



Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.
Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep
Környezetvédelmi Osztály
Laboratóriumi csoport

Algatechnológiák és zöld innováció a szennyvíztisztításban

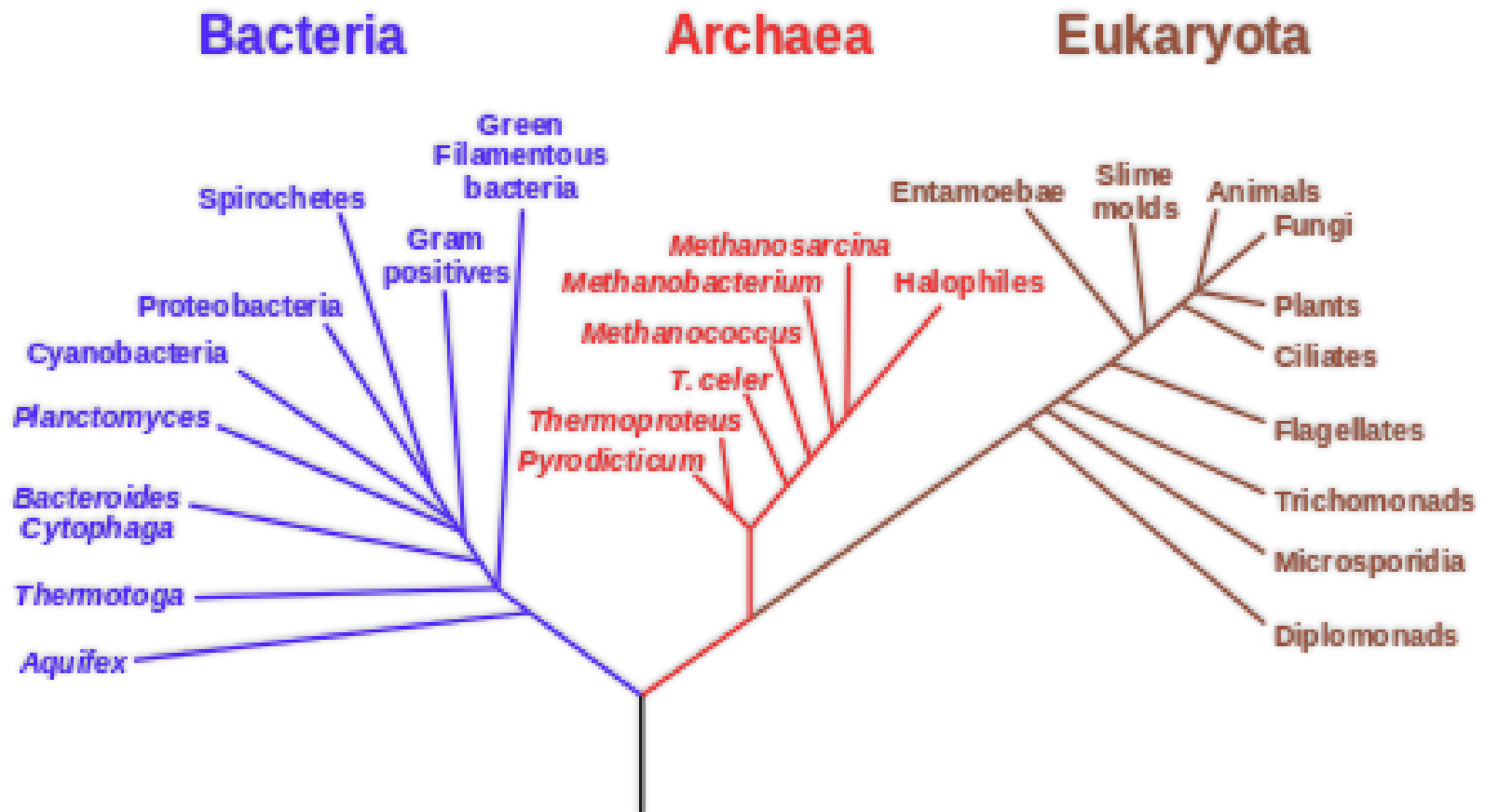
Nagy **Balázs** József
technológus mérnök

PhD hallgató, F-labor, BME
nagy.balazs.jozsef@mail.bme.hu

Előadás tematikája

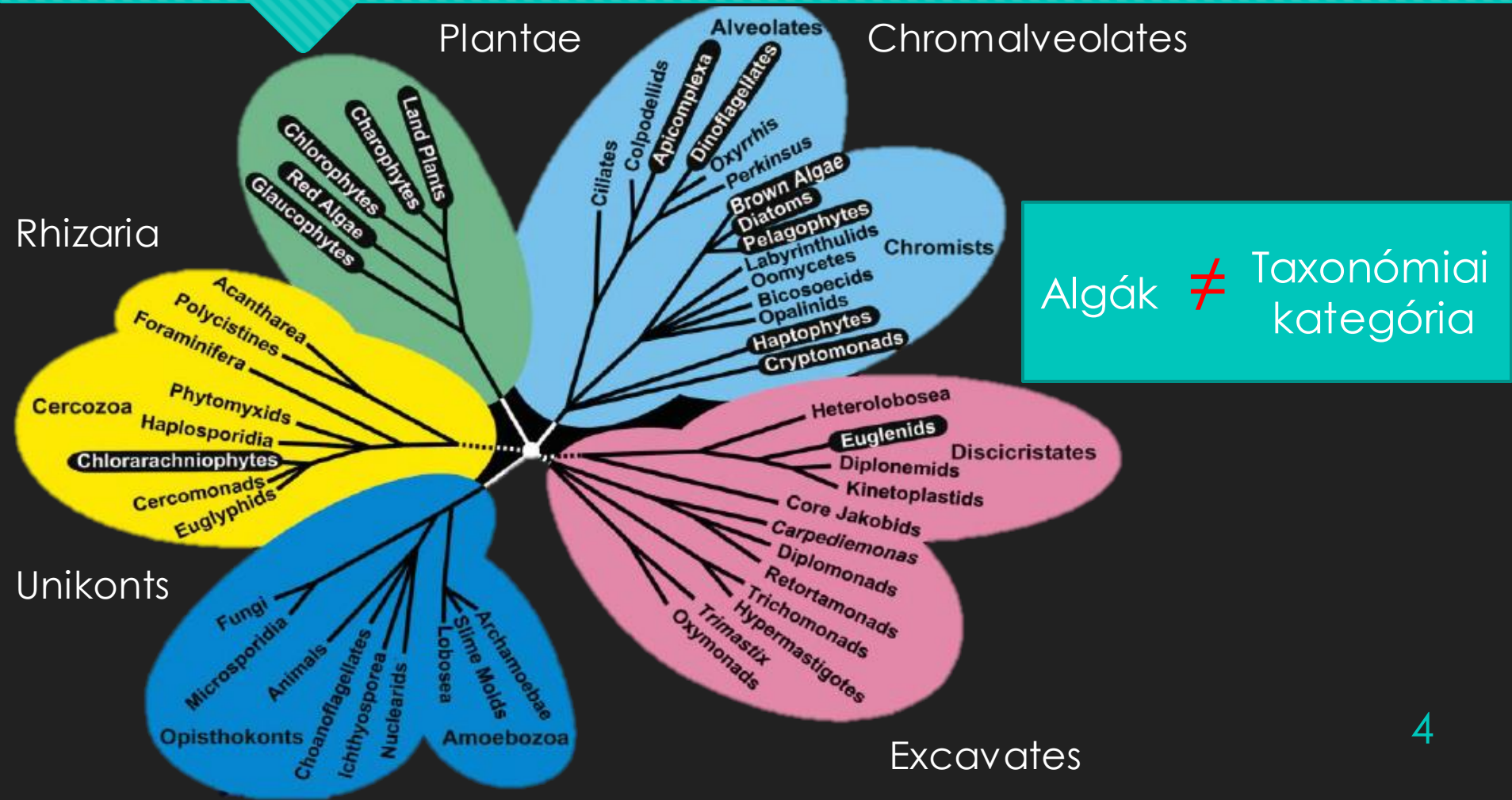
1. Bevezetés, filogenetika, evolúció
2. Algataxonómia – iparban jelentős algák
3. Algatechnológiák fejlődése
4. MAB2.0 projekt

Phylogenetic Tree of Life



Eukarióták „élet fája”

