

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

STADSLANDBOUW EN DUURZAME GEBOUWEN

HERFST 2019



Energiebeheer

Paulo SEIXAS

écorce
L'ÉNERGIE EN CONSULTANCE



- ▶ De integratie van een stadslandbouwproject in een gebouw optimaliseren
- ▶ Denkpistes voorstellen om het verbruik te verminderen
- ▶ Hulp verlenen bij het kiezen van de technische uitrustingen

⇒ **Duurzaamheidsuitdagingen**



INLEIDING

WARMTERECUPERATIE EN SYNERGIEËN

- ▶ Serre op het dak
- ▶ Paddenstoelenteelt

VERLICHTING

- ▶ De tuinbouwverlichtingstechnologieën
- ▶ Efficiëntie en verbruik

VERBRUIK VAN DE HULPAPPARATUUR



INTEGRATIE IN HET GEBOUW

Synergieën en korte ketens



Bron:
urbalia



Integratie van de stadslandbouw in het gebouw

- ▶ Telen op het dak met of zonder serre
- ▶ Indoorteelten met tuinbouwverlichting
- ▶ Aquacultuur, aquaponics
- ▶ Kelderteelt

⇒ Teeltplan en definitie van de behoeften

Energiebeheer

- ▶ Verwarmingsbehoeften
- ▶ Ventilatie
- ▶ Verbruik van de hulpapparatuur (ventilatoren, pompen,...)
- ▶ Regeling met CTB



INLEIDING

WARMTERECUPERATIE EN SYNERGIEËN

- ▶ **Serre op het dak**
- ▶ Paddenstoelenteelt

VERLICHTING

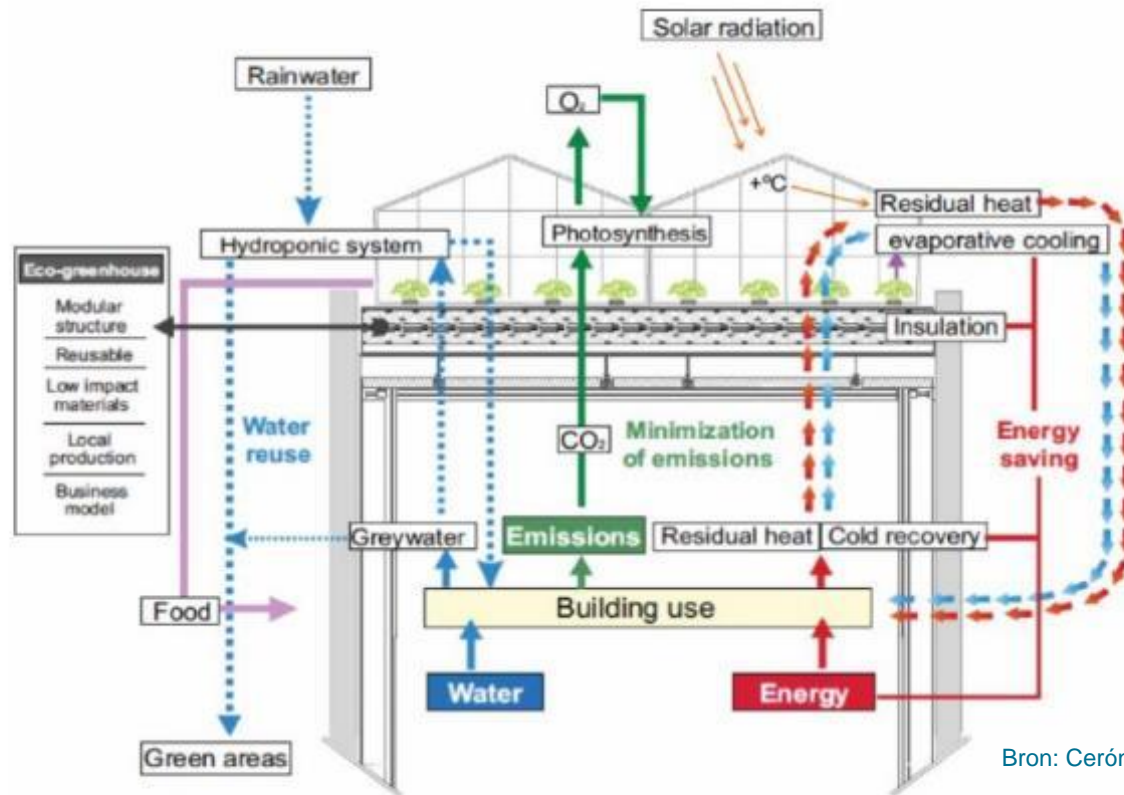
- ▶ De tuinbouwverlichtingstechnologieën
- ▶ Efficiëntie en verbruik

VERBRUIK VAN DE HULPAPPARATUUR



Waarom een serre op het dak van een gebouw installeren?

