

# POTENCIAL RAZLIČNIH ČISTILNIH MOKRIŠČ ZA ČIŠČENJE ODPADNIH IN IZCEDNIH VOD

**Urša BRODNIK**  
**Alenka MUBI ZALAZNIK**  
**Miran RENČELJ**



# Problematika

Slovenija je vodnata država



(Vir: neurje.si, 2025)



Voda je prostorsko  
neenakomerno razporejena



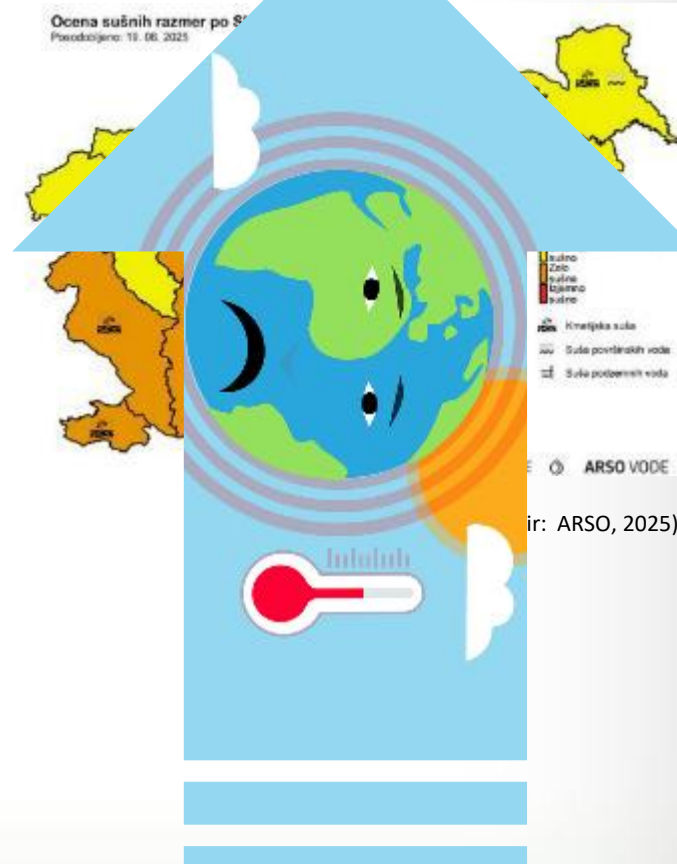
Voda je časovno  
neenakomerno razporejena



Velik del vode hitro odteče



Vpliv onesnaženja



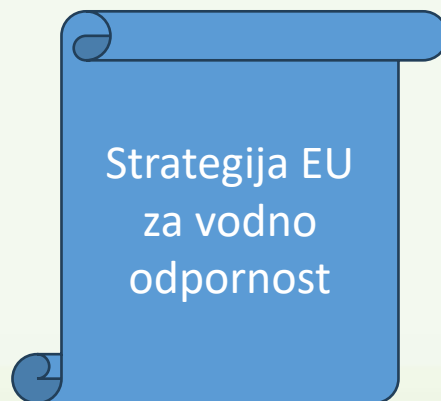
# Pomen sonaravnih rešitev: na naravi temelječe rešitve ang. NBS – Nature-Based Solutions

Prilagajanje na podnebne spremembe:

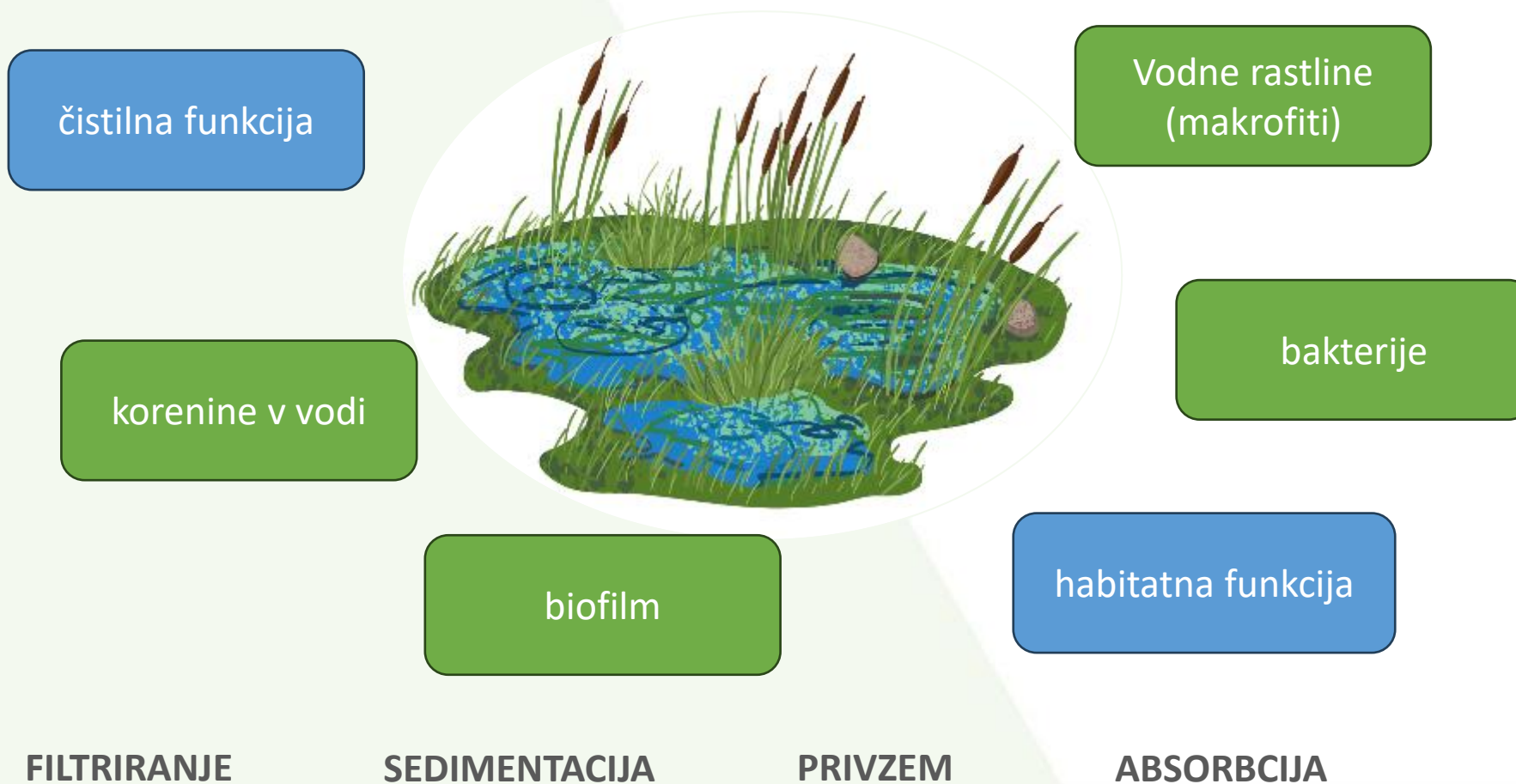
- hkratno zadrževanje vode, samočistilni procesi, biodiverziteta (!) + druge ES

