

**Prof. dr Dragan Milićević**

**Gradjevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu**

# **ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA SA NULTIM UTICAJEM NA OKRUŽENJE**



**OTPADNE VODE, KOMUNALNI ČVRSTI OTPAD I  
OPASAN OTPAD**

**4-6. april 2023. godine, Vrnjačka Banja**

1968 – 2023

## 55 godina zakonske regulative u oblasti zaštite voda u Srbiji

- Uredba o klasifikaciji voda (Sl. glasnik SRS, br. 5/68)
- Uredba o kategorizaciji vodotoka (Sl. glasnik SRS, br. 5/68)
- Zakon o vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 - dr. zakon)
- Zakon o zaštiti životne sredine („Sl. glasnik RS“, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 – odluka US, 14/2016, 76/2018 i 95/2018 – dr. Zakon)
- Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine („Sl. glasnik RS“, br. 135/2004 i 25/2015)



# ZAŠTITA VODA U SRBIJI

## Sadašnje stanje



Prema Statističkom godišnjaku iz 2022. godine u 2021.:

- Procenat stanovnika priključenih na javnu kanalizaciju iznosio je 67.2%
- Procenat stanovništva obuhvaćenog tretmanom za prečišćavanje otpadnih voda iznosio je svega 15.9%.
- Procenat stanovnika povezanih najmanje na sekundarni tretman iznosio je 14.7%
- Više od 50% industrijskih postrojenja nema sisteme za prečišćavanje i uopšte ne prečišćava otpadne vode.

# PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U SRBIJI

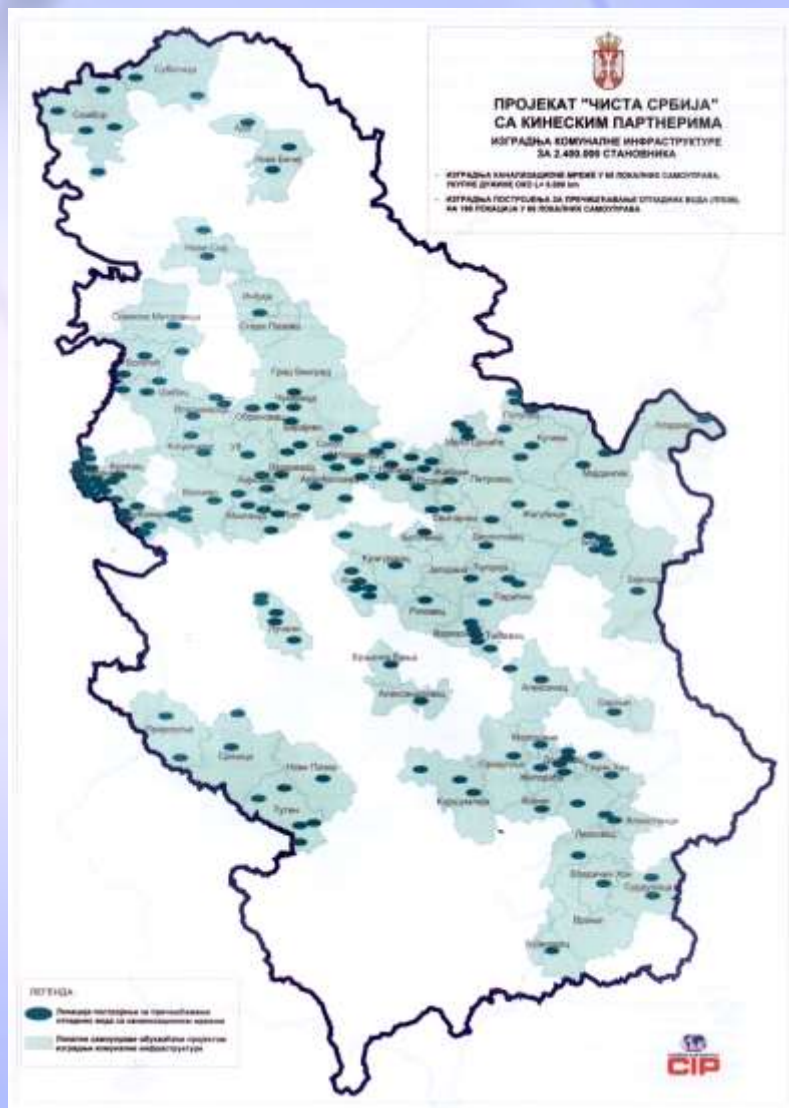
## Buduće stanje

- Broj naselja u Srbiji:
  - Naselja sa manje od 2.000 stanovnika 4261 (90.5%)
  - Naselja od 2.000 do 10.000 stanovnika 358 ( 7.6%)
  - Naselja od 10.000 do 50.000 stanovnika 66 ( 1.4%)
  - Naselja sa više od 50.000 stanovnika 25 ( 0.5%)
- Prema Strategiji upravljanja vodama na teritoriji RS otpadne vode svih naselja većih od 2000 stanovnika bi morale da se podvrgnu najmanje sekundarnom biološkom prečišćavanju, što znači da bi za 449 naselja trebalo obezbediti sekundarni stepen prečišćavanja
- Imajući u vidu da neka naselja već imaju PPOV i da će neka naselja biti priključena na centralna regionalna PPOV, prema procenama broj postrojenja koja treba izgraditi je najmanje 350.



