

# Kas Energiewijzer, een roadmap naar een fossielvrije glastuinbouw

**Gert-Jan Swinkels**, Feije de Zwart, David Katzin, Kshiti Mishra, Luuk Graamans, Silke Hemming



1

## Achtergrond

**Duurzame, klimaatneutrale en fossielvrije kassen** zijn in de toekomst vereist



Paris agreement (2015)

Fit for 55 (2021)

Doelen Nederlandse regering in lijn met EU

Ambitie glastuinbouw: klimaatneutraal in 2040



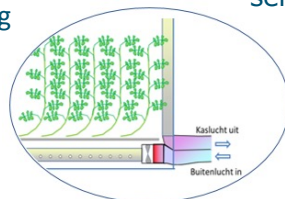
2

## Technische oplossingen voor verduurzaming

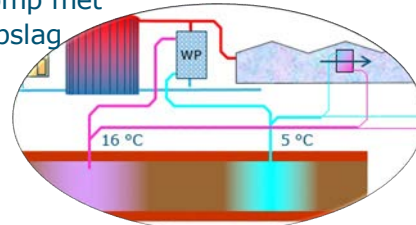
Isolatie



Ontvochtiging met warmte terugwinning



Warmtepomp met seizoensopslag



LED



Photo voltaïcs en wind



Geothermie



## Project "Kas Energiewijzer"

### Doel

schetsen van de roadmap naar een fossielvrije tuinbouw

### Hoe

- Overzicht van beschikbare opties
- Uitleg van beschikbare opties
- beoordeling van opties op basis van CO<sub>2</sub>-emissie en kosten
- Online interactieve simulator

In het kader van Kas Als Energiebron

Gefinancierd door LNV, Glastuinbouw Nederland en de toeleverende industrie (Club van 100)

## Kas Energiewijzer als WIKI op GKN

### KasEnergieWijzer

- Welcome to the Greenhouse Energy Guide

- > Energy transition
- > **Greenhouse design**
- > Greenhouse equipment
- > Renewable sources
- > Scenario studies
- Road maps
- > Simulator
- Contact & About

### Welcome to the Greenhouse Energy Guide

Last updated 5 April, 2024



### Introduction

The requirements for greenhouse systems are constantly evolving, but in recent years things have been going fast, due to economic changes and political choices, but also due to new techniques, information technology, autonomous cultivation, AR and AI. Preconditions change due to new political requirements in the field of fossil- and emission-free and climate-neutral cultivation in the Netherlands and Europe, due to changing energy prices, installation costs and availability of raw materials.

6

6

## Kasontwerp → kasdekmateriaal & schermen

### KasEnergieWijzer

- Welcome to the Greenhouse Energy Guide

- > Energy transition
- > **Greenhouse design**
  - Geographical location
  - **Covering materials**
  - Natural Ventilation
- > Greenhouse equipment
- > Renewable sources
- > Scenario studies
- Road maps
- > Simulator
- Contact & About

### Greenhouse design

Last updated 5 April, 2024

This section describes the properties of the greenhouse which affect the greenhouse energy consumption but are tied to the greenhouse design. These are:

- Geographical location
- **Covering materials**
- Natural Ventilation



7

7

## Kasontwerp → kasdekmateriaal & schermen

### Kaskieswijzer

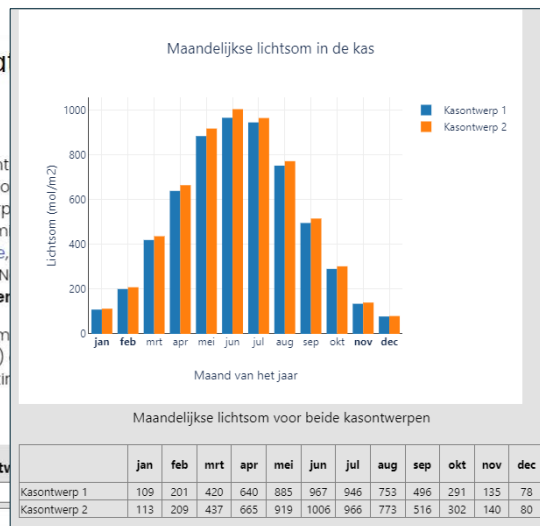
- Start
- ✓ Stap voor stap door de Kaskieswijzer
  - > Zonlicht in Nederland
  - > Kasdek ontwerp
  - ✓ **Kasdekmateriaal**
    - Transmissie
    - Diffusiteit
    - > Diffuus licht en gewas
    - Antireflectiecoatings
    - Tijdelijke coatings
    - Condensatie
    - Hoogisolierend kasdek
    - Vervuiling en veroudering
  - > Kasconstructie
  - > **Schermen**

