

Wat is het kasdek van de toekomst?

02-07-2024; energiek-event

Frank Kempkes, Gert-Jan Swinkels



Teveel om te bespreken maar een selectie

- Natuurlijk licht in de kas
- Nieuw glas op de kas
- Low- ϵ
- PV en kasdek
- Veel info te vinden op de kaskieswijzer

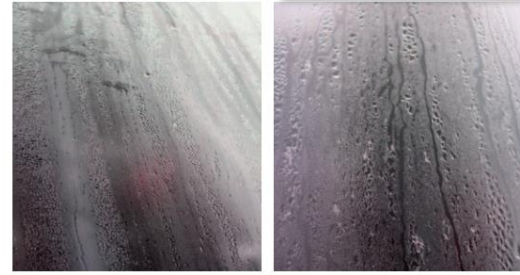
<https://wiki.groenkennisnet.nl/space/KAS>

Natuurlijk licht in de kas

Totale transmissie

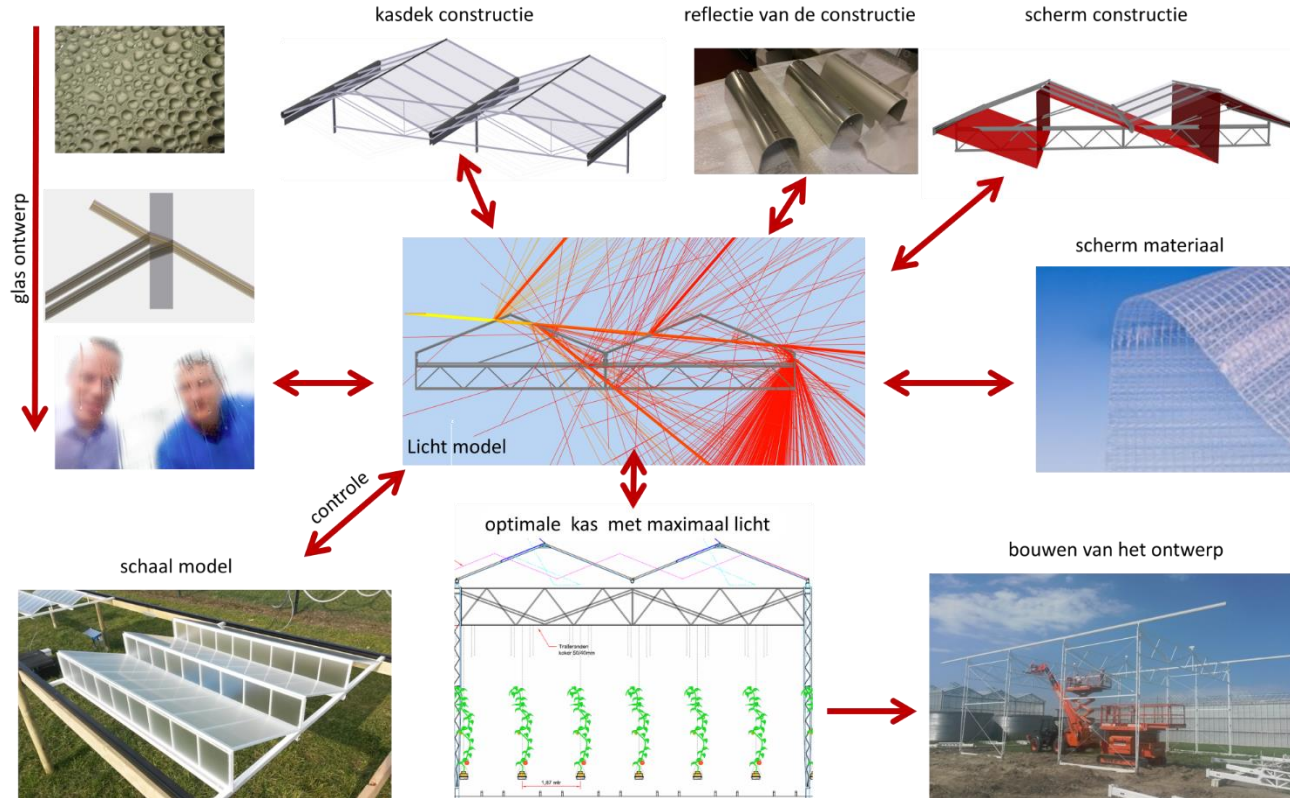
- Diffuus / helder kasdek materiaal
- Condensatie eigenschappen
- kasdek type (Venlo, tunnel, etc.)
 - Dek helling
 - Symmetrisch / asymmetrisch
 - etc.
- Kas oriëntatie
- Reflectie constructie

Interacties !



www.rufepa.com

De zaagtand als startpunt voor uiteindelijk ontwerp

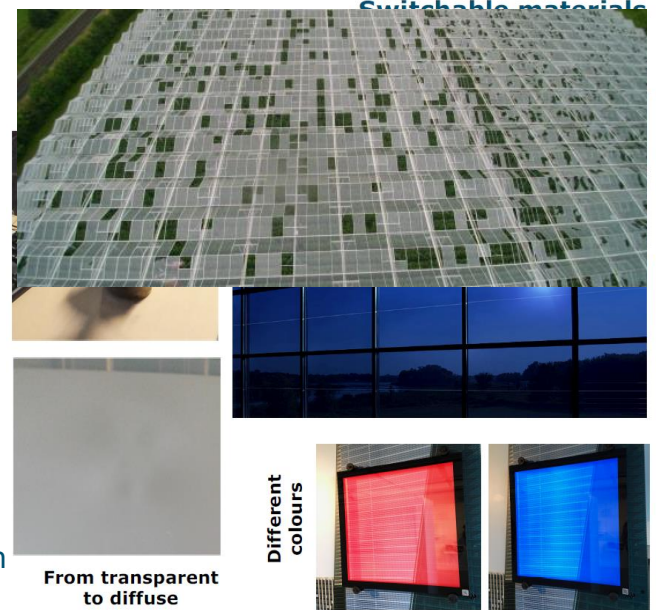


Nieuw glas op de kas

Nieuw glas op de kas (2023)

Ontwikkelingen op het gebied van

- Veilige materialen (extremer weer)
 - Gehard glas (thermisch, chemisch)
 - Gelamineerd glas
- Adaptieve materialen (betere controle)
 - Elektrochrom: elektrische spanning (ramen)
 - Fotochrome materialen: lichtintensiteit (brillen en lenzen)
 - Thermochroom: temperatuur (textiel, indicatoren).
 - Vloeibare kristalmaterialen: elektrisch veld (beeldschermen)
 - Vormgeheugenmaterialen: temperatuur (structuur)
- Isolerende materialen (energietransitie)



Isolerende materialen

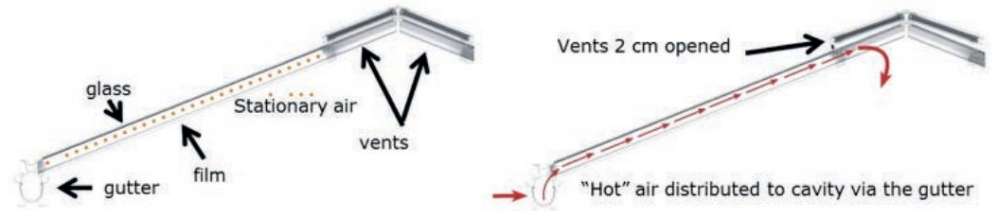
- **VenLow kas (2013)**

3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)



Isolerende materialen

- **VenLow kas (2013)**
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk



Isolerende materialen

- **VenLow kas (2013)**
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk
- **Berry Energy Saving Technology (BEST) (2020)**
Noppenfolie, alternatief voor volle grond. → 'goedkoop' kasconcept



Isolerende materialen

- **VenLow kas (2013)**
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk
- **Berry Energy Saving Technology (BEST) (2020)**
Noppenfolie, alternatief voor volle grond. → 'goedkoop' kasconcept
- **BBBLS (2016, NL/Noorwegen)**
Zeepbellen tussen dubbel EFTE
- **Liquid foam (2009, Canada)**
Voeibaar schuim tussen dubbellaags PE (30-60% besparing)