Upoštevati pri vsakem posegu v prostor

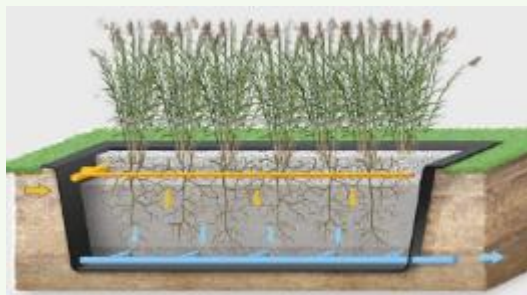
Preboj pri uporabi



# Kaj so čistilna mokrišča (ČM)?



# Tipi čistilnih mokrišč



Čistilna mokrišča

Po tipu pretoka  
vode

Po načinu  
vgradnje

Lagunska

Vertikalni tok

Horizontalni tok

Vgrajena čistilna  
mokrišča

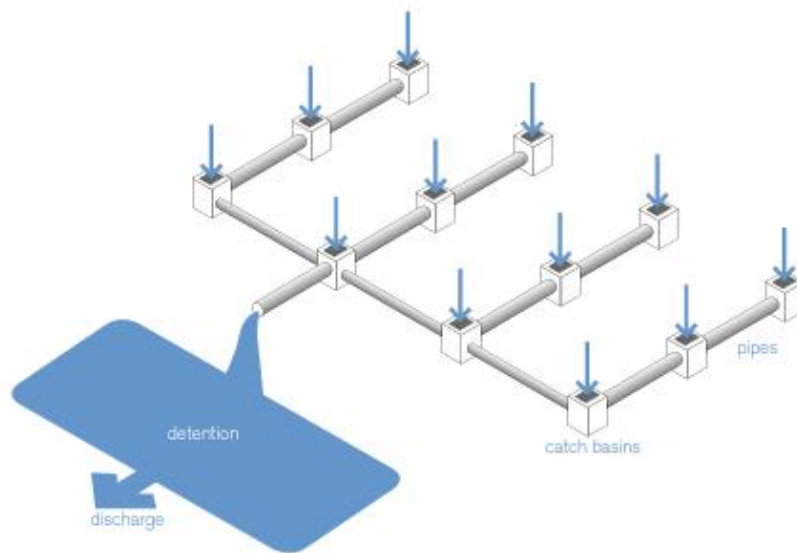
Plavajoča čistilna  
mokrišča



# Zelena vs. siva rešitev

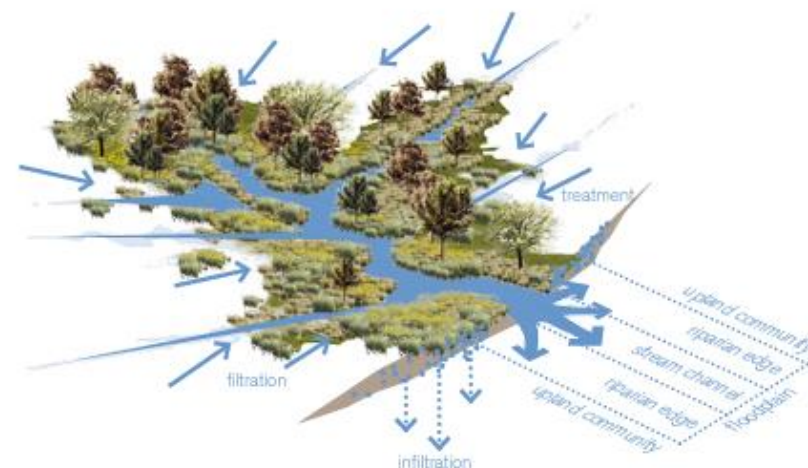
Lokalno reševanje  
problema

hard engineering  
...just transfers pollution  
to another site



conventional management: "pipe-and-pond" infrastructure  
drain, direct, dispatch

soft engineering  
...metabolizes pollutants  
on site — parks, not pipes!



low impact management: watershed approach  
slow, spread, soak

# Padavinski odtok v urbanih predelih

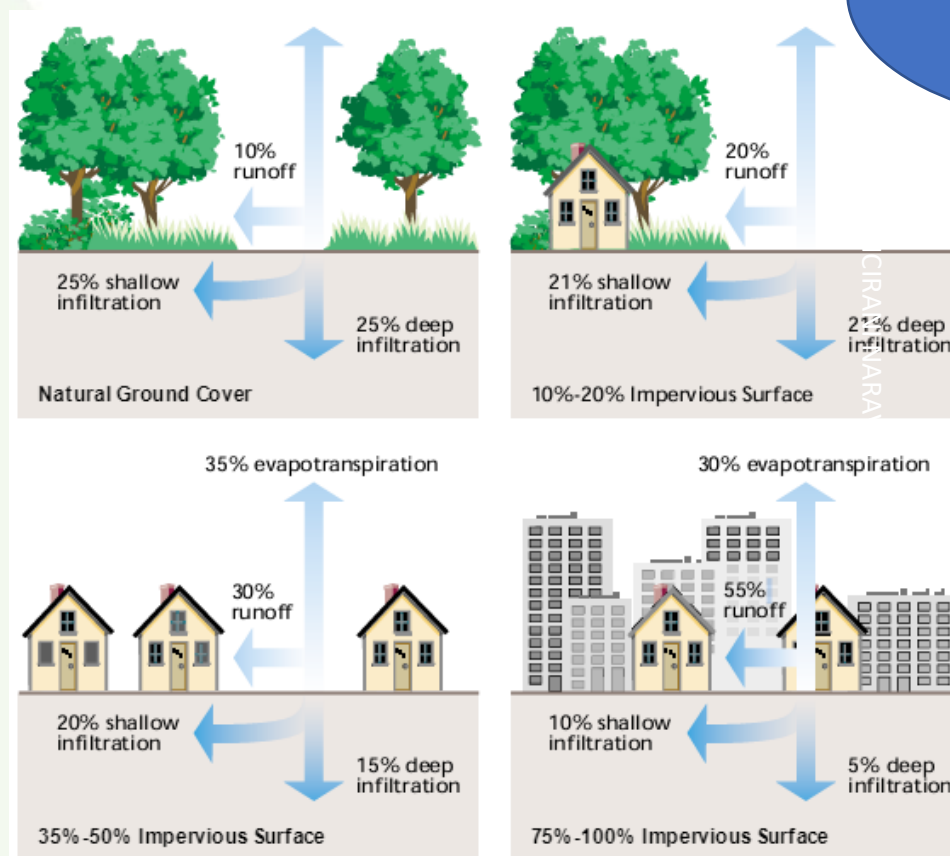
POVEČANJE DELEŽA  
NEPROPUSTNIH POVRŠIN

OBREMENJEVANJE ČISTILNIH  
NAPRAV IN OKOLJA  
(KVANTITATIVNO IN  
KVALITATIVNO)

PRENOVLJENA  
UWWTD

Cilj: Zmanjšanje onesnaževanja zaradi odvajanja  
urbanih padavinskih voda in prelivanja padavinskih  
voda - „**storm water overflow**“

PODNEBNE  
SPREMEMBE



(Vir: FISRWG, 1998)

# Trajnostni sistem odvodnje (SUDs)

## Zmanjšati odtok

## Ponovno uporabiti padavinsko vodo

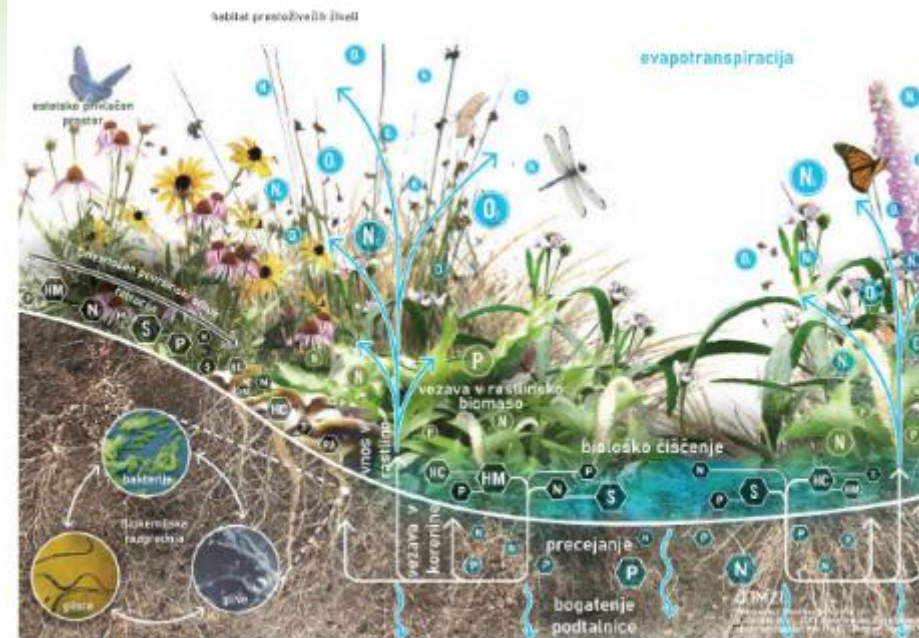
## Infiltracija

## Zadrževanje in upočasnitev odtoka

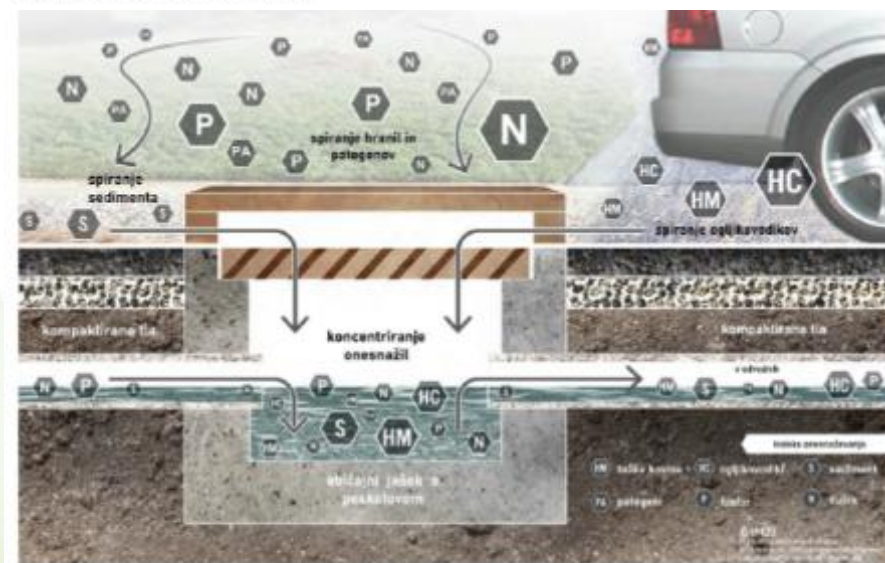
## Odtok v odprt kanal

## Odtok v kanalizacijsko cev

**Najučinkovitejši ukrep upravljanja s padavinsko vodo je ohranjanje čim večjega števila čim bolj prepustnih površin!**



MZI odstranjuje onesnažila.