- ▶ Reductie van de verliezen op het niveau van het dak
- ▶ Benutting van de zonnewinsten



Bron: Cerón-Palma et al., 2012

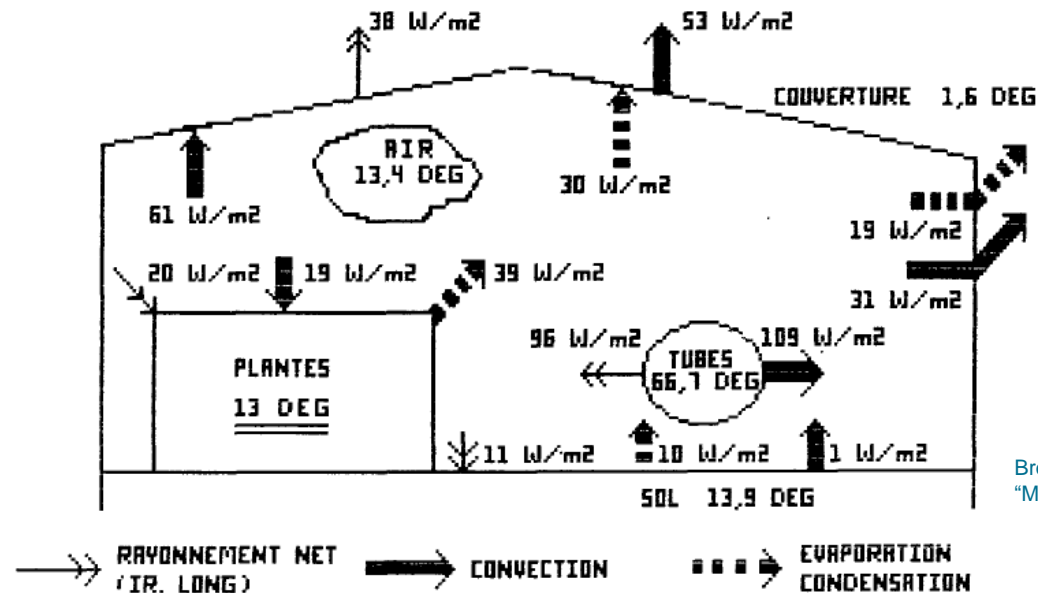
Figure 2: Conceptualization of RTEG. The illustration emphasizes the interchange of water, energy and gas (e.g., CO₂) flows between the rooftop greenhouse and the associated building.



De verwarmingsbehoeften definiëren

- ▶ Teelttypes, teeltperiodes
- ▶ Toelaatbare minimale temperatuur
- ▶ Zonnewinsten dak / ventilatie gebouw
 - Dynamische thermische simulatie

Thermische balans van een in de winter verwarmde serre



Bron: C. Monteil, G. Issanchou, M. Amouroux.
"Modèle énergétique de la serre agricole"



Recuperatie van de warmteverliezen van het dak

- ▶ Relevant voor een bestaand gebouw
- ▶ Handhaving van een minimale temperatuur voor de teelt in de winter

Raming van de door het dak gedissipeerde hoeveelheid energie

- ▶ Voorbeeld met een niet-geïsoleerd plat dak:
 - $U = 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Gemiddelde binnentemperatuur = $19 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Gemiddelde buitentemperatuur (stookseizoen) = $4 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Stookseizoen = 5800 h

$$Q = 2,5 \times (19-4) \times 5800 / 1000 = 217,5 \text{ kWh/m}^2$$

- ▶ Geïsoleerd dak met $U = 0,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

$$Q = 26 \text{ kWh/m}^2$$



Berekening van de vermindering van de verliezen dankzij de serre

- ▶ Aangrenzende onverwarmde ruimte
- ▶ Bepaling van coëfficiënt b
 - Niet-geïsoleerd dak (1.000 m²)
 - Serre uit polycarbonaat van 32 mm en 16 mm (U wanden = 1,5 W/m².K; U dak = 2,5 W/m².K)

⇒ **b = 0,75 met luchtverversing van 3 vol/h → - 25 %**

Raming van de via het dak gerecupereerde hoeveelheid energie

- ▶ Niet-geïsoleerd dak: $Q_r = 217,5 \times 0,75 = 163 \text{ kWh/m}^2$
- ▶ Geïsoleerd dak: $Q_r = 26 \times 0,75 = 19,5 \text{ kWh/m}^2$

⇒ **Valorisatie warmteverliezen / Behoeften van de planten**



Beperking van de verwarmingsbehoeften voor de teelt

- ▶ Opslag van de zonnewinsten via de thermische inertie van de grond
 - ⇒ **Reductie tot 20 % van de verwarmingsbehoeften op zonnige dagen**
- ▶ Isolatie en dichtheid van de serre
 - Bepaling van de beste verhouding tussen de thermische prestatie van de scheidingsconstructies en de zonnewinsten
 - Materiaal: polycarbonaat ($U = 2,5$ tot $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), dubbele beglazing, ETFE (lichtheid)
- ▶ Pulsie van de uit het gebouw afgevoerde lucht in de serre (CO_2 , T° , vochtigheid)
 - LBG zonder warmterecuperator
 - LBG met warmterecuperator
 - Bepaling van de energiewinst volgens het debiet