# PROJEKAT "ČISTA SRBIJA"

Ministarstvo građevinarstva saobraćaja i infrastrukture RS



- Dva osnovna programa su:
  - izgradnja kanalizacione mreže i PPOV
  - sanacija, rekonstrukcija, rekultivacija i izgradnja regionalnih centara za upravljane komunalnim otpadom.
- Broj stanovnika koji je obuhvaćen programom izgradnje kanalizacione mreže i PPOV je oko 2.500.000 u 69 jedinica lokalne samouprave.
- Biće izgrađeno preko 5.200 km kanalizacione mreže i 165 PPOV, što je oko polovine od potrebnog broja za celu Srbiju.

# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Kružna ekonomija u prečišćavanju otpadnih voda

- Ulaganja vezana za zaštitu vode od zagađenja i sanaciju već zagađenih vodnih resursa su veoma značajna
- Dugo se raspravljalo o tome da li se tri linije održivosti (ekonomska, ekološka i društvena) mogu postići istovremeno i da li postizanje održivosti jedne linije negativno utiče na druge
- Unapređenje sanitarnih usluga u pravcu kružne ekonomije, koje više ne posmatraju otpadne vode kao otpad i kao problem, već ih prepoznaju kao vredan resurs vode, energije i hranljivih materija, nudi brojne prednosti u odnosu na klasični model i poboljšanje sve tri linije održivosti.



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Postrojenja za obnavljanje vodnih resursa



Wastewater treatment plant

TODAY

Wastewater treatment and removal of biogenic compounds

Disposal of sewage sludge

Utilization of biogas energy

TOMORROW

- change of priorities - preserving natural resources for future generations
- minimization of the water footprint
- the use of treated wastewater as process water in the WWTP
- use of treated wastewater in external industrial plants
- use of treated wastewater in the production of energy plants and algae
- use of selected industrial wastewater streams as substances supporting wastewater treatment
- recovery of raw materials from wastewater

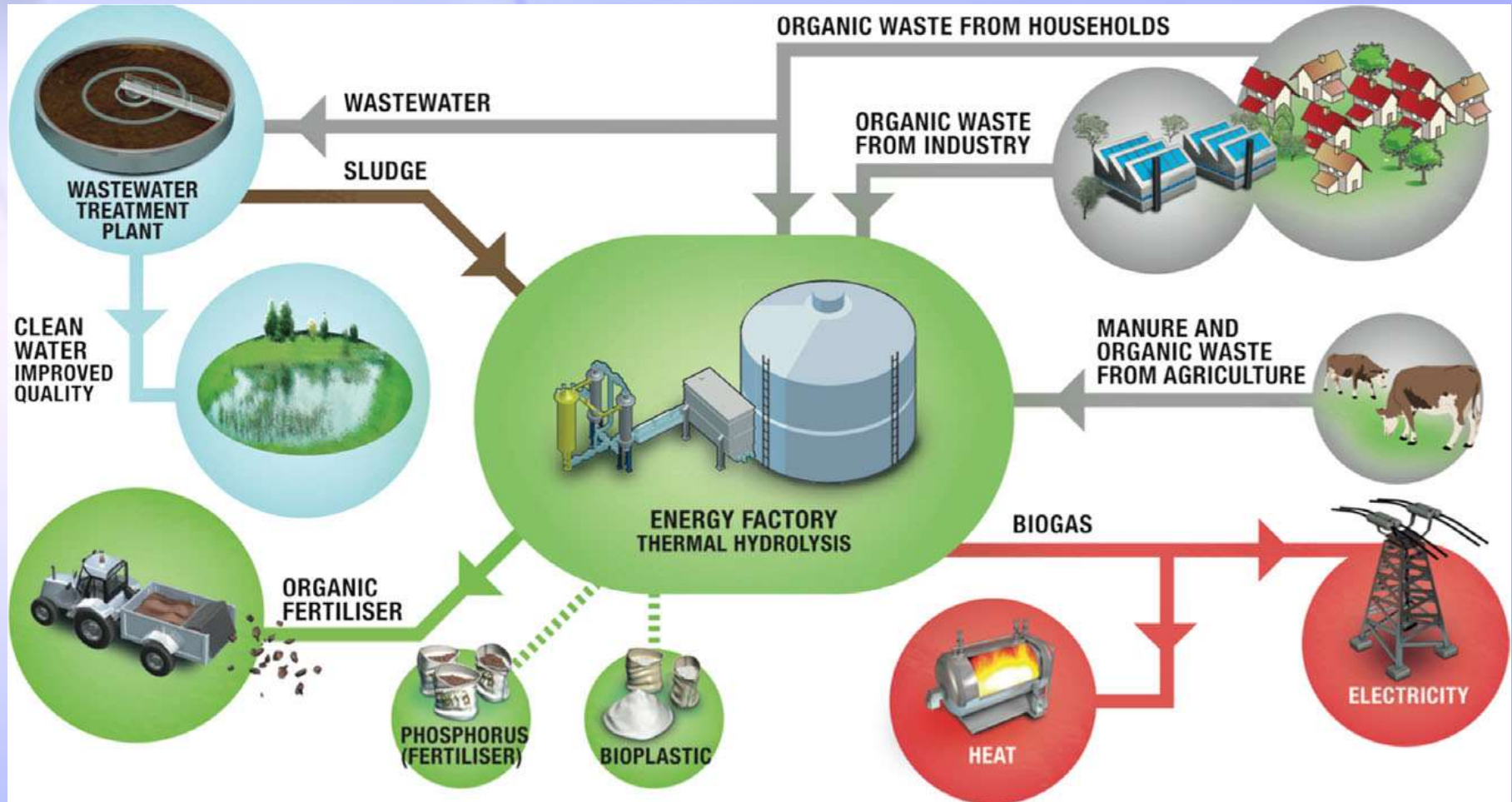
- recovery of raw materials from sewage sludge
- energy production from sewage sludge
- disposal of industrial waste