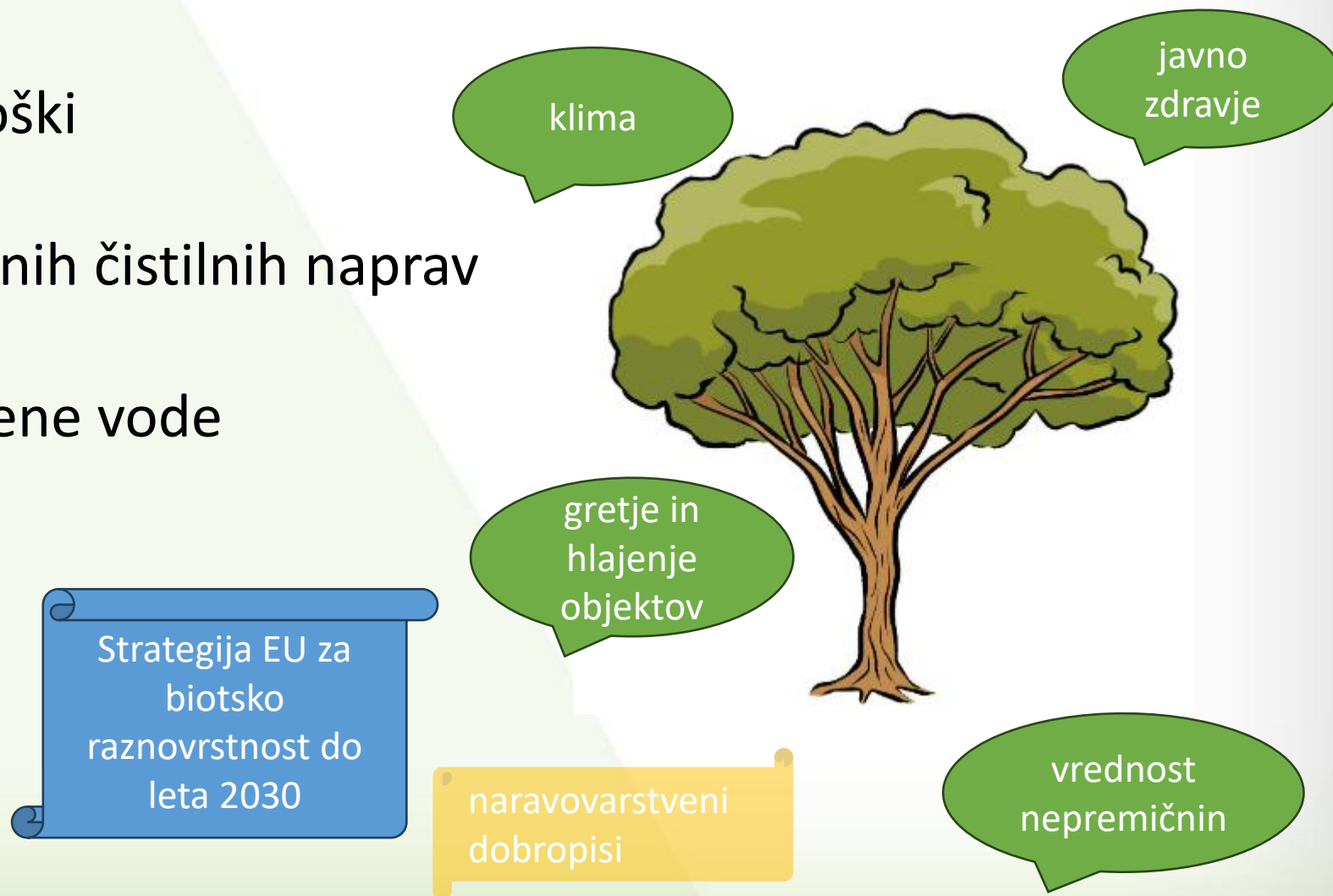
Površinski odtok spira onesnažila.

(Vir: FGG, 2024)



# Prednosti lokalnega reševanja

- ✓ Manjši transportni stroški
- ✓ Razbremenitev centralnih čistilnih naprav
- ✓ Lokalna uporaba očiščene vode
- ✓ Manjši vpliv na okolje
- ✓ Prilagodljivost



# UKREPI

→ TRAVNATI ODVODNI JARKI (SWALES)

→ SUHI IN MOKRI ZADRŽEVALNIKI

→ INFILTRACIJSKE KOTANJE

→ TRAVNATI FILTRI

→ ZASAJENI PEŠČENI FILTRI

→ DEŽEVNI VRTOVI

→ POROZNO TLAKOVANJE

→ ZELENi OTOKI MED CESTIŠČI

→ ZELENE STREHE IN STENE

→ VEGETACIJSKI PASOVI

retenzijska  
funkcija

čistilna  
funkcija



# Več dimenzionalne zelene površine

Edegemsebeek,  
Belgija



Wolvenberg park,  
Nizozemska



Uptown Normal,  
Illinois, ZDA

The Gorla  
Maggiore, Italija



(Vir: Going green? Ex-post valuation of a multipurpose water infrastructure in Northern Italy)c

(Vir: Going green? Ex-post valuation of a multipurpose water infrastructure in Northern Italy)



LIFE GREEN  
ADAPT



14. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

# PRIMER IZ PROJEKTA LIFE GREEN ADAPT



With the contribution of the LIFE Programme of the European Union under agreement No. LIFE20 CCA/ES/001795

# Plavajoči otoki za čiščenje izcedne vode LIFE GREEN ADAPT

XILOGA  
ODLAGALIŠČE  
(Španija)