Isolerende materialen

- **VenLow kas (2013)**
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk
- **Berry Energy Saving Technology (BEST) (2020)**
Noppenfolie, alternatief voor volle grond. → 'goedkoop' kasconcept
- **BBBLS (2016, NL/Noorwegen)**
Zeepbellen tussen dubbel EFTE
- **Liquid foam (2009, Canada)**
Voeibaar schuim tussen dubbellaags PE (30-60% besparing)
- **Aearo-gels**
Schuim op nano-schaal, (extreem) hoge transmissie, niet stabiel



Isolerende materialen

- **VenLow kas (2013)**
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk
- **Berry Energy Saving Technology (BEST) (2020)**
Noppenfolie, alternatief voor volle grond. → 'goedkoop' kasconcept
- **BBBLS (2016, NL/Noorwegen)**
Zeepbellen tussen dubbel EFTE
- **Liquid foam (2009, Canada)**
Voeibaar schuim tussen dubbellaags PE (30-60% besparing)
- **Aearo-gels**
Schuim op nano-schaal, (extreem) hoge transmissie, niet stabiel
- **Geysir (AGC)**
2 × AR, 1 × low-e → modern hortiplus glas, nu 'zonder' lichtverlies



Isolerende materialen

- **VenLow kas (2013)**
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-e → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk
- **Berry Energy Saving Technology (BEST) (2020)**
Noppenfolie, alternatief voor volle grond. → 'goedkoop' kasconcept
- **BBBLS (2016, NL/Noorwegen)**
Zeepbellen tussen dubbel EFTE
- **Liquid foam (2009, Canada)**
Voeibaar schuim tussen dubbellaags PE (30-60% besparing)
- **Aearo-gels**
Schuim op nano-schaal, (extreem) hoge transmissie, niet stabiel
- **Geysir (AGC)**
2 × AR, 1 × low-e → modern hortiplus glas, nu 'zonder' lichtverlies
- **Fineo (AGC)**
Vacuum tussen dun glas. Hoge isolatie i.c.m. hoge transmissie → duur



Wat gaat deze isolatie ons opleveren?

- Alleen isoleren gaat een vocht probleem creëren
- Combinatie van:
 - Maximaal gebruik zonlicht
 - Isoleren
 - Ontvochtigen (energiezuinig)
 - Teeltstrategie (toelaatbaar vochtniveau, RTR etc.)
 - Gedrag van de ondernemer in de regelingen
- Tot 70% op warmtegebruik te besparen

Conclusies

- Beperkt aantal “nieuwe” materialen verkrijgbaar die concurrerend zijn met de bestaande materialen. Overige materialen op lab-schaal of in conceptfase
- Moeten concurrerend zijn met relatief goedkope alternatieven zoals energie- en schaduwsschermen en tijdelijke coatings.
- Praktische problemen zoals vervuiling, sneeuw en vocht
- Technisch gezien optimalisatie op één eigenschap goed mogelijk → verslechterd andere eigenschappen
- Onderzoek veelal gericht op gebouwen, automotieve en elektronica
- Desondanks wordt behoefte aan nieuwe kasdekmaterialen steeds sterker, dus nieuwe ontwikkelingen blijven belangrijk

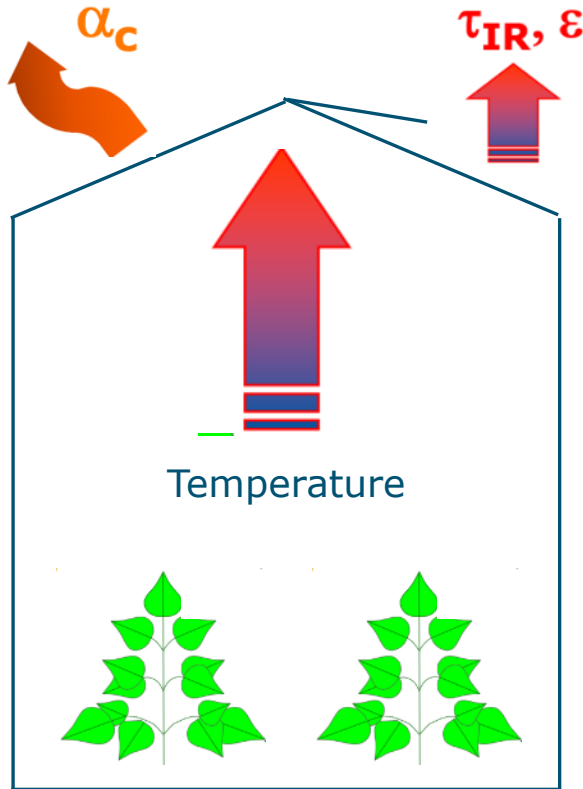
low- ε

Wat weten jullie?

Warmteverlies van een kas

- Lekverliezen
 - Kieren en gaten
 - Ramen open
- Convector verliezen
 - Warmteoverdracht glas aan buitenlucht
- Stralingswarmte verliezen
 - Warmteoverdracht glas naar de hemel

Fysische aspecten



α_c Convectief warmteverlies afhankelijk van ΔT (binnen – buiten) en windsnelheid

τ_{IR}, ϵ Stralingswarmte verlies afhankelijk van ΔT (glas – hemel) helder / bewolkt

ϵ Nummer geeft het niveau van de sterkte van deze koppeling aan
Meeste materialen ≈ 0.9
Aluminium 0.1 (nieuw) geoxideerd 0.4

- Standaard glass ≈ 0.9
- Geysir glass (AGC) ≈ 0.3

WAT DOEN WE WAAROM: aanleiding



- Voor energiebesparing
 - Kas met hoge lichtdoorlatendheid, max gratis zonne-energie
 - Goede isolerende eigenschappen warmteverlies voorkomen
- Antireflectie coatings (AR) verhogen lichttransmissie
- Emissiearme coatings (low- ϵ) verminderen het warmteverlies
 - Gangbare low- ϵ coatings verlagen licht transmissie fors
 - Hebben beschermende atmosfeer nodig om degradatie te voorkomen
 - Low- ϵ coatings standaard alleen in dubbel glas toegepast.

WAT DOEN WE WAAROM

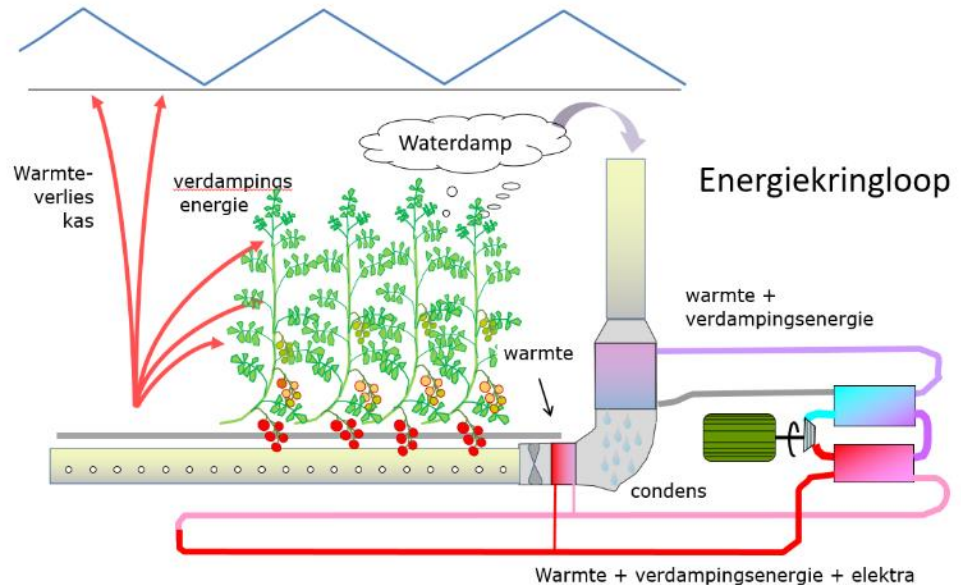
- Low- ε en antireflectie eigenschappen verenigen in een enkele coating waardoor het verhogen van de lichttransmissie en verminderen van het warmteverlies wordt gecombineerd
- Potentiële besparing ca. 20%
 - Kasdek warmer, minder gewas uitstraling
 - Minder condensatie, mogelijk minder lichtverlies
 - Meer ventileren, CO₂ verlies