- self-sufficiency of the WWTP (heat and electrical energy)
- the surplus energy can be used to supply external urban facilities



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Postrojenja za obnavljanje vodnih resursa

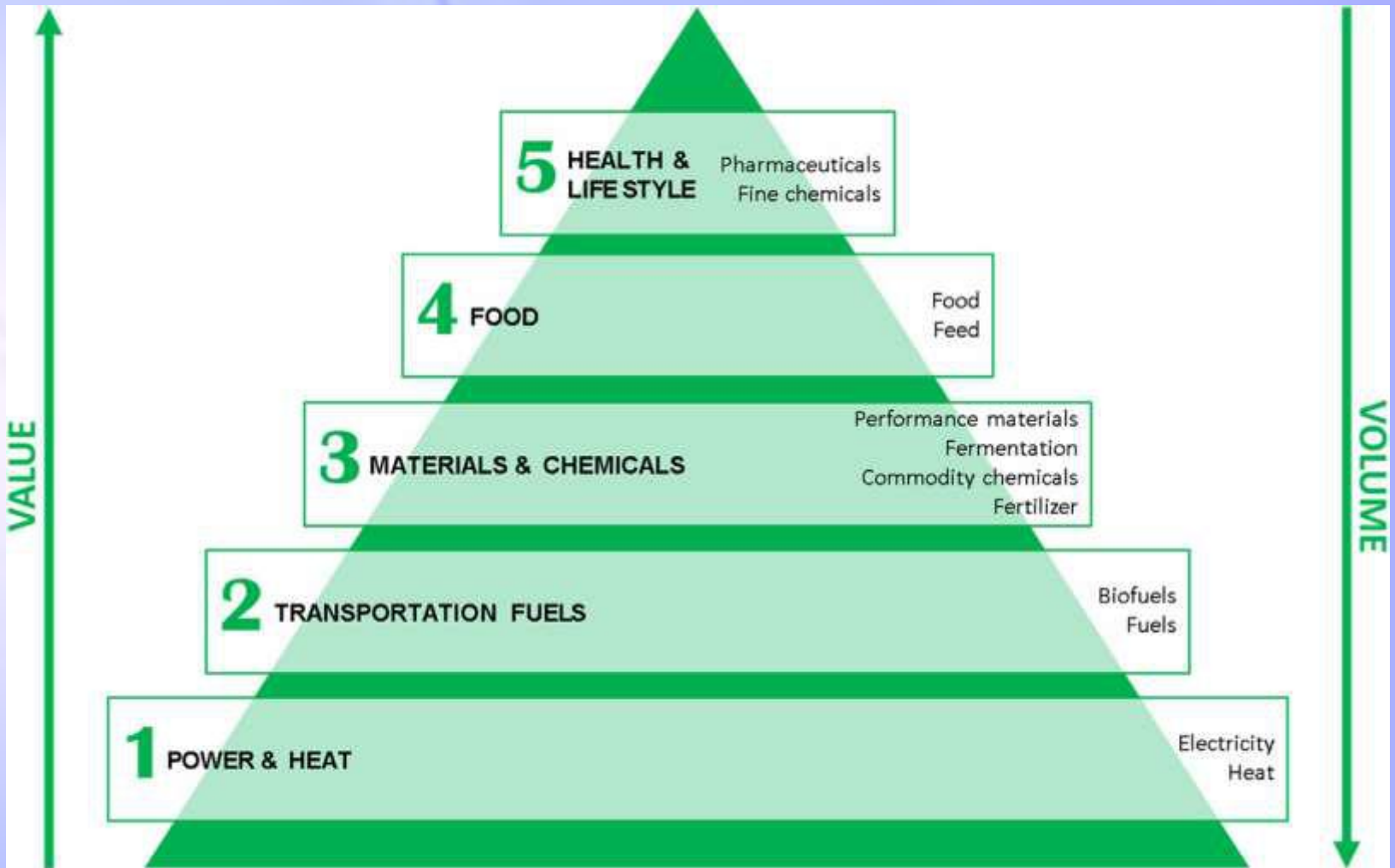


Nielsen P.H.: Microbial biotechnology and circular economy in wastewater treatment  
Microbial Biotechnology (2017) 10(5), 1102–1105, doi:10.1111/1751-7915.12821



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Piramida obnovljivih resursa iz otpadnih voda