Beperking van het oververhittingsrisico

- ▶ Ventilatiestrategie: natuurlijke, mechanische, hybride ventilatie
 - Bepaling van het vereiste debiet tijdens de zomerperiode
 - Nachtelijke ventilatie
 - Lucht afgevoerd uit het gebouw indien $<$ buitentemperatuur
 - Beperking van het gebruik van de ventilatoren
- ▶ Buitenzonneweringen
- ▶ Adiabatiscche koeling

⇒ **Belang van een doeltreffende regeling**

⇒ **Recuperatie van het warmteoverschot voor het gebouw**



Bron: <http://www.eole-france.fr/>



Correcte bepaling van het gebruik van de serre

Gebruik van de warmte voor het landbouwproject

VS

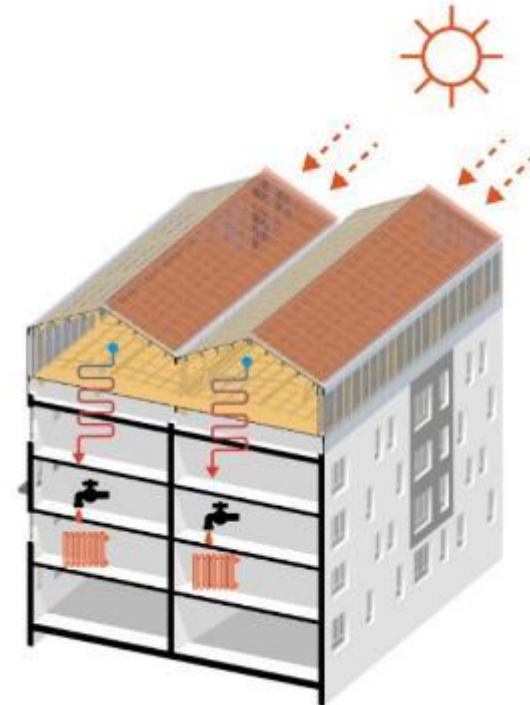
**Recuperatie van de warmte van de serre voor het
gebouw**





Voorbeeld: symbioseproject in Nantes (Frankrijk)

- ▶ Installatie van een serre op het dak van een bestaand woongebouw
- ▶ 24 woningen → 400 m² serre
- ▶ Bedekking uit polycarbonaat en wanden uit enkele beglazing
- ▶ Collectief gebruik (a priori geen commerciële tuinbouwactiviteit)
- ▶ Gebruik van de aan de lucht van de serre onttrokken warmte voor de SWW-productie via een WP



Bron: Symbioseproject



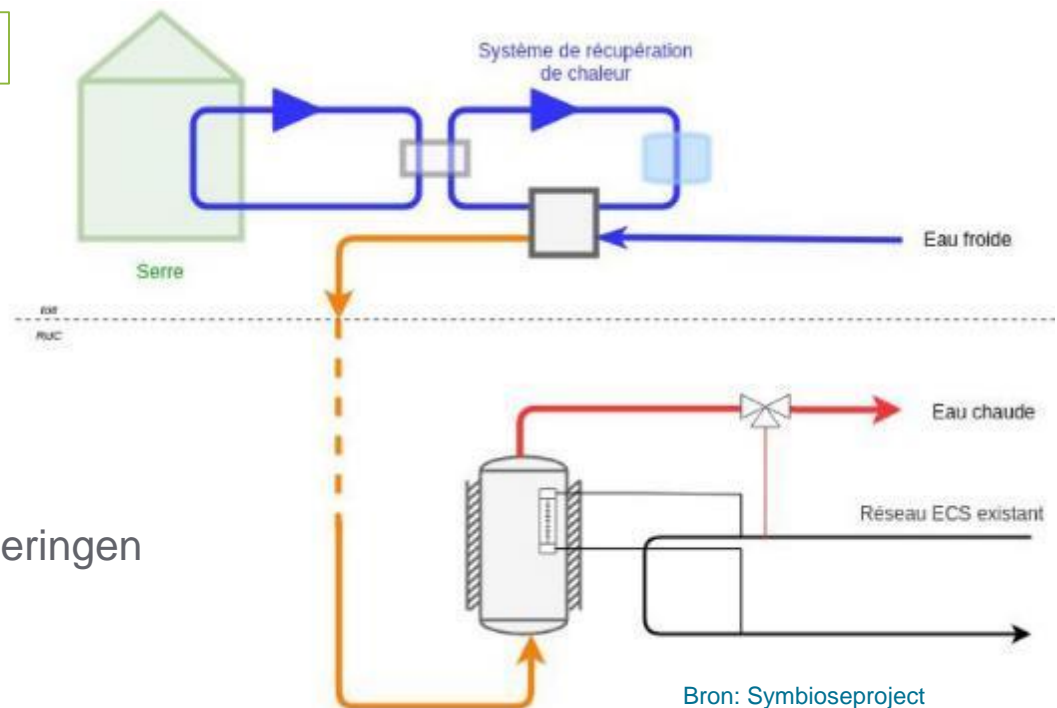


Voorbeeld: symbioseproject in Nantes (Frankrijk)