WAT DOEN WE WAAROM: proeven onbelicht

- Project van programma KaE
 - Bewijzen dat dit ook daadwerkelijk zo werkt maar tomaat (2022) vs aubergine (2023), toch een heel andere teelt
 - Meegegeven opdracht: State of the art teelt
 - Ook referentieteelt
 - Veel schermen (HNT)
 - Actief ontvochtigen

Optie voor energiebesparing – latente warmte terugwinning



Opzet van de proef

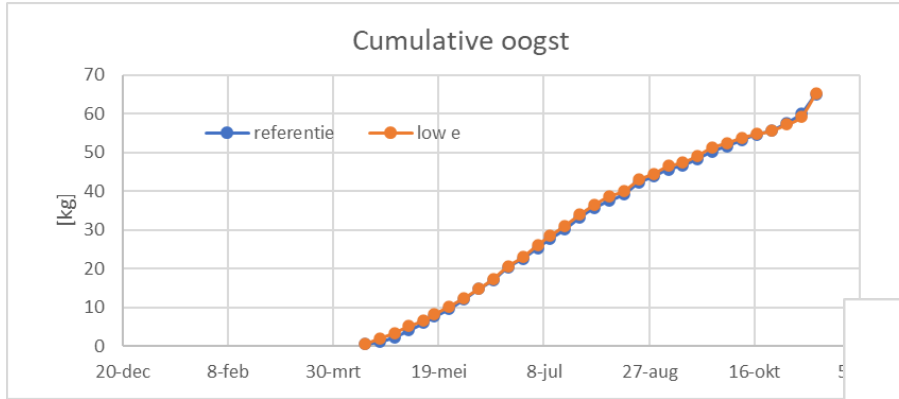
- Referentie & Low emissie glas (ook in gevels)
- Schermen:
 - Transparant (luxous) & donkerdoek [2022]
 - Transparant (luxous) & Transparant (vocht) [2023]
 - Maximale flexibiliteit
- Alleen buisrail, de groeibuis groep is de naverwarming LBK geworden
- Telen met de principes van het nieuwe telen
- Monitoring energie stromen & gevolgen op klimaat en CO₂ concentratie

■ LOW_e



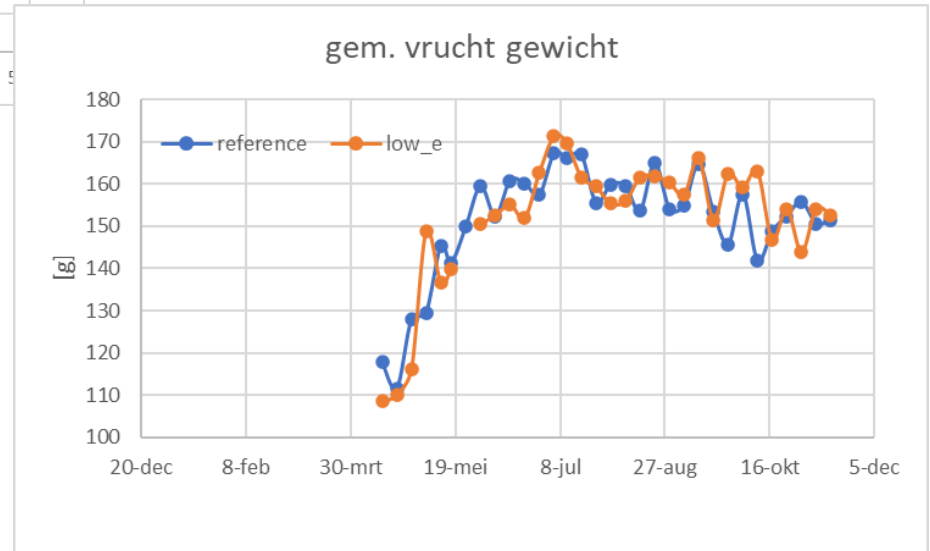


Plant metingen en oogst data tomaat

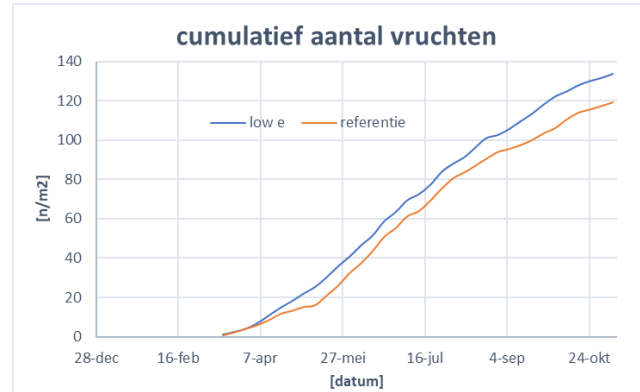
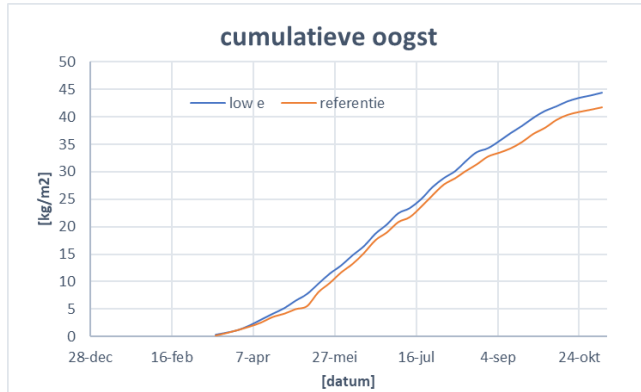


- Tomaat 28-12-2021 – 16-11-2022
- Marinice
- 2.5 st/m²

- Beide afdelingen: 65 kg
- Plantlengte: 9,20 meter
- # trossen: 30 per plant



Plant metingen en oogst data aubergine

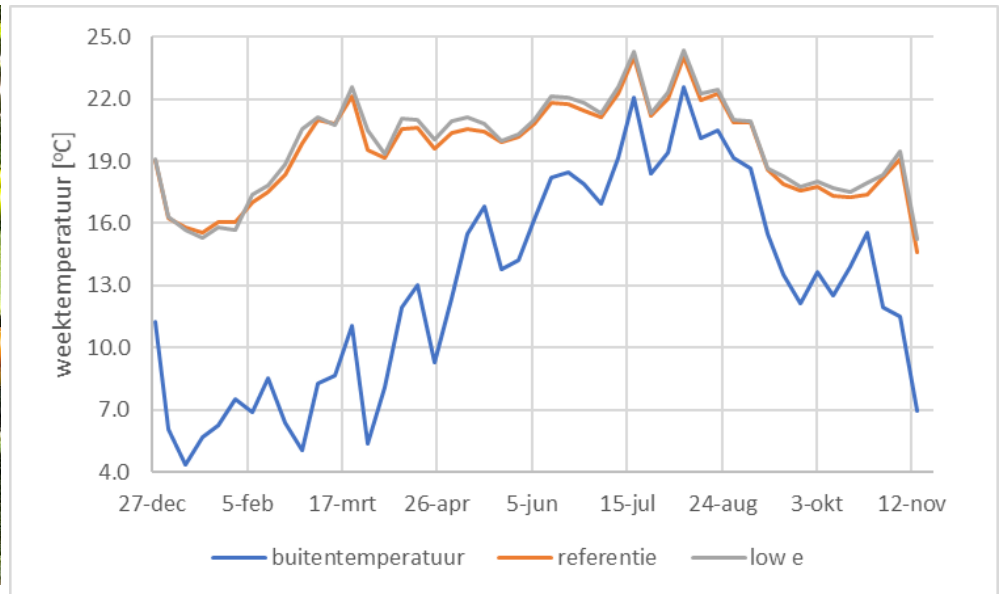


- Oogst: 43,5 & 41 kg
- Plantlengte: 3,72 & 4,02 meter
- # vruchten: 130 & 115 stuks (285 & 319 gram)

Verschillen niet aan glasdek toe te wijzen, conclusie is gelijke teelt

Klimaat

- Iets warmer (vaak ten gevolge van de regeling)
- Bij extreme hitte klimaat vrijwel gelijk
- Veel geschermd 4500 uur 1 doek en 2800 uur 2 doeken