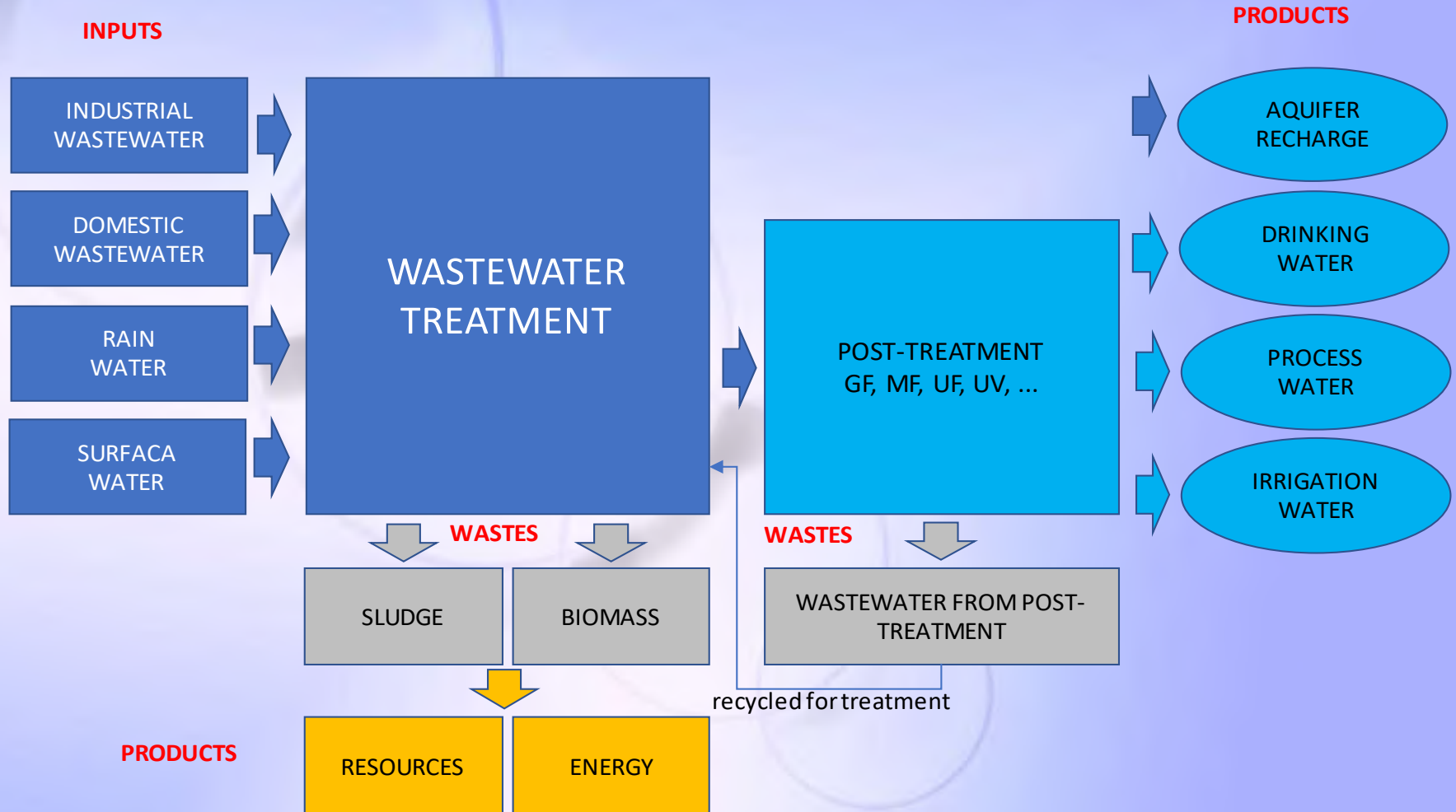


van der Hoeka P.J., de Fooija H., Strukera A.: Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater; Resources, Conservation and Recycling 113 (2016) 53–64



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠČAVANJE OTPADNIH VODA

Postrojenja za prečiščavanje odpadnih voda sa nultim uticajem na okruženje



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Sadašnje stanje



### Postrojenje za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda u Kruševcu

Na postrojenju predviđenom za 90.000 ES se sakupljaju otpadne vode sa teritorije grada Kruševca.

Biogas nastao procesom anaerobne digestije koristi se za rad CHP jedinice izlazne snage: 413 kW termičke, odnosno 330 kW električne snage. Na PPOV se vrši solarno sušenje mulja, nakon koga stepen suve materije u mulju iznosi preko 60%. Tako prerađen mulj se odlaže na regionalnu deponiju ili se spaljuje u Gradskoj Toplani.