- ▶ Energierecuperatie geraamd op 250 kWh/m².jaar
- ▶ Balans tussen klimaat in de serre en energierecuperatie
- ▶ Doelstellingen: 80 % van de SWW-behoeften en 20 % van de verwarmingsbehoeften



- ▶ Openende delen / zonneweringen
- ▶ Ventilatie
- ▶ Werking WP / opslag



Duidelijke definitie van het landbouwproject

- ▶ Productie het hele jaar door
- ▶ Preliminare resultaten van **ifaS** in het kader van het **GROOF**-project: Simulatie van de behoeften van een serre op de grond
 - Verwarming van half december tot half februari (20 °C overdag en 19 °C 's nachts)
 - Performante serre met bedekking uit dubbele beglazing ($U = 3,1$) en wanden uit polycarbonaat van 32 mm ($U = 1$)
 - Verwarmingsbehoeften = **200 kWh/m².jaar**
- ▶ Met een bedekking bestaande uit enkele beglazing bedragen de behoeften ongeveer **400 kWh/m².jaar**.
- ▶ Berekening uitgevoerd met behulp van de software **Hortex**



INLEIDING

WARMTERECUPERATIE EN SYNERGIEËN

- ▶ Serre op het dak
- ▶ **Paddenstoelenteelt**

VERLICHTING

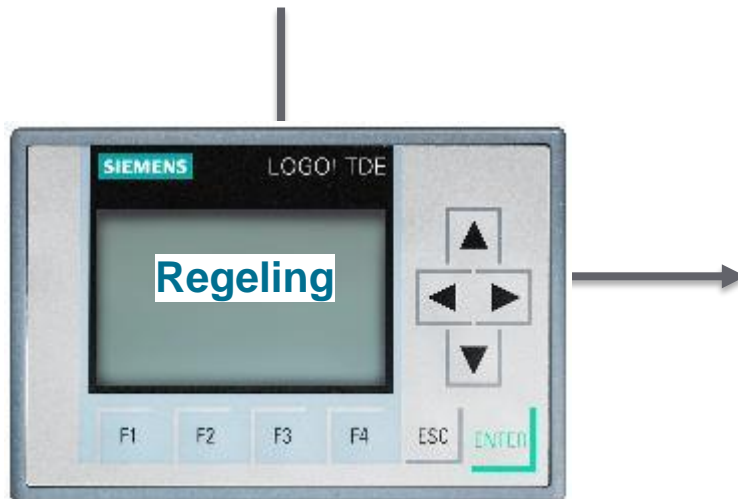
- ▶ De tuinbouwverlichtingstechnologieën
- ▶ Efficiëntie en verbruik

VERBRUIK VAN DE HULPAPPARATUUR



Teeltvoorwaarden

- ▶ Temperatuur van 12 tot 16 °C
- ▶ Relatieve vochtigheid van 75 tot 95 %
- ▶ Ventilatie met variabel debiet
- ▶ Controle van het CO₂-gehalte

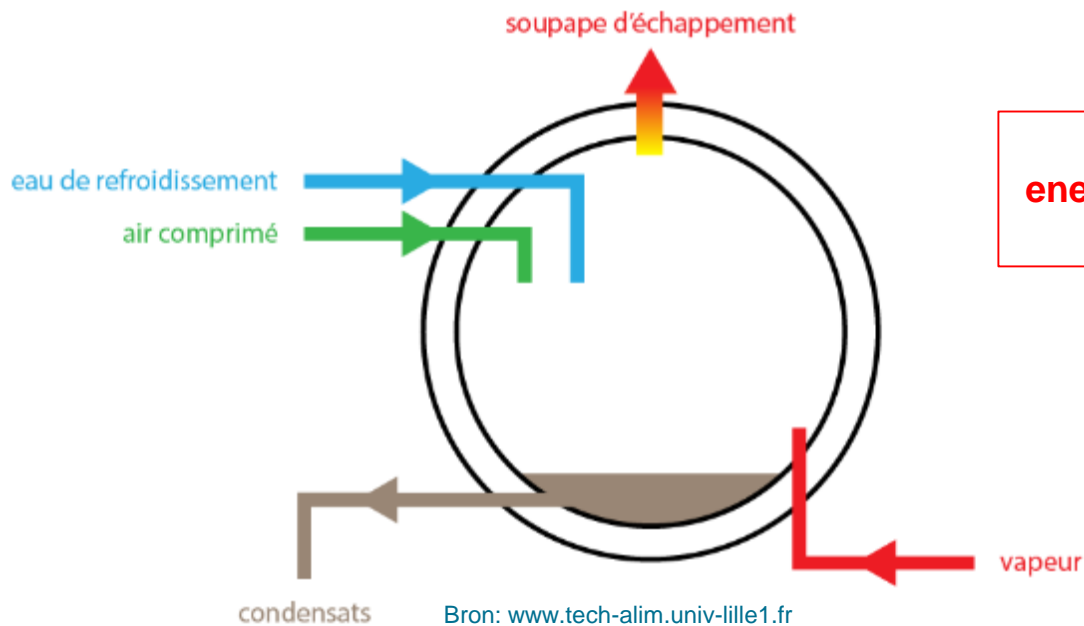


Bron: Siemens



Proces

- ▶ Realisatie van het substraat
- ▶ Pasteurisatie: van 60 tot 95 °C
- ▶ Inoculatie (inzaaien)
- ▶ Incubatie: 20 tot 25 °C gedurende 2 weken
- ▶ Vruchtvorming: keldertemperatuur + controle van vochtigheid en CO₂



