



Mogućnost rekuperacije fosfora iz linije mulja na postrojenju za tretman otpadnih voda: tehnološki aspekt

dr Đurđa Kerkez

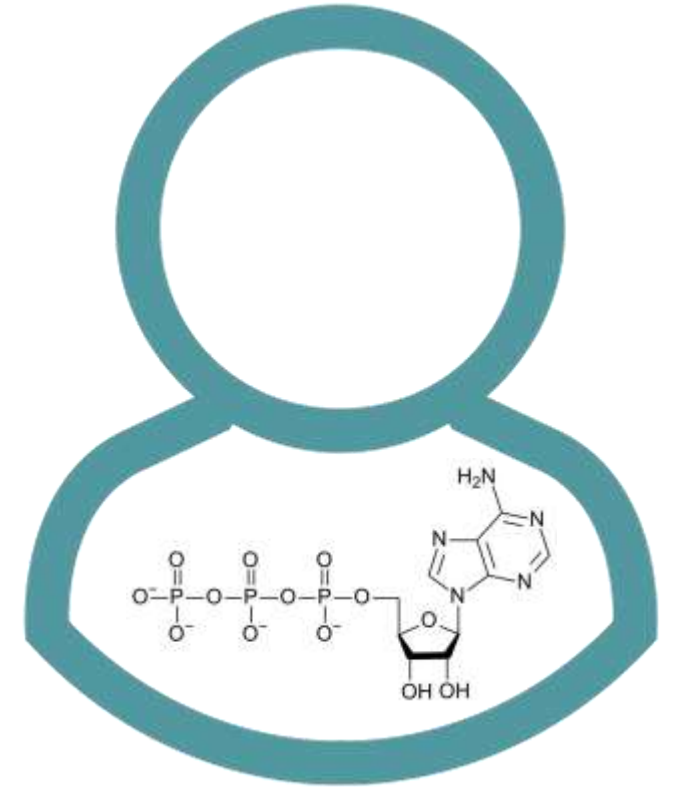
-Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu-

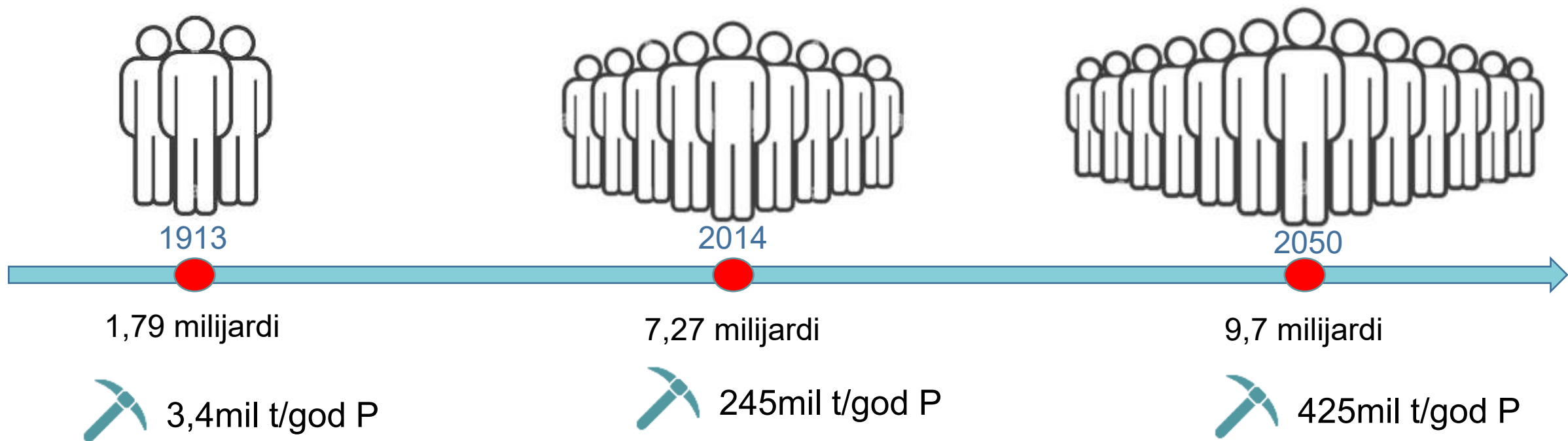
Forum Voda, Beograd - 07-09.12.2023.

Twinning for Smart Water - Thinking and Rethinking Wastewater Management in Circular Economy Frame, GA No 101060110, HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-02

P

- P je “građevinski komponenta” za sve oblike života.
- P je takođe glavna “građevinski komponenta” za komercijalna đubriva.
- Više od 80% iskopanog fosfatnog kamena (PR) koristi se kao đubrivo za proizvodnju hrane.
- Veliki deo P iz humanog ciklusa završava u prirodnim vodnim telima.
- Jednom kada se P “izgubi” u okeanima, gotovo je nemoguće da se on ekonomski rekuperiše.





