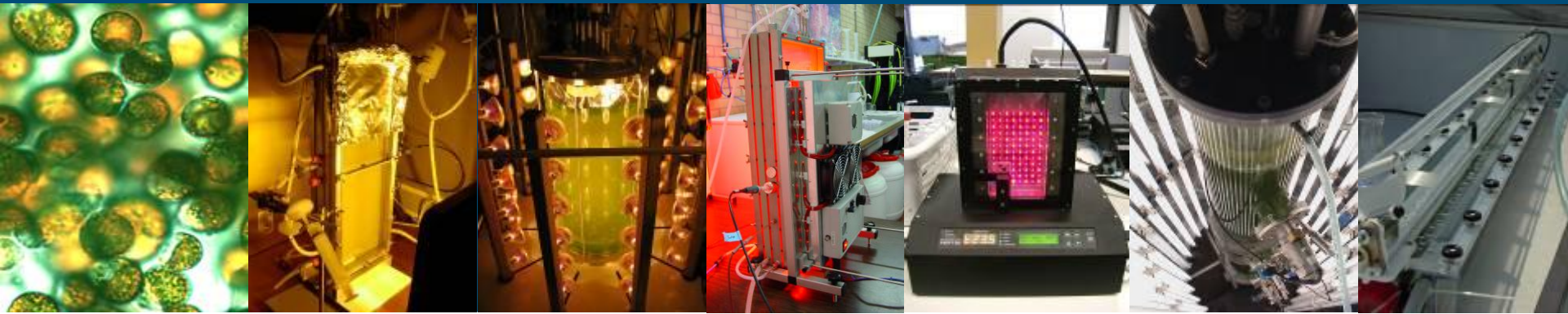


Technasium opdracht:

De algenreactor

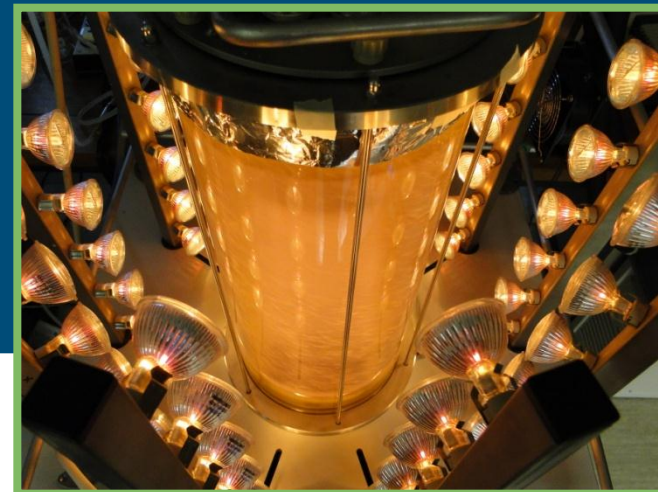
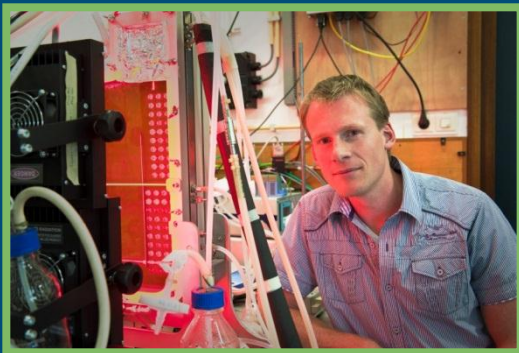
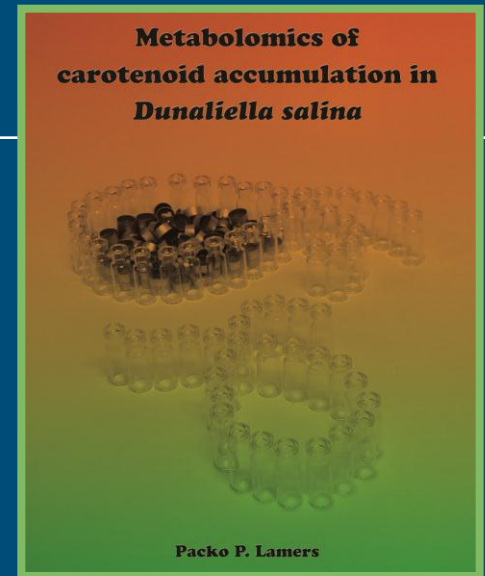
Packo Lamers

10 November 2011



Even voorstellen:

- VWO in Veenendaal (CLV)
- Toen naar Wageningen:
 - *5 jr Studie Bio(proces)technologie*
 - *4 jr Promotieonderzoek (pigmentproductie met algen)*
 - *2 jr PostDoc (algen)*
 - *Nu Universitair Docent Biotechnologie (algen)*



Programma:

- 13.00 – 14.00 Opdracht & openingslezing
- 14.00 – 15.00 Groep A -> AlgaePARC
Groep B -> Brainstorm (P635)
- 15.00 – 16.00 v.v.

Technasium opdracht:

■ Achtergrond

- Algen-practicum voor middelbare scholen
- Kweekstelsel nodig waarin algen snel groeien

■ Opdracht

- Ontwerp, bouw en test een fotobioreactor

■ Randvoorwaarden

- Zo goedkoop mogelijk
- Op school
- Algenproductie in 1 week
- Veilig



Technasium opdracht:

- Start
 - Plan van aanpak
- Afronding
 - Verslag van ontwerp en mogelijke verbeteringen
 - Presentatie van ontwerp
 - Evaluatie door 'algenieur' uit Wageningen
 - Beste ontwerp wint prijs
- Extra info
 - Bij begeleiders van school
 - Let op vandaag ;)



De toekomst...een 'biobased economy'?



- Wat is dat precies?

5%

- 80% positief over biobased economy
- 40% overweegt carrière / opleiding

De wereld groeit...