Pilotno območje

**aimen**  
CENTRO TECNOLÓGICO

**XILO** (x)  
galicia  
PLANTA RECEPTORA  
DE RESIDUOS  
INDUSTRIALES INERTES  
Y NO PELIGROSOS

**globalfactor**

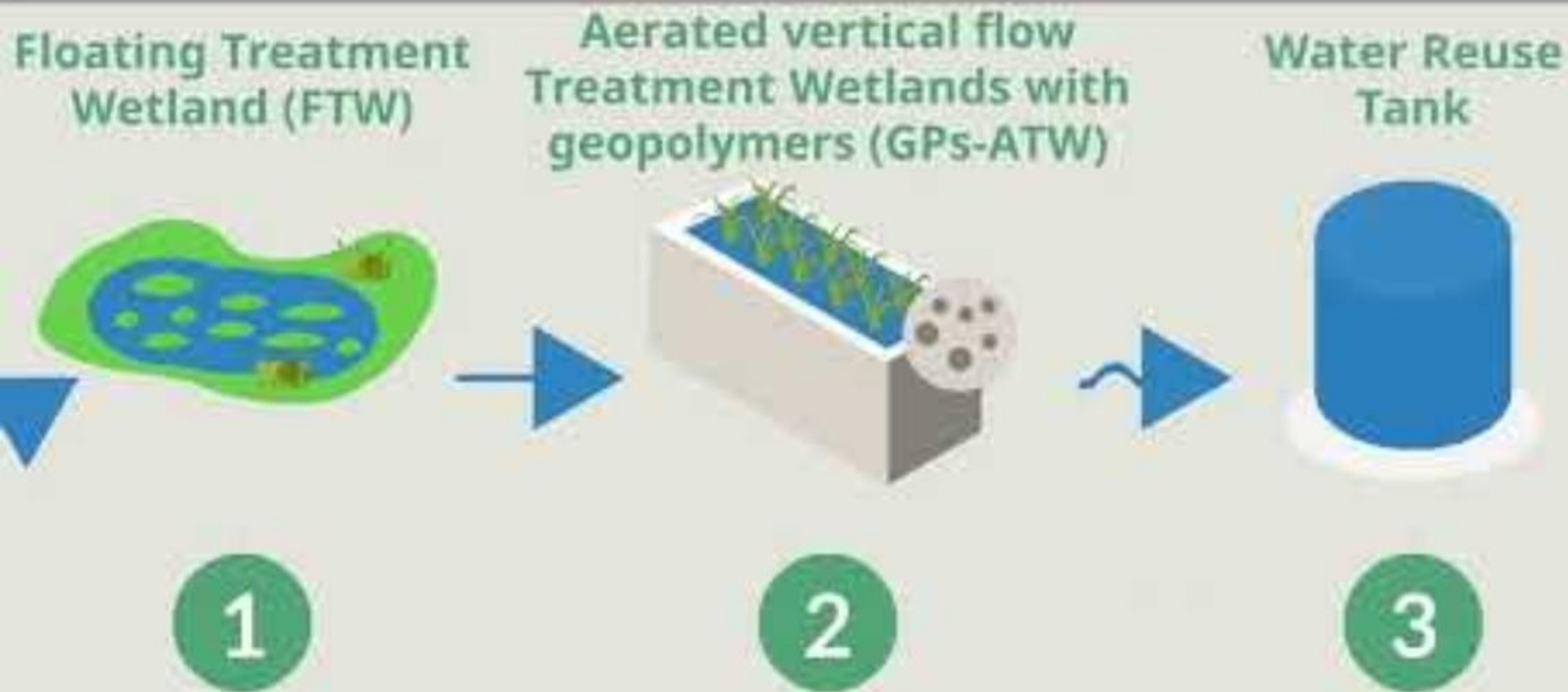
**UPC** UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

**AARHUS UNIVERSITET**

**isle**

**LIMNOS**

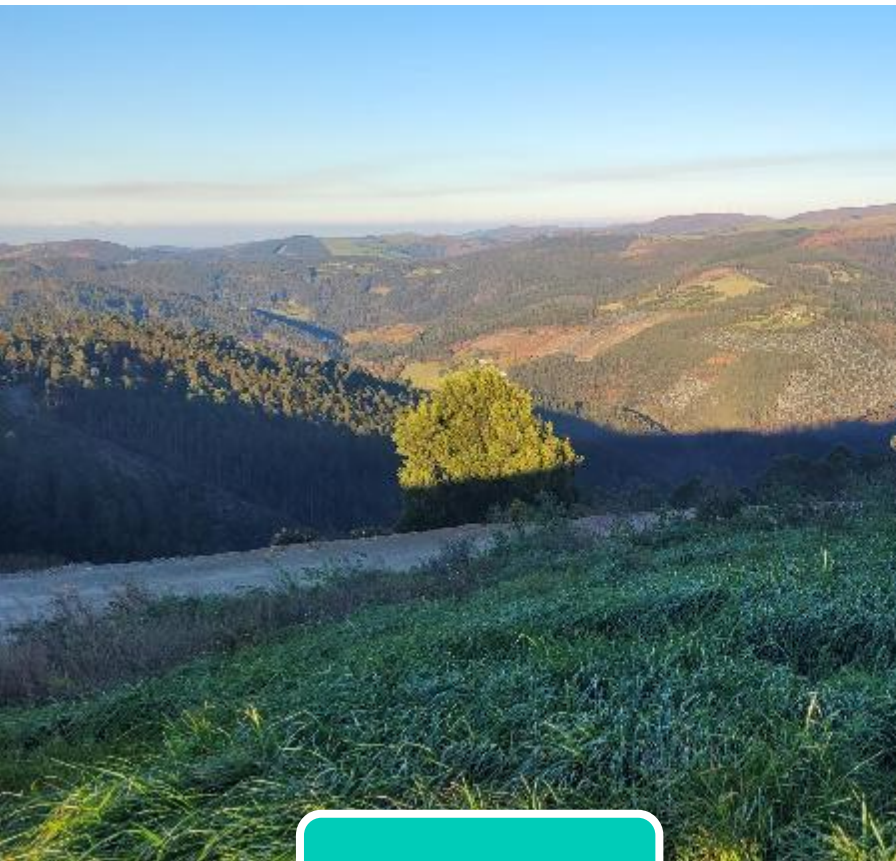




Treated water that has passed through these two types of



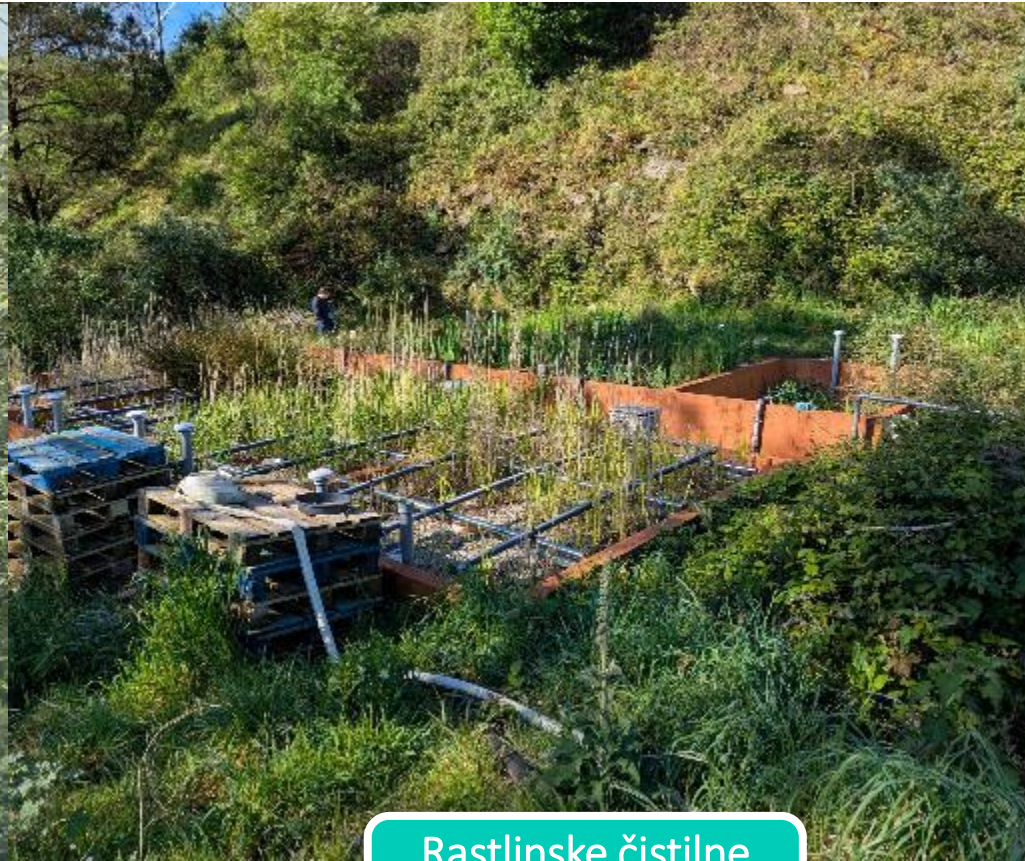
# Preprojektom



Biotechnosoils



Plavajoči otoki



Rastlinske čistilne  
naprave

# Plavajoči otoki za čiščenje izcedne vode

- **TEZA:** Plavajoči otoki (PO) bodo povečali biološko aktivnost in zmanjšali obremenitve z onesnaževali.



# Uporabljen material

Reciklirani materiali z odlagališča:

- plavajoče strukture (stiropor)
- sidranje (vrvi, mreže, ribje pasti)

Ponovna uporaba

Trajnost



Mešanico različnih materialov je bistveno težje ustrezno reciklirati kot platforme, izdelane iz enega samega materiala.