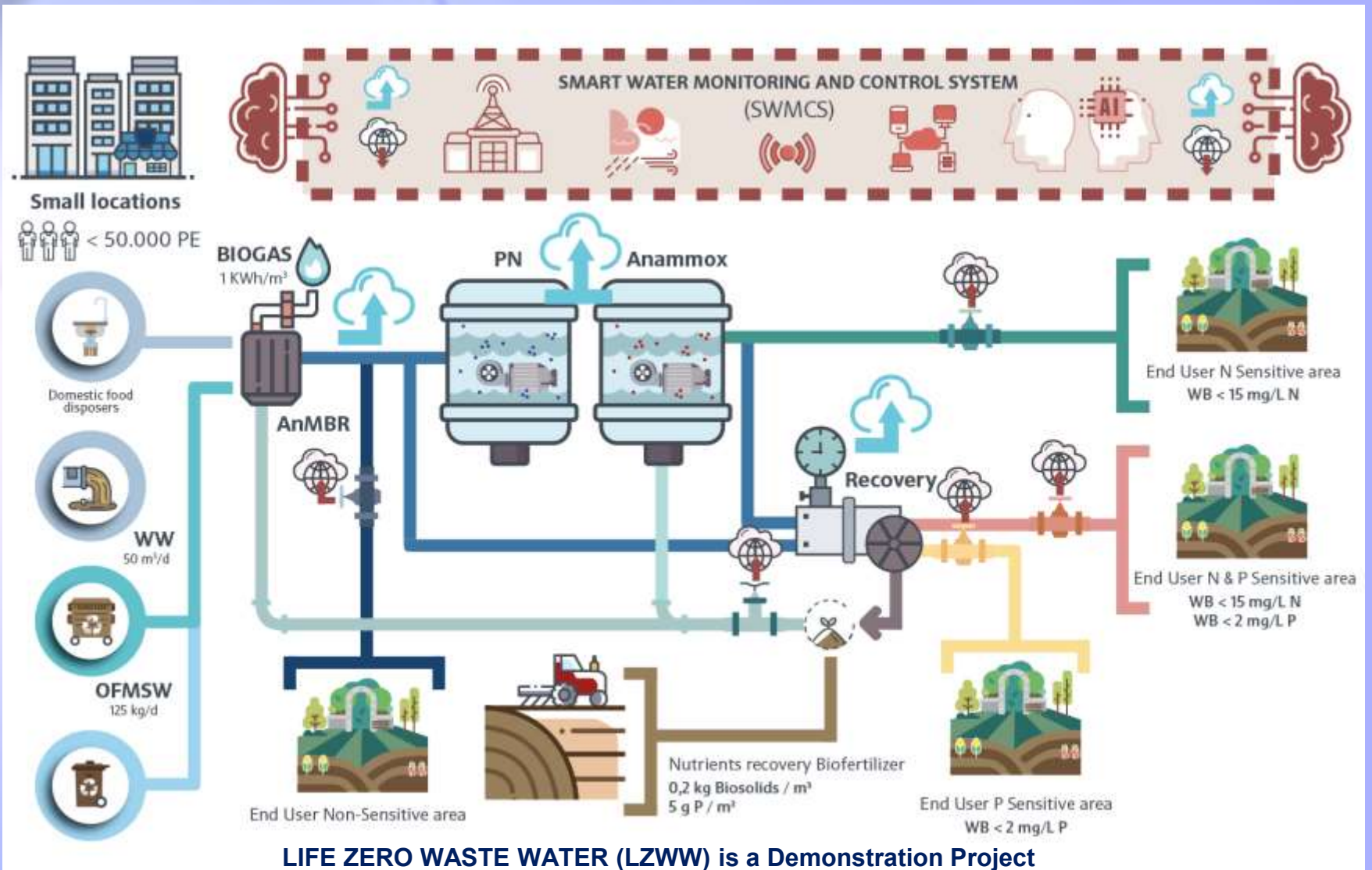
### Mlekara "LAZAR" Blace

Anaerobni ukopani digestorski mešno-protočni sistem, sa unosom govedjeg stajnjaka, surutke i biomase koji proizvede biogas. Kogeneraciono postrojenje sa pogonom na biogas dostiže električnu snagu 1.000 kW, toplotnu snagu 1.060 kW.



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR), Anaerobic Ammonium Oxidation (ANAMMOX Process)