World population development

Billio

MTOE

10

10,000

8

8,000

6

6,000

4

4,000

3

3,000

2

2,000

1

0

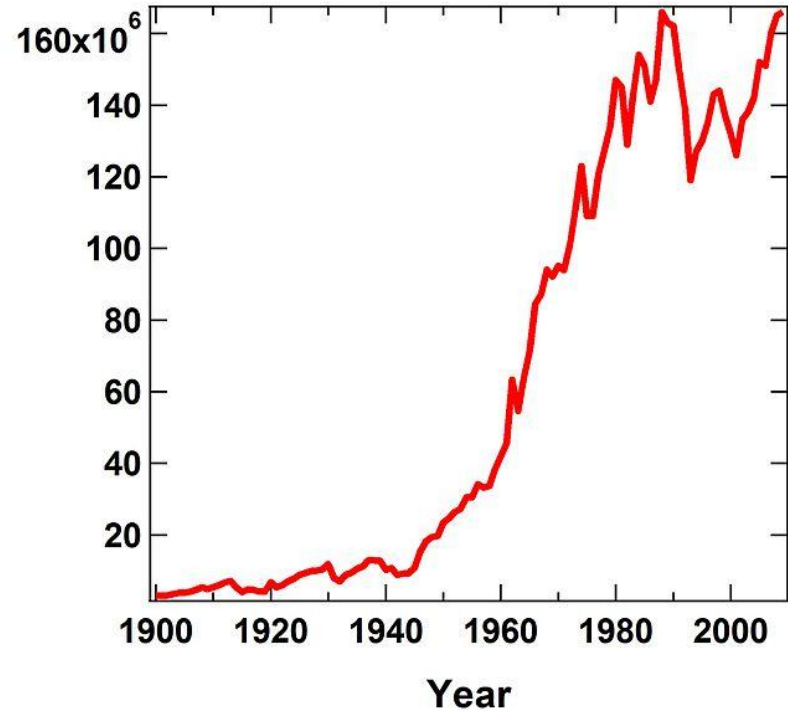
17

1860

Oil Palm in Malaysia and Indonesia production and exports. 1964-2006



World Phosphate Rock Production (metric tonne)



Natuurlijke grondstoffen zullen opraken



- Niet vandaag, of morgen...
...maar het gaat wel gebeuren

Oplossing?

■ Gebruik maken van hernieuwbare bronnen:

- Zon
- Water
- Wind



Elektriciteit alleen is niet genoeg

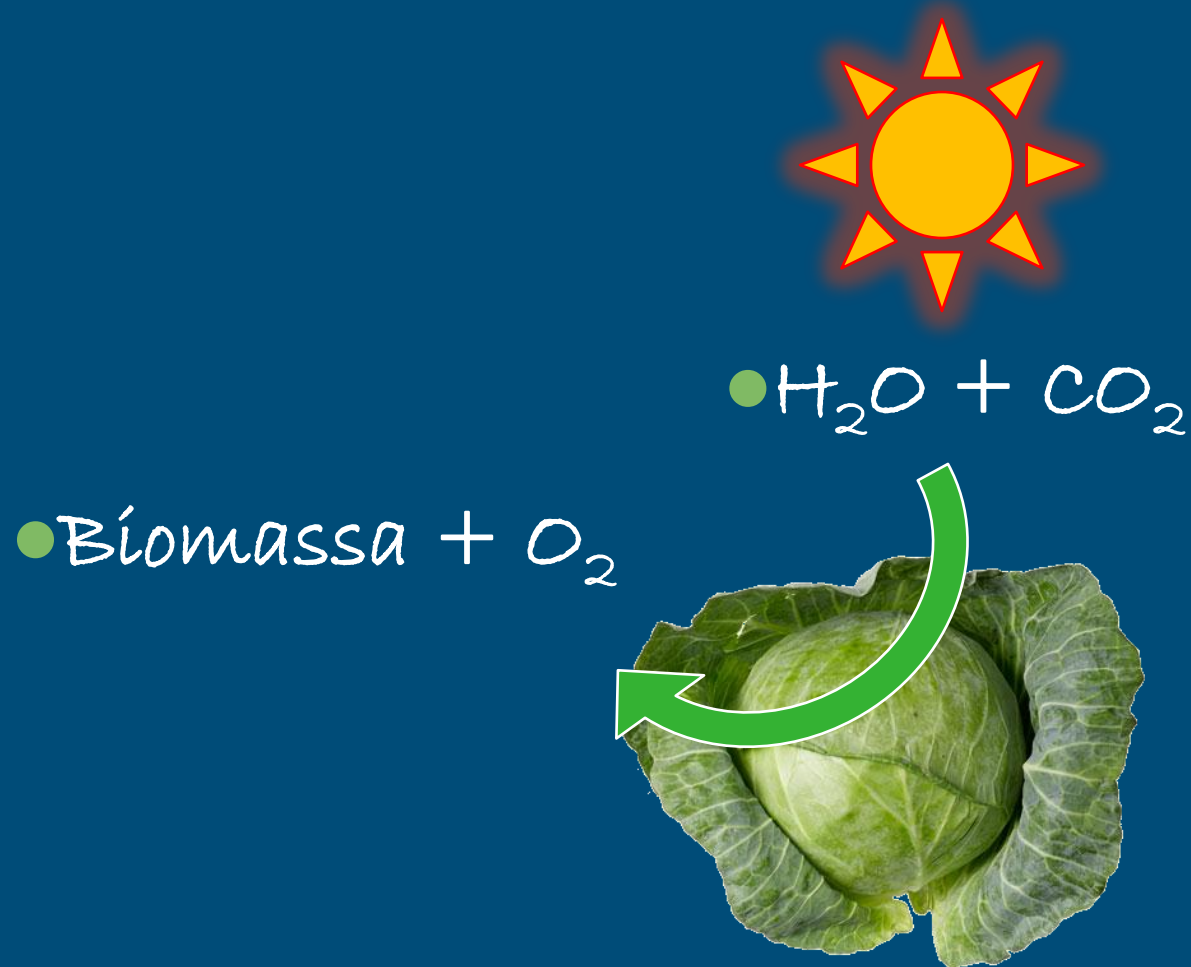


De biobased economy

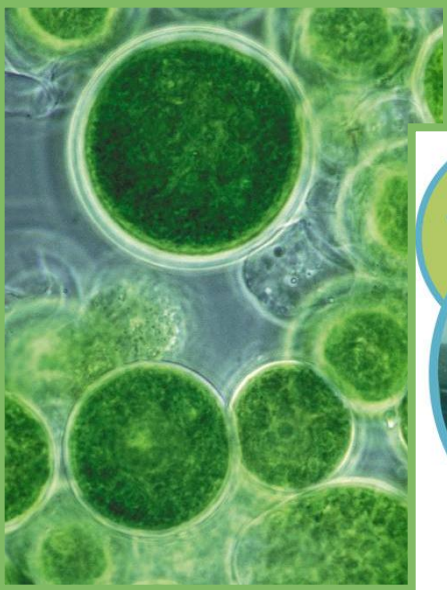
- Productie van
 - brandstoffen
 - humane en dierlijke voeding
 - bulk- en fijnchemicaliën
- waarbij gebruikt wordt gemaakt van
 - hernieuwbare grondstoffen
 - afvalstromen
 - biologische productie processen



Essentieel proces: fotosynthese



Microalgen vs. planten



VS.

