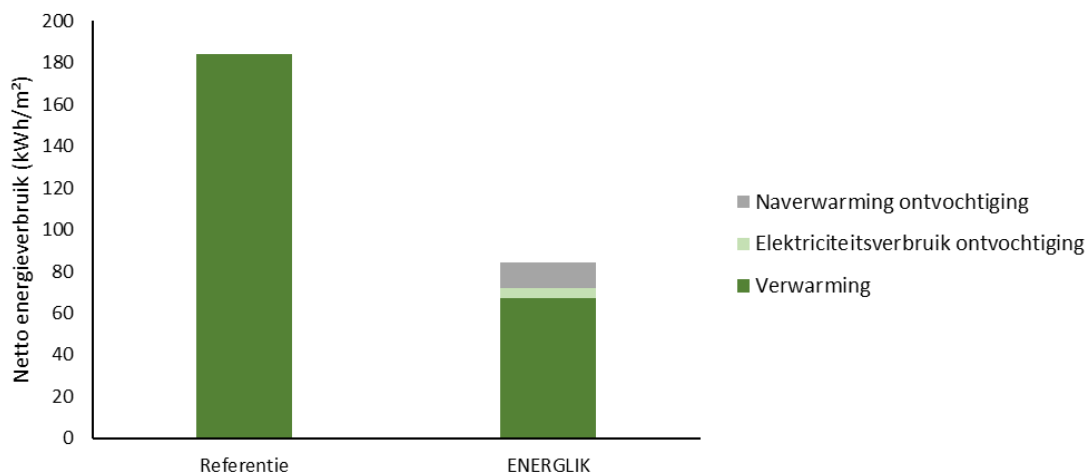


2. Resultaten energie en klimaat

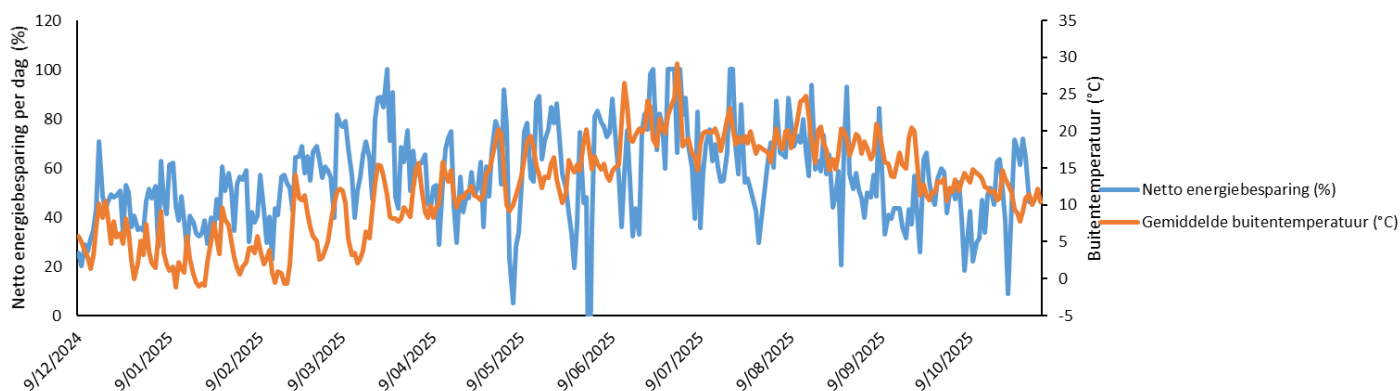


2.1 Energiebesparing

De resultaten tonen dat de proefafdeling een netto energieverbruik (verwarming en elektriciteit samen) van 84 kWh/m² heeft, tegenover 184 kWh/m² in de referentieafdeling, wat neerkomt op een energiebesparing van 54 % (Figuur 3). Het energieverbruik van de luchtbehandelingsunit (LBU) in de proefafdeling bedraagt 19,4 kWh/m², goed voor 23% van het totale energieverbruik (84 kWh/m²), waarbij 7,4 kWh/m² elektriciteitsverbruik en 12 kWh/m² gasverbruik voor naverwarming zijn. De dagelijkse energiebesparing correleert grotendeels met de buitentemperatuur: bij hogere gemiddelde dagtemperaturen wordt meer energie bespaard (Figuur 4). Bij lagere buitentemperaturen