# Rastline

- Vlagoljubne rastline (Phragmites australis, Iris pseudacorus, Carex, Typha latifolia, Phalaris arundinacea, Juncus effusus)
- Lokalne vrste (npr. Agrostis stolonifera, Crocosmia)

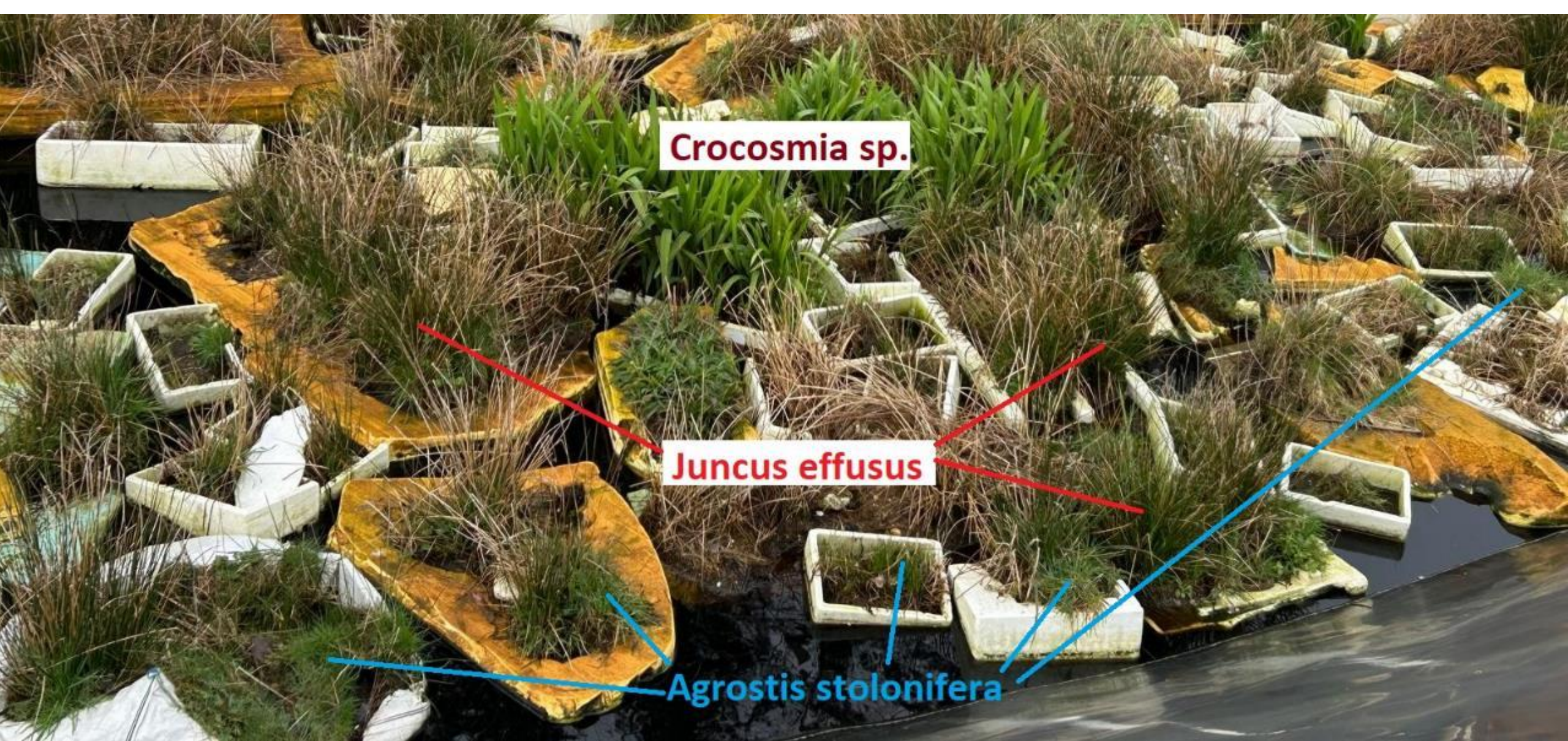


# Rastline

Začetek julij 2023



Rastline: faza stresa



**Crocosmia sp.**

**Juncus effusus**

**Agrostis stolonifera**

# Trenutno stanje

uporabi: več kot 2 leti

Pokritost: 50%

= 600 m<sup>2</sup>

# Aerirana vertikalna RČN z geopolimerom

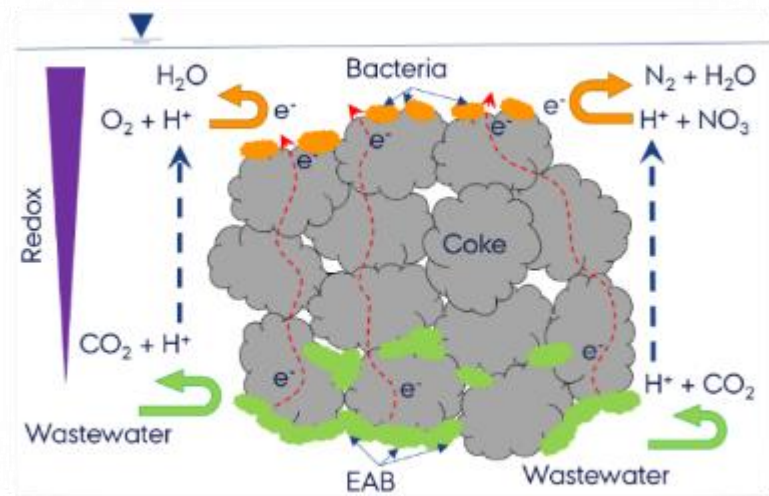
- Proizvodnja geopolimera v laboratoriju
- Različni sistemi vgradnje metakaolina (znotraj in zunaj sistema)



# Elektrokonduktivna RČN

Najnovejša tehnologija RČN

Težko dostopen elektrokonduktiven material

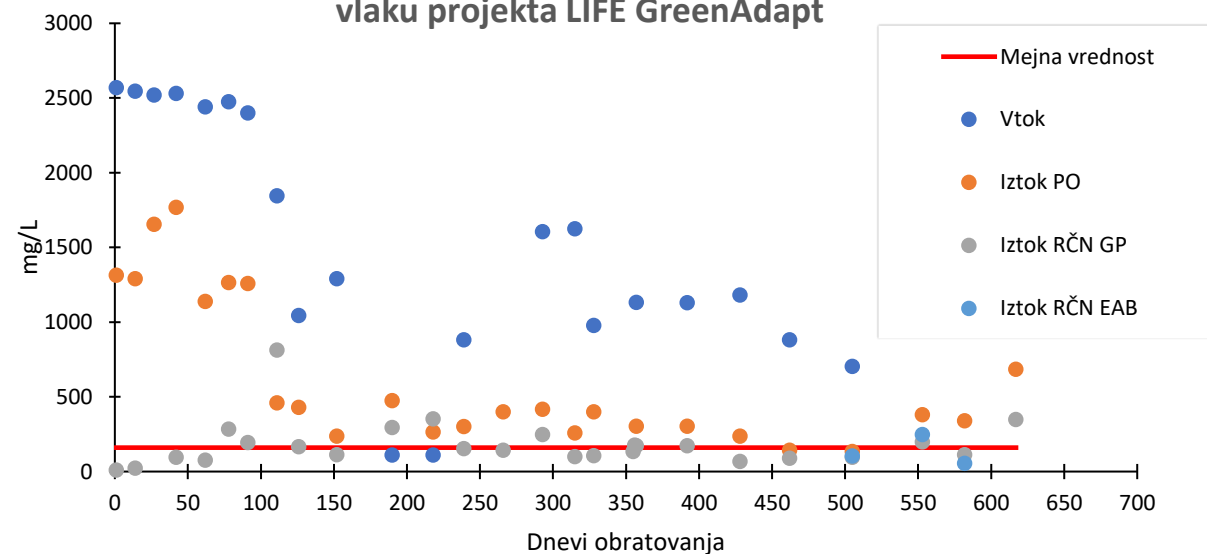


# Rezultati učinkovitosti

**VTOK** - KPK: 1592 mg/L  $\pm$  642 mg/L

**IZTOK PO** - KPK: 74%  $\pm$  9%

Koncentracije KPK (kemijske potrebe po kisiku) v čistilnem  
vlaku projekta LIFE GreenAdapt