Klimaat de 10 warmste dagen 2022 (etmalen)

datum	etmaal temperatuur (ref)
17-6	24.3
18-7	25.9
19-7	28.9
20-7	25.5
24-7	24.8
3-8	24.6
11-8	25.1
12-8	25.8
13-8	25.6
14-8	25.8

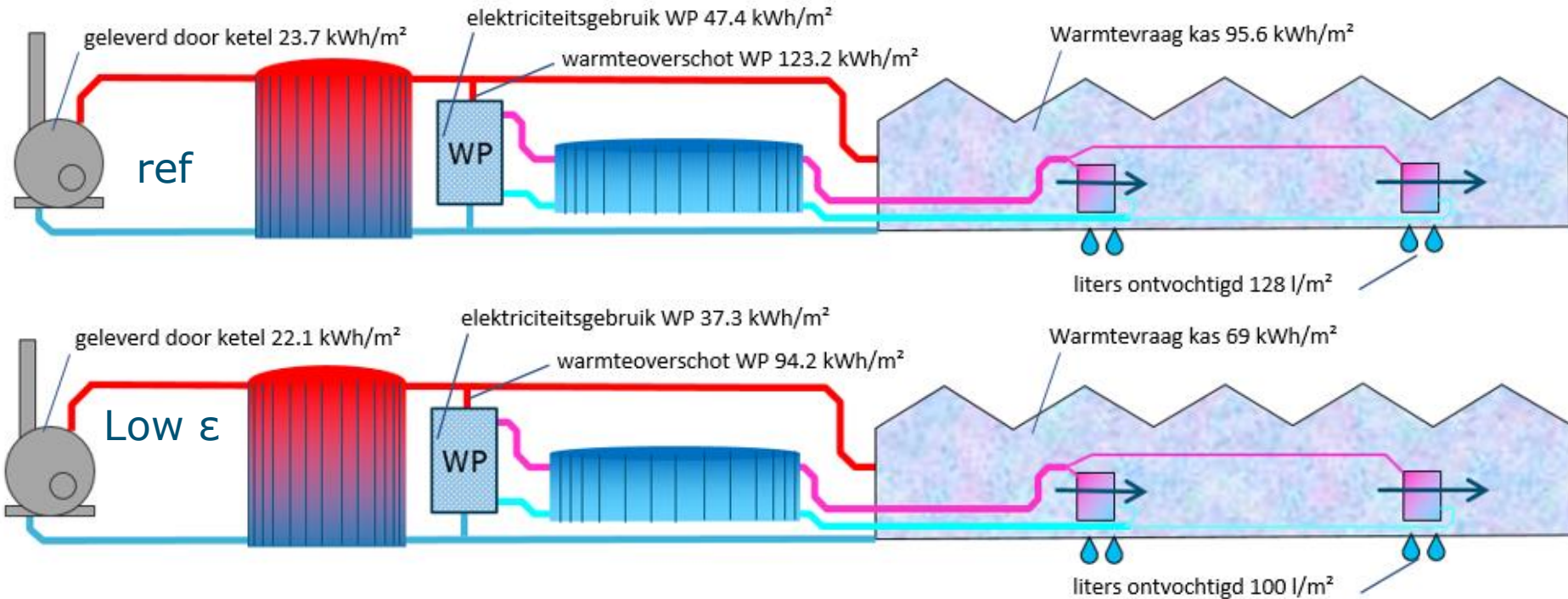
gemiddelde temperatuur	
ref regel box	25.6
low e regel box	25.8
ref laag	24.5
low e laag	24.8

- Low e is op deze 10 dagen 0.2 °C hoger in etmaal
- Over hele periode juni-augustus 0.3 °C

Energie

$1\text{m}^3 = 8.8 \text{ kWh}$

- Warmtevraag kas door Low- ϵ 20+% lager
- Forse warmteoverschotten \rightarrow teveel ontvochtigd & el gebruik WP <<



Conclusies

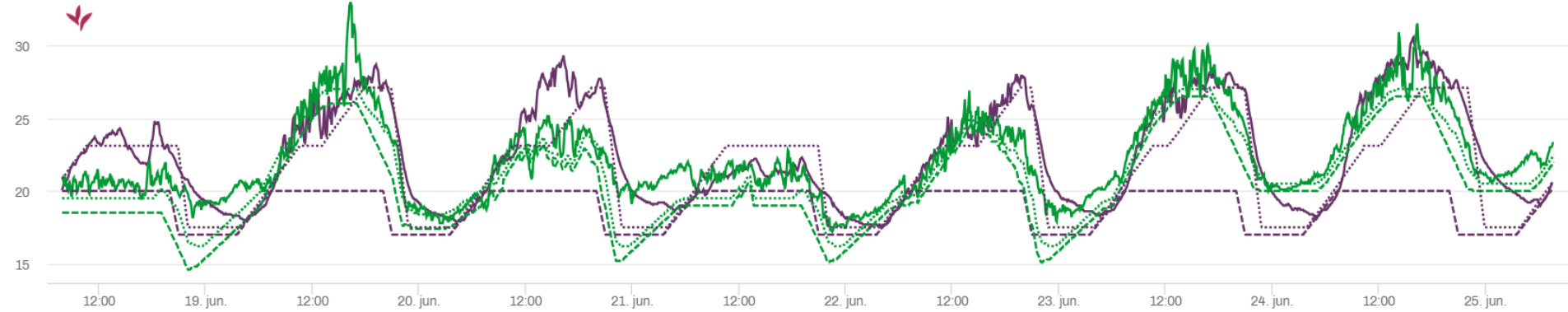
- Onder Low- ε glas is prima (onbelicht) te telen
 - Geen productieververschil naar voren gekomen te wijten aan het glas
 - Kwaliteit is gelijk
- Er is een forse besparing op warmtegebruik mogelijk (ca. 20%)
 - Besparing vergroten door grotere DIF bij zelfde RTR (TI)
 - Onbalans in de winter vraagt andere aanpak met seizoensopslag
 - Onbalans in zomer zou met kleinere ontvochtigingsvraag kunnen worden ingevuld

Aubergine opgeschaald 1000 m² i.s.m. Delphy

- Rassen; Tracey & Beoncy (beide geënt op Maxifort)
- 4 stengels per plant; 4,5 stengels per m²
- Kasuitrusting: low-ε, actieve ontvochtiging, geperforeerd folie, 3 schermen (alu-doek i.c.m. energiedoek (luxous) en een energiedoek(luxous))
- Nivolatoren luchtbeweging/ slangen
- Vergelijking met een praktijkbedrijf

Klimaatstrategie soms toch anders

Temperatuurlijn (2024 Low_e Aubergine)

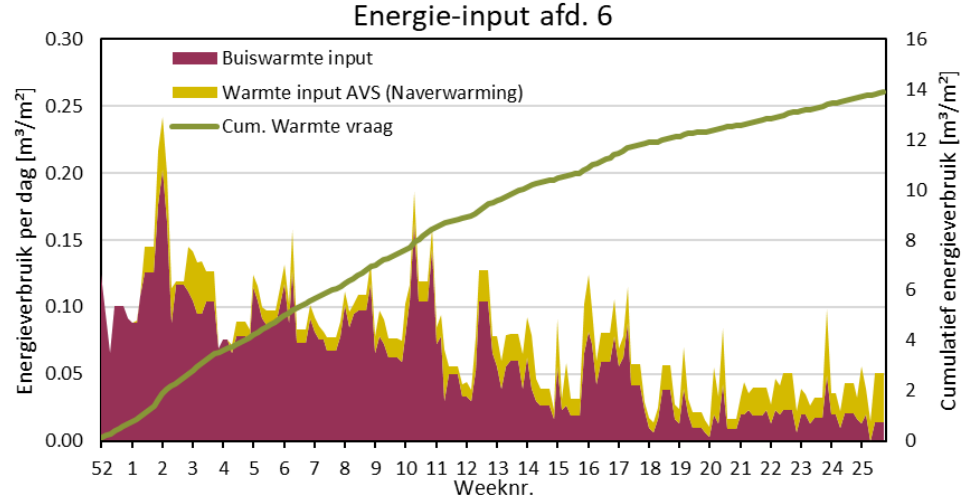


< 18-06-2024 - 25-06-2024 >

Naam	Factor	As	Min	Max	Gem	Leeslijn
kastemperatuur - °C - 5 min: Aubergine	1	←	17,6	30,6	22,5	-
kastemperatuur - °C - 5 min: 2024 Greenbrothers kas 3	1	←	17,2	32,9	22,3	-
verwarmingstemp: ber - °C - 5 min: Aubergine	1	←	17	20	18,9	-
verwarmingstemp: ber - °C - 5 min: 2024 Greenbrothers kas 3	1	←	14,6	26,5	20,4	-
ventilatietemp: ber - °C - 5 min: Aubergine	1	←	17,5	27,1	21,7	-