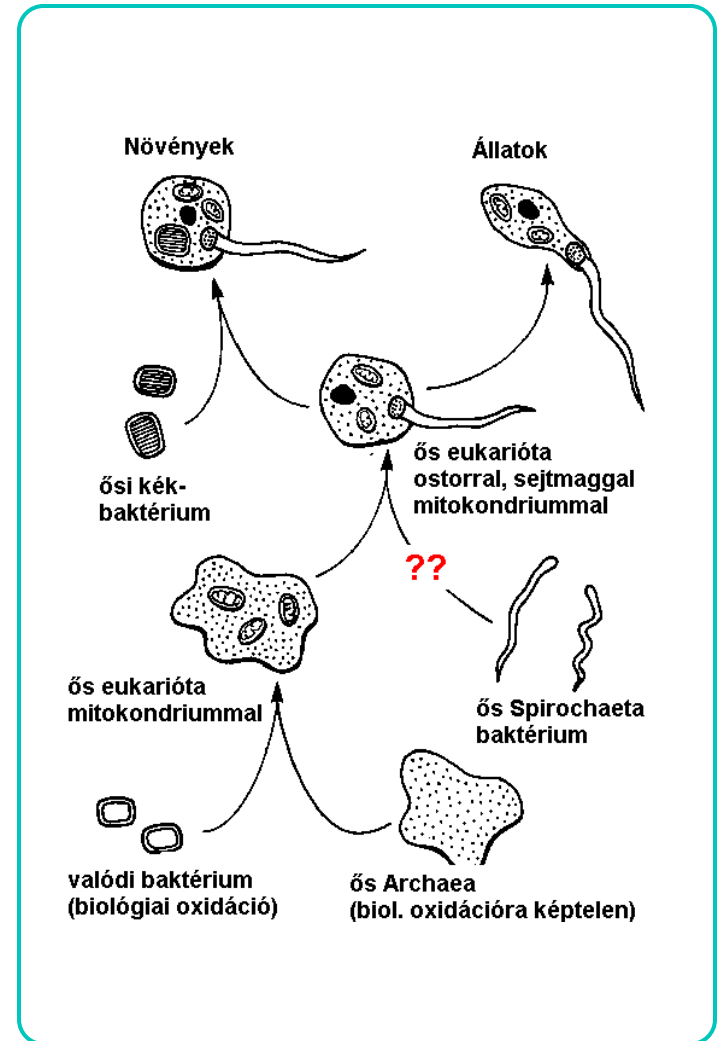
Keeling, 2004



Az eukarióta sejt kialakulásának lépései:

endoszimbiogenézis

- Kb. 850M éve kialakul egy aerob heterotróf, fagocitálni képes amőboid **elő-eukarióta**
- Bekebelez egy aerob anyagcserére képes prokariótát, amit nem emészt meg, hanem **mitokondriummá** válva a sejt energiatermelő organeluma lesz.
- Ostor kialakulása
- Fotoszintetizáló kékbaktérium bekebelezése → **KLOROPLASZTISZ**

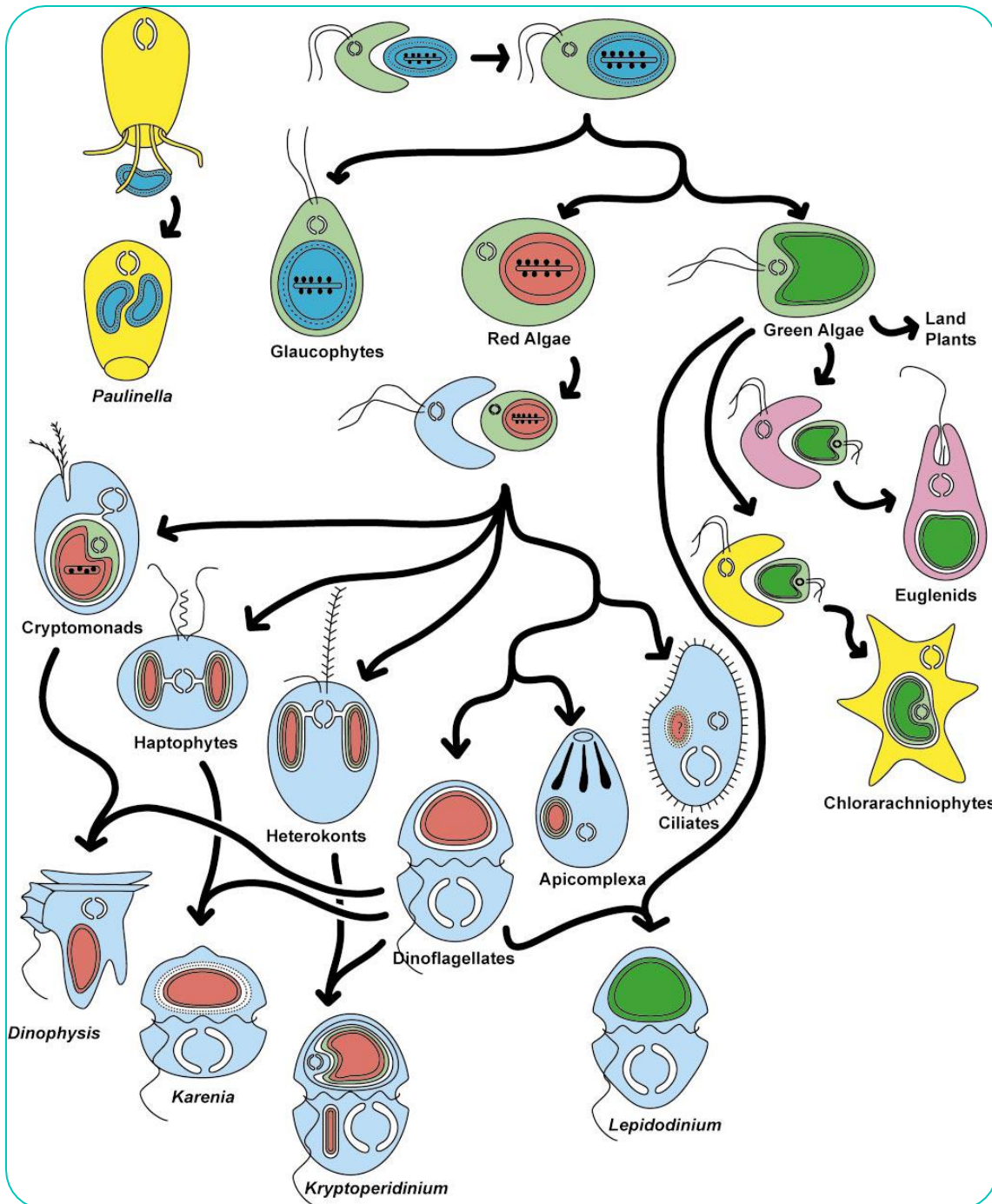


Endoszimbiogenézis kérdései

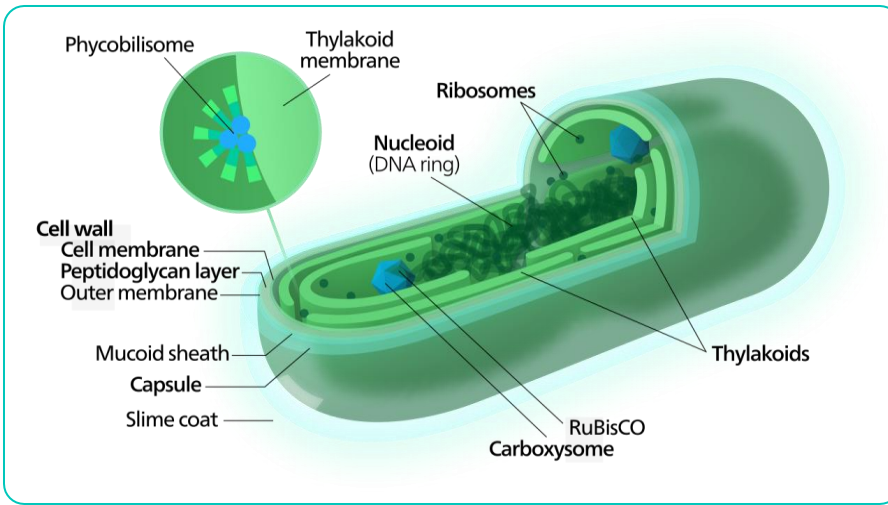
- Csak egyszer történt meg az evolúció során, a sokféle kloroplasztisz további másodlagos szimbiogenézis eredménye.
- A mai baktériumok körében nem ismert bekebelezés, ill. intracelluláris szimbiota, hiszen nem rendelkeznek fagocitáló mechanizmussal.
- **Bizonyítékok:**
 - Geosiphon – Nostoc
 - A kloroplasztisz és a mitokondrium önálló, bakteriális típusú DNS-el rendelkezik
 - Önálló fehérjeszintetizáló rendszer
 - A plasztisz és mitokondrium riboszóma nem eukarióta (80S), hanem bakteriális típusú (70S)
 - Egyes algák szinteste jobban megőrizte a cianobaktérium jellegét, mint a többi eukariótában (vörösalgák és glaukofiták)

Kloroplasztisz evolúciójának áttekintése

(Keeling, 2004)



- Elsődleges
- Másodlagos
- Harmadlagos endoszimbiogenezis
- ❖ **Plantae**
- ❖ **Excavata**
- ❖ **Rhizaria**
- ❖ **Chromalveolata**



Cyanobacteria Kékbaktériumok

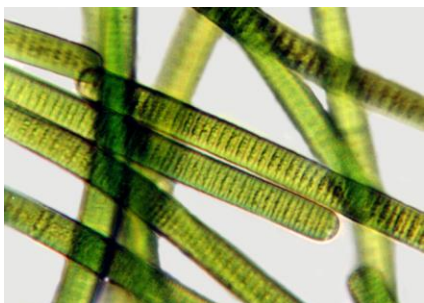
- Az első algák!
- 3,5 – 2,8 Mrd éve
- Az első szervezetek, amelyek mindkét fotokémiai rendszerrel rendelkeznek, és oxigént termelnek.
- A Föld oxidatív légkörének kialakítása.
- Ózonpajzs
- Légköri N₂ megkötése



Chroococcus



Synechocystis



Oscillatoria



Spirulina

Land Area Needed to Produce One Kilogram of Protein

| | Sq. Meters | Quality |
|--|------------|-------------|
| Spirulina^a 65% protein | 0.6 | non-fertile |
| Soybeans^b 34% protein | 16 | fertile |
| Corn^b 9% protein | 22 | fertile |
| Grain-fed Feedlot Beef^b 20% protein | 190 | fertile |

^a Y. Ota, Earthrise Farms, California 1995
^b Leesley, et al. "A low energy method of manufacturing high-grade protein using spirulina," University of Texas, 1980. Pimentel, 1975, USDA