### Kasontwerp Calculator

Last updated 8 December, 2022

De Kasontwerp Calculator berekent Venlo kasontwerp. Met de calculator worden vergeleken. Een kasontwerp kiezen voor de belangrijkste transmissie, dakhelling, constructie, transmissie, een eigenschap voor toelichting.) Nu drukt u op de knop **Start de berekening**.

Vervolgens verschijnt een grafiek met de maandelijkse lichtsom in de kas worden uitgedrukt in PAR (mol/m<sup>2</sup>) in 2018. Ook wordt het verschil in lichtinval opzichte van kasontwerp 1.



#### Eigenschappen

Eigenschappen	Kasontwerp 1	Kasontwerp 2
Orientatie	0°	0°
Dakhelling	23°	23°
Constructie	Aluminium	Aluminium
Transmissie	73%	73%
AR-coating	Geen	Geen
Condensatiegedrag	Neutraal	hydrofiel

8

8

## Roadmap - scenarioberekeningen

### ▪ Locaties

- NL, Canada, UAE, Shanghai

### ▪ Gewassen

- Tomaat, sla, roos

### ▪ Scenario's

- Verwarming, koeling, ontvochtiging, belichting

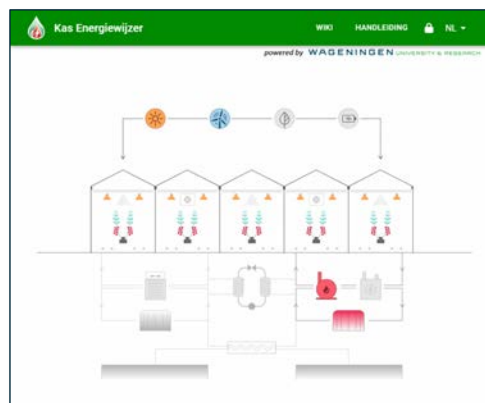
### ▪ Resultaten op jaarbasis

- Geraliseerd klimaat en productie, verbruik van energie, CO<sub>2</sub> en water, benodigde capaciteiten, CO<sub>2</sub>-emissie en kosten