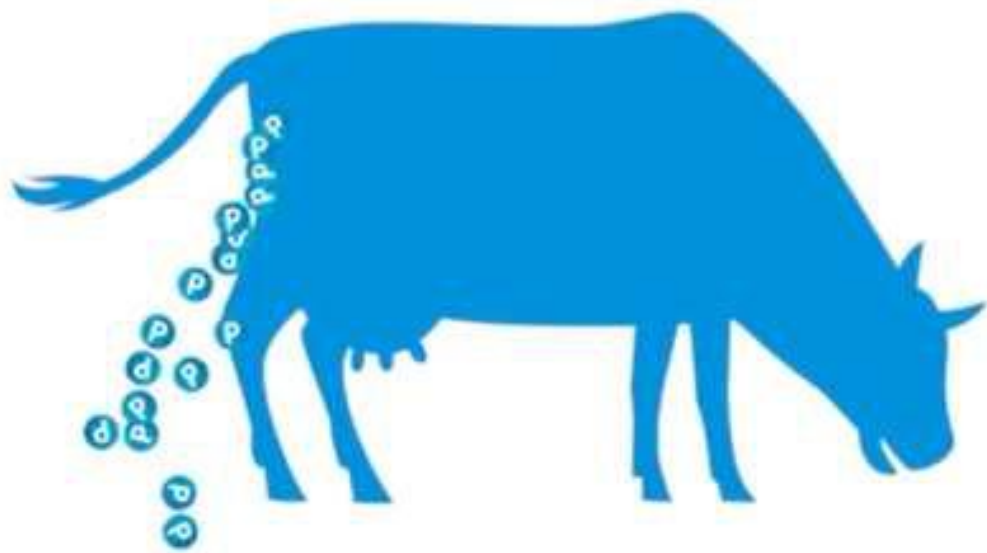
- Potrebe za P se konstantno nadoknađuju rudarenjem.
- Fosfor i fosfatne stene na listi „**kritičnih**“ **sirovina** prema izveštaju Evropske komisije „Study on the review of the list of Critical Raw Materials“





- Neravnomerna i ograničena distribucija P stvara složenosti sa geopolitičkog stanovišta.
- Društven i politički izazovi, zajedno sa rizikom lanca snabdevanja i visokim cenama, će početi mnogo pre nego što rezerve nestanu.



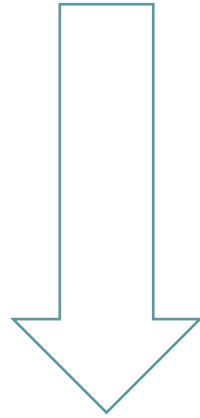


Jedini **održivi put** za poboljšanje kvaliteta voda i efikasnog kretanja P je
“ZATVORENA PETLJA FOSFORA”

koja bi smanjila unos (putem rekuperacije), smanjila akumulaciju u
zenljištu i smanjila spiranje u prirodne vode.