Water Needed to Produce One Kilogram of Protein

| | Liters | Quality |
|--|--------|----------|
| Spirulina^a 65% protein | 2100 | brackish |
| Soybeans^b 34% protein | 9000 | fresh |
| Corn^b 9% protein | 12500 | fresh |
| Grain-fed Feedlot Beef^b 20% protein | 105000 | fresh |

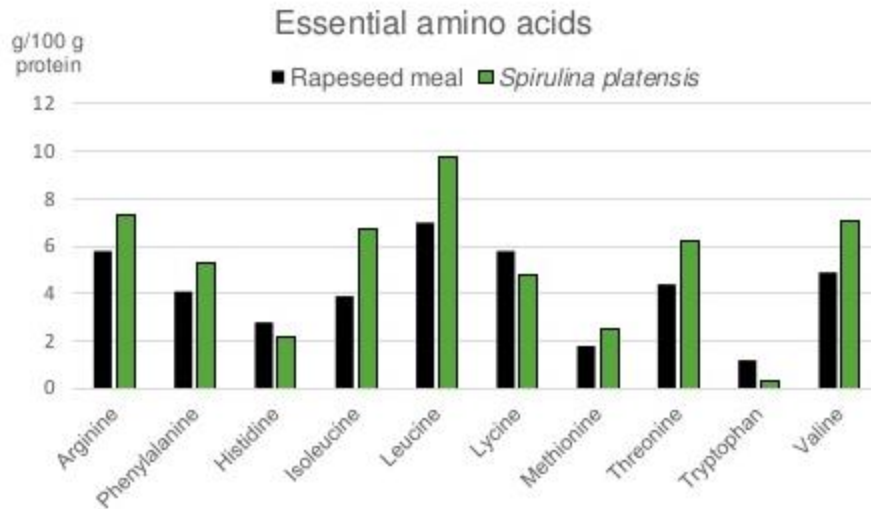
^a Y. Ota, Earthrise Farms, California 1995
^b Diet for a Small Planet, 1982, pg. 76-77, Dr. David Pimentel, Cornell University, 1981.

Cyanobacteria Kékbaktériumok

- Spirulina táplálékkiegészítők (~65-70% protein)



ALSO THE QUALITY OF PROTEIN MATTERS!



Histidine is the first limiting amino acid in grass silage and cereal –based nutrition of dairy cows

marjukka.lamminen@helsinki.fi

5



Cyanobacteria Kékbaktériumok

- Flamingók rózsás színe az elfogyasztott *Spirulina* **fikoeritrin** pigmentjéből adódik.



10

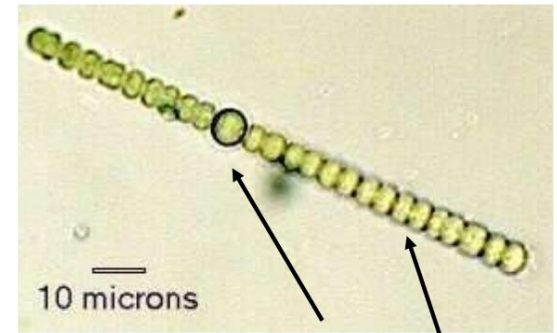
Anabaena

- Rice can often be grown continuously on the same land without the addition of fertilizers because of the presence of nitrogen-fixing cyanobacteria, such as *Anabaena*, in the rice paddies.



Figure 13-14
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W.H. Freeman and Company

Cyanobacteria Kékbaktériumok



Anabaena

Heterocyst

Vegetative cells

| Genus | No. of strains |
|------------------|----------------|
| Aphanocapsa | 1 |
| Dactylococcopsis | 1 |
| Merismopedia | 1 |
| Microcystis | 2 |
| Synechocystis | 1 |
| Anabaena | 40 |
| Anabaenopsis | 2 |
| Calothrix | 6 |
| Cylindrospermum | 2 |
| Nostoc | 55 |
| Nodularia | 3 |
| Tolypotrix | 3 |
| Oscillatoria | 24 |
| Anthrospira | 1 |
| Genera-14 | Strains-142 |

- Nitrogénmegkötés
- Heterociszták
- Nagyobbak, mint a vegetatív sejtek
- Bennük a nitrogenáz enzim
- Szerepe az oxigénmentes környezet biztosítása
- Rizsföldek (Korea) elsődleges N-forrása
- Gombaellenes aktivitás

Talajjavítás - nitrogénmegkötés

Műtrágyázás hátrányai

- Zavarja a növény-mikroorganizmus kapcsolatokat, gátolhatja a nitrogénkötőkkel való szimbiózist.
- Gyengíti a növényi szövetek védekezőképességét a kártevőkkel és gombákkal szemben.
- Nem javítja a talajszerkezetet, ami a tápanyagok kimosódásához vezet.
- Elsavanyodás vagy lúgosodás. Visszafordíthatatlan károsodás, az ökoszisztéma felborulása.

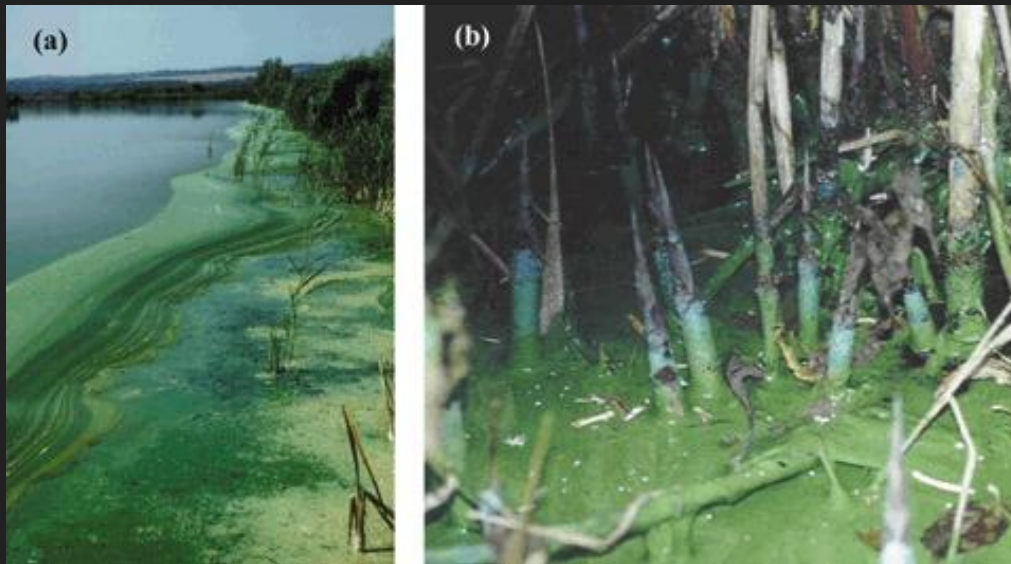
Talajjavítók előnyei

- Növeli a természetes mikroflóra diverzitását.
- Patogének és paraziták elleni védelmet nyújt.
- A tápanyag-visszapótlás kiegyensúlyozottabb, amiben a mikroorganizmusok fontos szerepet játszanak.
- A szervesanyag növelésével a tápanyagok kolloidokat képezve javítják a talaj szerkezetét.

Cyanobacteria

Kékbaktériumok

Microcystis aeruginosa



Máthé Csaba, 2007, Kis-Balaton

- Toxintermelés: hepato- és neurotoxinok; növényekre, állatokra, emberre.
- Algae bloom (vízvirágzás)
- Globális probléma
- Magas szervesanyag- és mesterséges kemikáliákkal szennyezett, eutrofizálódó édesvizekben
- Nyáron, magas víz hőmérséklet

Rhodophyta

Vörösalgák

- *Porphyra* nevezetű vörösalgából Japánban a „Nori” nevezetű ételt készítenek.
- Agar-agar (*Gelidium*)
 - Agaróz és agaropektin
 - Mikrobiológiai táptalajok, gyógyszeripar, élelmiszeripar