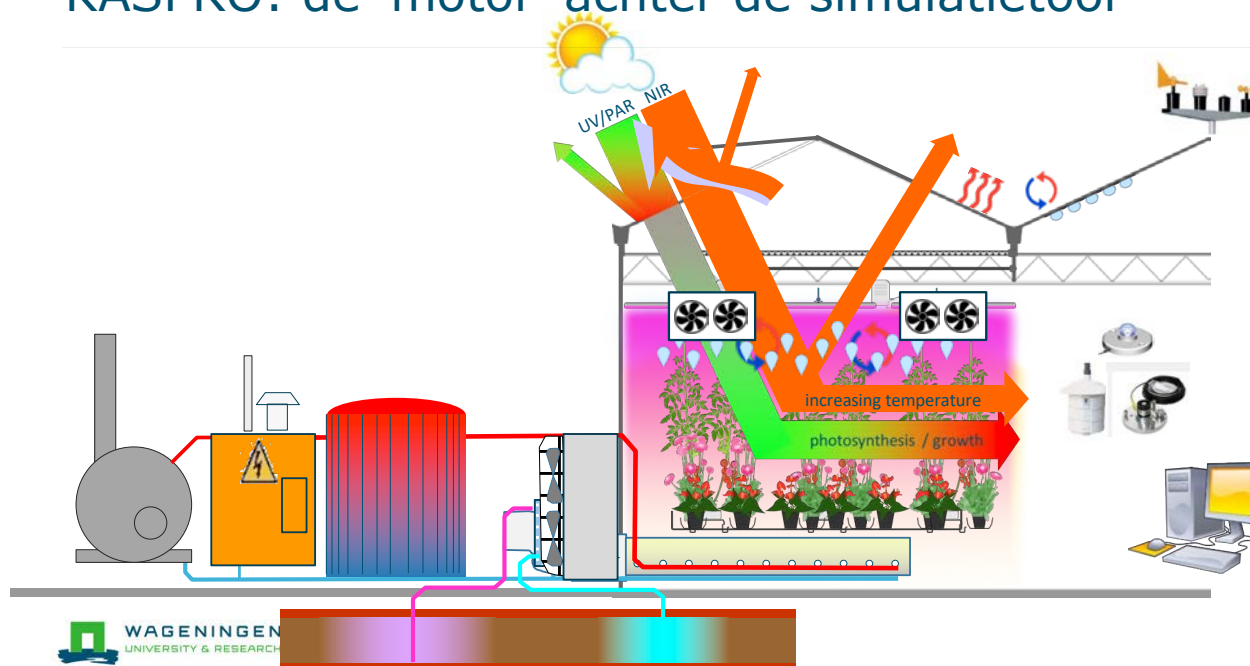
11

## Onderdeel van het project: simulatietool

- Door glastuinbouw sector te gebruiken als DSS
- Op basis van geografische locatie, weer, teelt, bedrijfsuitrusting, beschikbaarheid duurzame bronnen en energietarieven
- Zelf doorrekenen van mogelijkheden eigen situatie
- Online, NL/EN-talig
- Gelimiteerde versie gratis te gebruiken
- Geavanceerde versie via Club van 100 leden



## KASPRO: de 'motor' achter de simulatietool



# Aanmaken van scenario's

The screenshot shows the 'Greenhouse Energy Guide' interface. On the left, a sidebar lists configuration categories: Greenhouse, Cultivation, Equipment, Renewable sources, Energy prices, and Miscellaneous. The 'Greenhouse' section is expanded, showing 'Location' (Bleswijk (The Netherlands)) and 'Cover material' (Uncoated glass). A 'Simuleren' button with a large orange arrow and a 'START' button are at the bottom left. On the right, a diagram illustrates the greenhouse system components, categorized into 'Renewables' (solar, wind, biomass, geothermal), 'Cultivation system' (greenhouse structure with plants), and 'Equipment' (HVAC, pumps, etc.).

16

# Gedetailleerde resultaten

The screenshot displays detailed simulation results for 'KASKLIMAAT' (Climate) for tomato cultivation. It includes a table of parameters and three charts.

PARAMETERS	METEO	KASKLIMAAT	CO2	WATER	ELEKTRICITEIT	WARMTE	KOUDE	PRESTATIES
<b>Overzicht</b>								
Temperatuur (gem)		20.1	20.1					
Temperatuur (min)		4.8	4.8					
Temperatuur (max)		38.4	38.5					
Gemiddelde luchtvochtigheid		87	88					
Gemiddelde CO <sub>2</sub> -concentratie		545	533					
Gemiddelde kastransmissie		68	66					
PAR som op gewasniveau		6944	6716					
Warmer dan 1°C boven RTR		8	9					% van de tijd
Kouder dan 1°C onder RTR		7	6					% van de tijd
Vochtiger dan 2% boven setpoint		18	25					% van de tijd

The charts show: 'Etmaaltemp (C)' (Daily temperature) fluctuating around 20°C; 'Verschil met RTR target (C)' (Difference from RTR target) fluctuating between -1.0 and 1.4°C; and 'Duurkromme hoogste temperaturen (C)' (Duration curve of highest temperatures) showing a decrease from 35°C to 20°C over 2,000 hours.

17

## Energie, water, CO<sub>2</sub>-emissie en variabele kosten

### Bronnen

	tomaat - 1 scherm	tomaat - 2 schermen	
<b>Brandstoffen</b>			
Aardgas	38.1	35.4	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
LPG	0.0	0.0	kg/m <sup>2</sup>
Diesel	0.0	0.0	l/m <sup>2</sup>
Stookolie	0.0	0.0	l/m <sup>2</sup>
Biomassa	0.0	0.0	kg/m <sup>2</sup>
<b>Elektriciteit</b>			
Verbruik	130.5	130.5	kWh/m <sup>2</sup>
Productie	0.0	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Inkoop	130.5	130.5	kWh/m <sup>2</sup>
Verkoop	0.0	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Netto verbruik	130.5	130.5	kWh/m <sup>2</sup>
<b>Water</b>			
Netto verbruik	910	881	l/m <sup>2</sup>
<b>CO<sub>2</sub></b>			
Zuiver	0.0	0.0	kg/m <sup>2</sup>