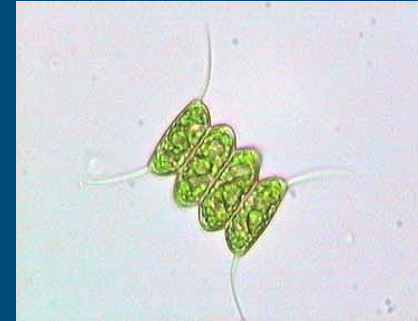


Wat zijn microalgen?

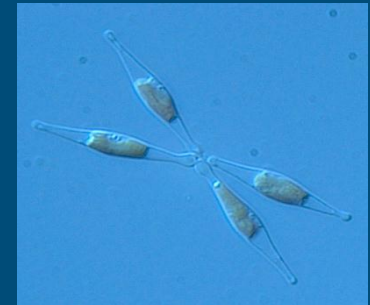
- Primitief plantaardig organisme
- ~0.001 – 0.1 mm groot
- Zout en zoutwater
- Fotoautotroof
- ≈ 80.000 soorten
 - Groene algen
 - Chromista
 - Diatomeeën
 - Bruine algen
 - Macro algen
 - Rode algen
 - Euglenophyta



● *Spirulina*



● *Scenedesmus*



● *Phaeodactylum*

Microalgen en hun producten

- Visvoer
- Biopolymeren
- Fijnchemicaliën (DHA, EPA)
- Functionele eiwitten
- Medicijnen
- Kleurstoffen
- Bemesting
- Olie



Waarom microalgen?

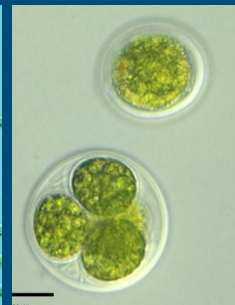
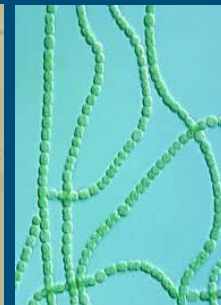
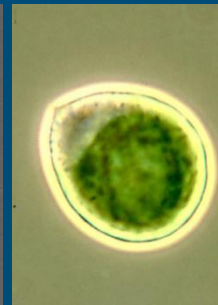
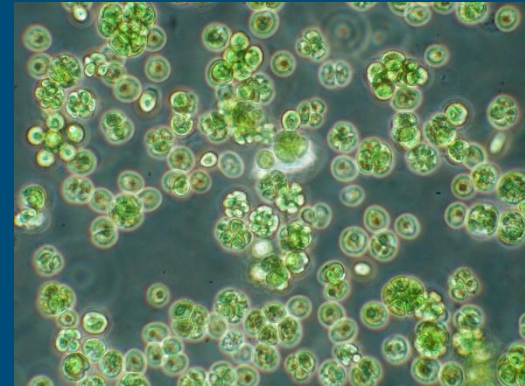
Feedstock	Oil Productivities L / ha /year
Corn	172
Soybeans	446
Sunflower	386
Rapeseed	1 250
Oil palm	5 950
Jatropha	1 892
Microalgae	
PE 3%; 30% lipids; NL	12 300
PE 3% ; 30% lipids; Bonaire	25 800
PE 6% ; 30% lipids; Bonaire	52 000

Hier zijn we

Potentie

Nog meer redenen:

- Hoge productiviteit per oppervlakte
- Groeit op zeewater
- Geen landbouwgrond nodig
- Minder water nodig
- Grote variëteit in soorten → en dus producten
- Olie ophoping to zeer hoge concentratie
- Stofwisseling is stuurbaar richting gewenst product
- Recyclen van nutriënten (N & P)
- CO₂ mitigatie

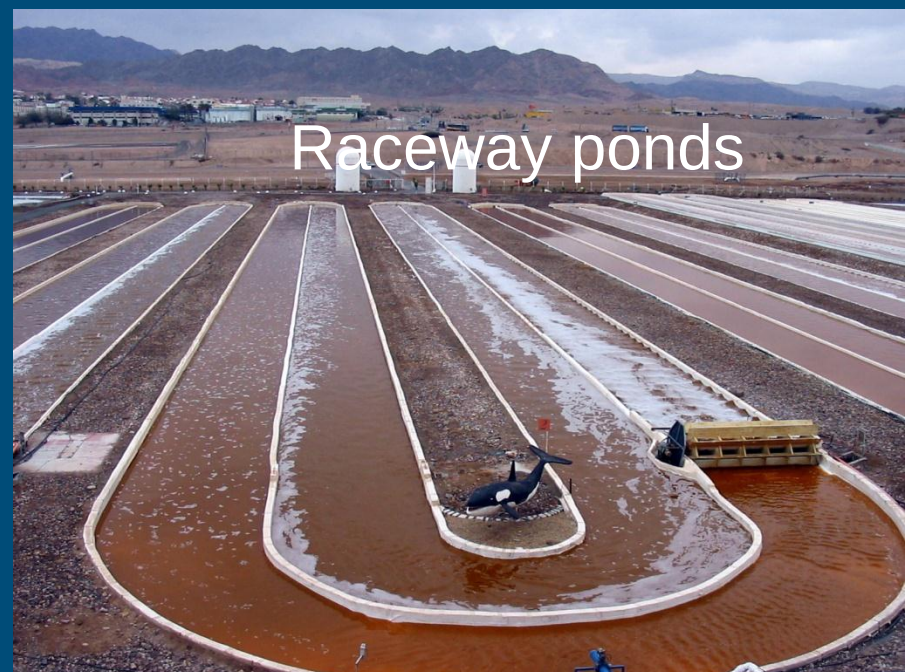


Van vakmanschap naar een industrieel proces...