Charophyta és Chlorophyta Csillárkamoszatok és Zöldalgák

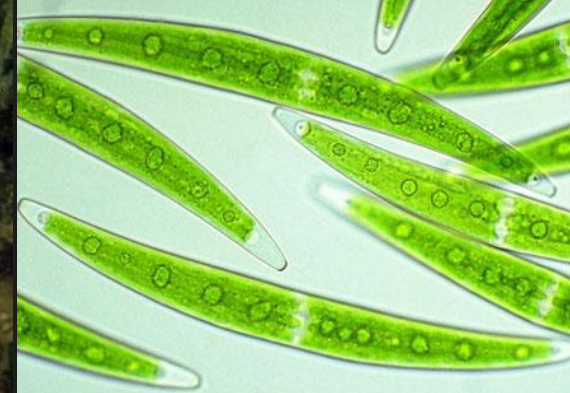
Myrasterias



Acetabularia

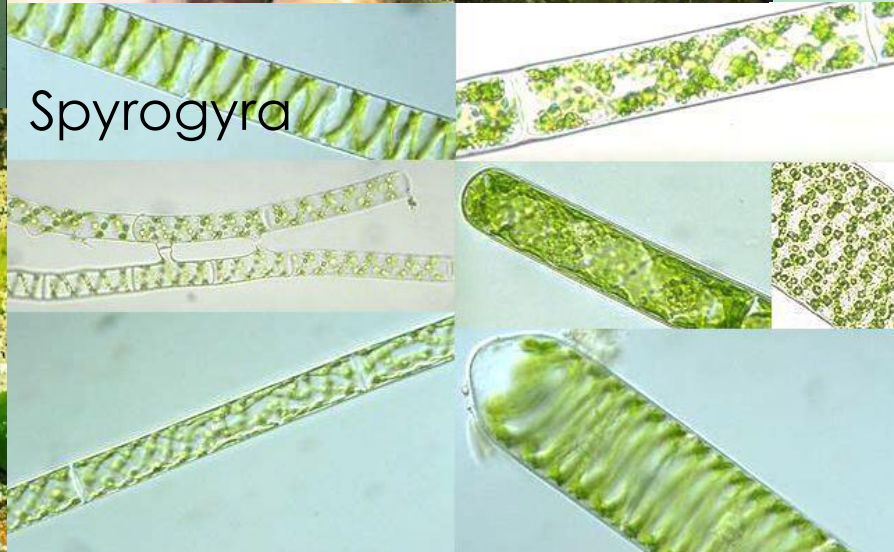


Closterium

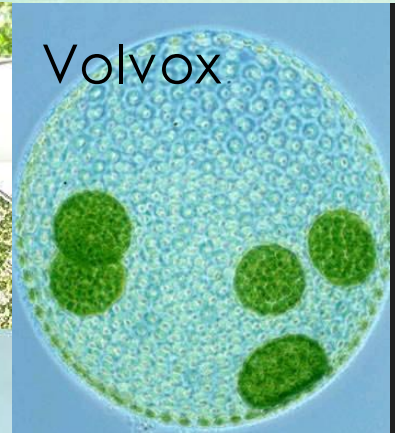


Ulva

Spyrogyra

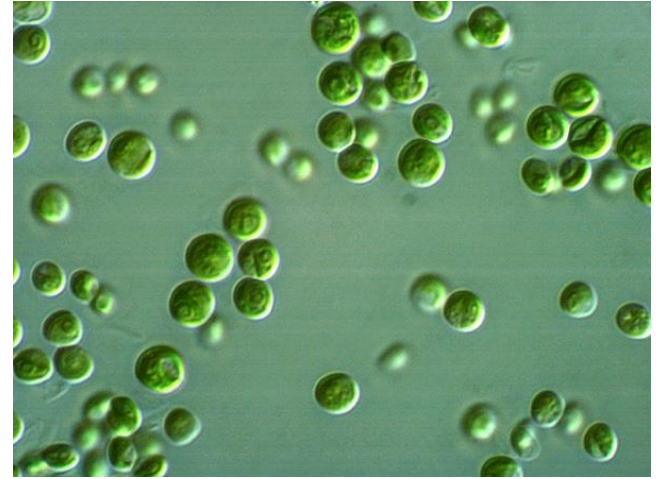


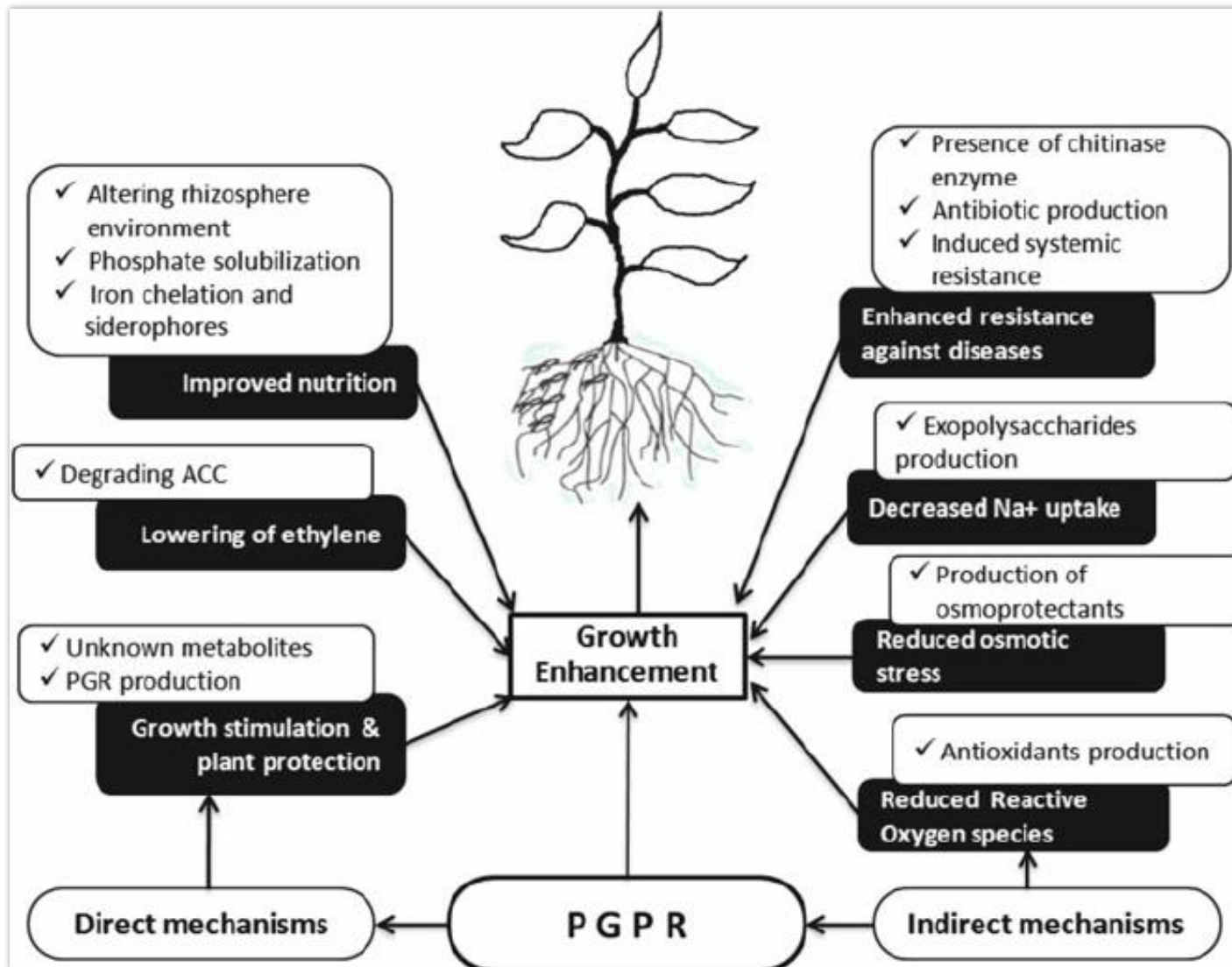
Volvox



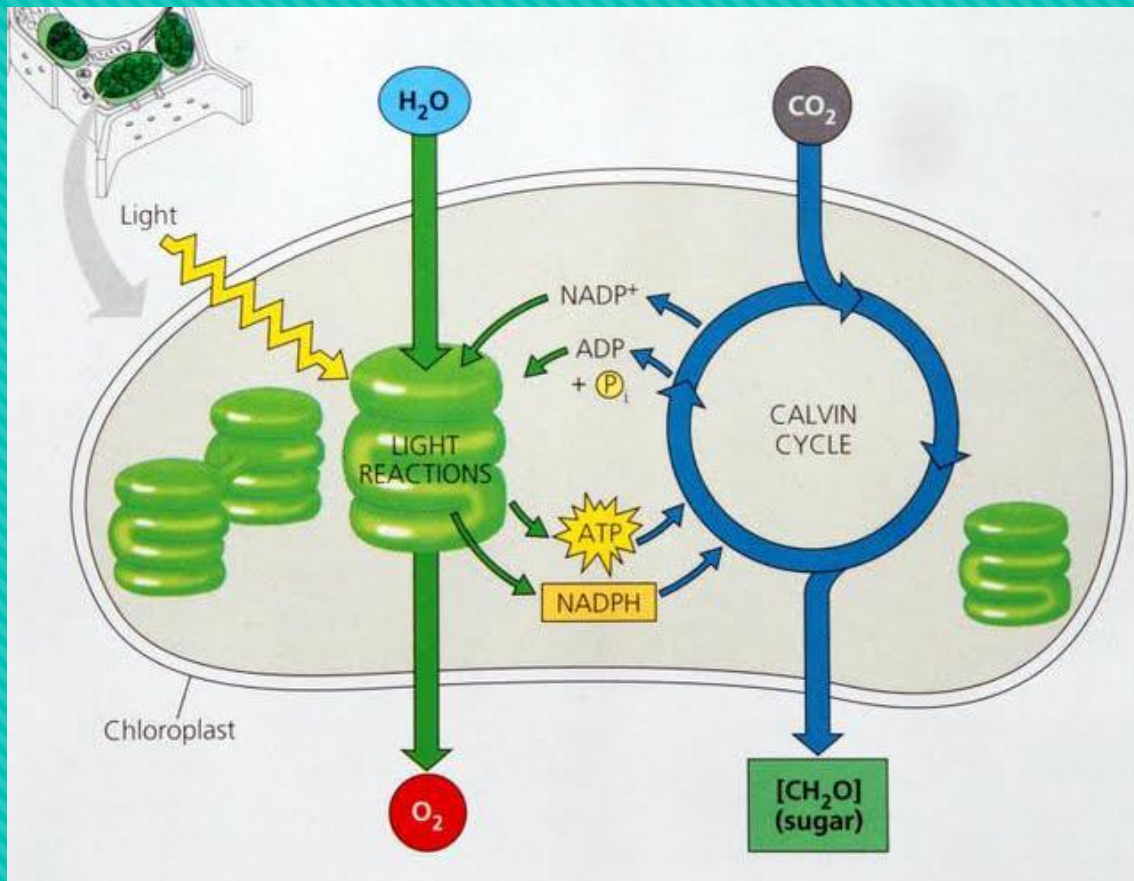
Chlorella

- takarmányként v. emberi táplálékkiegészítőként édesvízi „algafarmokon” termesztik
- 50% fehérjetartalom, vitaminok
- Egysejtű, 2-10 µm, mozgásképtelen zöldalga
- Elsődleges endoszimbiogenezis
- Kétrétegű kloroplasztisz membrán
- Nagy serlegalakú kloroplasztisz
- Klorofill *a* és *b*