neemt de warmtevraag in de serre sterk toe om het teeltklimaat te handhaven, waardoor het resterende warmteverlies groter blijft ondanks verbeterde isolatie en de zichtbare energiebesparing afneemt. De cumulatieve energie-efficiëntie bedraagt 0,46 kg/kWh in de proefafdeling en 0,23 kg/kWh in de referentieafdeling, wat neerkomt op een verbetering van 100%.



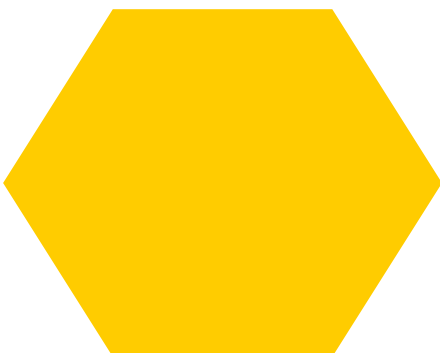
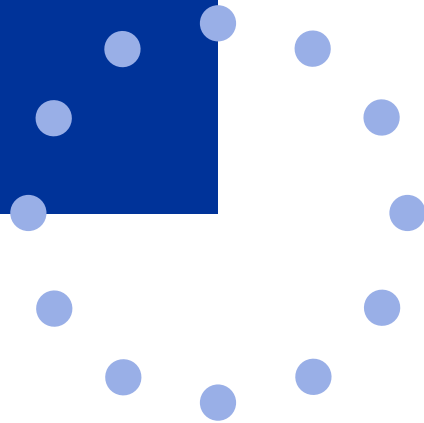
Figuur 3: Netto energieverbruik (kWh/m²) in de referentie- en ENERGLIK-afdeling, opgesplitst in energieverbruik voor verwarming, elektriciteitsverbruik van het ontvochtigingssysteem en energieverbruik voor naverwarming door het ontvochtigingssysteem.



Figuur 4: Netto energiebesparingen per dag (%) en de gemiddelde buitentemperatuur per dag (°C)