- Huidige globale microalgen productie: ~5000 ton droge biomassa
- Hoogwaardige producten: pigmenten en ω -3 vetzuren
- Markt volume €1.25 miljard (gem. marktprijs €250/kg droge biomassa)
- Globale productie van palmolie ~40 miljoen ton; marktprijs van ~0.50 €/kg

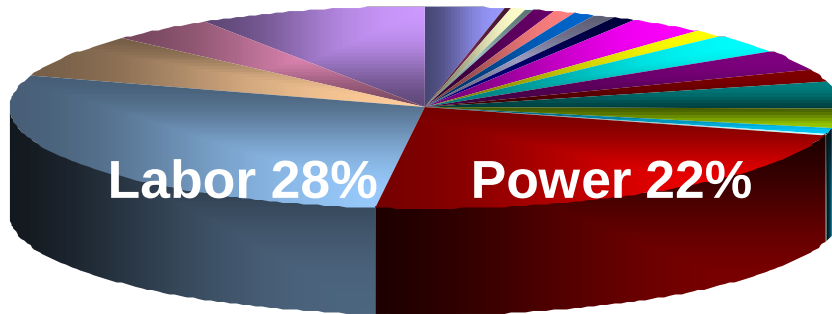


Studie economische haalbaarheid



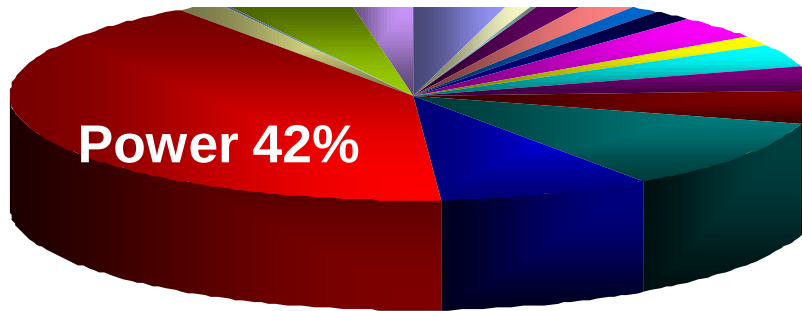
Biomassa productiekosten (buizenreactor)

1 ha



9.90 € / kg biomass

100 ha



4.16 € / kg biomass

potentie

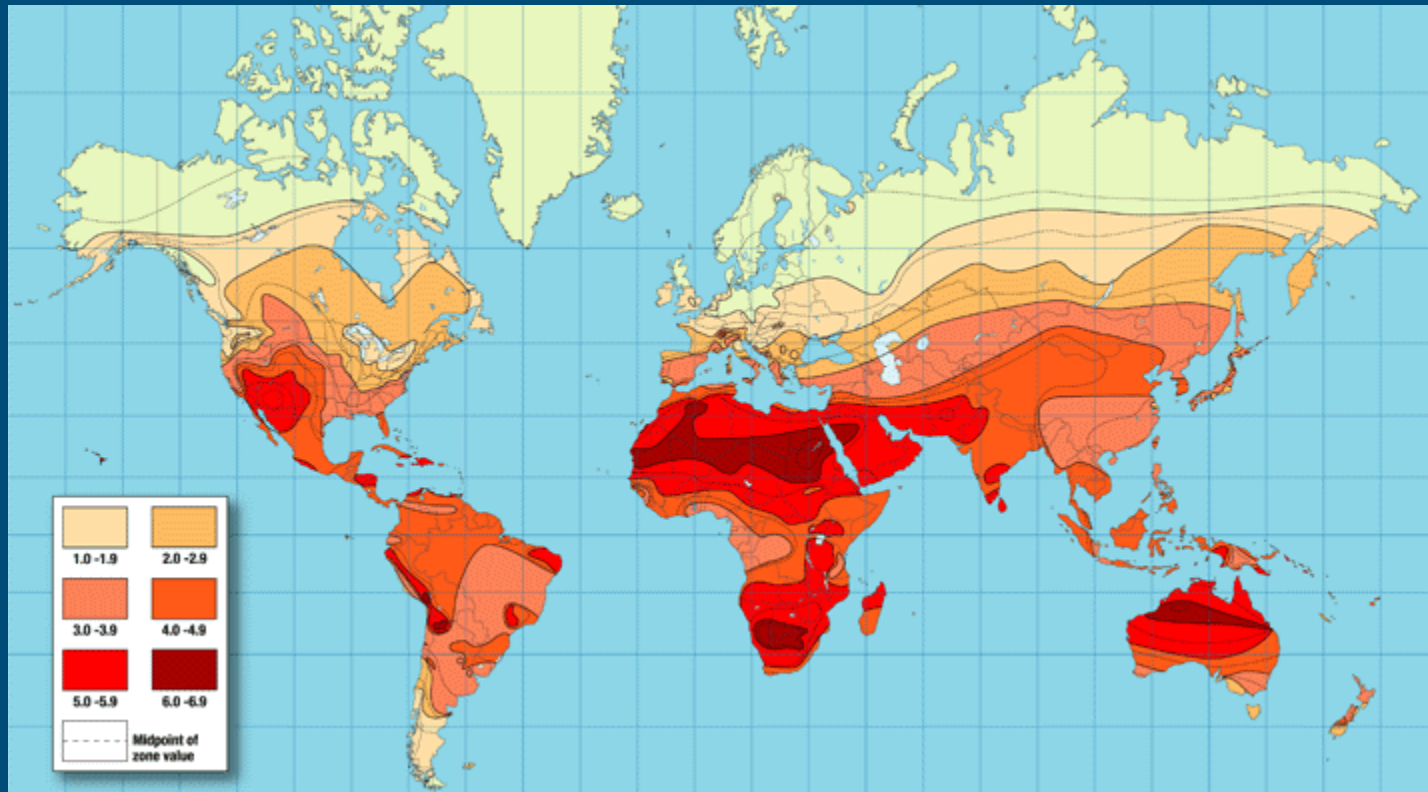
- Centrifuge westfalia separator AG
- Medium Feed pump
- Seawater pump station
- Installations costs
- Buildings
- Carbon dioxide
- Power
- Maintenance
- Centrifuge Feed Pump
- Medium preparation tank
- Automatic Weighing Station with Silos
- Instrumentation and control
- Polyethylene tubes Photobioreactor
- Media Filters
- Labor
- General plant overheads
- Medium Filter Unit
- Harvest broth storage tank
- Culture circulation pump
- Piping
- Culture medium
- Air filters
- Payroll charges