Energieplaatje

- Cumulatieve warmte vraag 13,92 m³/m² (inclusief veel gevels)
- Warmtegebruik afgelopen week 0,04 m³/m²/dag
- Warmteoogst 0,05 m³/m²/dag week 25 ~ 130% van totale energie



Photovoltaics (PV) op/in kassen

Staat behoorlijk in de aandacht

Google

zonnepanelen op kassen

X | | | |

Grid icon | G



Onder Glas
Oude kassen krijgen tweede leven ...



TST BV - Totaal-Service voor d...
Zonnepanelen kas - TST BV ...



TST BV - Totaal-Service voor de Tuinbouw
Zonnepanelen kas - TST BV - Totaal...



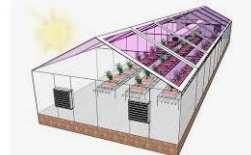
Batist Kassenbouw
Solar • Batist



Solar365
Solar365 - Zonnepanelen niet op de kas...



horconex
Solar Venlo® - HORCONEX



Engineers Online
Half-transparante zonnepanelen kun...



Kas als energiebron
Toepassing transparante zonnepanele...



Onder Glas
Proef met transparante zonnepanel...



solargreenhousesystems.nl
Zonne-energie voor de tuinbouw | Solar ...



Zonnepanelen-voor...
Greenhouse | Kas ...



AD
Tuinder verwarmt zijn kas met 7150 zo...



GFactueel.nl
Kas met zonnepanelen opgelever...



solargreenhousesystems.nl
Zonne-energie voor de tuinbouw | Solar ...



Trio Investment BV
Geld verdienen met je lege kas of landp...



Interpolis
Zonnepanelen kasdek | Interpolis



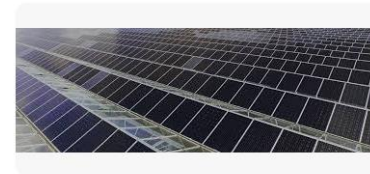
Nieuwe Oogst
Glastuinbouw Nederland: 'Maak zonnepa...



Duurzaam Gebouwd
27 hectare aan kassen met zonnep...



Solar365
ProfiNRG maakt grootschalige toep...



horconex
Solar Venlo® - HORCONEX



Gerelateerde zoekopdrachten

zonnepanelen op kasdek



Eerste initiatieven bij WUR

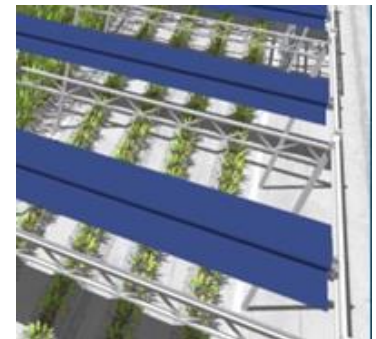
Uitgangspunten:

- Gebruik zonlicht dat niet gebruikt wordt voor groei
- CPV (geconcentreerd) in plaats van PV

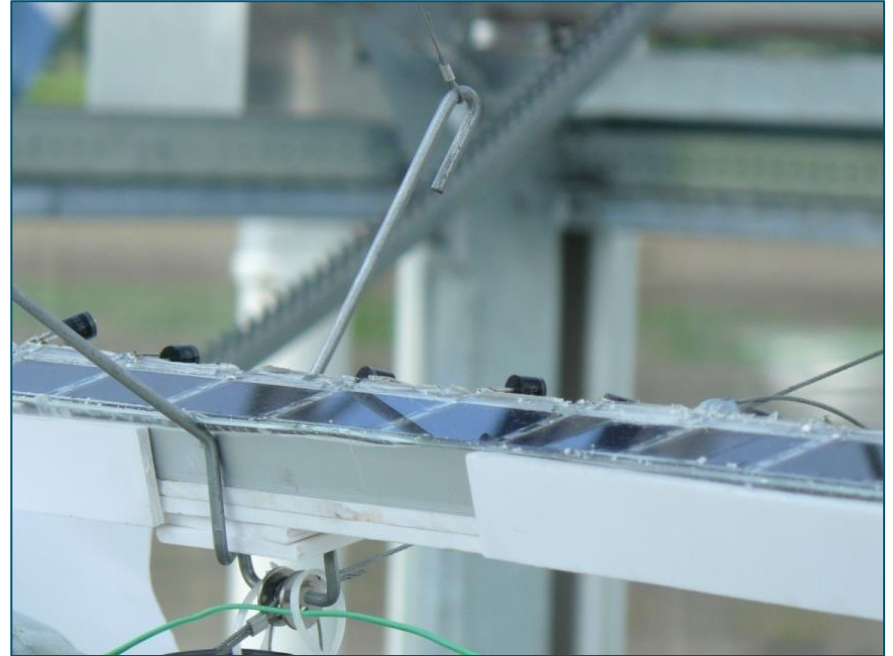


3 projecten (principes)

- Gebruik directe licht voor PV en alleen diffuus licht voor gewas
Fresnellkas (2008 – heden)
- Gebruik alleen direct NIR voor PV en laat PAR ongemoeid
Elektriciteitsleverende kas (Elkas, 2008 - 2013)
- Gebruik flexible PV op schermen (2019 – 2020)



Direct licht voor PV → Fresnell kas



IDC Daglichtkas in Bleiswijk



Daglichtkas (Technokas)



Daglichtkas bij Ter Laak Orchids (2014- heden)



Directe NIR voor PV – Elektriciteitsproducerende kas (Elkas, 2008-2013)

nrc next
Vrijdag 27 juni 2008



Het gebogen glas laat licht door, maar reflecteert de zonnewarmte naar zonnepanelen. Foto: Leo van Velzen

Komkommers telen én stroom opwekken

Elkas in Wageningen draait en levert energie

Energietechniek De 'Elkas' zet overtollig zonlicht om in elektriciteit



De dakconstructie van de Elkas in aanbouw. Het gebogen glas laat het zichtbare licht door maar reflecteert de zonnewarmte naar zonnepanelen. Foto: Leo van Velzen

Draaiende kas maakt zelf stroom

De Nederlandse glastuinbouw vormt een zonnecollector met een oppervlakte van zo'n 10.000 hectare. Een kas in Wageningen is nu de eerste die zelf elektriciteit opwekt.

Door MARIËN DE BOD

WAGENINGEN, 26 JUNI. Op het dak van de Wageningse Elkas wordt drink gekult. Vandaag worden de laatste groenstelen, morgen gaan daar de transplantaties in. Maandag stelt minister Verburg van Landbouw, Natuur en Voedselvaliteit (LNV) ze officieel in werking. De Elkas is de eerste kas ter wereld die elektriciteit opwekt. Het dak is bekleed met een speciale folie die het zichtloze licht, dat het zonlicht filtert, zichtbaar licht wordt vrijgelaten om de planten te laten groeien. Aan het onderzoek hebben Semer-Naams en de Nederlandse Landbouw Vereniging Kas en het Productieschap Groenten en Fruit deelgenomen.

wagen Semer-Naams. „Voor het invangen van zonne-energie is een noord-zuid oriëntatie optimaal. Maar in de praktijk ligt niet elke ruilerkas perfect noord-zuid. Door onze structuur om zijn eigen as te laten draaien, kunnen we onze detectoren voor welke positie van de kas het nog de meeste loont om zonnepanelen te plaatsen.“

Jaarlijks veroorzaakt de Nederlandse tuinbouw 10 tot 12 procent van het Nederlandse aardgas. „Dat willen we graag verminderen“, zegt Smeets. „ Bovendien wordt de zonne-energie in de kas slecht benut. Als de zon schijnt, wordt het al snel blootwarm en die overvloedige warmte gaat via de open rinnen weer naar buiten. Daarom gaat jaarlijks per vierkante meter kas zo'n 30 kubik aardgasverbruiken verloren. Wij willen vraag en aanbod van energie beter op elkaar afstemmen.“



De kas kan draaien om de optimale zonnehoek te zoeken.