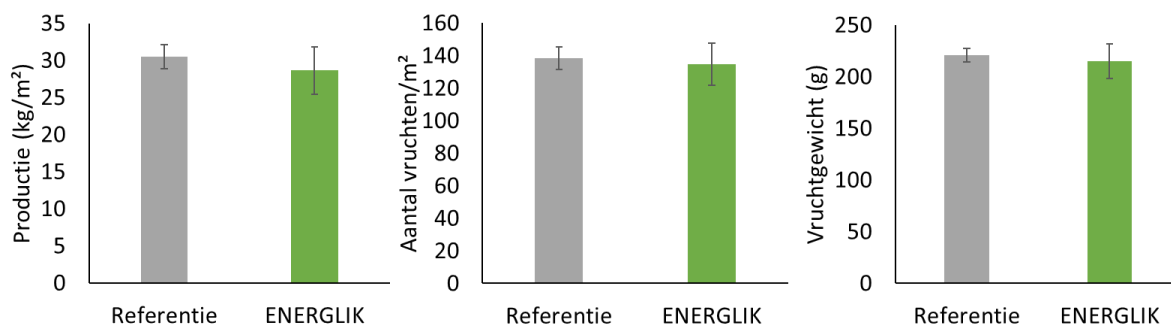


3. Resultaten teelt

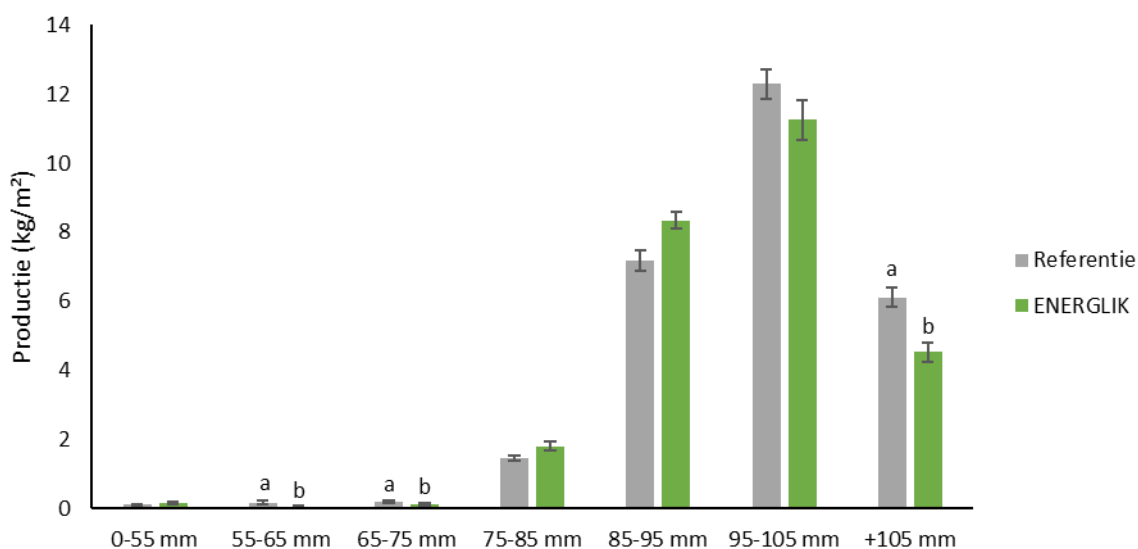


3.1 Productie en opbrengst

In de proefafdeling werd een productie van 28 kg/m² behaald, tegenover 30,5 kg/m² in de referentieafdeling (Figuur 5). Dit verschil was echter niet significant. Eveneens waren het aantal vruchten per vierkante meter (respectievelijk 138 en 134 vruchten in de referentie- en proefafdeling) en het gemiddelde vruchtgewicht (respectievelijk 215 g en 221 g) niet significant verschillend tussen beide afdelingen. De sortering vertoonde daarentegen wel significante verschillen tussen de afdelingen (Figuur 6). De productie in sortering 55-65 mm, sortering 65-75 mm en sortering +105 mm is significant lager in de proefafdeling ten opzichte van de referentieafdeling. Deze verschillen in productie en sortering resulteerden in een cumulatieve omzet die lager lag in de proefafdeling (115 €/m²) dan in de referentieafdeling (118,9 €/m²). De omzet werd berekend op basis van de wekelijkse middenprijzen van Coöperatie Hoogstraten. De uitgroeiduur van de vruchten was 1,3 dagen langer in de referentieafdeling in vergelijking met de proefafdeling (Figuur 7).

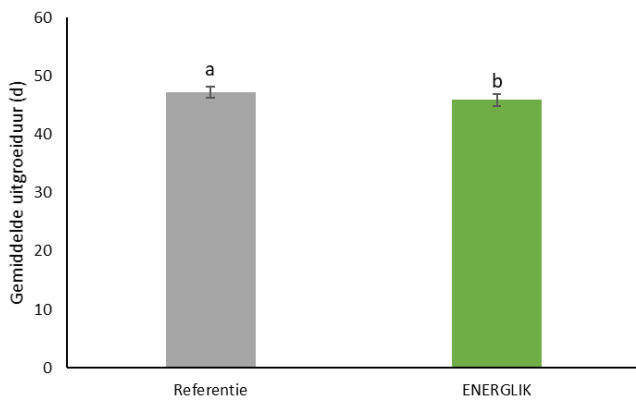


Figuur 5: Productie (kg/m²), aantal vruchten/m² en vruchtgewicht (g) in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK).