**Werking van een autoclaaf:
energiebehoefte voor de pasteurisatie
met stoom**



Synergie mogelijk tussen de verschillende fasen van het proces

- ▶ Koudeproductie voor de handhaving van de teeltvoorwaarden
- ▶ Warmte gerecupereerd van de koelmachine
 - Voor de pasteurisatie
 - Voor de incubatie



Bron: www.nowaste.be

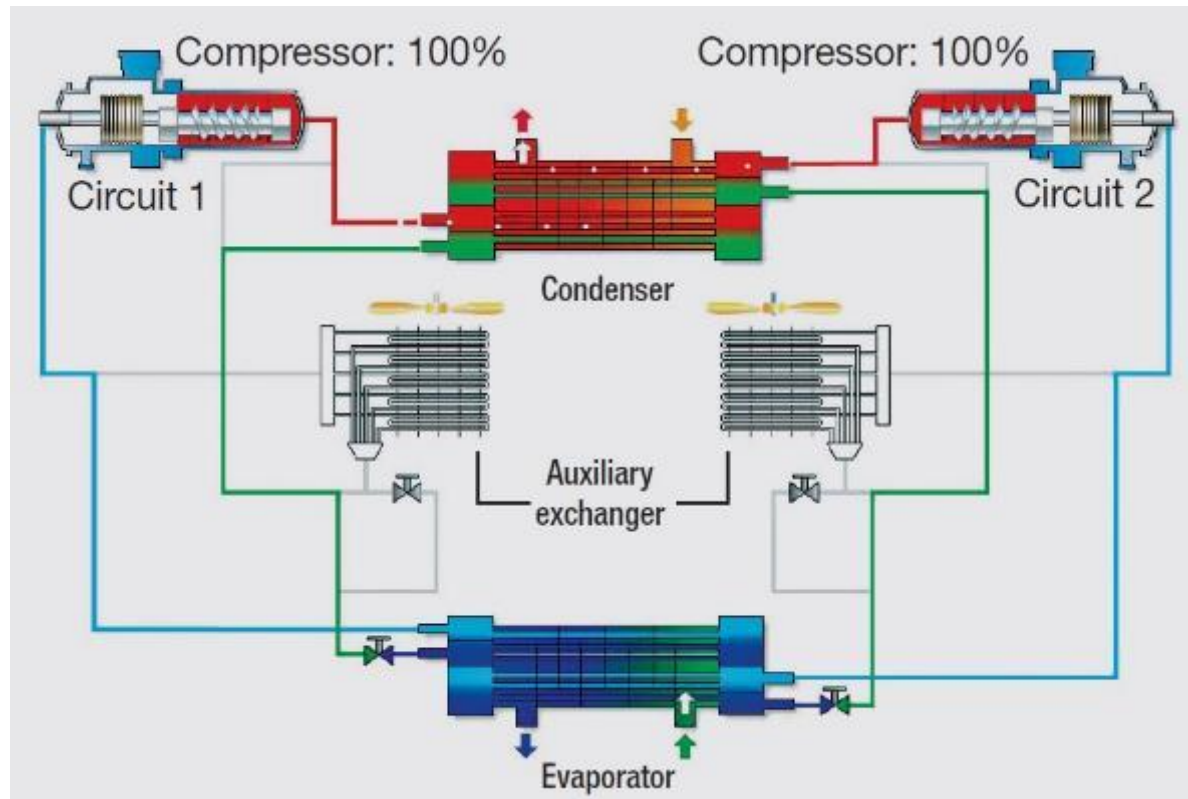


Bron: www.permafungi.be



Synergie mogelijk tussen de verschillende fasen van het proces

- ▶ Gelijktijdige koude- en warmtebehoeften → water/water-WP
- ▶ Koelmachine: warmterecuperatie