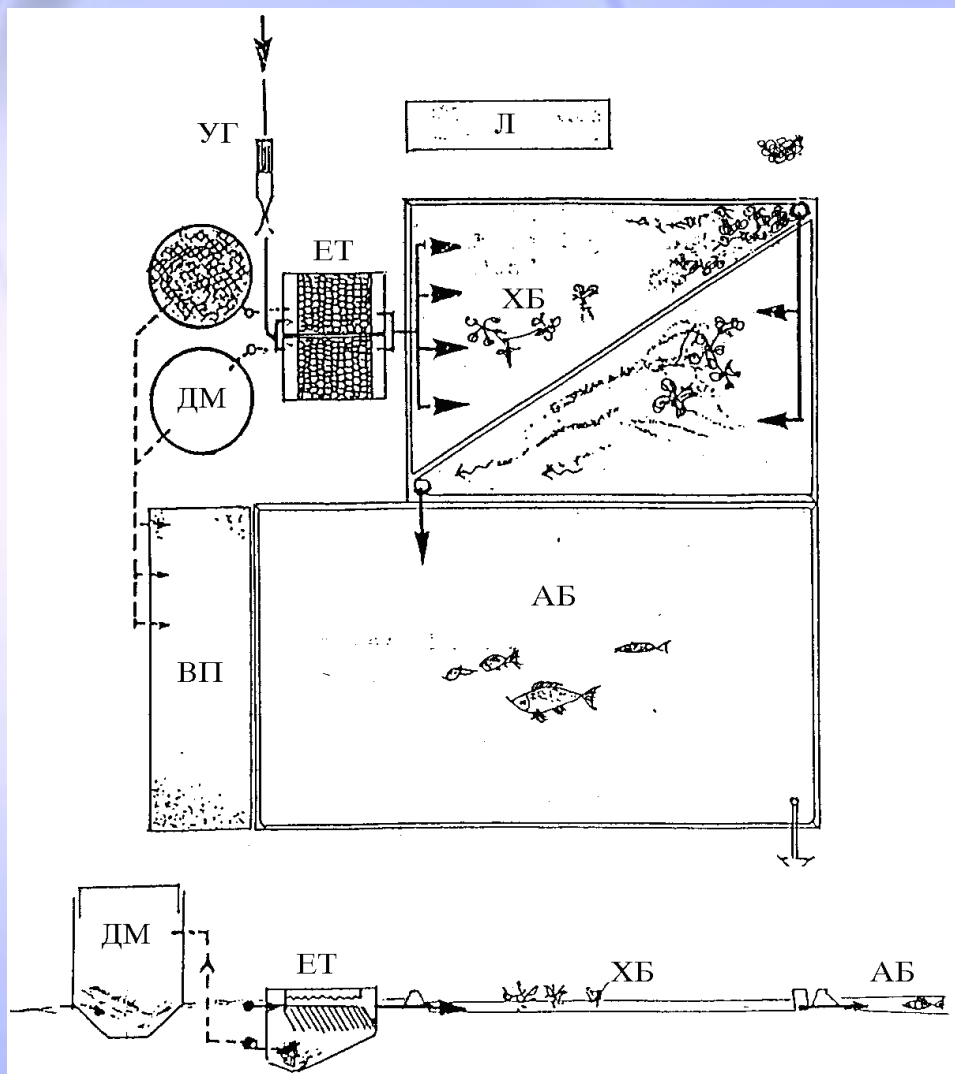


ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA SA MULTIM UTICAJEM NA OKRUŽENJE

Dragan Milićević

# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

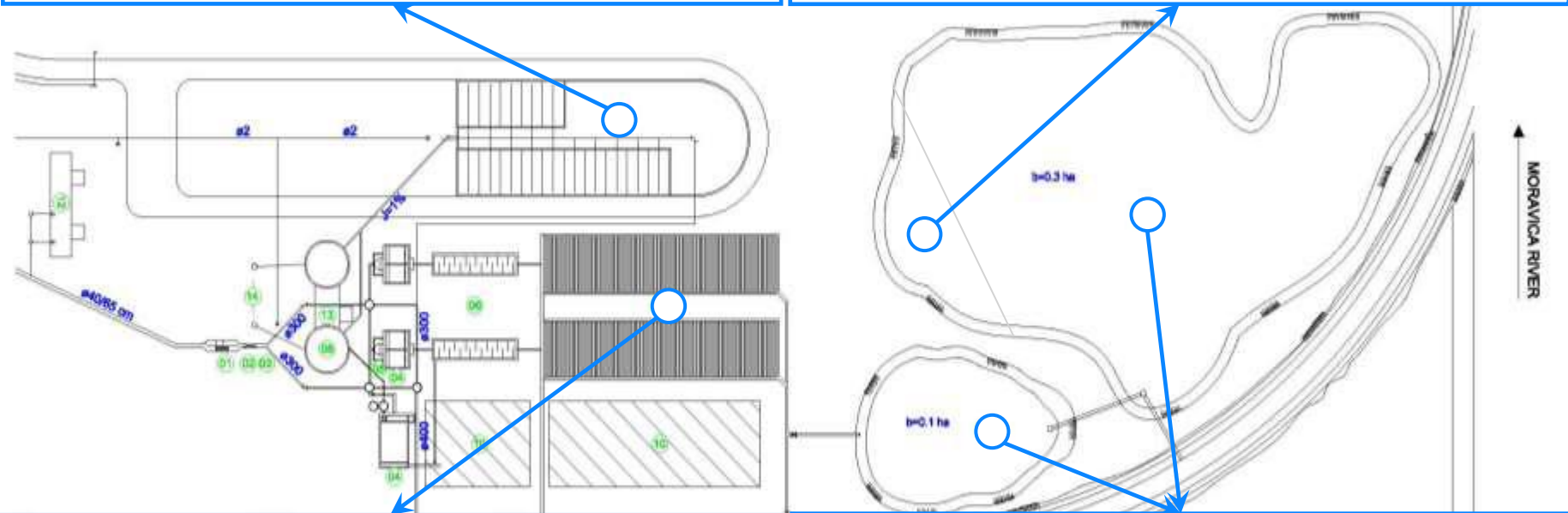
## Makrobiološke metode u prečišćavanju otpadnih voda



- Korišćenje makrobioloških jediničnih operacija, uz ostale klasične jedinične operacije u tehnološkoj shemi, omogućava jeftino, jednostavno, tehnički prosto i sigurno rešenje uklanjanja nutrijenata (azot, fosfor) i redukcije  $BPK_5$  iz otpadnih voda naselja bez industrijskih otpadnih voda.
- Ekološki i ekonomski veoma atraktivnu mogućnost predstavlja korišćenje biomase makrobioloških stanica, koje imaju veoma široku upotrebnu vrednost.

# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Makrobiološke metode u prečišćavanju otpadnih voda



# MAKROBIOLOŠKE METODE U PRERADI OTPADNIH VODA

## Korišćenje biomase makrobioloških stanica

- Biomasa plivajućih makrofita može se koristiti za proizvodnju biogasa i biogoriva, kao hranivo/hrana, kao materijal za proizvodnju humusa, za proizvodnju papira, kao termoizolacioni materijal, u medicinske svrhe, ...
- Biomasa riba može se koristiti kao hrana u ljudskoj ishrani i za proizvodnju ribljeg brašna.
- Biomasa školjki može se koristiti kao hrana za svinje i kokoške, u ribolovu kao mamac pri lovu na soma i šarana, pojedine vrste školjki se koriste u akvaristici za biološku kontrolu i prečišćavanje voda u akvarijumima, u ribolovu, unutrašnji sadržaj školjke uglavnom se koristi kao mamac pri lovu na soma i šarana.
- Biomasa glista se mogu koristiti direktno kao hranivo za ishranu živine i svinja ili kao visokokvalitetna proteinska komponenta u suvom stanju (proteinsko brašno mešano sa ribljim brašnom), a komercijalno je veoma povoljno korišćenje glista za ishranu akvakultura riba ili kao mamac u ribolovu.



# MAKROBIOLOŠKE METODE U PRERADI OTPADNIH VODA

## Korišćenje prevrelog prosušenog mulja tretiranog vermikulturama

Na osnovu izvršenih ispitivanja na postrojenju u Sokobanji, mogu se izvući sledeći zaključci:

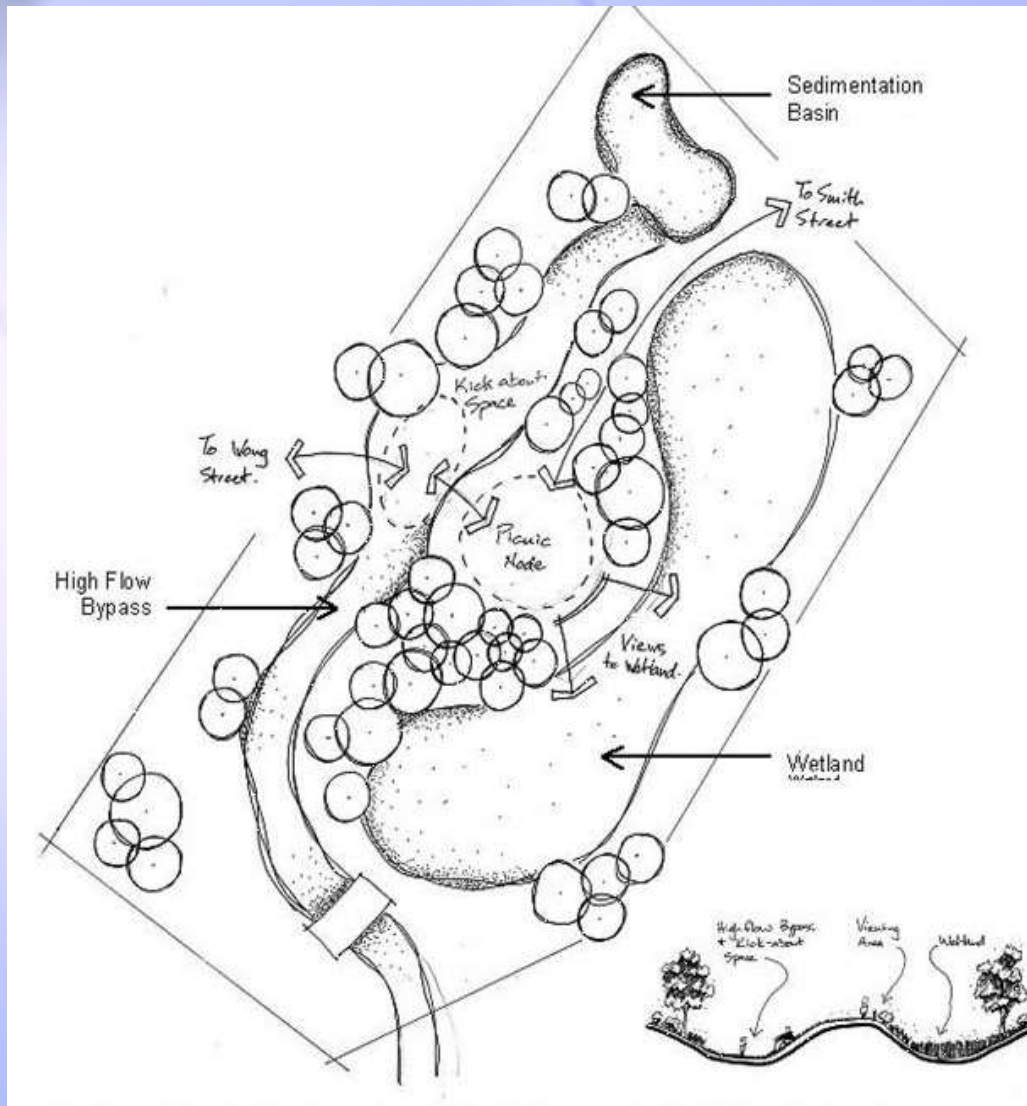
- Mulj tretiran glistama ima visoku komercijalnu vrednost.
- Prevreo prosušen mulj tretiran glistama nije toksičan materijal za gajenje biljaka.
- Gliste se hrane detritusom, organskom materijom u raspadanju, a kao izlučevina se pojavljuje fino usitnjeni materijal - stabilan vermikompost tj. humus, koji ima veliku vrednost kao prirodno đubrivo i u kome direktno može da se gaji cveće, povrće i sl. ili da se koristi kao komponenta u zemljištima devastiranim zbog upotrebe hemijskih đubriva.
- Može se primenjivati u proizvodnji zdrave hrane ako u polaznim materijama nije bilo pesticida, teških metala ili toksičnih supstanci.
- Idealan je za travnjake i humuziranje površina.