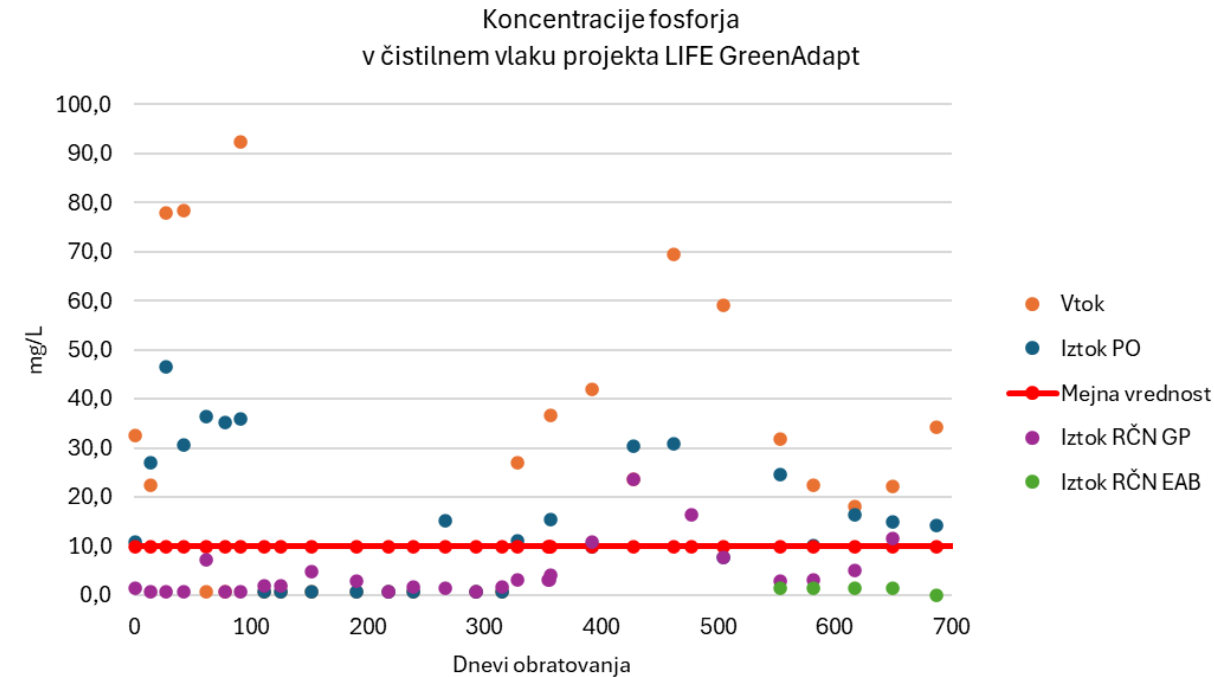
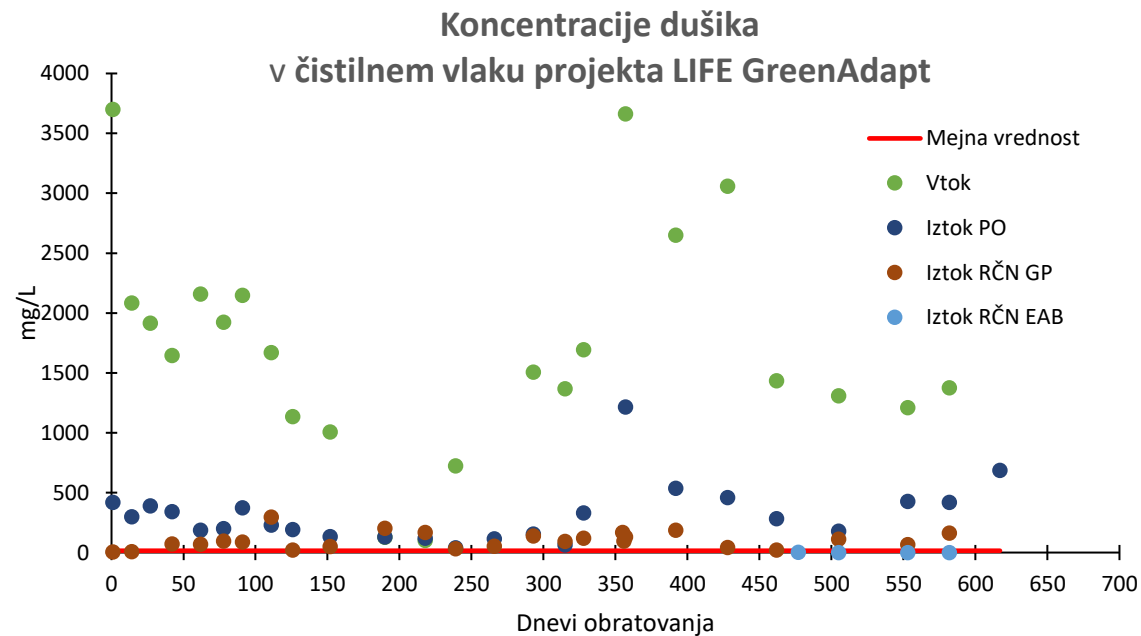
# Rezultati učinkovitosti

**VTOK - TN:** 1503 mg N/L  $\pm$  948 mg N/L

**IZTOK PO - TN:** 80%  $\pm$  10%

**VTOK - PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L):** 27 mg/L  $\pm$  27 mg/L

**IZTOK PO - PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:** 42%  $\pm$  30%



# Okoljski učinki mokrišča (LCA, LLCA, sLCA)

**Cilj:** merjenje okoljskih učinkov modro-zelene infrastrukture, s poudarkom na čistilnih mokriščih.

**Metodologija:** LCA po ISO 14040/44, metoda ReCiPe, programska oprema SimaPro.

## 2 scenarija:

- ☐ Scenarij 1: pred projektom LIFE Green Adapt: brez mokrišč / konvencionalno upravljanje odpadnih voda.
- ☐ Scenarij 2: Projekt LIFE Green Adapt: Mokrišča kot dopolnilni sistem (NBS).



# Glavne prednosti sistema

- ✓ **Stroškovno učinkovita tehnologija**
- ✓ **Enostaven sistem (za namestitev)**
- ✓ **Prilagodljiv in robusten sistem**
- ✓ **Minimalno vzdrževanje**



# Področja uporabe PO

- Zadrževalniki padavinskih voda,
- Sekundarnih odpadnih vodah,
- Odpadnih vodah rudarskih in rafinerijskih obratov,
- Odpadnih vodah mesnopredelovalne industrije, perutnine in živinoreje
- Jezerih, rekah, vodnih zadrževalnikih
- Kmetijstvu in akvakulturnem okolju