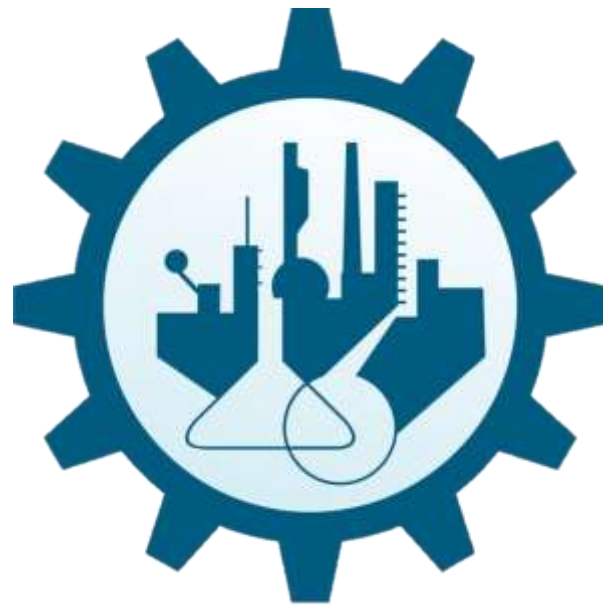
WWTP



WRRF



TEHNOLOGIJE

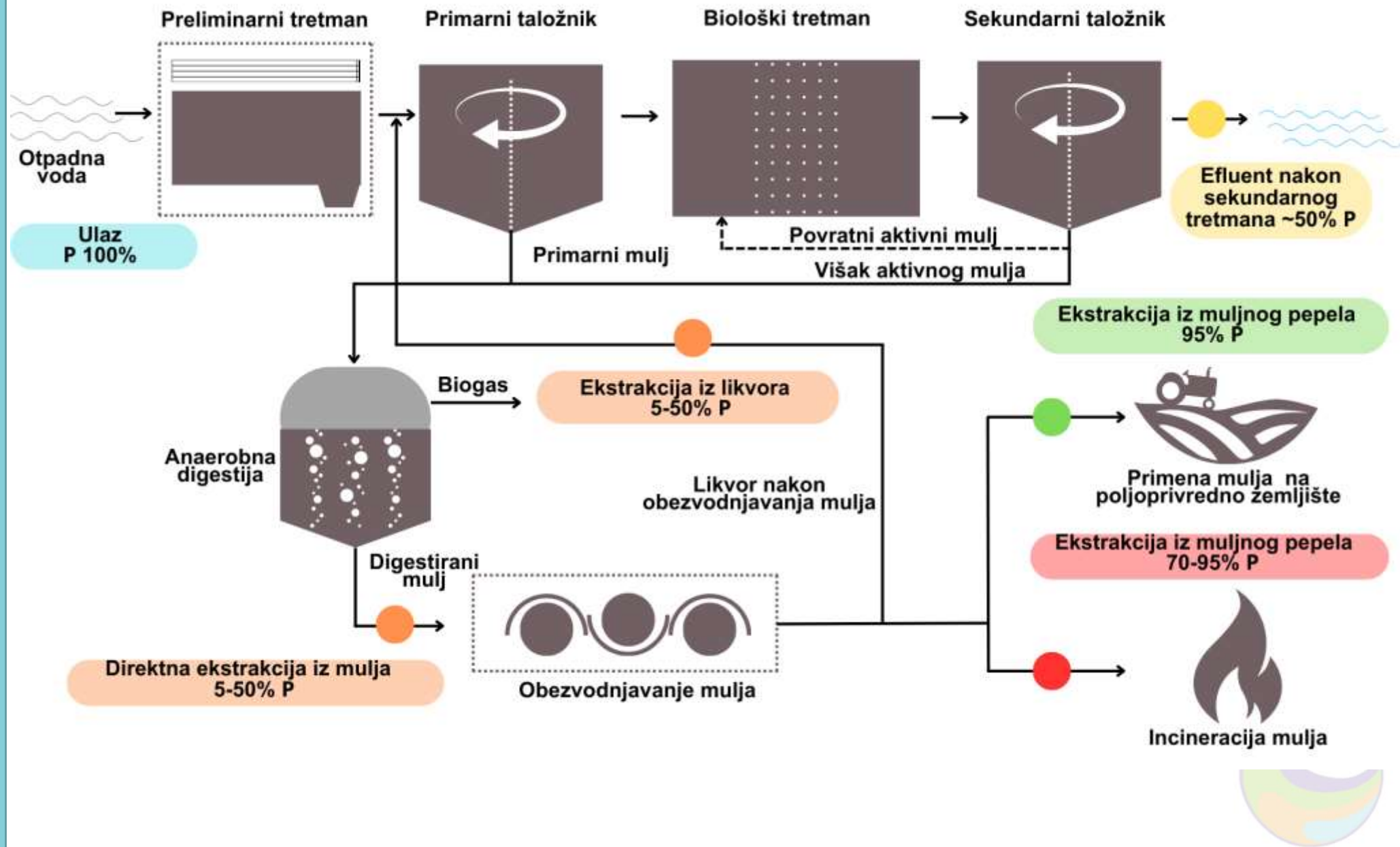


**Postrojenja za
rekuperaciju resursa iz
OV**

Obrada
izdvojene
muljne vode

Bioostatak
(obrađeni mulj)