Figuur 6: Percentage van productie (%) in de verschillende sorteringsklassen voor de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK). Significante verschillen tussen de afdelingen zijn aangeduid met letters.

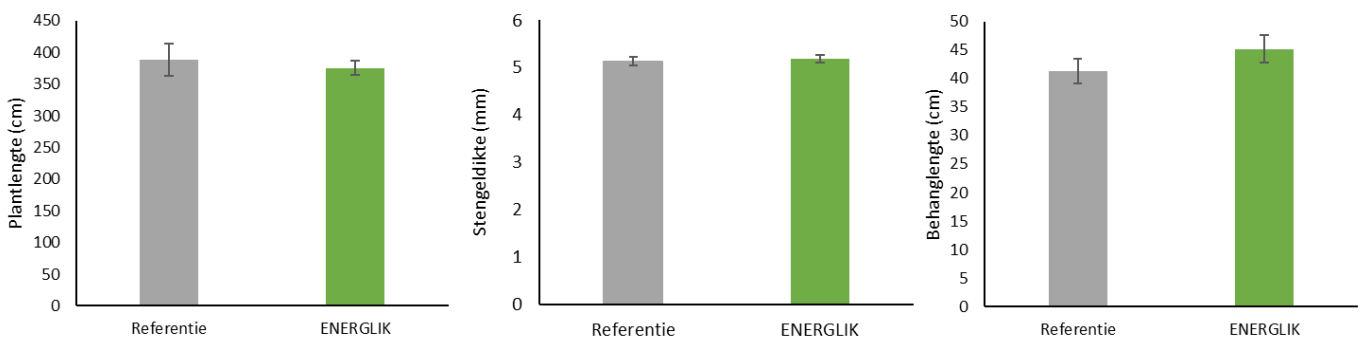




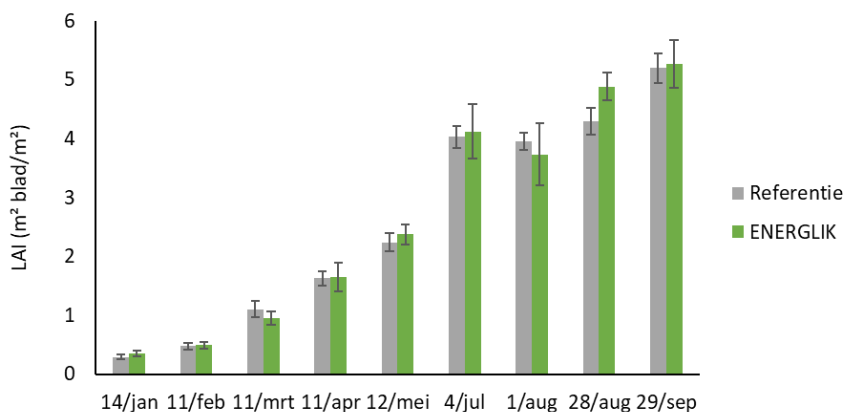
Figuur 7: Uitgroei-duur van de vruchten (dagen) in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK). Significante verschillen tussen de afdelingen zijn aangeduid met letters.

3.2 Gewasstand

Er werden geen significante verschillen waargenomen in plantlengte, stengeldikte of behanglengte tussen de afdelingen (Figuur 8). Eveneens werden geen significante verschillen vastgesteld in de *leaf area index* (LAI, m² blad per m²) gedurende de teeltperiode (Figuur 9). Ook 'leaf mass per area' (LMA, g/m²) en het percentage droge stof in de bladeren vertoonden geen significante verschillen (Figuur 10). Verder werden geen verschillen waargenomen in ziekte- en plaagdruk, en er werden geen schimmelziekten vastgesteld in beide afdelingen.