# MAKROBIOLOŠKE METODE U PRERADI OTPADNIH VODA

## Uklapanje u okolinu i ambijentalne vrednosti



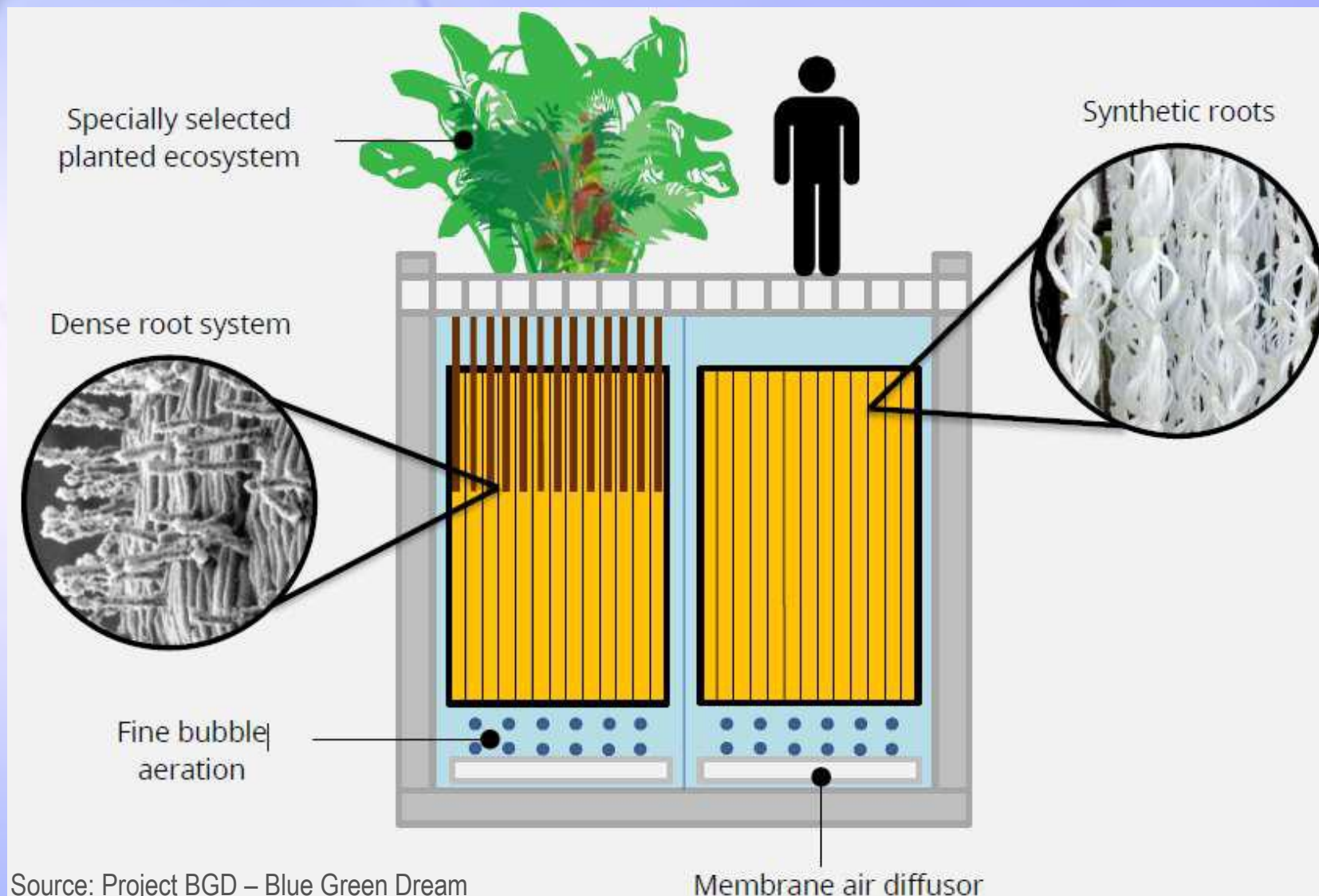
ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA SA MULTIM UTICAJEM NA OKRUŽENJE

Dragan Milićević



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Metabolic Network Reactor (MNR)



Source: Project BGD – Blue Green Dream

Membrane air diffuser



# ODRŽIVA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

## Metabolic Network Reactor (MNR)



Koreni sistem akvatičkih biljaka koji visi u vodi, kombinuje se veštačkim medijem (*artificial root structures*). Njih „kolonizuju“ aktivni mikrobi koji razgrađuju otpadne materije. Na taj način se maksimizira kapacitet prečišćavanja otpadnih voda.

Prečišćava vodu do najstrožijih kriterijuma (sa i bez nutrijenata).

Produkti sa tržišnom vrednošću:

- Biogas
- Kompost
- Energija za sopstvene potrebe
- Materijal za hortikulturu
- Hrana.

Izvor: Projekat BGD – Blue Green Dream  
Tim BG konzorcijuma: Blue Green Global–London, Biopolus-Budimpešta i EnPlus-Beograd





**Grandiozne stvari se rade  
grandioznim sredstvima. Priroda  
sama radi velike stvari besplatno.**

A.I. Herzen

**HVALA NA PAŽNJI !**