0.70 € / kg biomass
25.8 €/GJ

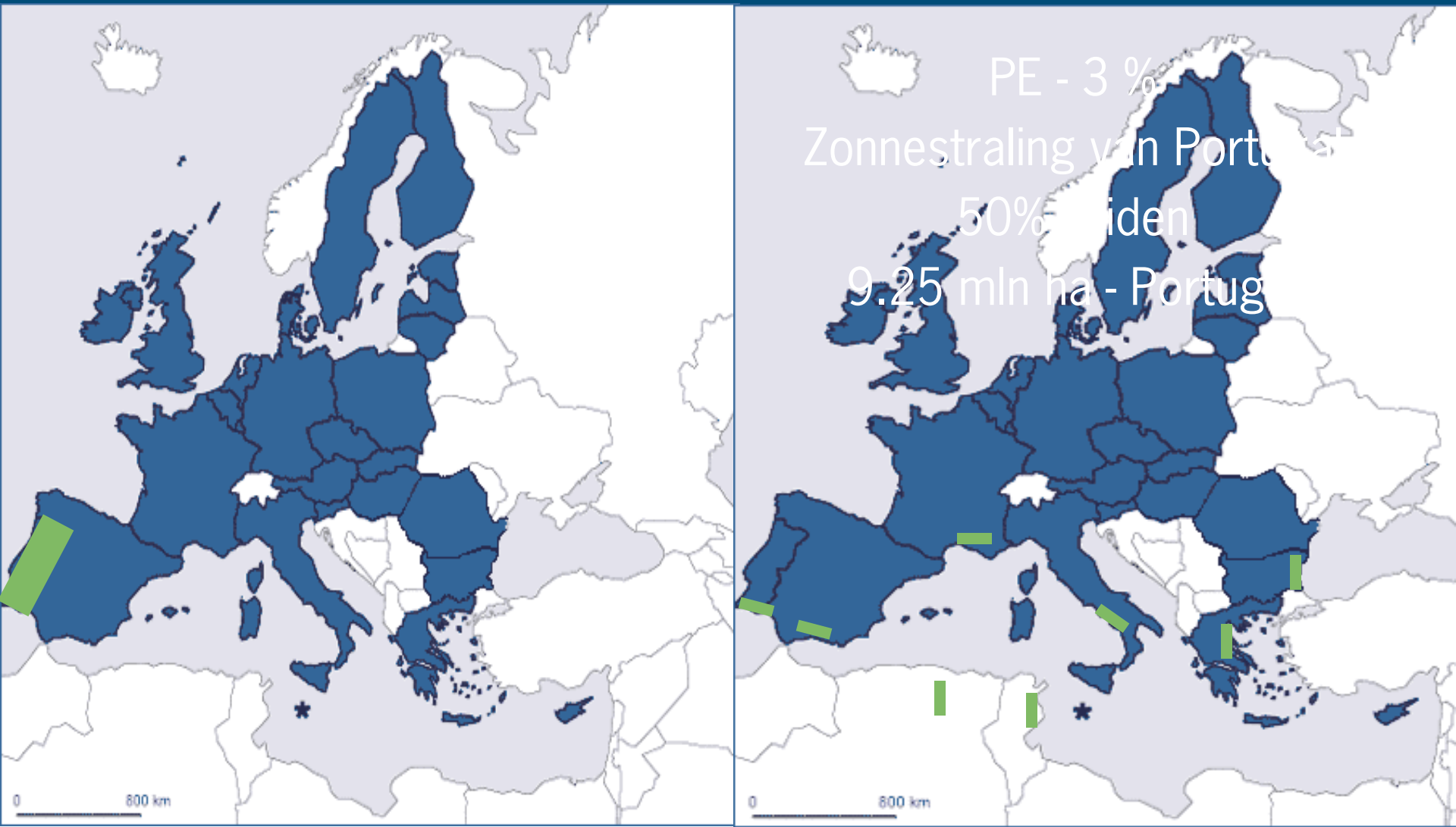
Conclusie: economische haalbaarheidstudie

- Energieverbruik is bottleneck in fotobioreactoren
- Gevoeligheidsanalyse: biomassa productiekosten van 4.16 naar 0.70 €/kg is mogelijk
- Positieve energy balance wordt nog niet bereikt
- Verbeterpunten
 - Locatie
 - CO₂ en mest uit afvalstromen
 - Bioraffinage
 - Photosynthese efficiency verbeteren
 - reactor ontwerp
 - kweekcondities
 - stammenverbetering en stammenselectie
 - Minder energie voor menging

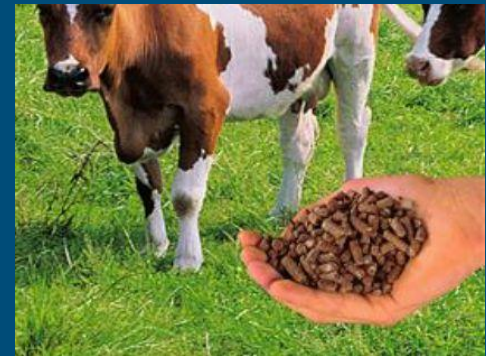
Locatie en zonnestraling



Transport brandstoffen in Europa - 400 miljard liter



CO₂ en meststoffen



Economische haalbaarheid ↑: Bioraffinage

1,000 kg microalg

- 400 kg olien en vetten
 - 100 kg grondstof chemische industrie (2 €/kg lipids)
 - 300 kg transportolie (0.50 €/kg lipids)
- 500 kg eiwitten
 - 100 kg voor voeding (5 €/kg protein)
 - 400 kg voor veevoeding (0.75 €/kg protein)
- 100 kg suikers
 - 1 €/kg suikers
- 70 kg stikstof opname
 - 2 €/kg stikstof
- 1,600 kg zuurstofproductie
 - 0.16 €/kg zuurstof
- Productiekosten: 0.70 €/kg biomassa
- Waarde producten: 1.65 €/kg biomassa