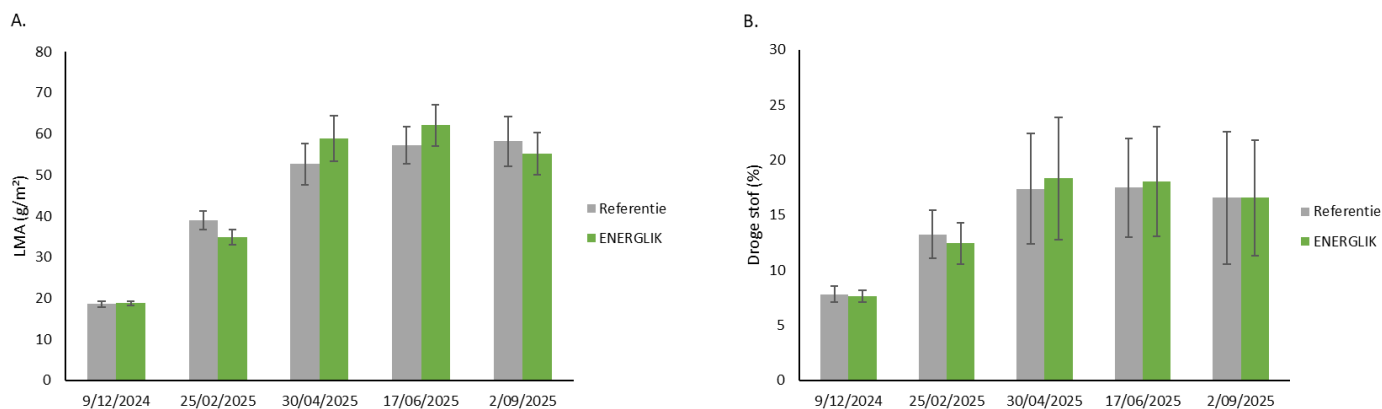


Figuur 8: Plantlengte (cm), stengeldikte (mm) en behanglengte (cm) in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK)



Figuur 9: Leaf area index (LAI; m² blad/m²) op verschillende momenten doorheen de teelt in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK)





Figuur 10: (A) 'Leaf mass per area' (LMA; g/m²) in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK); (B) Percentage droge stof (%) in de bladeren in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK)

3.3 Assimilatenbalans

Er is gerekend aan de assimilatenbalans van de verschillende teelten op basis van regelmatig verzamelde gegevens van het klimaat en de gewasontwikkeling. Plant Lighting heeft voorafgaand aan de teelt nog eens de meetmethode en frequentie doorgenomen met de projectpartners. Door veel metingen uit te voeren in zowel de referentie als Energlik-afdelingen hoefde minder op aannames worden geleund dan in eerdere teelten. Kort gezegd geven de resultaten aan dat i) de aanmaak en het verbruik van suikers over het algemeen in balans is en ii) belangrijker, er geen grote verschillen in balans tussen referentie en Energlik zijn. Op de volgende pagina's worden de resultaten per gewas besproken. Hieronder volgt een korte uitleg over de methode en toepassing.

Methode en toepassing

De assimilatenbalans wordt uitgedrukt in gram suikers/m²/week en is een weergave van berekeningen aan de aanmaak en het verbruik van suikers door een gewas over de tijd. De aanmaak van suikers is berekend vanuit de gewasfotosynthese, welke wordt vastgesteld op basis van gewasfotosynthese-modellen. Hiervoor werd de leaf area index (LAI) non-destructief bepaald en werden de fotosynthese-eigenschappen van bladeren op verschillende hoogtes in het gewas en over de tijd bepaald. Bestaande datasets van meerdere metingen werden ook gebruikt. Voor de berekeningen van de gewasfotosynthese per 5 minuten werden de volgende klimaatgegevens gebruikt: lichtintensiteit (PAR), CO₂-concentratie en temperatuur van zowel lucht als plant. Het verbruik van suikers werd berekend voor de vruchten (generatief verbruik) en het gewas (vegetatief). De opbrengst, uitgroeiduur en het percentage droge stof van vruchten is gemeten om het generatief verbruik van assimilaten te berekenen. De bijgroei van nieuw blad en droge stof per bladoppervlak (LMA) werden gebruikt om het vegetatieve assimilatenverbruik van de bijgroei te berekenen. Op grond van het vegetatieve assimilatenverbruik van de bladeren werd ook het verbruik van stengels en wortels ingeschat. Om het totale assimilatenverbruik te berekenen is ook rekening gehouden met de assimilaten die nodig zijn voor onderhoud van bestaand plantenmateriaal.