Plant Growth promoting Bacteria – „PGPR”



Fotoszintézis vázlata

Algatenyésztés körülményei:

1. autotróf
2. mixotróf
3. heterotróf

Algatechnológia kialakulása

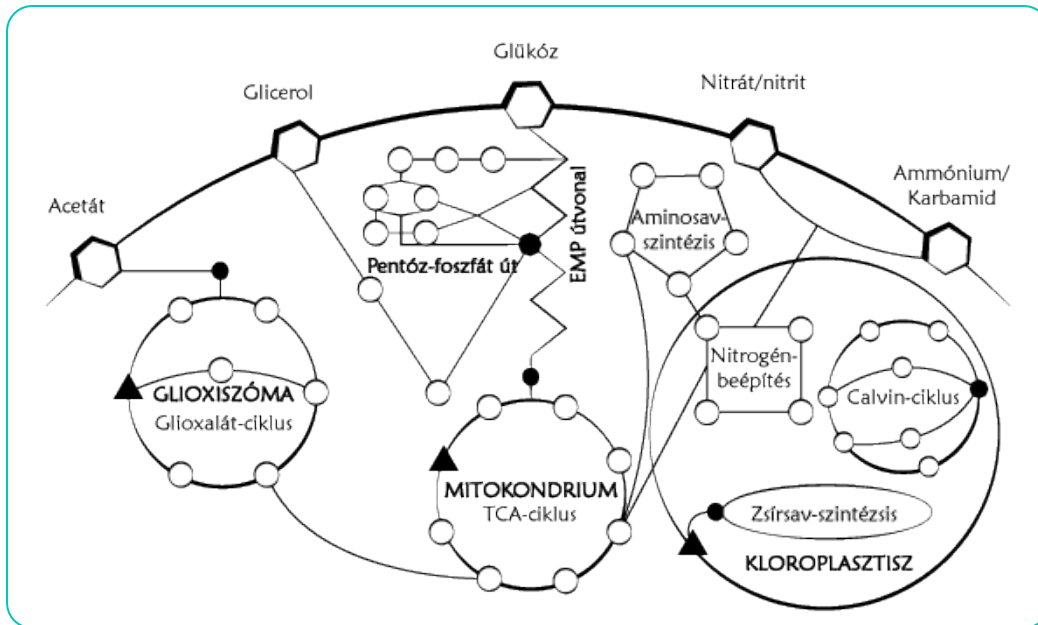
- Először morfológia, taxonómia, ökológia (**primer termelők**)
→ ALGOLÓGIA
- Ipari mértékű sejtömeg-előállítás
- Kiemelt szerepben a fotoautotróf tenyésztés, hiszen alacsony alapanyag- és energiaigényű
- Különféle reaktordizájn → fő irány a biodízelgyártás
- Alternatív megközelítés szerves szénforrás használatával → heterotróf tenyésztés

Fotobioreaktorok

- Többgenerációs technológia
- Elrendezés, geometriai kihívások
- Limitált fényellátás
- Kiszolgáltatott a környezet változékonyságára
- Biomassza elválasztása energiaigényes
- Relatív alacsony sejtszám
- Szűkös gyártható terméklista
- Léptéknövelés nehézségei



Heterotróf



- A szerves szénforrás transzporterei: glükóz – HUP
- Keményítő- és zsírsav szintézis
- „Nitrogénéhség” → növekvő lipidtartalom → feltehetőleg azért, mert kell N a keményítőszintézis enzimtermeléséhez

Heterotróf tenyésztés

- Szénforrással tápláljuk
- Nem minden algatörzs képes rá
- Magas elérhető sejtkoncentráció
- Axénikus, sterilizálható reaktor
- Könnyebb léptéknövelés, alacsonyabb fajlagos költségek
- Gyógyszeripari fermentációs eljárások alkalmazhatók
- Nagy hozzáadott értékű termékek előállítása

| No | Microalgae | Carbon source | Application | Reference |
|----|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Chlorella protothecoides | Glucose, Yeast extract | biodiesel | Yun Cheng et al., 2009 |
| 2 | Chlorella protothecoides | Sugarcane juice, Glucose | biodiesel | Cheng et al., 2009 |
| 3 | Chlorella protothecoides | glucose | Lipid, lipid as a oil, biodiesel | X. Miao and Q. Wu, 2006; H. Xu et al., 2006; |
| 4 | Chlorella protothecoides starin 25 | glucose | Lipid | T. L. da Silva, et al., 2009 |
| 5 | Gyrodinium dominans | acetate | Lipid | E.D.Lund et al., 2009 |
| 6 | Chlorella vulgaris | acetate, glucose, glycerol | Lipid Biodiesel | Y.Lian et al., 2009 |



Heterotróf tenyésztés

Dokozahexénsav

↓ ↓ ↓ ↓
OMEGA-6
TO
OMEGA-3
RATIO¹

REDUCES
INFLAMMATORY
RESPONSE²

REDUCES RISK OF
CARDIAC DISEASE^{3,4,5}

HEART RATE
BLOOD PRESSURE
IMMUNE FUNCTION
SUPPORT ANTI-INFLAMMATORY
AND ANTIARRHYTHMIC EFFECTS

SKIN
AND COAT
CONDITION⁶

PREVENTS AGE-RELATED
MENTAL DECLINE^{7,8}



DHA OMEGA-3

IMPROVING YOUR PET'S HEALTH NATURALLY

DECREASES
INTESTINAL
INFLAMMATION⁹



LESSENS SEVERITY
OF ARTHRITIS¹⁰

< 1 %

DOG'S CONVERSION
RATE OF ALA TO DHA¹¹



SUPPORTS
BRAIN AND EYE
DEVELOPMENT^{11,12}

IMPROVES
LEARNING AND
TRAINABILITY^{13,15}



ENRICHED
PET FOOD

References:

1 Sinagra AP. *Pharmacotherapy*, 2002. 2 LeBlanc C, et al. *Am J Vet Sci*, 2003. 3 Freeman LM. *J Sm Ani Pra*, 1998. 4 Samaha J, et al. *J Am College Card*, 2007. 5 Smith C, et al. *J Vet Int Med*, 2007. 6 Logan D, et al. *Vet Derm*, 1994. 7 Bauer JE. *J Am Vet Med Assoc*, 2006. 8 Filburn DR. *Vet Therapy*, 2006. 9 Hickman MA. *Clinic Tech Sm Ani Prac*, 2010. 10 Fitzsch D, et al. *J Am Vet Med Assoc*, 2010. 11 Heinemann K, et al. *J Nutr*, 2005. 12 Heinemann K, et al. *J Am Med Assoc*, 2008. 13 Bauer JE, et al. *J Nutr*, 2006. 14 Kelly RL, et al. *Comp Int Sci Sm Fatty Acids Lipids*, 2004. 15 Hoffman L, et al. *Unpublished Nov, 2007*.



For more information about omega-3 and DHA,
please contact your local Alltech representative.

- Áttörés a heterotróf algatenyésztésben
- Tiszta vegyület állítható elő

MAB^{2.0}

MICRO ALGAE BIOREFINERY

**Integration of algae production into waste water treatment:
Introduction of the Climate-KIC
Microalgae Biorefinery2.0 project**

Miklós Gyalai-Korpos, PANNON Pro Innovations Ltd.
Agriforvalor project meeting, 24 February 2017, Budapest



MAB2.0 project: Integrating algae production into wastewater treatment

Balázs József Nagy^{1,2}, Magdolna Makó¹, István Erdélyi¹, Andrea Ramirez³, Jonathan Moncada⁴, Iris Vural Gursel⁴, Ana Ruiz-Martínez⁵, Aurora Seco⁵, José Ferrer⁶, Fabian Abiusi⁷, Hans Reith⁷, Lambertus A.M. van den Broek⁸, Jordan Seira⁹, Diana Garcia-Bernet⁹, Jean-Philippe Steyer⁹ and Miklós Gyalai-Korpos^{10*}

R⁶

[Home](#) [Questions](#) [Jobs](#)

Search



Balázs József Nagy

PhD student · [Edit](#)

[Overview](#) [Contributions](#) [Info](#) [Stats](#)

Wastewater streams and are able to grow using
as a promising outlook in wastewater treat-
into an existing wastewater treatment line
.0 project developed and demonstrated this
ce this process by phases and protocols, as
se standardized technical protocols detailed
ects such as strain selection, as well as eco-
treatment plants through the integration of
edstock streams need specific attention and
ut on the engineering aspects of integration.
k treatment enabling algae growth.

Célok és hatókör

1. Előzetes értékelés
2. Célpontok definiálása
3. Kísérletüzemi tesztek
4. A biomasza minőségi elemzése

Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep

- Szennyvízgyűjtés (kb. 2 millió lakos) és kezelés
- Napi kapacitás: 200 000 m³
- Környezetbarát technológiák
- Biogáz-termelés és hulladékkezelés
- 11 800 MWh elektromos áram és 13 800 MWh hőenergia a biogázból
- Fejlett akkreditált labor



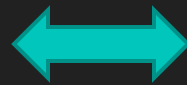
Előzetes értékelés szennyvíz

- Szennyvíztisztítás különböző szakaszain más-más összetételű víz
- Nagy fluktuáció a befolyóban
- Toxikus vegyületek jelenléte

KIJELÖLT PARAMÉTEREK ÁLLANDÓ
MONITOROZÁSA

Lehet-e algát termelni ezen a szennyvizen? Hogyan?