Bron: Mitsubishi

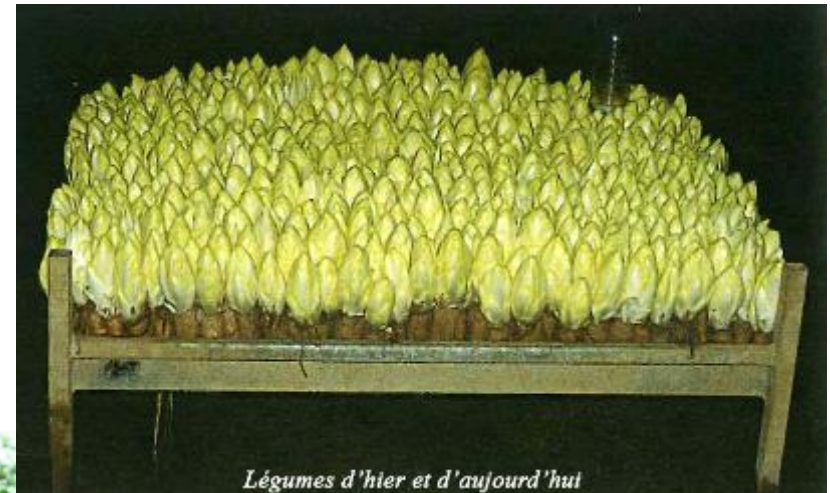


Wisselbouw in het gebouw

- ▶ Serreteelt (dak) van maart tot november
- ▶ Kelderteelt van november tot maart (paddenstoelen, witloof,...)
- ▶ Gebruik van de incubatieruimte voor de teelt van microgroenten (microscheuten) onder kunstlicht (ECLO)
- ▶ In de winter: warmterecuperatie uit de serre voor het gebouw



Bron: www.permafungi.be



Bron: www.biologie.ens-lyon.fr



Bron: www.eclo.be



INLEIDING

WARMTERECUPERATIE EN SYNERGIEËN

- ▶ Serre op het dak
- ▶ Paddenstoelenteelt

VERLICHTING

- ▶ **De tuinbouwverlichtingstechnologieën**
- ▶ Efficiëntie en verbruik

VERBRUIK VAN DE HULPAPPARATUUR



Hogedruknaatriumlampen

- ▶ Nieuwe zeer efficiënte generatie
- ▶ Performante fotonstroom
- ▶ Vermogen van het verlichtingstoestel tot 1000 W
- ▶ Levensduur: 10.000 – 20.000 uur
- ▶ Elektronische regeling van het voorschakelapparaat



Bron: Gavita



Ledlampen

- ▶ Zeer energie-efficiënt
- ▶ Gerichte lichtbundel
- ▶ Levensduur: tot 50.000 uur
- ▶ Geringe warmtedissipatie
- ▶ Mogelijkheid deze lampen vlakbij de planten te installeren



Bron: LumiGrow



Keramische metaalhalidelampen

- ▶ Betere verdeling van de fotonstroom ten opzichte van het teeltoppervlak
- ▶ Efficiënt
- ▶ Levensduur: 20.000 – 30.000 uur