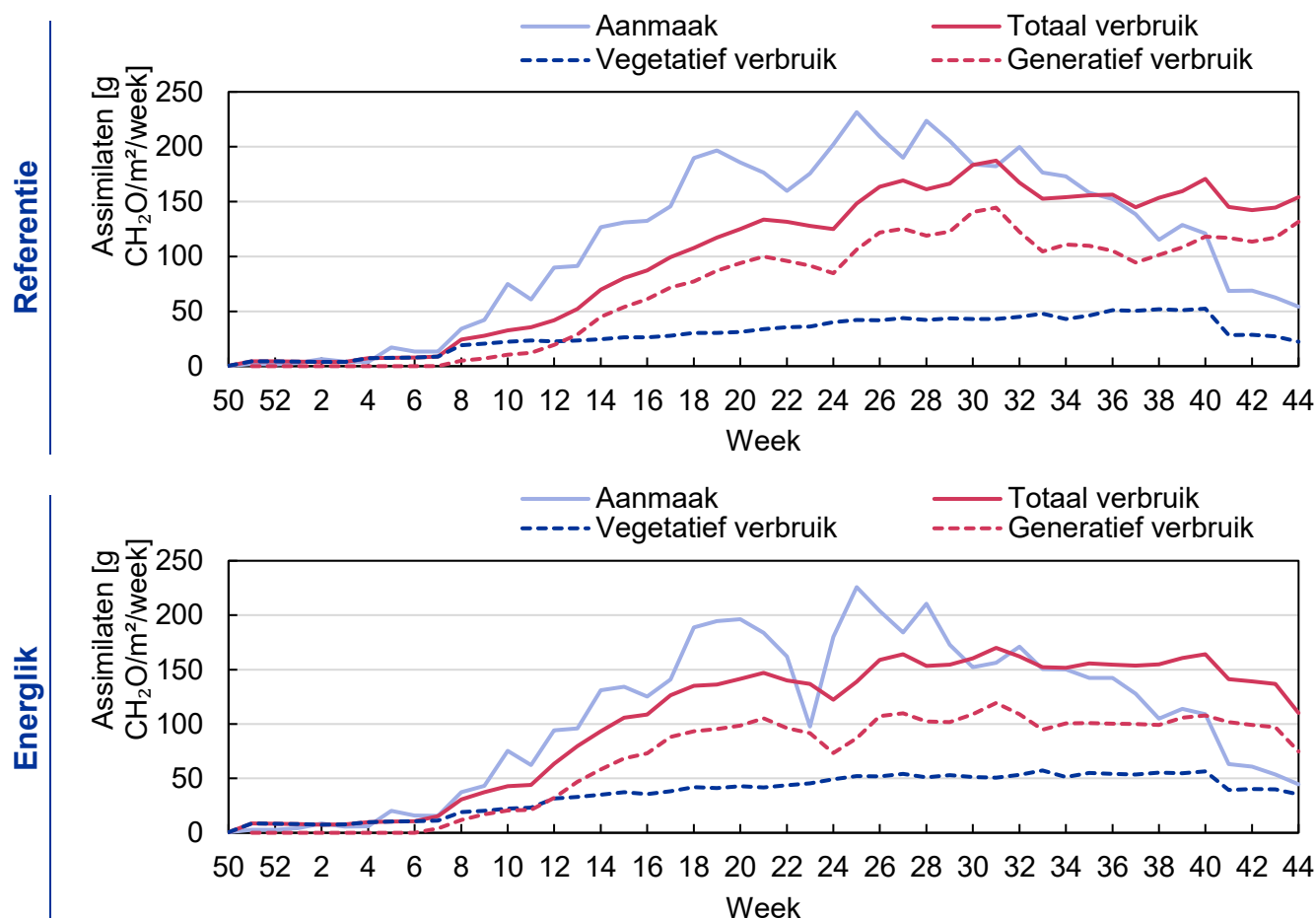
De balans geeft inzicht in de beschikbare assimilaten voor productie over de tijd. Een onbalans moet worden vermeden. Dat kan bijvoorbeeld ontstaan bij een hoge plantbelasting en een periode met weinig licht of lage CO₂-concentratie in de kas, met lage vruchtgewichten of vruchtabortie tot gevolg. Door een beperkte beschikbaarheid van natuurlijk daglicht, een dik schermpakket en meer schermuren in de winter komt er minder licht in de kas en zal de aanmaak van suikers ook lager zijn.