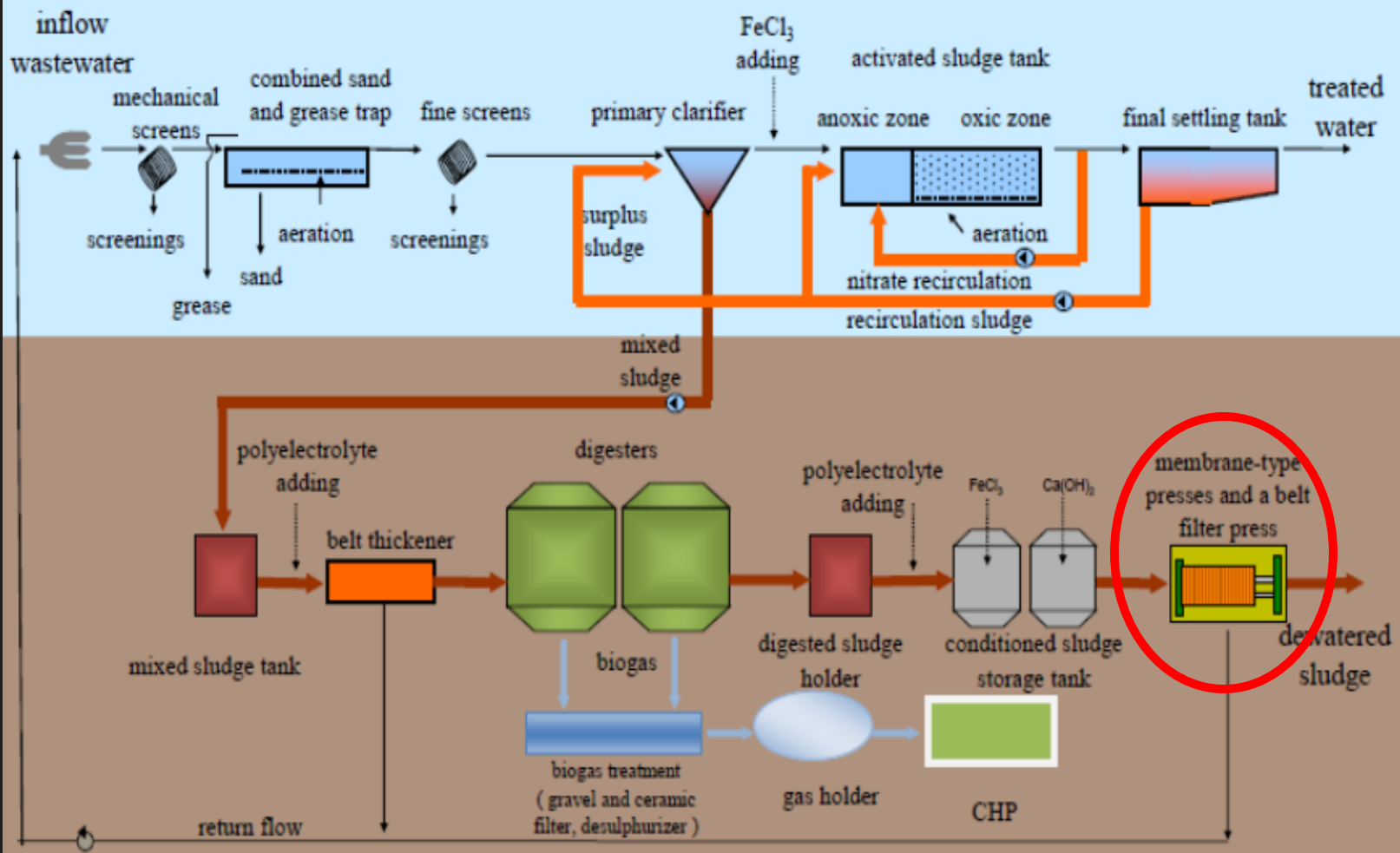
Melyik vonalon van szükség további szennyvíztisztításra?



Alkalmas-e algatermelésre?

ÉRVEK AZ ALGÁK MELLETT:

- Hatékony nitrogén és foszforeltávolító képesség
- Gyors szaporodás
- „Korlátlan” ingyen alapanyagok (napfény, csurgalékvíz, füstgáz)
- Értékes biomassa





Előzetes értékelés

protokoll

- Üzemeltetés, analitika, folyamatirányítás
- Szezonális figyelembevétele
- Adatbázisok felvétele és kiértékelése
- Szennyvíztisztítás hatékonysága
- Jogi oldal

50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól

- pH 5,5 ; nitrát 50 mg/L
- *termőrétegének vastagsága 60 centiméternél kevesebb,*
- Talajvizének évi átlagos szintje 150 cm-nél magasabb, és a talajvízszint legmagasabb átlaga éri el a 100 centimétert
- Tilos a szennyvíz vagy szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása, ha azokban a mérgező (toxikus) elemek vagy károsanyagok koncentrációja meghaladja a közölt határértékeket.
- A 6 százaléknál nagyobb lejtésű területen szennyvíz, illetve folyékony szennyvíziszap felhasználása tilos. Víztelenített szennyvíziszapot (ha szárazanyag tartalma több mint 25 százalék) csak 12 százaléknál kisebb lejtésű területen lehet felhasználni.
- Szennyvíz, szennyvíziszap felhasználása tilos a zöldségnövények és a talajjal érintkező gyümölcsök termesztése esetében a termesztés évében, valamint az azt megelőző évben.

Célpontok definiálása

- Törzsszelekció (MACC)
 - Gyors, sok párhuzamos mérés
- Infrastruktúra
- Technológia integrálása
- Termékfelhasználás

ALGATECHNOLÓGIÁK INTEGRÁLÁSA
A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBA

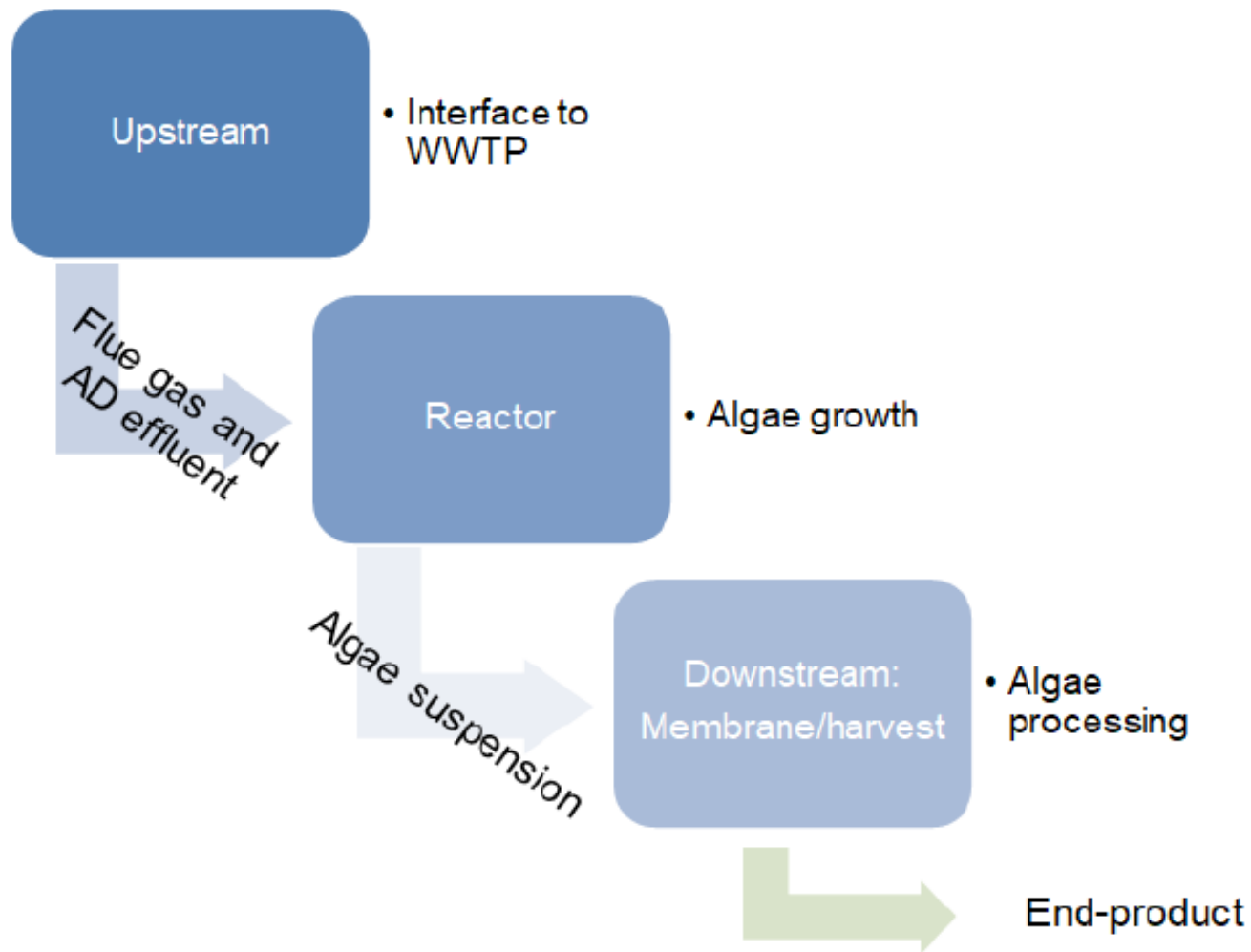


Figure 3. Flow chart of the technology integration including the three tailorable modules.