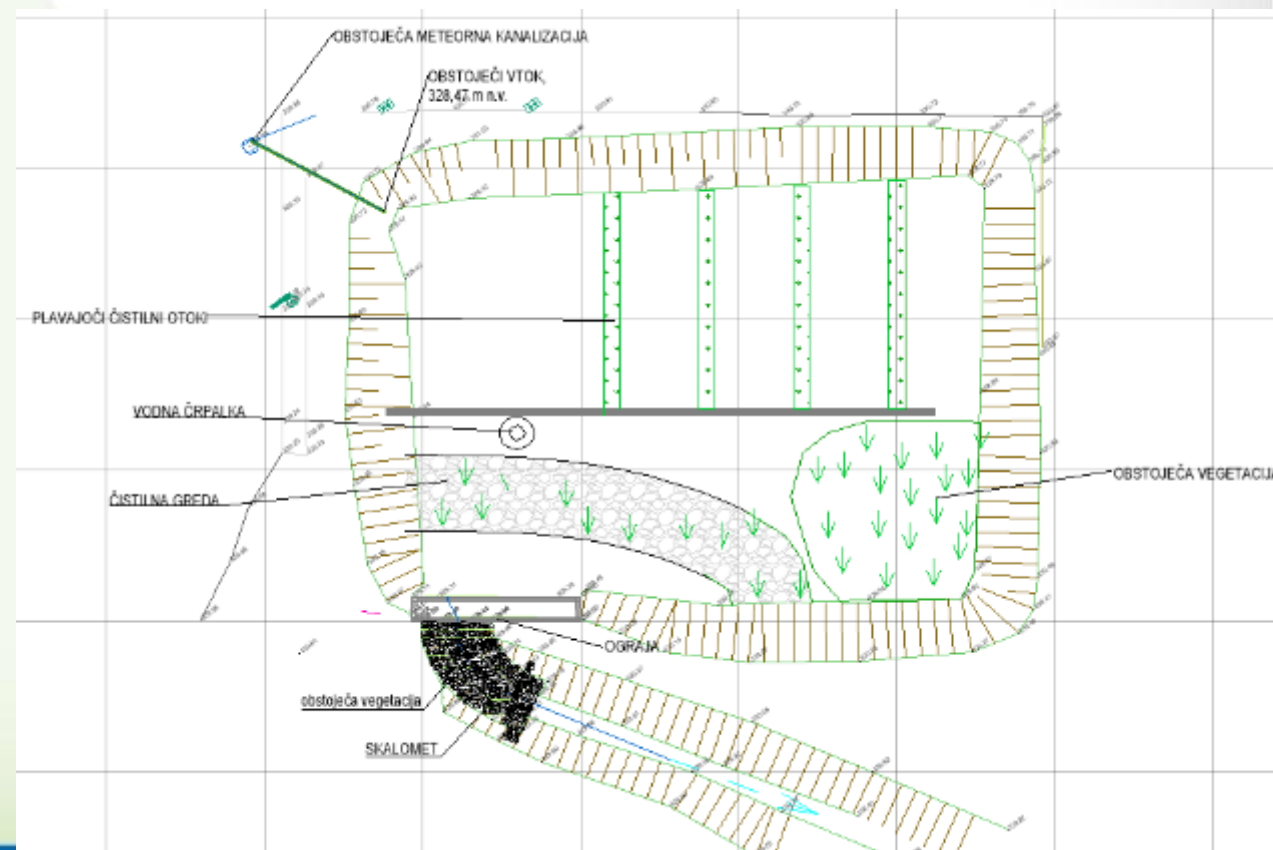
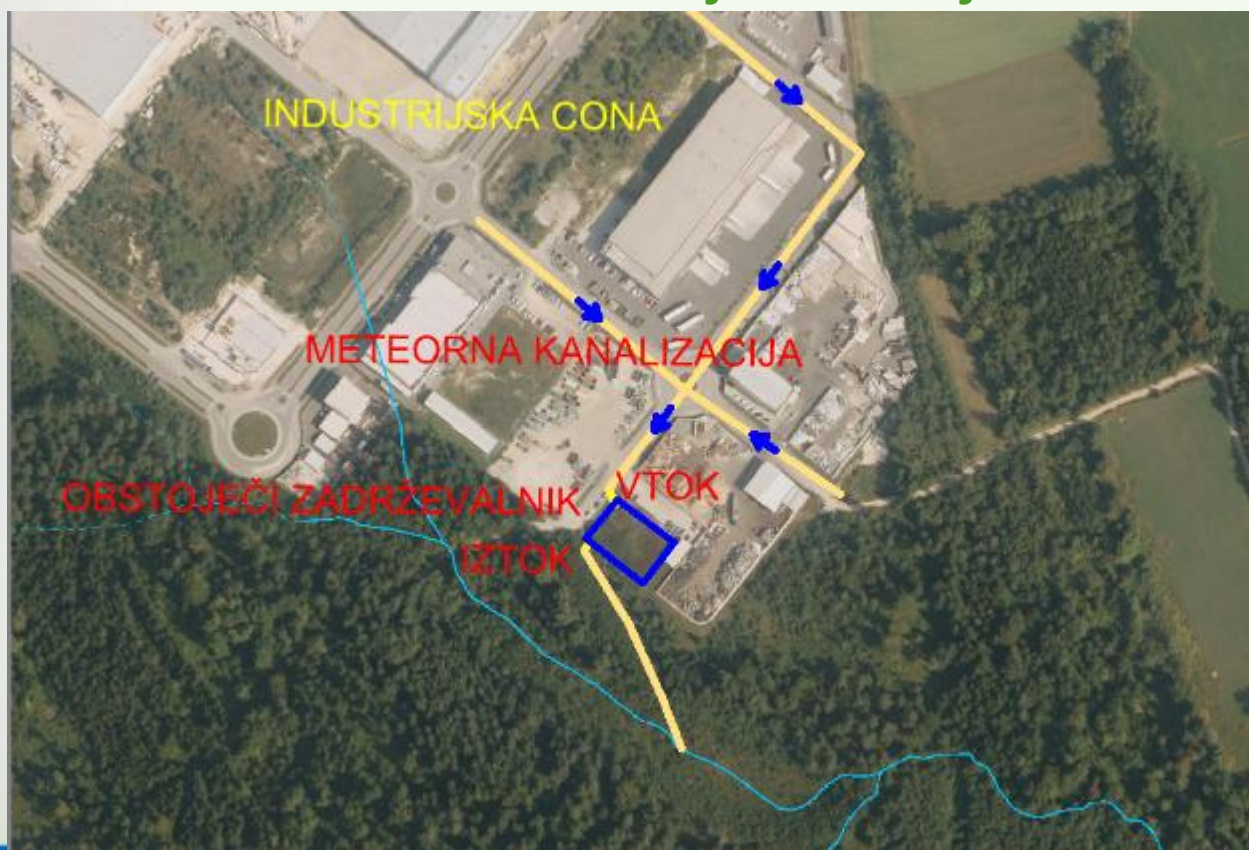
# RAZLIČNA NAMENSKA ČISTILNA MOKRIŠČA



# Sonaravna ureditev zadrževalnika padavinskih voda

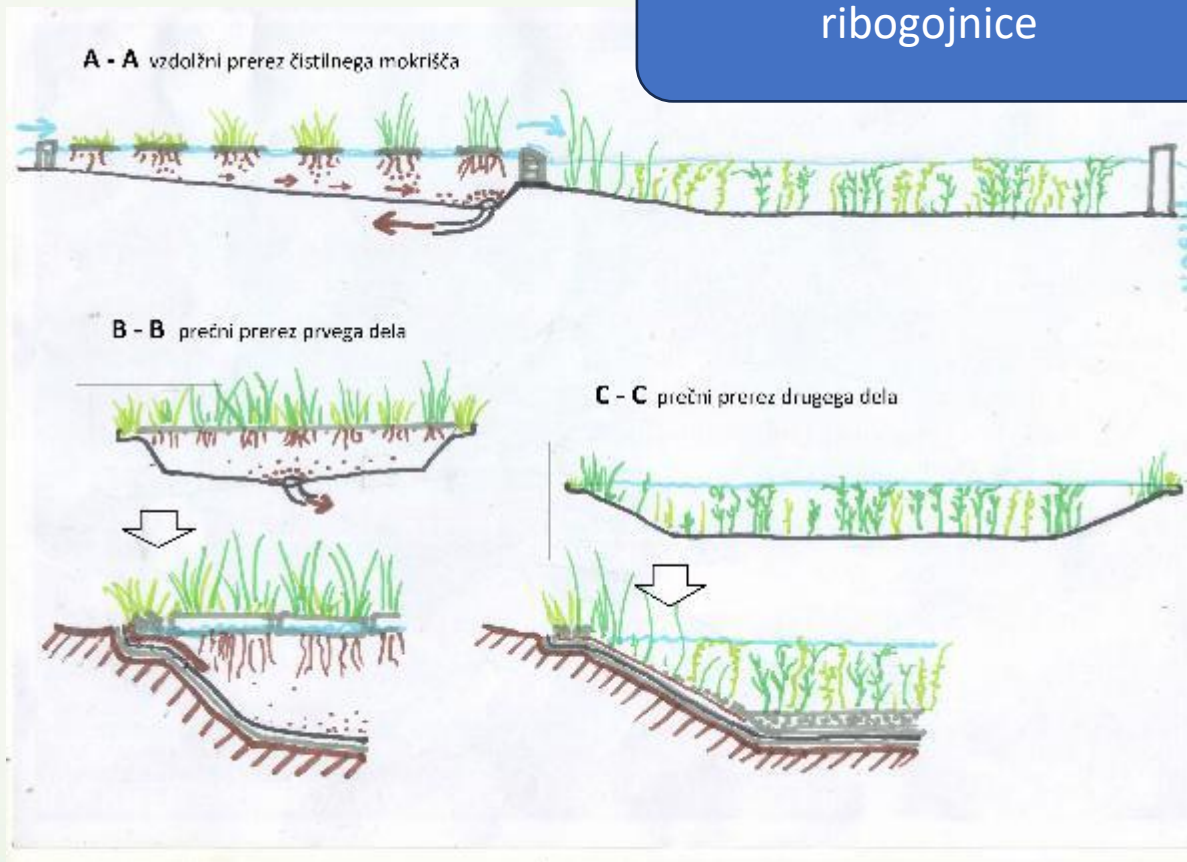
- Voda iz zadrževalnika se steka v Natura 2000
- Potrebna sanacija za večjo učinkovitost sistema