Muljni pepeo



Mulj

Airprex®

Crystalactor®

END-O-SLUDG

Routes

Muljni pepeo

Ashdec®

Leachphos®

Mephrec®

EcoPhos

RecoPhos

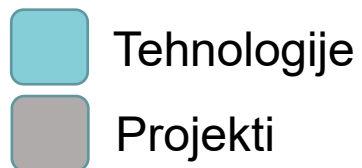
Otpadna voda

Struvia™

Pearl®

PHORWater

Routes

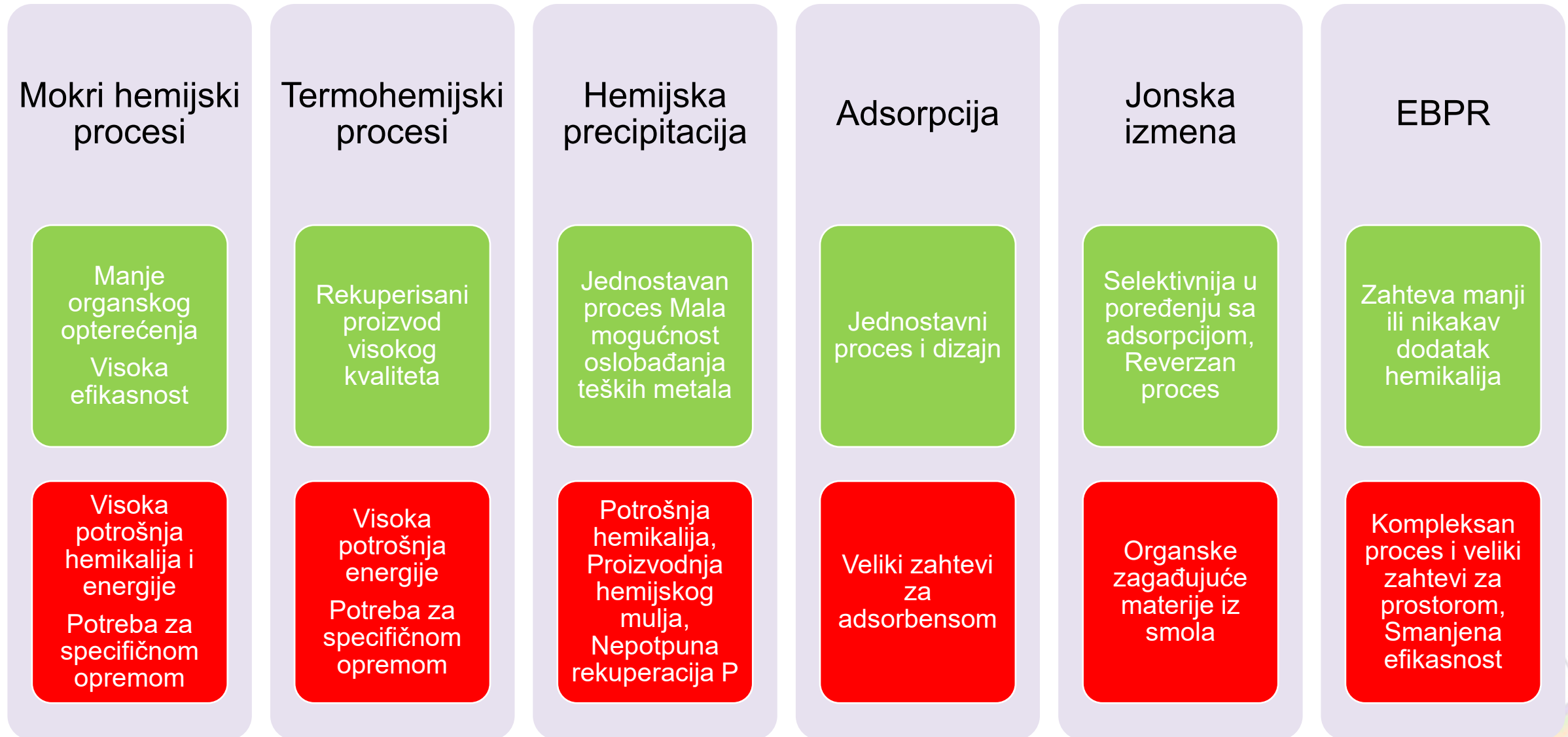


Tehnologija/Projekat	Tip procesa	Ulazni materijal			Proizvod	Sastav rekuperisanog P proizvoda
		M	MP	OV		
AirPrex®	Kristalizacija (Precipitacija struvita sa doziranjem Mg u mulj pre obezvodnjavanja i povećanje pH stripingom CO ₂)	•			Struvit (600-1000 t/god)	21% P ₂ O ₅ (7% rekuperacije P)
Crystalactor®	Kristalizacija	•			Kalcijum fosfat Struvit	-
Ashdec®	Termohemijski (Tretman pepela iz monoincineracije u rotacionoj peći (950 °C). Dodatak suvog mulja kao reduktivnog agensa za uklanjanje metala kroz off-gas i dodatak Na soli radi povećanja dostupnosti biljkama.)		•		Kalcinovani pepeo sa CaNaPO ₄ fazom	15-25% P ₂ O ₅ (98% rekuperacije P)
Leachphos®	Mokri-hemijski (Luženje pepela sa H ₂ SO ₄ , čvrsto-tečno separacija, povećanje pH i precipitacija CaP sa Ca(OH) ₂)		•		CaP ili struvit	20-40% P ₂ O ₅ (70% rekuperacije P)
Mephrec®	Gasifikacija u visokim pećima (Sušenje obezvodnjenog mulja praćeno termalnim tretmanom u visokoj peći (1450 °C) sa dodatkom koksa i povraćajem energije kroz sagorevanje izlaznog gasa u incineratorima za komunalni otpad. Rekuperacija P kroz šljaku.)	•	•		Šljaka	10-25% P ₂ O ₅ (81% rekuperacije P)
EcoPhos	Mokri-hemijski/jonska izmena (Luženje pepela sa H ₃ PO ₄ , separacija H ₃ PO ₄ i metalnih jona jonoizmenjivačem. Koncentrisanje H ₃ PO ₄ .)		•		Fosforna kiselina ili Di-kalcijum fosfat (100 000 t/god)	-
Struvia™	Kristalizacija (Precipitacija struvita sa Mg iz nadmuljne vode nakon obezvodnjavanja i povećanje pH sa NaOH)			•	Struvit	29% P ₂ O ₅ (11% rekuperacije P)
Pearl®	Kristalizacija (Precipitacija struvita sa Mg iz nadmuljne vode nakon obezvodnjavanja i povećanje pH sa NaOH)			•	Struvit (150-930 t/god)	28% P ₂ O ₅ (12% rekuperacije P)
END-O-SLUDG	-	•			Bio-granule i organo-mineralna đubriva	-
RecoPhos	Termohemijski		•		Beli fosfor (10 kg/h)	-
PHORWater	Kristalizacija			•	Struvit	-
Routes	-	•		•	Biopolimeri i đubriva	-

M-mulj, MP - muljni pepeo, OV - otpadna voda



Prednosti i mane strategija rekuperacije P





	% P u mulju	Troškovi	Referenca