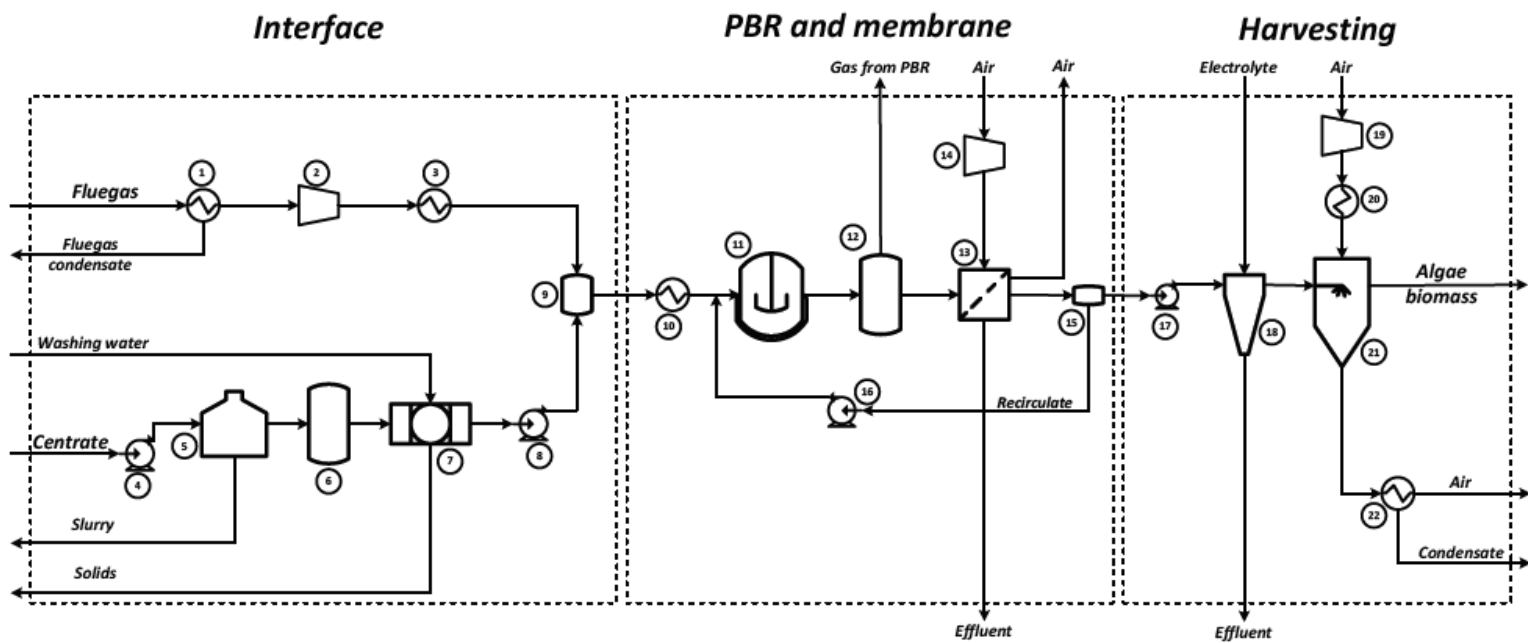
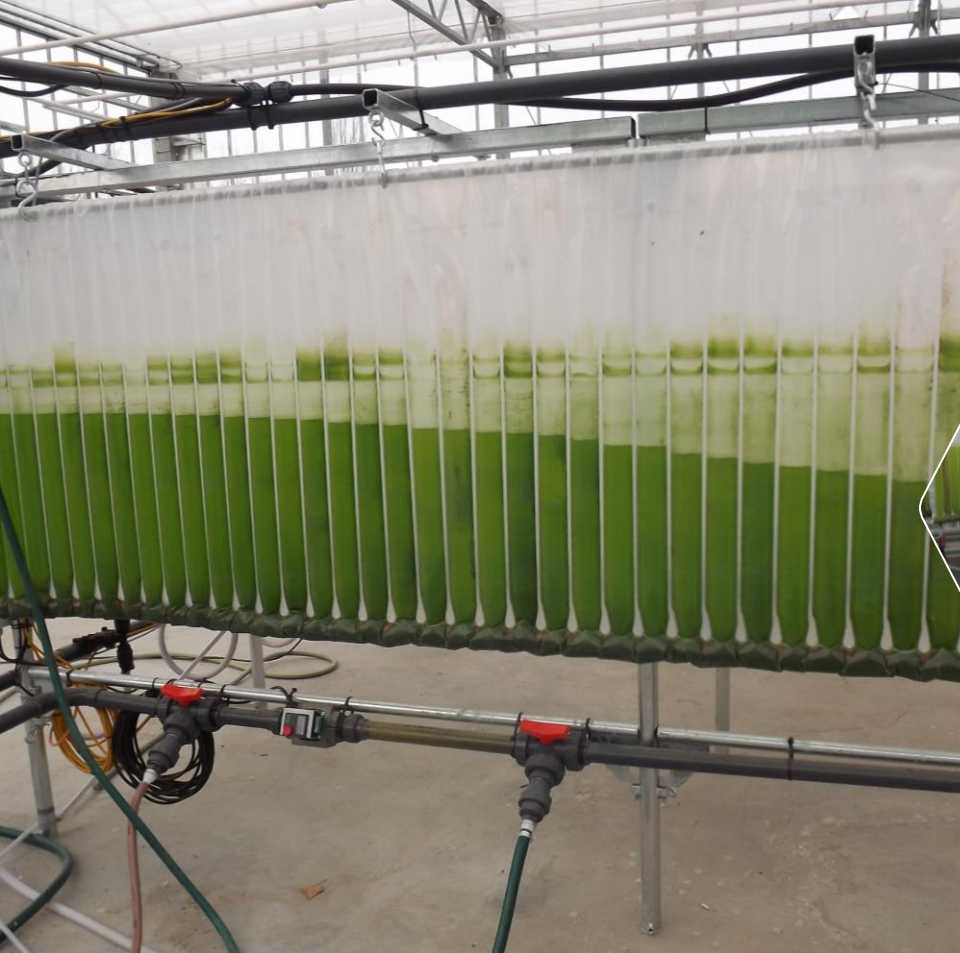


Figure 4. Simplified flowsheet diagram of the microalgae integration system. Major equipment list: 1. Heat exchanger, 2. Blower, 3. Heat Exchanger, 4. Pump, 5. Settler, 6. Buffer tank, 7. Sand filter, 8. Pump, 9. Mixer, 10. Heat exchanger, 11. Photobioreactor, 12. Degasing unit, 13. Membrane, 14. Blower, 15. Splitter, 16. Pump, 17. Pump, 18. Centrifuge, 19. Blower, 20. Heat Exchanger, 21. Dryer,

Kísérletüzemi tesztek

- Reaktorok
- Inputok
- Tenyésztéstechnológia



Testing different reactor designs

2013-2016

Plastic bag reactor



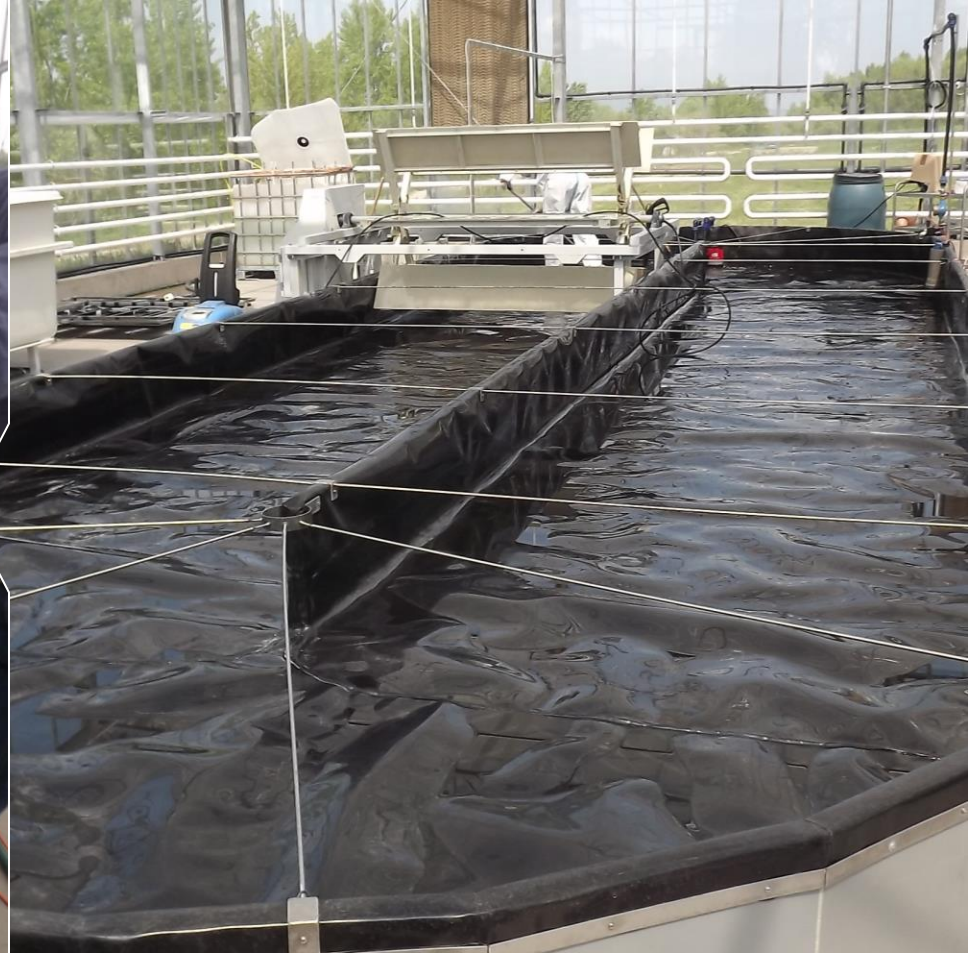
**Testing different reactor designs
2015-2016**