Cilj: zaščita Natura 2000

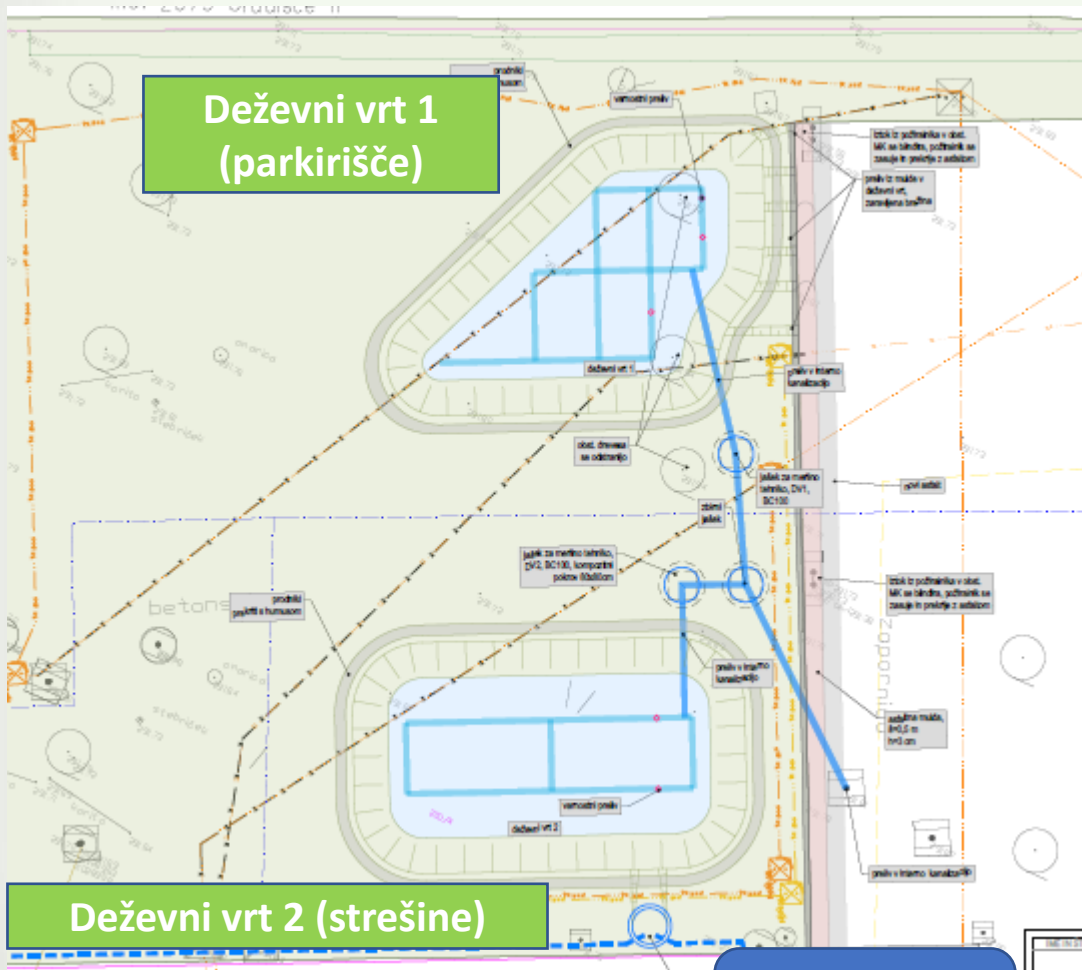


# ČM z namenom varovanja vodnih virov

Čiščenje odpadne vode iz  
ribogojnice



# Deževni vrt



## Razbremenjevanje kanalizacijskega sistema

- Pilotna predstavitev sistemov
- Prenos znanja



## Čiščenje



## Biodiverzitatea

## Zadrževanje

# Omilitveni ukrepi pri novogradnjah

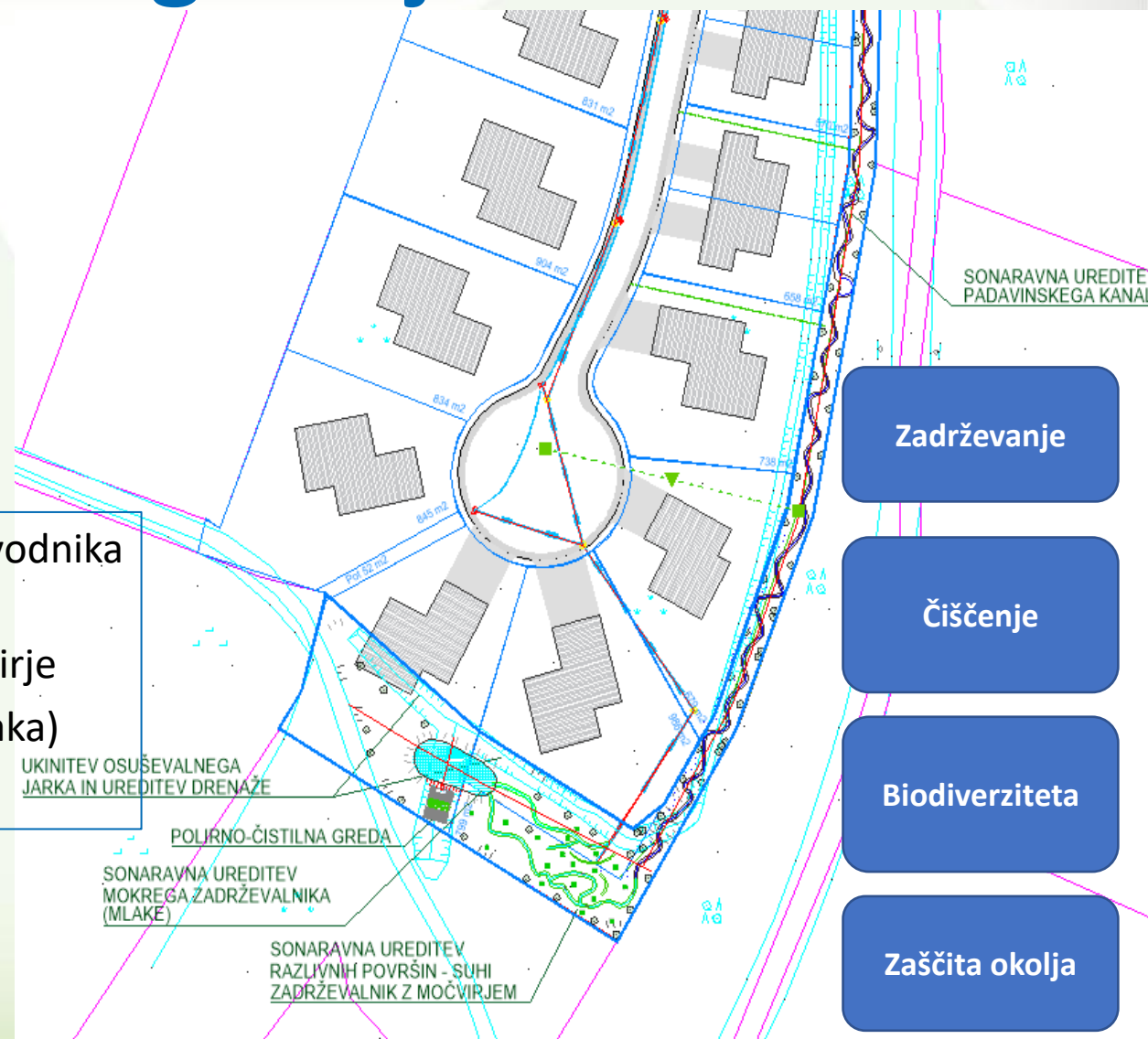
Večnamenski sistem odvodnje  
meteorne vode iz stanovanjskega  
območja



Zaščita naravnega rezervata glinokopnih  
bajerjev (Natura 2000).



- Sonaravna ureditev odvodnika padavinskih voda
- Mokrotni travnik, močvirje
- Mokri zadrževalnik (mlaka)
- Polirno-čistilna greda



Zadrževanje

Čiščenje

Biodiverziteta

Zaščita okolja

# Izcedne vode izpustov živine

- Sonaravno urejen izpust za živino
- Podlaga iz lesnih sekancev
- Odvajanje vode
- Shranjevanje vode v laguni brez iztoka
  - Uporaba vode in hranil: zalivanje travnikov
  - Ustvarimo vodni habitat (mlaka, mokrišče)



- Bolj kvaliteten živalski gnoj
- Manj obremenjena izcedna voda
- Brez ogrožanja kakovosti vode

# Grajeni ekosistemi

- Sonaravni sistemi za zmanjševanje razpršenih obremenitev iz kmetijstva
- Visoko odstranjevanje organskih snovi



# Zaključki

- Trend podnebnih sprememb nam tudi že v Sloveniji streže z različnimi oblikami vodne krize
- Uvedba sonaravnih rešitev podpira cilje EU, kar bo v prihodnje postalo standard pri prostorskih posegih
- NBS so enostavne rešitve, so stroškovno učinkovit in dolgoročno vzdržen pristop
- NBS so večnamenske, ne poskrbijo zgolj za izboljšanje kakovosti vode, temveč opravljajo več funkcij na istem prostoru



**Hvala za vašo pozornost!**

**[ursa@limnos.si](mailto:ursa@limnos.si)**