Bron: www.cycloptics.com



INLEIDING

WARMTERECUPERATIE EN SYNERGIEËN

- ▶ Serre op het dak

PADDENSTOELENTEELT

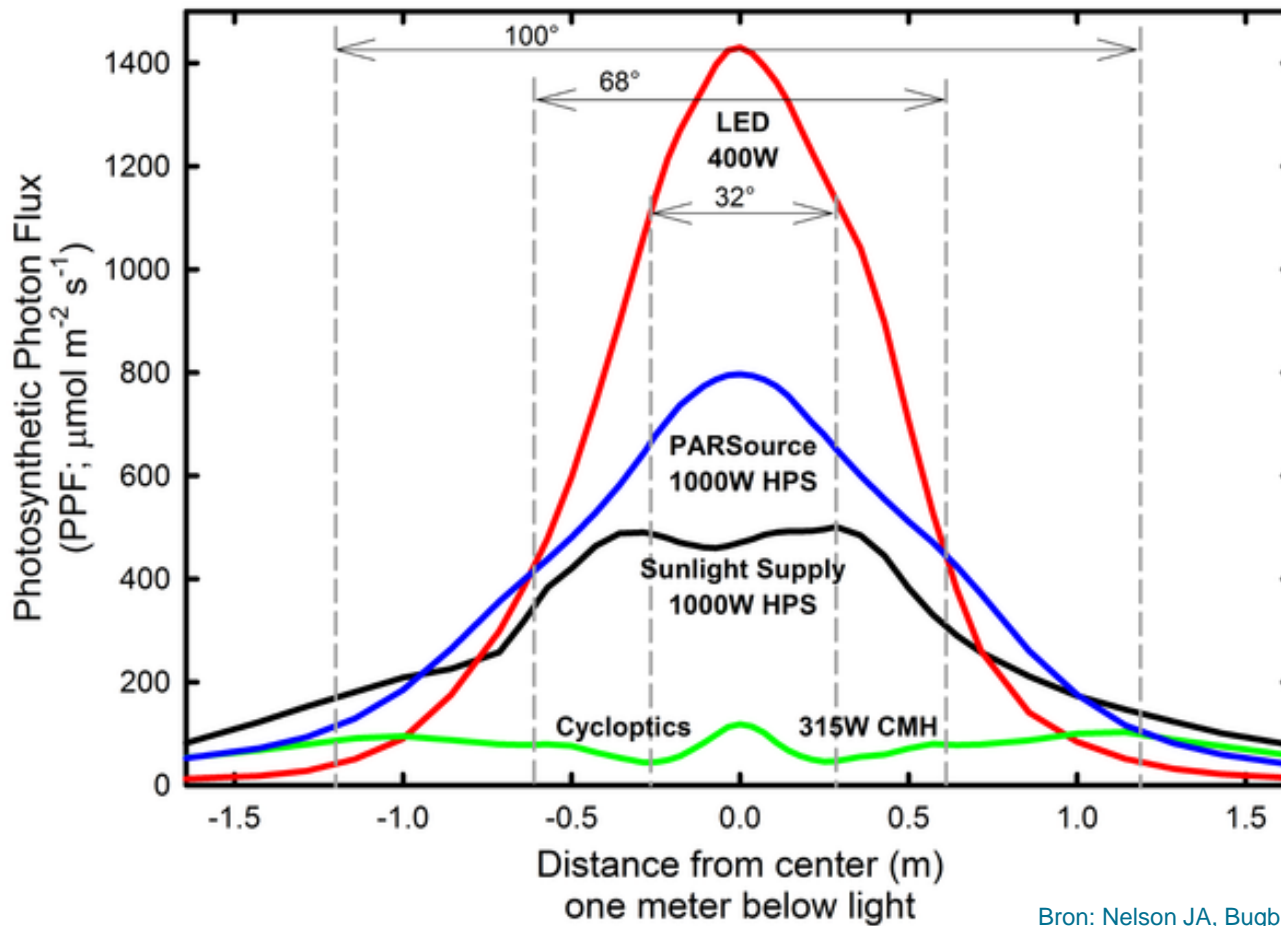
VERLICHTING

- ▶ De tuinbouwverlichtingstechnologieën
- ▶ **Efficiëntie en verbruik**

VERBRUIK VAN DE HULPAPPARATUUR



Vergelijking van de lichtstromen

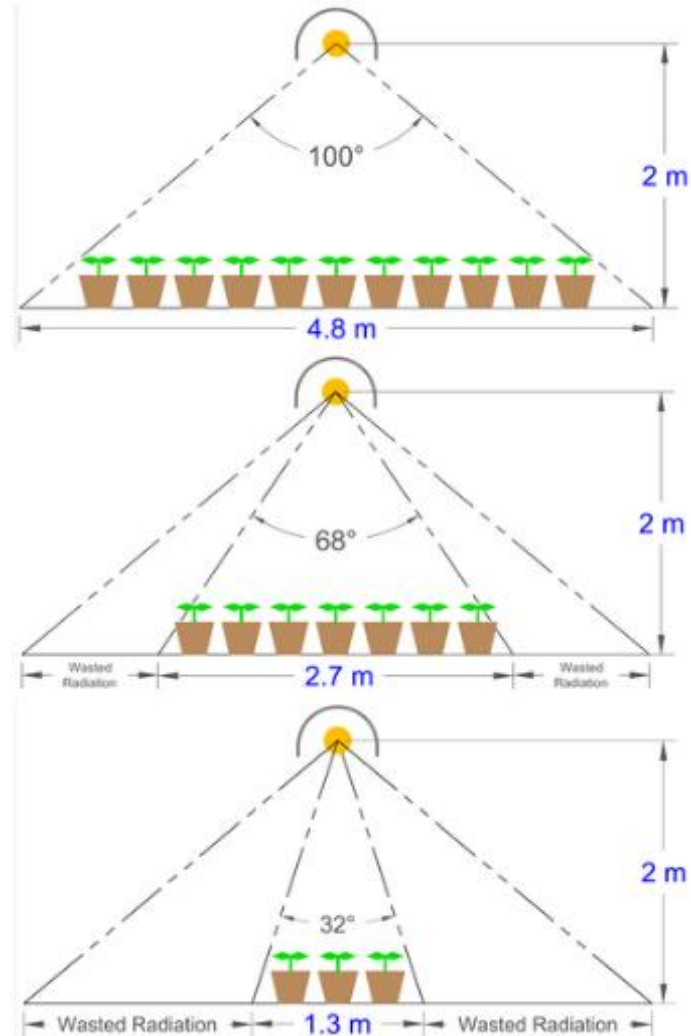


Bron: Nelson JA, Bugbee B (2014)
Economic Analysis of Greenhouse Lighting



Optimalisatie van de lichtstroom

Belang van de positionering van de verlichtings-toestellen en van de beplantingen



Bron: Nelson JA, Bugbee B (2014)
Economic Analysis of Greenhouse Lighting



Vergelijkende studie van de kosten van de verschillende technologieën (Nelson JA, Bugbee B (2014))

- ▶ Voor 3.000 werkingsuren per jaar

Lamptype	Foton- efficiëntie [$\mu\text{mol}/\text{s}$]	Kosten van de lamp [\$US]	Kosten elektriciteits- verbruik [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{jaar}$]	Totale kosten over 5 jaar [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{jaar}$]
400 W magn. Sunlight HPS	416	200	0,35	0,40
1000 W elek. Gavita HPS	1751	500	0,19	0,23
LED (rood/blauw) LSG	653	1200	0,19	0,54
LED (rood/wit/blauw) Lumigrow 325	390	1000	0,26	0,73
Keramische metaalhalidelampen Cycloptics 315 3100K	491	640	0,23	0,46