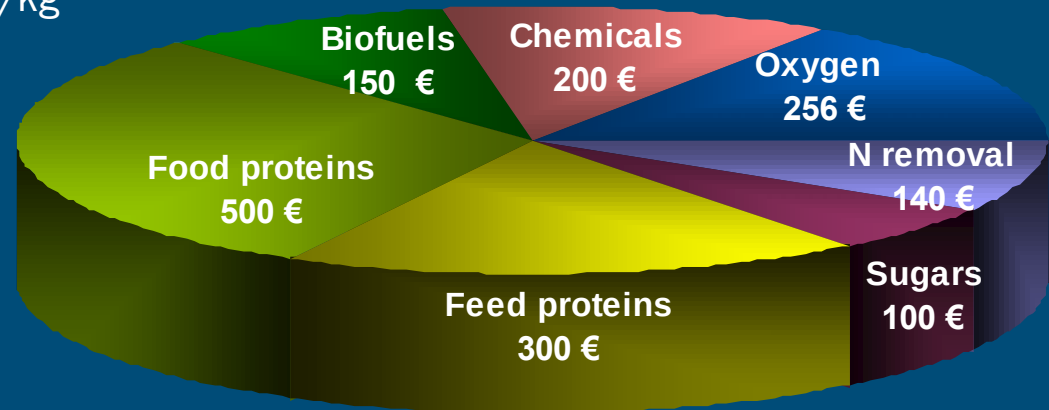


Photo-synthetische efficiëntie: productiviteit ↑

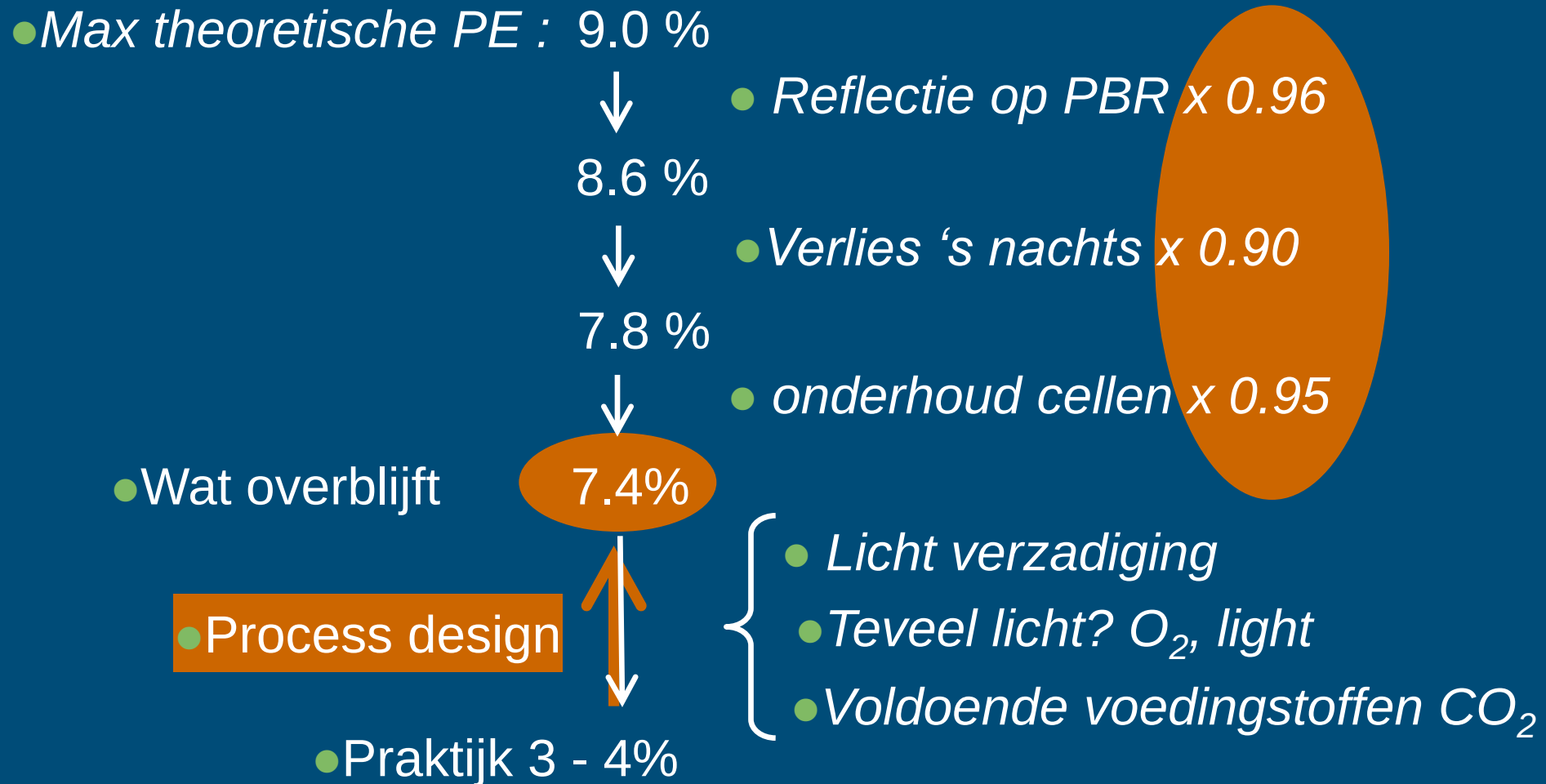
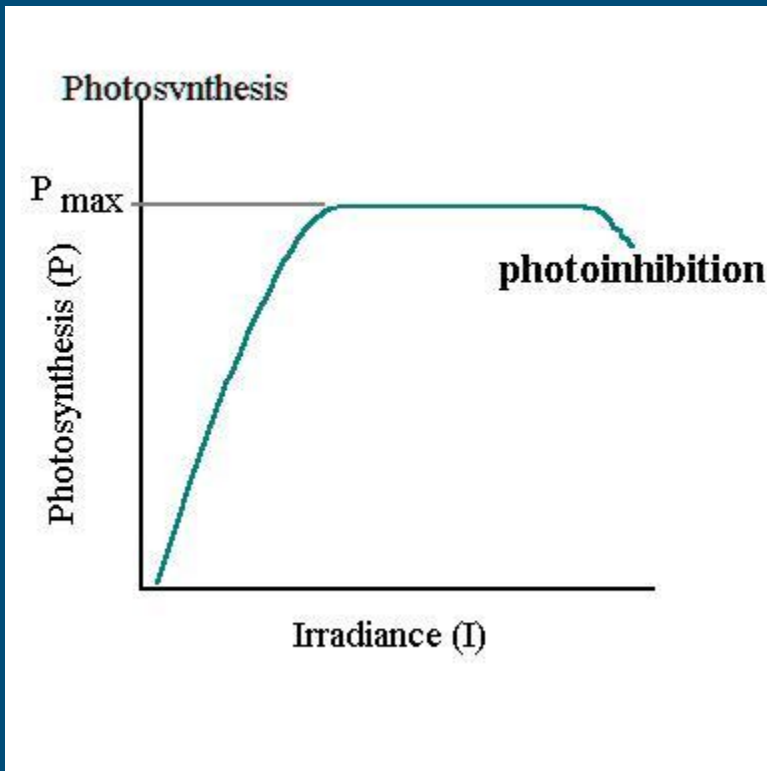


Photo-synthese efficiëntie



Geen licht:

- 's Nachts respiratie

Weinig licht:

- *Weinig fotosynthese*
- *Hoge efficiëntie licht verbruik*

Meer licht:

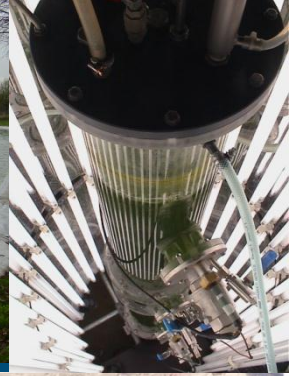
- *Lichtverzadiging*

Teveel licht:

- *Fotoinhibitie*

Mogelijke ontwerpen

- Open systemen
- Bellenkolommen
- Buizenreactor
- Buizenreactor + lichtverdunning
- Vlakke plaatreactor



Open systemen: raceway ponds

- Open
- Menging d.m.v. paddle wheels
- Meest gebruikt
- Lage investeringskosten
- CO₂ toevoer beperkt
- Groot risico contaminatie
- Hoge kosten voor oogsten

Cyanotech (Hawaii), 75 ha



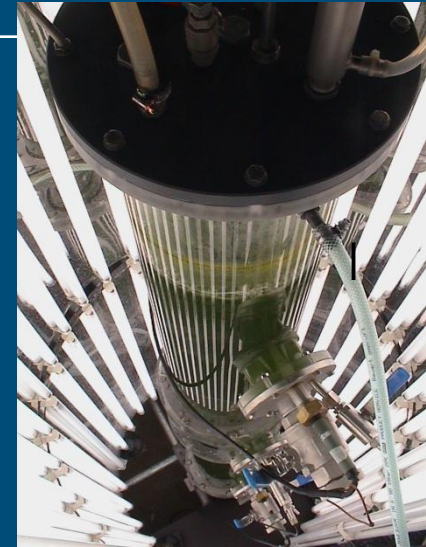
Ingrepro (NL), 1.5 ha



Bellenkolom

Wageningen Univ, 70 l

- Gesloten systeem
- menging via lucht met CO₂
- Moeilijk op te schalen (schaduw)
- Relatief lange lichtweg



NanoVoltaix



Buizenreactor

- Gesloten
- Menging met lucht en CO₂
- Hoge oppervlak/volume verhouding
- Ophoping van zuurstof
- Ook mogelijk op grote schaal



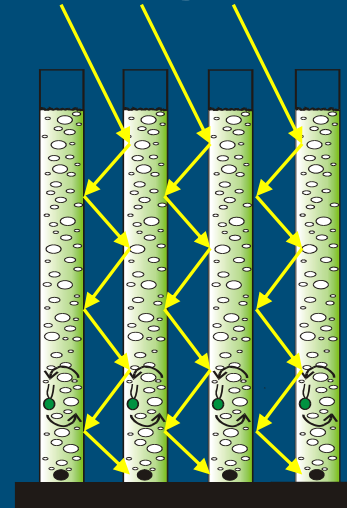
Algatechnology, Israel



Algae Parc. NL

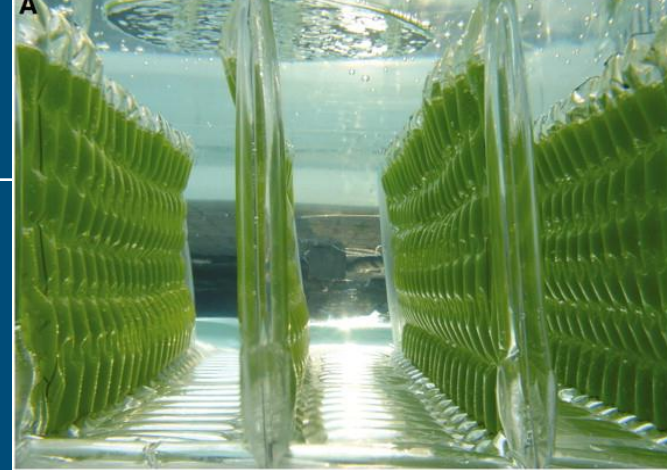
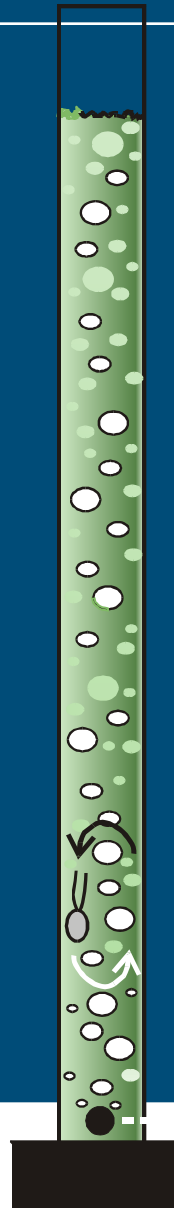
Buizenreactor + lichtverdunning

- Gestapelde buizenreactor
- Light wordt verdund
- Klötze (Duitsland)