Er waren geen grote verschillen in de assimilatenbalans tussen referentie en Energlik (Figuur 11). Het vegetatieve verbruik steeg geleidelijk over de tijd, wat overeenkomt met een toenemend bladerdek. Het generatieve verbruik laat een fluctuerend patroon zien wat te maken heeft met de aanleg van vruchten in golven. Het gezamenlijke assimilatenverbruik nam tot halverwege de teelt gestaag toe, wat samenhangt met een toename in de plantbelasting en bladgroei.



De aanmaak van assimilaten nam in de eerste helft van de teelt toe in overeenstemming met een toename in de lichtsom en de toename van lichtonderschepping (via de LAI). Na week 28 nam de assimilatenaanmaak af door het afnemen van de natuurlijke PAR-som. De laatste weken van de teelt werd er een assimilaten tekort berekend in beide afdelingen. In week 34 is de bladfotosynthese in beide afdelingen gemeten en werden er geen schade gevonden aan het fotosyntheseapparaat van het gewas.

De resultaten laten zien dat de forse energiebesparende maatregelen in Energik geen negatieve impact hebben gehad op de aanmaak van suikers bij paprika, wat ook bevestigd is door de vergelijkbare opbrengst als in de referentieafdeling.



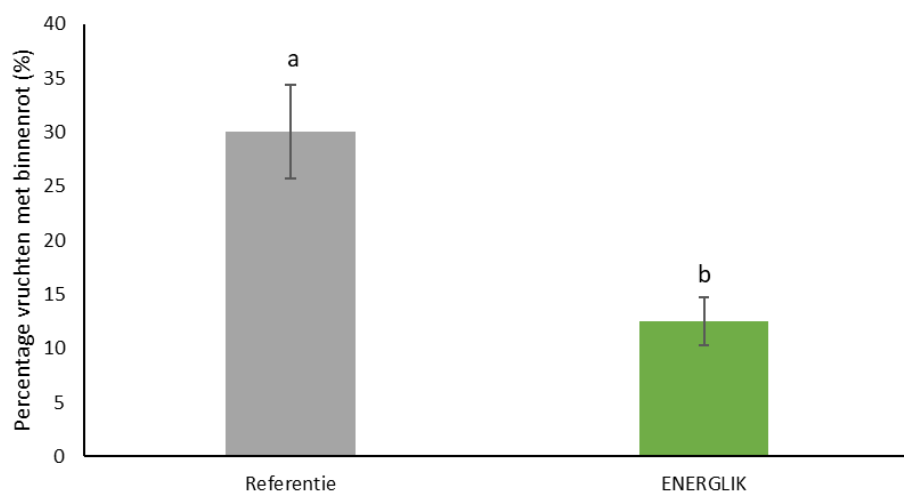
Figuur 11: De assimilatenbalans in g CH₂O per m².