Conclusie

- ▶ HPS-lamp van de nieuwe generatie: betere verhouding tussen efficiëntie en prijs
- ▶ Keuzecriteria:
 - Fotonefficiëntie van de lamp
 - Levensduur (relamping-kosten)
 - Welk gebruik, welke werkingsduur
 - Type teelt en positionering van de verlichting
- ▶ Positionering van de lampen
- ▶ CO₂-behoeften bij gebruik van de verlichting
- ▶ Aantrekkingskracht voor insecten en schadelijke dieren

**Rationeel energiegebruik:
Misschien is kunstverlichting niet noodzakelijk voor het project!**

⇒ Effect van de LED-verlichting op de werknemers

⇒ Analyse van de levenscyclus en grijze energie



INLEIDING

WARMTERECUPERATIE EN SYNERGIEËN

- ▶ Serre op het dak
- ▶ Paddenstoelenteelt

VERLICHTING

- ▶ De tuinbouwverlichtingstechnologieën
- ▶ Efficiëntie en verbruik

VERBRUIK VAN DE HULPAPPARATUUR



Gebruik van pompen voor aquacultuur en aquaponics

- ▶ Aanzienlijke debieten

BIGH: 250 m³/h voor 14 kweekbekkens

Biologische filtering: bekken van 50 m³

- ▶ Optimalisatie van het hydraulische net (drukverliezen) en dimensionering van de pomp
- ▶ Gebruik van een frequentieregelaar
- ▶ Synchrone motoren: rendement van de orde van 94 % voor een vermogen van 25 kW



Bron: Leroy-Somer

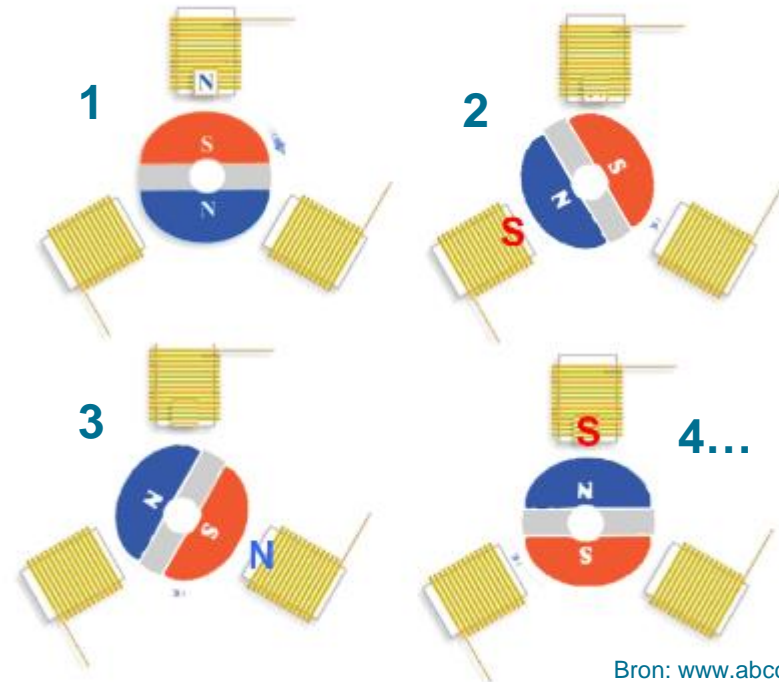


Ventilatie

- ▶ Motor met elektronische commutatie (EC)
- ▶ Eenvoudige regeling (0-10 V-signaal)
- ▶ Energie-efficiëntie: rendement dat 30 tot 40 % hoger ligt dan dat van asynchrone motoren
- ▶ Optimalisatie van de debieten dankzij een nauwkeurige regeling (T° , CO_2 , RV)



Bron: Rosenberg



Bron: www.abcclim.net





- ▶ De voor stadslandbouw bestemde infrastructuur moet volgens het teeltplan en het type gebouw worden ontworpen
- ▶ Er zijn tal van synergiemogelijkheden
- ▶ Langetermijnvisie: onderhoud, energieverbruik, verandering van landbouwoperator
- ▶ Dynamische thermische simulatie → serre
- ▶ Impact van de technologieën: levenscyclusanalyse
- ▶ Korte-ketenwerking: vermindering van het transport, circulariteit/hergebruik van de 'afvalstoffen'





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Stedelijke landbouw
Dossier | Integratie van de stadslandbouw
Voorziening | Serres



Websites

- ▶ GROOF - Greenhouses to Reduce CO2 on Roofs
<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/groof/>



Artikels

- ▶ Cerón-Palma et al. (2012)
Barriers and Opportunities Regarding the Implementation of Rooftop Eco.Greenhouses (RTEG) in Mediterranean Cities of Europe
- ▶ Ademe (2017)
Agriculture urbaine, quels enjeux de durabilité
www.ademe.fr/mediatheque



Paulo SEIXAS

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

DANK U VOOR UW AANDACHT

