



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

**Nikolaja Podgoršek Selič, univ.dipl.inž.kem.inž., spec., Članica Uprave - tehnična
direktorica, Cinkarna Celje**
**mag. Ludvik Mekuč, univ.dipl.inž.kem.inž., Vodja Sistema ravnanja z okoljem, Kolektor
Sisteh**



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE



$Q < Q_{es}$





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Kako obvladati tveganje – preverjene možne rešitve

- Viri površinske in podzemne vode v neposredni okolici?
- Rezervoarji za čas sušnega obdobja?
- Napajanje iz obstoječih akumulacij Šmartinsko in Slivniško jezero?
- Ponovna raba vode?
- Študija za določitev ekološko sprejemljivega pretoka, ki bi nam omogočila ugodnejši Q_{es} ?
- Hudinja kandidat za močno preoblikovano vodno telo?

Z vsem navedenim nismo našli univerzalne rešitve obstoječega izziva.



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Rešitev s trajnostno noto

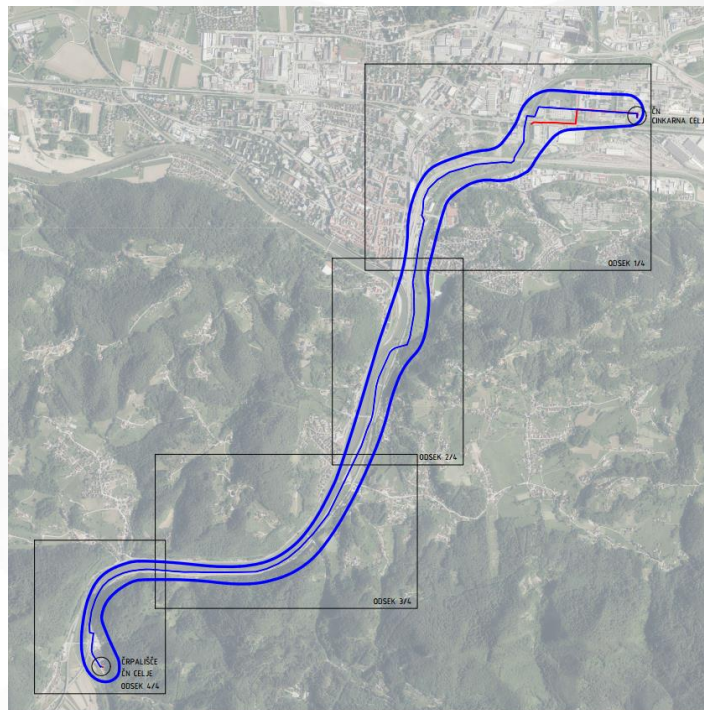




UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Rešitev ni brez izzivov.

- nepreizkušena tehnologija
- 7 km cevovoda
- potreben OPPN
- delno ni možen izogib
priobalnemu pasu
- bližina železnice





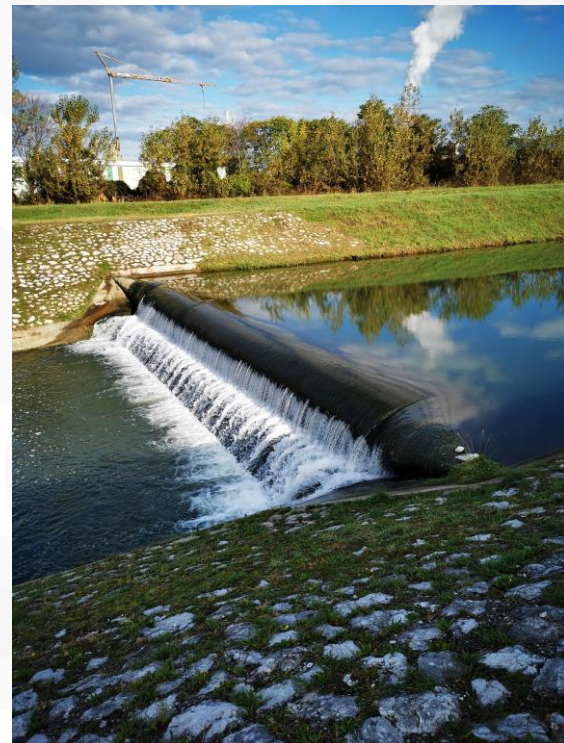
UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Prednosti

1. Izboljšanje hidromorfologije
 - jez bo vsaj 96% časa spuščen
 - v Hudinji bo ostajalo 350 m³/h vode +/-10%
2. Zmanjšanje količine emisij
 - zmanjšanje količine suspendiranih snovi
 - zmanjšanje emisij fosfata
 - zmanjšanje emisij sulfatov
 - zmanjšanje emisij natrija