3.4 Kwaliteit

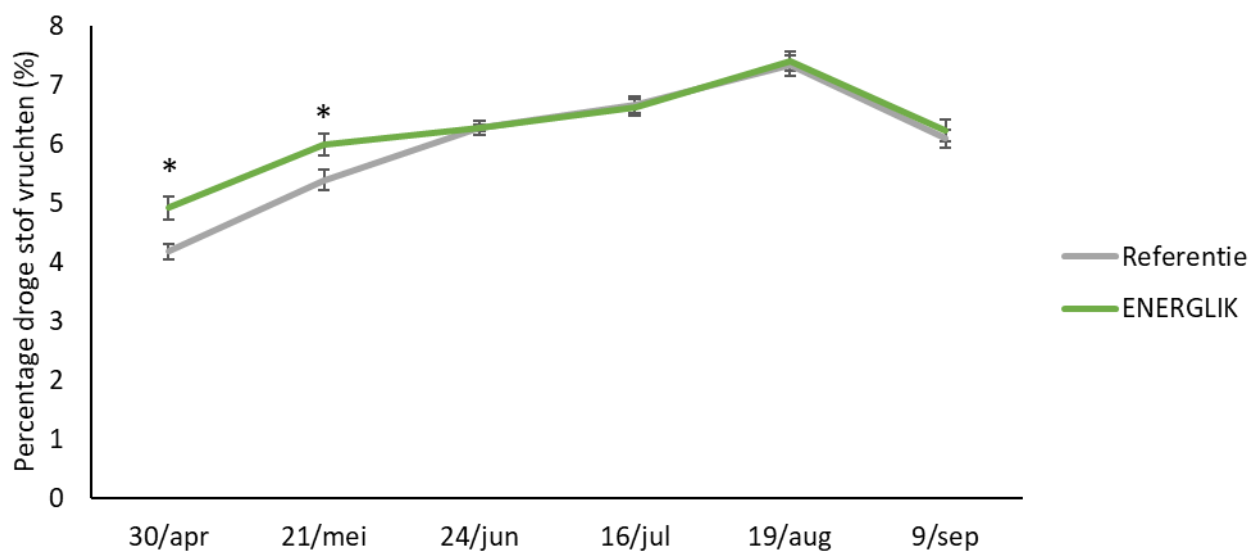
Er werd een significant verschil waargenomen in het percentage vruchten met binnenrot tussen de twee afdelingen. Het percentage binnenrot was aanzienlijk lager in de proefafdeling (12,5%) vergeleken met de referentieafdeling (30%) (Figuur 12). Het lagere binnenrotpercentage in de proefafdeling kan mogelijk worden verklaard door een combinatie van een stabiel klimaat met stabielere relatieve luchtvochtigheid, minder temperatuurschommelingen en betere luchtcirculatie, waardoor de vruchten droger blijven en schimmelontwikkeling wordt geremd. Vervolgonderzoek is nodig om deze verklaring te bevestigen. Voor andere kwaliteitsparameters, zoals binnengroei, kleur, glans, stevigheid, scheurtjes of rimpels, werden geen verschillen tussen de afdelingen vastgesteld. Daarnaast werd een significant verschil in het droge-stofgehalte van de vruchten vastgesteld in april en mei (Figuur 13). Het droge-stofgehalte was significant hoger in de proefafdeling in april en mei. Een mogelijke verklaring voor het hogere droge-stofgehalte in de proefafdeling in april en mei is dat de aangepaste klimaatregeling, met minder temperatuurschommelingen en hogere relatieve luchtvochtigheid, het



vochtverlies uit de vruchten beperkte en de opgeloste stoffen tijdelijk verhoogde. Op latere meetmomenten werden geen significante verschillen waargenomen.



Figuur 12: Percentage vruchten met binnenrot (%) in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK). Significante verschillen tussen de afdelingen zijn aangeduid met letters.



Figuur 13: Percentage droge stof van de vruchten (%) in de referentie- en proefafdeling (ENERGLIK) op verschillende momenten tijdens de teelt. Een asterisk duidt significante verschillen tussen de twee afdelingen aan.



Met de steun van:



Interreg
Vlaanderen-Nederland



Gefinancierd door
de Europese Unie

Energlik



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Ministerie van Economische Zaken



**Provincie
Antwerpen**



provincie limburg



provincie
Oost-Vlaanderen

Partners:



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Maastricht University