Tubular photobioreactor

Testing different reactor designs 2016

Tank with internal
LED lighting





Focusing on the **raceway pond**
2017

Félfolytonos tenyésztés

Low algae cell
concentration
250 mg/L

Weekly AD
effluent feed
3-6 m³

Weekly
harvesting
1,5 kg CDW

CO₂ or flue
gas input

Less human
resources



Kihívások

- Megfelelő áramlás
- Nyitott rendszer
- Fertőzések, kitapadás
- Időjárás



Váratlan kipusztulás

- Paraziták, predátorok
- Idegen mikrobiális aktivitás
- Éhezés



Kihívások

- Füstgáz korrodálja az alkatrészeket
- Nagymennyiségű tiszta csurgalékvíz előállítása
- „Aratás” nagyteljesítményű folytonos centrifugával



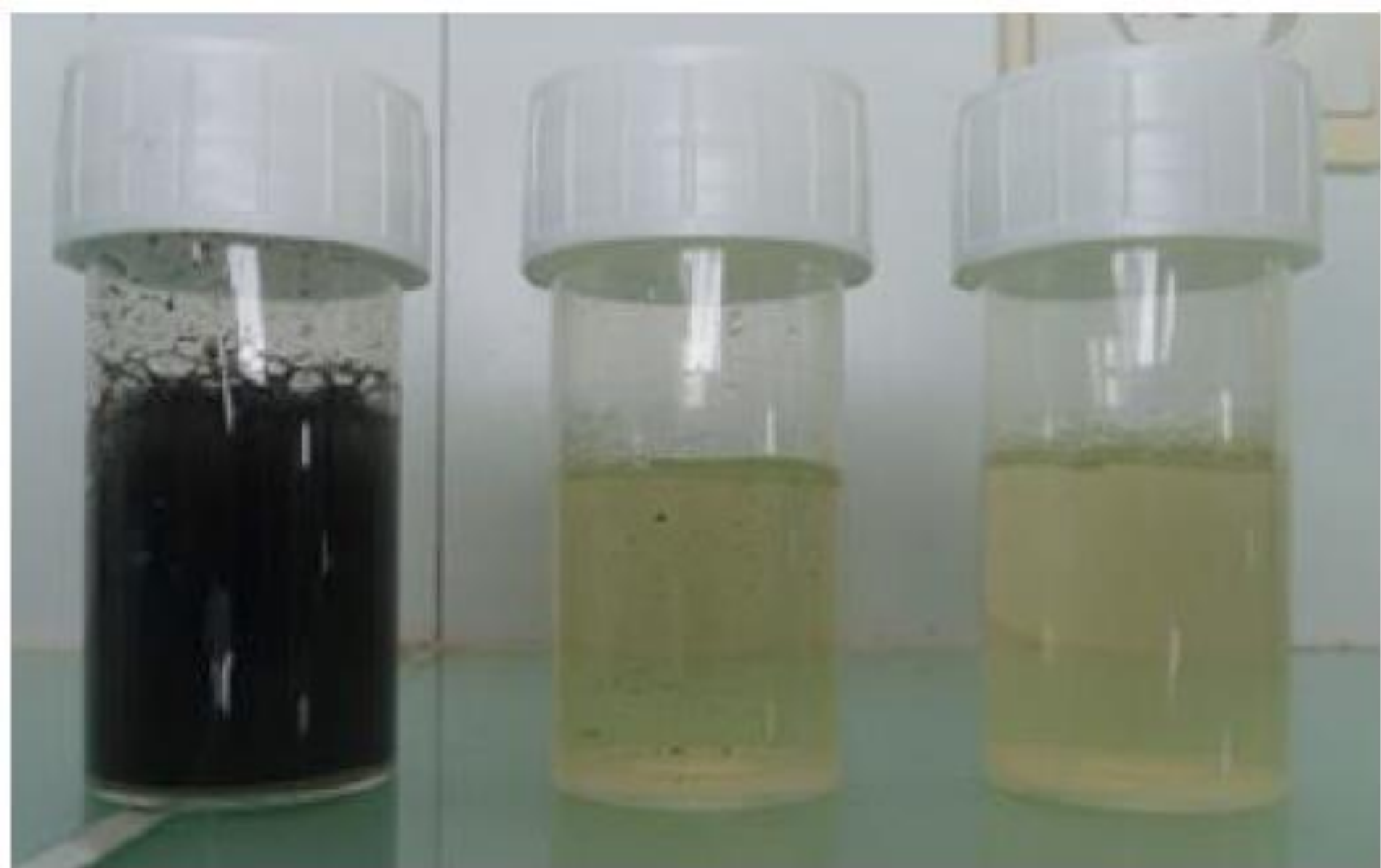
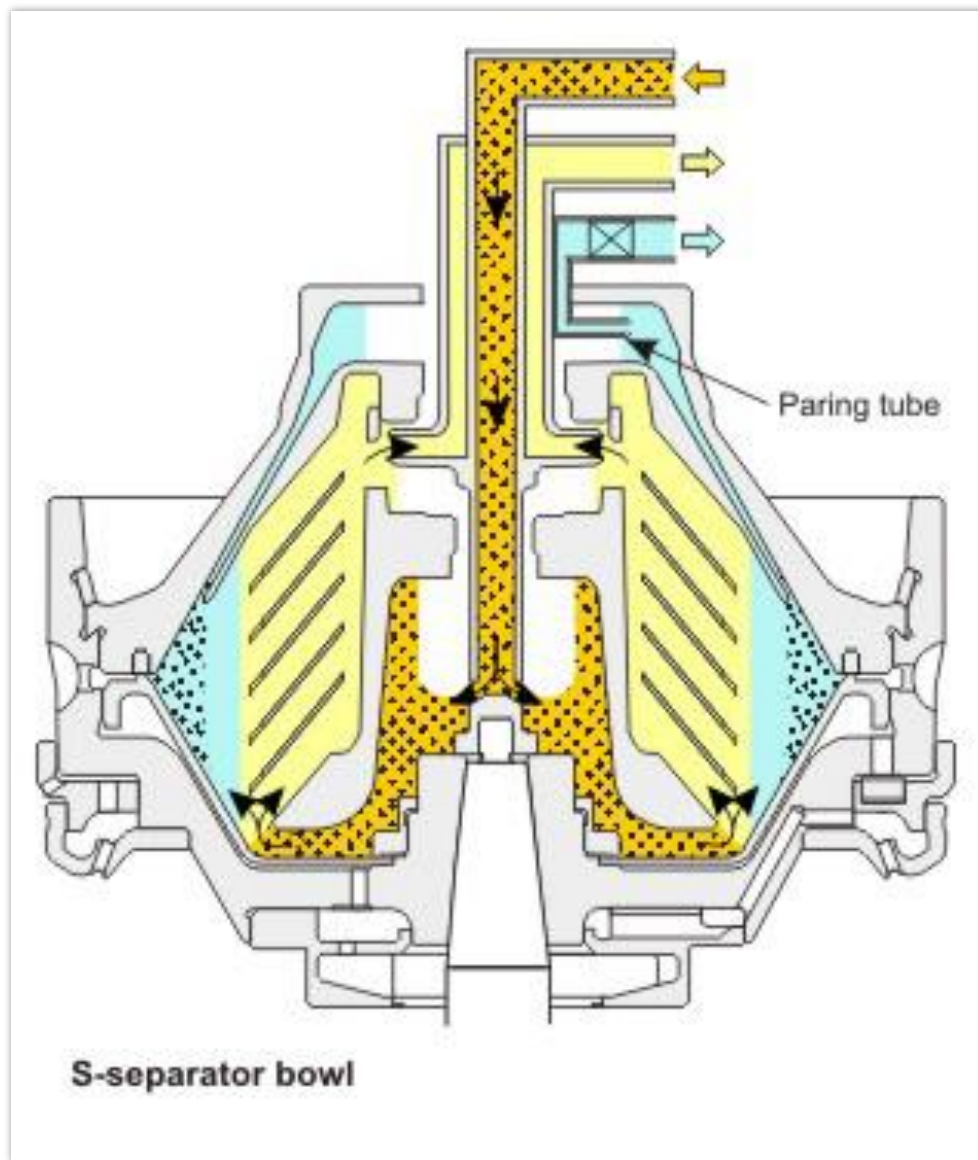


Figure 2. From left to right: untreated AD effluent, settled and filtered samples.



GEA Westfalia Separator



GEA Westfalia Separator



Biomassza elemzése

- Összetétel: makro- és mikroelemek
- Környezetterhelési bírságok
- Mikrobiológiai összetétel

Más felhasználási területek

- Bioműanyag, ragasztóanyag
- Fehérjekivonat (~40%)
- Parkzöldítés



Figure 7. Examples of pellets and tensile bars of compound (A) N17-I (reference), (B) N17-II (C1201 + 25% Microalgae (MAB)) and (C) N17-III (C1201 + 25% *Chlorella vulgaris*).

Köszönöm a figyelmet!



- Nagy Balázs József
- *Felhasznált tananyag: ELTE TTK, Kalapos Tibor, Növényrendszertan I.*
- *Gyalai-Korpos Miklós, PPIIS*