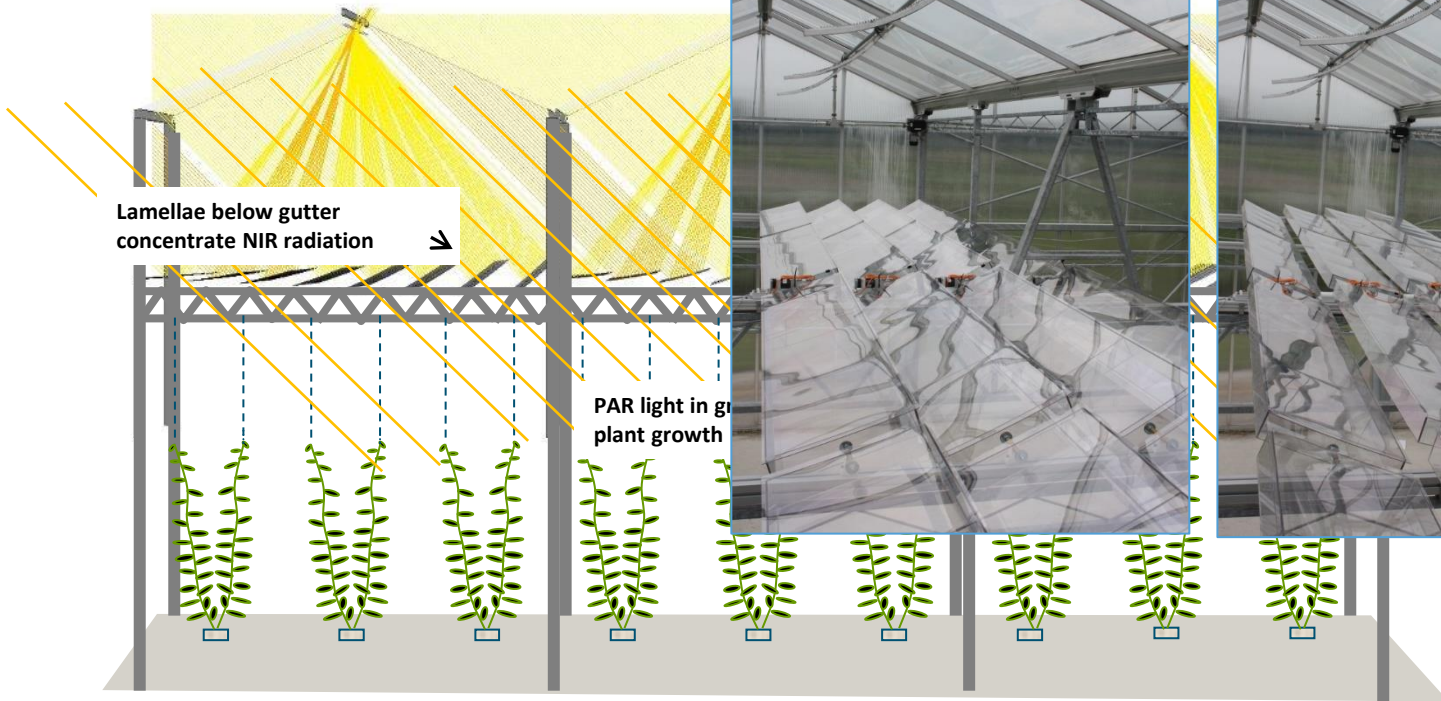
spannen met een folie die het zichtbare licht ongeveer 45 procent van het spectrum doorlaat. Dit is het spectrale, waarin de

nig op, maar dan is er ook minder behoefte aan koeling. De jaaropbrengst is circa 20 kilowattuur per vierkante meter zonnepaneel aan stroom, plus 100 kilowattuur aan warmte. „Om een extra investering bedragte grofweg 150 tot 250 euro per vierkante meter kas. De afschrijvingstermijn is zeven tot tien jaar, voor zonnepanelen is veel korter. Om het rendabel te maken voor de rest van de kas moet de prijs nog wel omlaag. Is kunt ook goed combineren met andere drijvende kassen, die met de zon meedraaien.“

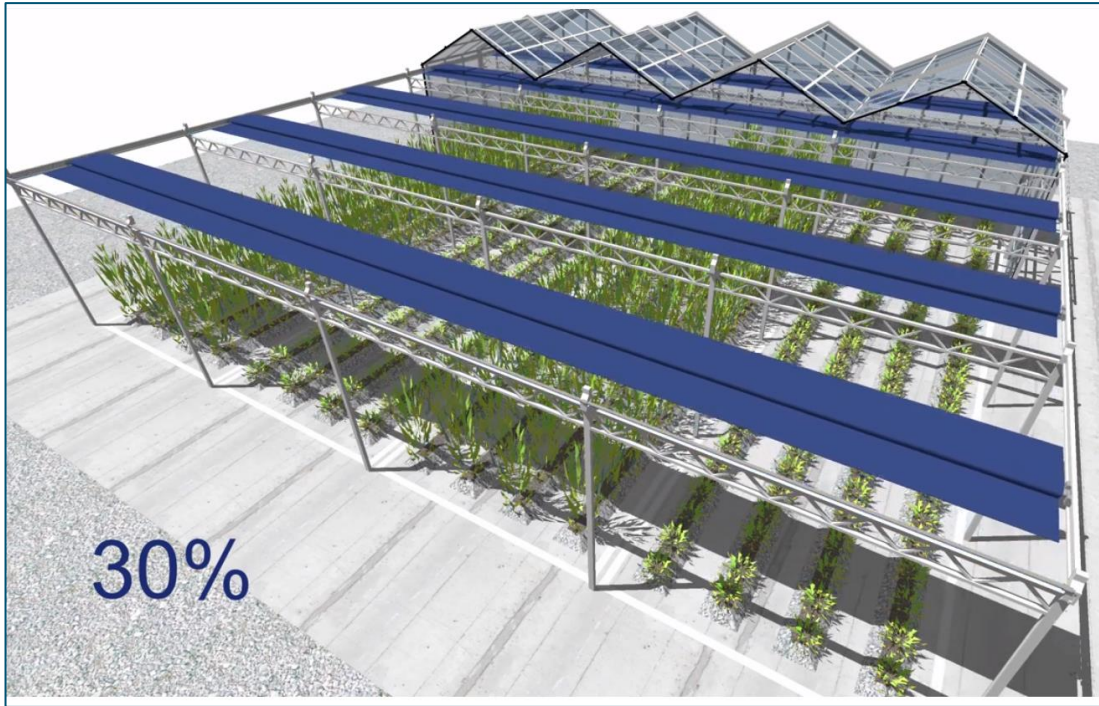
Overigens zijn veel mindere nu al 'bouwbaar'. Strook met grote inbouwbedrijven hebben, met als bijvoorbeeld zierkruis, kansen en andere grootverbruikers een eigen, meestal op aardgas gestookte, warmtebroncentrale die met een hoog rendement stroom en warmte produceert. Volgens het CBS had de Nederlandse glastuinbouw in 2006 een opgeteld vermogen van 1,8 giga-

stralingsenergie. De zonnepanelen volgen de zon. Een mechanische arm stuurt ze aan. Ze zijn zo opgesteld dat ze zo veel mogelijk

Elkas fase II



Flexibele PV op schermen (2019 – 2020)



Project partners:

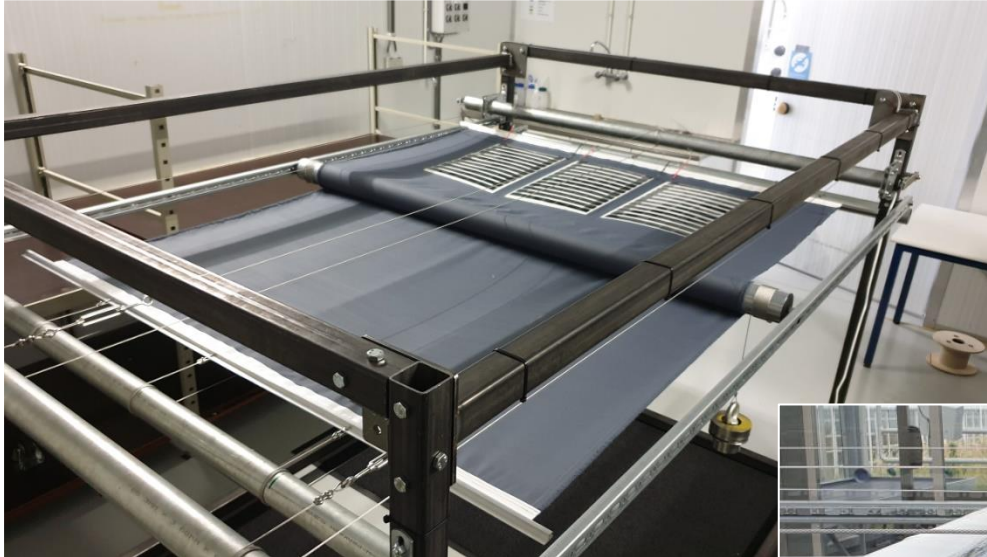
- Verzuu Screen Development
- Alumat Zeeman
- Solliance Solar Research (TNO)
- WUR

Kenmerken:

- Rolscherm met geïntegreerd PV
- 0 – 100% variabele schaduwfactor d.m.v. "schermeiland"
- Voor zwaar geschermd gewassen

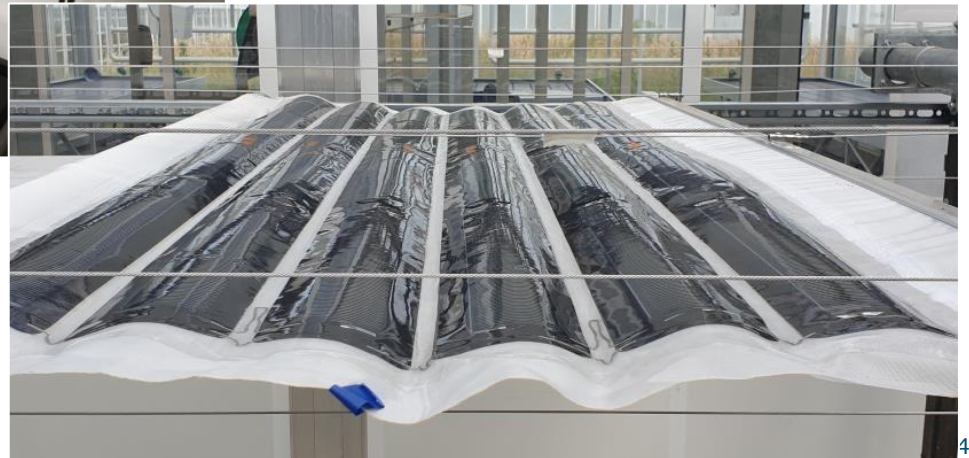
<https://verzuu-screen-development.com/>

Prototype



Schaalmodel

Niet flexibel genoeg



Waarom überhaupt PV en kassen combineren ?

Conventionele (semi-transparante) zonnepanelen (dus niet CPV):

Zeker:

- Meervoudig ruimtegebruik
- Potentieel grote oppervlakken
- SDE++ (minimaal 7 ct/kWh)

Misschien

- Gebruik van bestaande constructie
- Bij teelten met hoge elektriciteitsvraag overdag (koeling)
- Verbeterde groeicondities ??
- Wanneer alle andere oppervlakken in NL bedekt zijn met zonnepanelen

Waarom niet:

- Vrijwel lineaire relatie tussen productie en licht, voor (groente)gewassen en elektriciteitsopbrengst. Slechts 1 van de 2 levert het meeste op
- PV op daken of in het veld vaak goedkoper en produceert (veel) meer
- PV bespaart geen kosten op de teelt (zelfde verwarming/koeling etc.)
- PV is veel duurder dan schaduwscreenen
- Semi-transparante PV is duurder dan standaard PV
- Gedeeltelijke bedekking (bv zuidkant) veroorzaakt schaduwbanen
- Low-tech kassen: beter eerst teelt optimaliseren
- Kasklimaat slecht voor PV
- Veiligheid

Schaduwgewassen

- Extra bijbelichten in de winter
- Absorptie van licht in plaats van reflectie
- Beperkt areaal buiten Nederland

Opgewekte stroom gebruiken voor belichting?

- zon: 1 W zonlicht geeft $2.3 \text{ } (\mu\text{mol/J}) \times 0.7 \text{ (transm. kas)} = 1.60 \text{ } \mu\text{mol/m}^2/\text{s PAR}$
- PV: 1 W zonlicht geeft $1 \times 0.15 \text{ (cel eff.)} \times 3 \text{ (umol/J)} = 0.45 \text{ } \mu\text{mol/m}^2/\text{s PAR}$
- Ruim 3.5 keer minder PAR

Nog meer waarom niet:

Concentrated PV / spectral filtering:

- Niet in Noord Europa (lage zonnestand, weinig direct licht)
- Complex en duur (rule of the 1000 cuts)
- NIR filtering → altijd ook verlies van PAR

Toch zien investeerders mogelijkheden



Omroep Venlo - Een tuinkas misbruiken om energie op te wekken

[Bezoeken >](#)

Bron: Omroep Venlo

Maar er moet wel iets geteelt worden

Geen tuinbouwgewassen maar wel stroom: forse boete dreigt voor eigenaar 'zonnepanelenkas' in Meijel