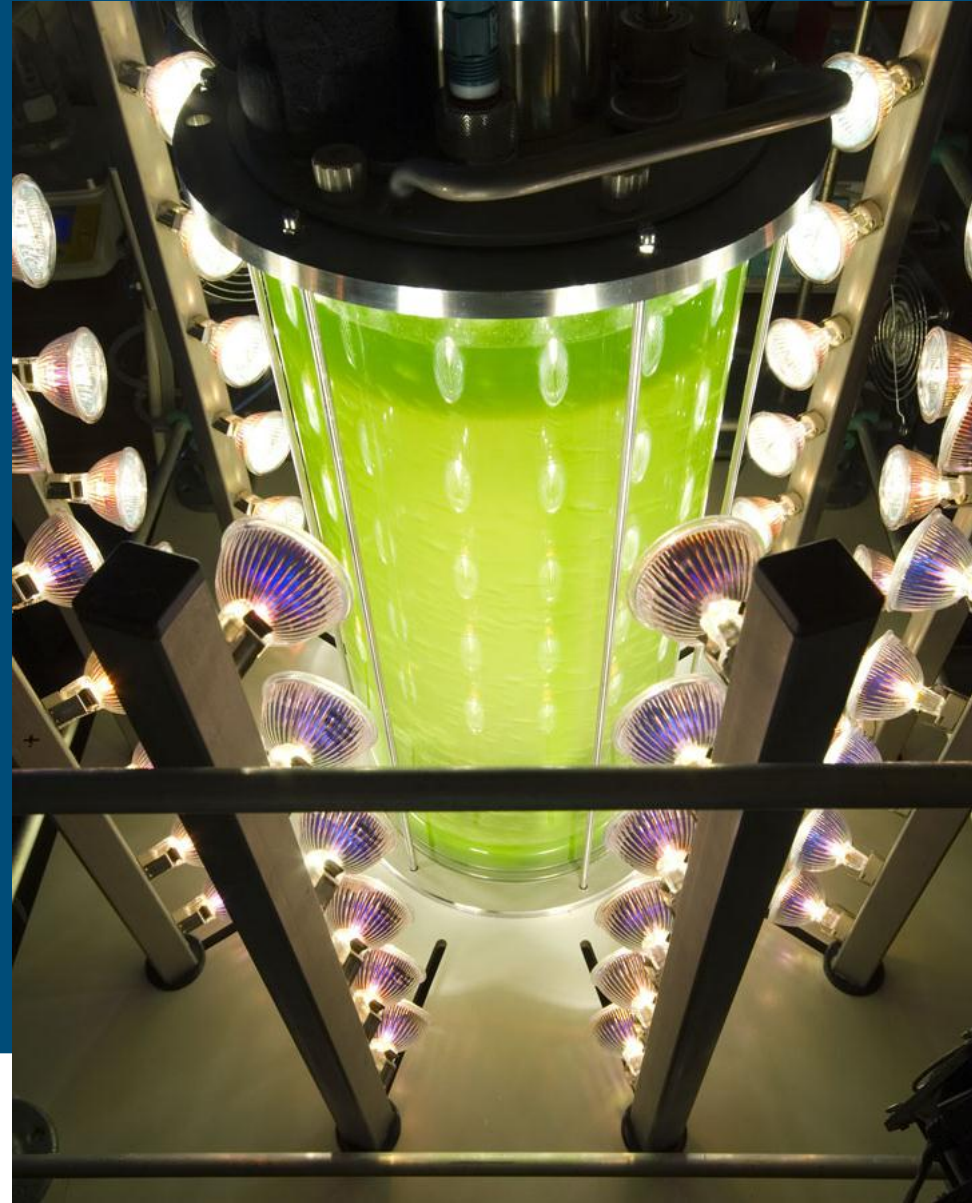
Vlakke plaatreactor

- Intensieve menging
- Korte licht-donker cyclus
- Opschaling?



Wageningen onderzoeksagenda

- Maximilisatie biomass productiviteit/ opbrengst
- Reduceer energiegebruik
- Maximisatie productiviteit van producten in algen
- Nieuwe stammen
- Bioraffinage
- Ontwerp scenarios



Samenwerking met industrie

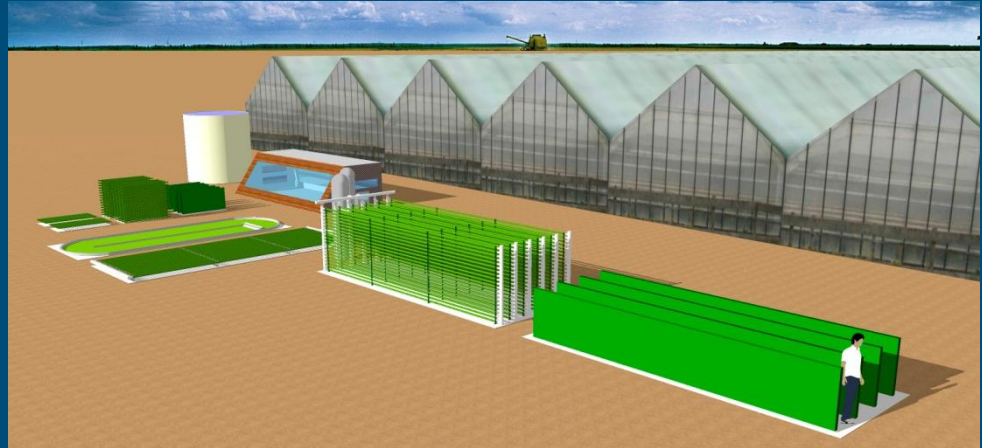


Algae PARC:

Vertaling fundamenteel onderzoek naar industriële productie

4 systemen 2.4 m² en 24 m²

- Open vijver
- Horizontale buizen
- Verticale buizen
- Vlakke plaat reactoren



Technasium opdracht:

■ Achtergrond

- Algen-practicum voor middelbare scholen
- Kweekstelsel nodig waarin algen snel groeien

■ Opdracht

- Ontwerp, bouw en test een fotobioreactor

■ Randvoorwaarden

- Zo goedkoop mogelijk
- Op school
- Algenproductie in 1 week
- Veilig



Technasium opdracht:

- Start
 - Plan van aanpak
- Afronding
 - Verslag van ontwerp en mogelijke verbeteringen
 - Presentatie van ontwerp
 - Evaluatie door 'algenieur' uit Wageningen
 - Beste ontwerp wint prijs
- Extra info
 - Bij begeleiders van school
 - Let op vandaag ;)



Belangrijk!

- Licht
 - Temperatuur
 - pH
 - CO₂
 - Overige nutriënten
 - Menging?
 - Kosten
-
- Wees creatief!

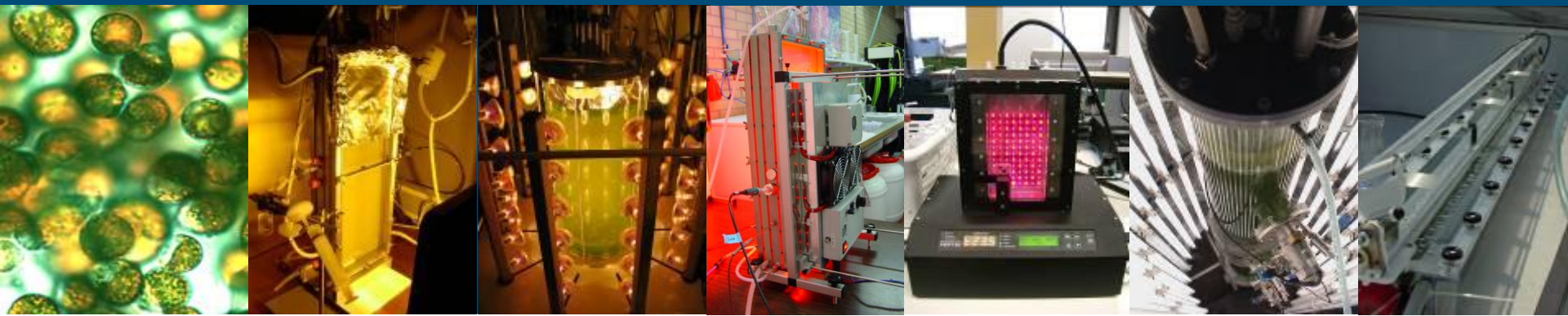
Heel veel succes!

www.algae.wur.nl

www.AlgaePARC.com

Algen-profielwerkstuk@wur.nl

© Wageningen UR



**AGROTECHNOLOGY &
FOOD SCIENCES GROUP**
WAGENINGEN **UR**