<ul style="list-style-type: none"> • Procesi precipitacije, zahtevaju EBPR 	5-15	0,14 do 0,23 €/ES god 3,81 do 3,66 €/kg P	Tretman otpadne vode, 92 €/ES godišnje
<ul style="list-style-type: none"> • Luženje mulja 	~ 50	~2.50 €/ES god ~10 €/kg P	
<ul style="list-style-type: none"> • Suvi mulj, tretman pepela, postojeća mono-incineracija 	70-100	0,33 to 1,70 €/ES god 0,65 to 4,64 €/kg P	Tripl-superfosfat, 1,57 €/kg P
<ul style="list-style-type: none"> • Suvi mulj, tretman pepela, nepostojeća mono-incineracija 		1,04 to 3,13 €/ES god 2,05 to 6,78 €/kg P	



PROIZVODI



Primena na zemljište

- Bioostatak



PREDNOSTI

Relativno jeftina metoda

Zemljište dobija neophodnu vlagu i poboljšava se zadržavanje N i P

Unos makronutrijenata (N i P) i unos mikronutrijenata (Fe, Cu, Zn etc.)

IZAZOVI

Transport i skladištenje tokom zime

Prisutne zagađujuće materije

Potrebne strategije za minimiziranje spiranja nutrijenata

Sadržaj vodorastvornog fosfora samo 2,5%



Rekuperacija P kao đubriva za neposrednu upotrebu

- Struvit - $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Brušit - $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Vivijanit - $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

PREDNOSTI

Jednostavna metoda

Ekonomski izvodljiva

Nadmuljna voda/likvor sadrži znatne količine P i amonijaka

Bolje obezvodnjavanje mulja i lakše odlaganje

IZAZOVI

Mala efikasnost povraćaja P

Veći kapitalni troškovi za mala postrojenja

Isplativost, pogotovo za mala postrojenja



Rekuperisan P kao strateška rezerva za buduću upotrebu

- Ca-P
 - Brušit
 - Hidroksiapatit



PREDNOSTI

Jeftine hemikalije za proces rekuperacije i velika efikasnost

Oblik rekuperisanog P nudi mogućnost različite upotrebe

Rekuperisani Ca-P se može skladištiti na regionalnom nivou

IZAZOVI

Veći investicioni troškovi

Sadržaj teških metala



Hvala na pažnji



www.smartwatertwin.pmf.uns.ac.rs

smartwatertwin@pmf.uns.ac.rs



Smart Water Twin HEProject



Funded by
the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Research Executive Agency (REA). Neither European Union nor the granting authority can be held responsible for them. Grant Agreement: Twinning for Smart Water - Thinking and Rethinking Wastewater Management in Circular Economy Frame, No 101060110.