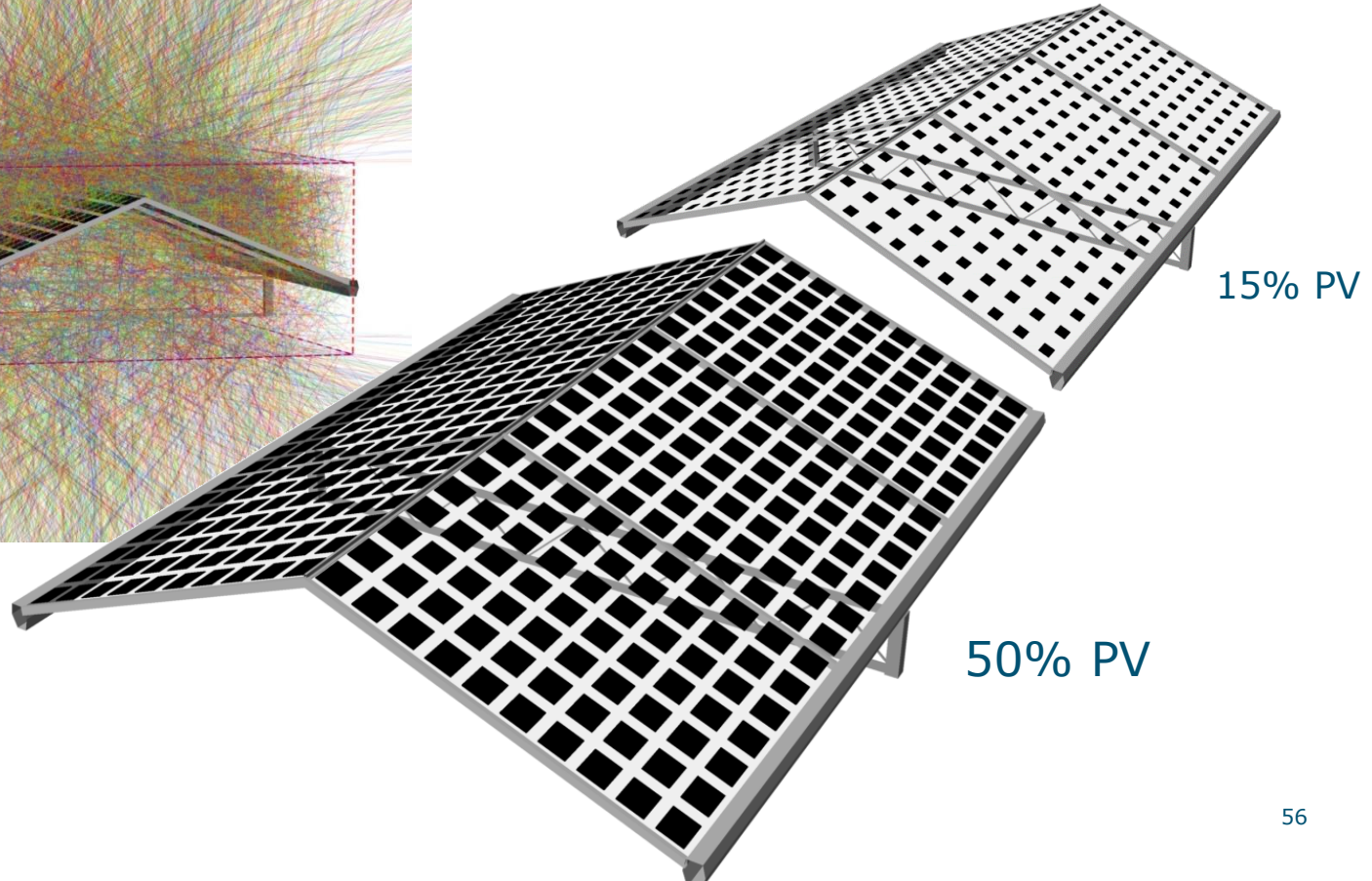
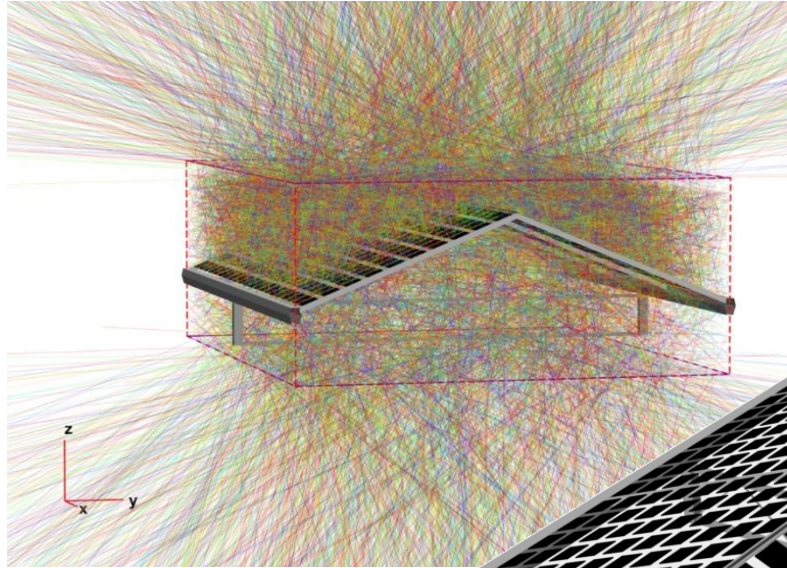
Bron: de limburgse

KaE: quick scan semi-transparante PV



- Verify, TNO, Wageningen Research
- Onderzoek naar het toekomstig potentieel van semi transparante PV voor
 - Komkommer (onbelicht)
 - Gerbera (belicht)
 - Anthurium (belicht)
- Van 0 tot 50% PV bedekking / 100 – 50% transparantie
- Wageningen Research:
 - Effecten op (extra) belichting, warmtebehoefte, gewasproductie
- TNO/Verify:
 - Lange termijnverwachting energieprijzen
 - business case voor min/max verwachte elektriciteitsprijzen

Modelberekening van transmissie en opbrengst



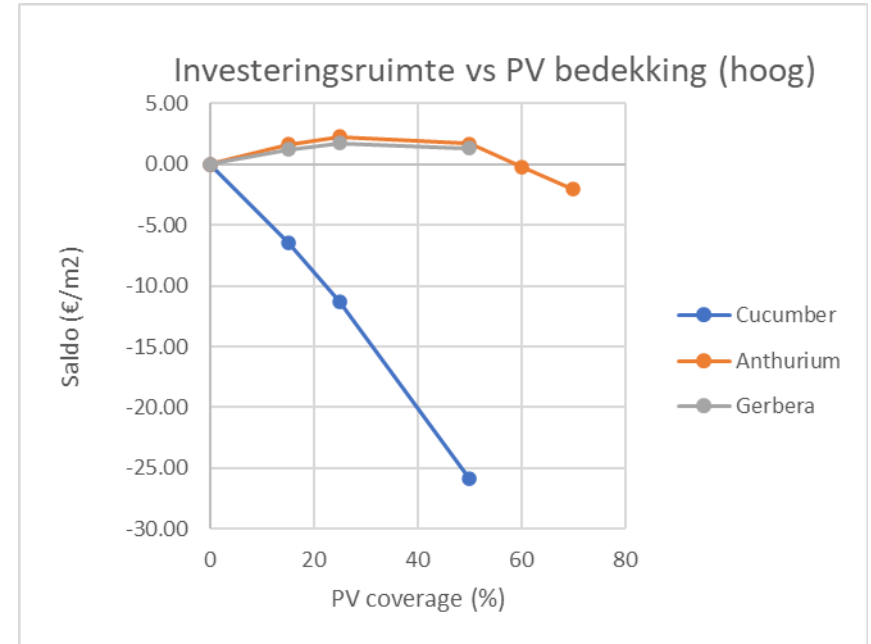
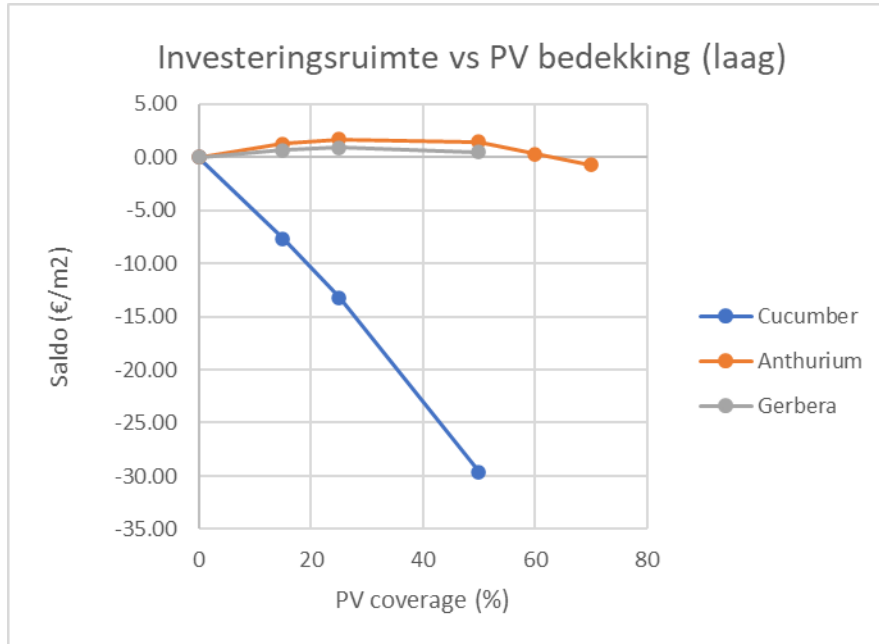
Resultaten

■ Scenario's voor lage en hoge elektriciteitsprijzen

Verwachting 2027-2040

- 7,5 cent/kWh
- 80 cent/m³ aardgas

30 cent/kg voor komkommer



Conclusies

Conventionele PV panelen:

- Integratie van PV en kassen draagt bij aan de elektrificatie van de energievoorziening in de glastuinbouw.
- Glasgroenten → aanzienlijke minderproductie die niet gecompenseerd wordt door inkomsten uit elektriciteit
- Schaduwgewassen → besparing op energiekosten onvoldoende investeringen terug te verdienen.
- Extra nadelen ten opzichte van andere toepassingen

PV op schermen, CPV, spectraalselectief

- Diverse ontwikkelingen gaande, toekomst zal het uitwijzen

Bedankt!



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