### Financieel

	tomaat - 1 scherm	tomaat - 2 schermen	
<b>Variabele kosten</b>			
Aardgas	19.07	17.71	euro/m <sup>2</sup>
LPG	0.00	0.00	euro/m <sup>2</sup>
Diesel	0.00	0.00	euro/m <sup>2</sup>
Stookolie	0.00	0.00	euro/m <sup>2</sup>
Biomassa	0.00	0.00	euro/m <sup>2</sup>
Electriciteit	37.58	37.58	euro/m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub>	0.00	0.00	euro/m <sup>2</sup>
Totaal	56.65	55.29	euro/m <sup>2</sup>

### Prestaties

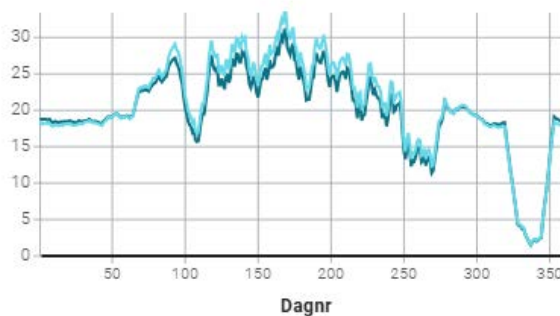
	tomaat - 1 scherm	tomaat - 2 schermen	
<b>Algemeen</b>			
Oogst-eenheid	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	
Gewasproductie	85.7	83.2	eenheden/m <sup>2</sup>
Energieverbruik	1677	1591	MJ/m <sup>2</sup>
Energie-efficiëntie	51.1	52.3	eenheden/GJ
Licht-efficiëntie	12.3	12.4	eenheden/mol
<b>Duurzaamheid</b>			
CO <sub>2</sub> emissie	67.9	63.1	kg/m <sup>2</sup>

18

## Scenario: AR coatings

- Belichte tomaten, 250 μmol, WKK op sparksread
- dubbelzijdig AR versus ongecoat glas
- Minder belichten → PAR in winter gelijk houden

Etmaalsom PAR (mol/m<sup>2</sup>)



19

## Scenario: AR coatings

### Financieel

	Ongecoat glas	Dubbelzijdig AR	
<b>Variabele kosten</b>			
Aardgas	45.99	45.57	euro/m <sup>2</sup>
Electriciteit			
CO2			
Totaal			

-1.6 €/m<sup>2</sup> energiekosten

### Prestaties

	Ongecoat glas	Dubbelzijdig AR	
<b>Algemeen</b>			
Oogst-eenheid	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	
		103.9	eenheden/m <sup>2</sup>
		2220	MJ/m <sup>2</sup>
		46.8	eenheden/GJ
		13.7	eenheden/mol
<b>Duurzaamheid</b>			
CO2 emissie	163.7	162.2	kg/m <sup>2</sup>

**Energiebesparing + meerproductie versus kosten AR**

+4% PAR  
+3.5% gewasproductie

## Effect van schermen

- Onbelichte tomaat: geen, 1 of 2 energieschermen (onder dezelfde teeltcondities)
- Gecombineerde effect van energiebesparing en lichtonderschepping

	tomaat - geen scherm	tomaat - 1 scherm	tomaat - 2 schermen	
<b>Brandstoffen</b>				
Aardgas	57.0	23.5	26.3	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Variabele kosten</b>				
Aardgas	28.50			
<b>Algemeen</b>				
Oogst-eenheid	kg/m <sup>2</sup>			
Gewasproductie	71.2	69.3	67.7	eenheden/m <sup>2</sup>
Energieverbruik	1804	1060	831	MJ/m <sup>2</sup>
Energie-efficiëntie	39.5	65.3	81.4	eenheden/GJ
Licht-efficiëntie	12.6	12.6	12.7	eenheden/mol
<b>Duurzaamheid</b>				
CO2 emissie	101.5	59.6	46.8	kg/m <sup>2</sup>

**Energiebesparing versus kosten scherm + productieverlies**

- 1 scherm:**  
-41% gas (24 €/m<sup>2</sup>)  
-2.7% productie
- 2 schermen:**  
-51% gas (31 €/m<sup>2</sup>)  
-4.5% productie



## Volledig duurzaam

Van een belichte tomat met WKK op spark spread naar een LBK met enkel/dubbel glas

	tomaat bel - WKK	tomaat bel - fossielvrij	tomaat bel - fossielvrij - dbi	glas
<b>Brandstoffen</b>				
Aardgas	92.0	5.7	2.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Elektriciteit</b>				
Verbruik	181.2	241.0	232.6	kWh/m <sup>2</sup>
Productie	361.9	0.0	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Inkoop	65.2	241.0	232.6	kWh/m <sup>2</sup>
Verkoop	245.9	0.0	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Netto verbruik	-180.7	241.0	232.6	kWh/m <sup>2</sup>
<b>Water</b>				
Netto verbruik	907	752	737	l/m <sup>2</sup>
<b>CO<sub>2</sub></b>				
Zuiver	9.2	37.5	42.8	kg/m <sup>2</sup>
<b>Variabele kosten</b>				
Aardgas	45.99	2.85	1.05	euro/m <sup>2</sup>
Electriciteit	-14.68	70.40	67.90	euro/m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub>	7.79	31.86	36.36	euro/m <sup>2</sup>
Totaal	39.09	105.10	105.32	euro/m <sup>2</sup>

Drastische verlaging gasverbruik

	tomaat bel - WKK	tomaat bel - fossielvrij	tomaat bel - fossielvrij - dbi	glas
<b>Algemeen</b>				
Oogst-eenheid	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	
Gewasproductie	100.4	99.5	91.4	eenheden/m <sup>2</sup>
Energieverbruik	2261	1048	904	MJ/m <sup>2</sup>
Energie-efficiëntie	44.4	94.9	101.1	eenheden/GJ
Licht-efficiëntie	13.8	13.7	13.7	eenheden/mol
<b>Duurzaamheid</b>				
CO <sub>2</sub> emissie	163.7	10.2	3.8	kg/m <sup>2</sup>
Inclusief grid-emissie !				
CO <sub>2</sub> emissie	100.5	94.5	85.2	kg/m <sup>2</sup>

Lichtverlies dubbel glas

Vrijwel fossielvrij



Fors hogere kosten

Extra elektriciteitsverbruik LBK en alles inkopen

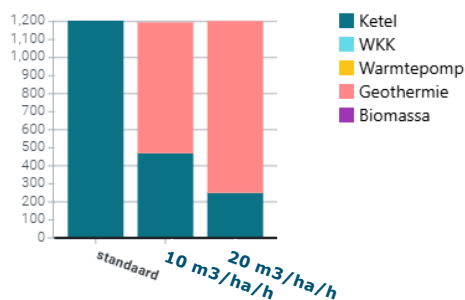
22

22

## Geothermie biedt perspectief

- Warmtevraag grotendeels gedekt → toename elektriciteitsverbruik
- Sterk verminderde CO<sub>2</sub> emissie (afhankelijk van groene/grijze stroom)
- Minder CO<sub>2</sub> uit rookgas beschikbaar → alternatieve CO<sub>2</sub> bron nodig

Warmteproductie per bron (MJ/m<sup>2</sup>)



	standaard	geothermal 10	geothermal 20	
<b>Brandstoffen</b>				
Aardgas	38.0	15.8	9.2	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Elektriciteit</b>				
Verbruik	0.0	8.9	13.7	kWh/m <sup>2</sup>
Productie	0.0	0.0	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Inkoop	0.0	8.9	13.7	kWh/m <sup>2</sup>
Verkoop	0.0	0.0	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Netto verbruik	0.0	8.9	13.7	kWh/m <sup>2</sup>
<b>Duurzaamheid</b>				
CO <sub>2</sub> emissie	67.7	28.2	16.5	kg/m <sup>2</sup>

23

23

## Conclusies

- De technologie voor fossielvrije kassen is beschikbaar
- Beschikbaarheid en energieprijzen bepalen de technische uitvoering
- Groeiende vraag naar CO<sub>2</sub> uit alternatieve bronnen
- Stroom inkoop is CO<sub>2</sub>-neutraal → elektriciteitsvraag neemt toe
- Grootschalige toepassing WKK's hangt af van ontwikkeling (onbalans) tarieven
- De Kas Energiewijzer geeft inzicht, onderbouwd met getallen, over een verantwoorde omschakeling naar een fossiel-vrije glastuinbouw

## Waar te vinden?

### WIKI

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



### Simulatie tool

<https://www.digigreenhouse.wur.nl/kasEnergiewijzer/>



# Dank voor uw aandacht

## Dank aan de financiers