Slabosti

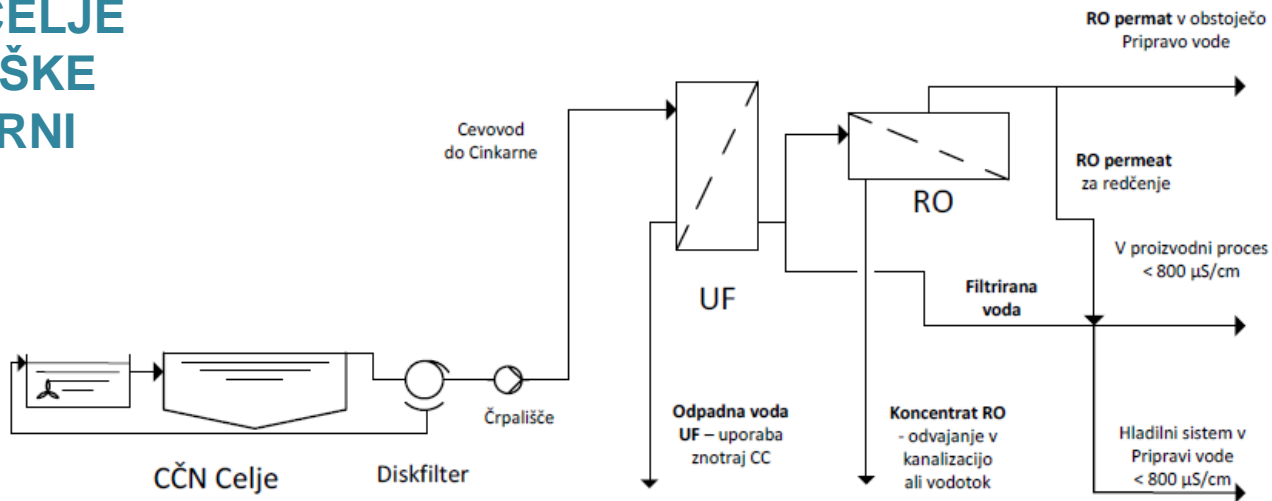
1. Izpust koncentrata iz reverzne osmoze





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Blok shema sistema
uporabe **OČIŠČENE
VODE IZ CČN CELJE
KOT TEHNOLOŠKE
VODE V CINKARNI
CELJE**

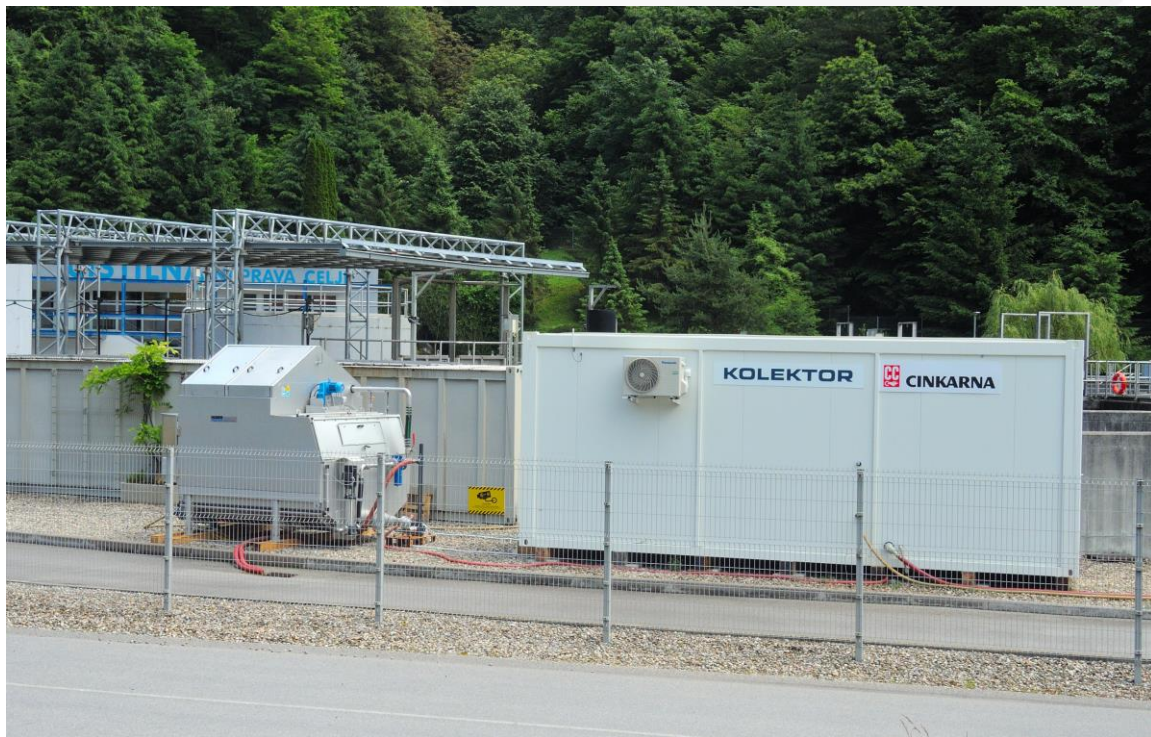




UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Pilotna naprava UF+RO

- Disk predfilter
- UF naprava z enim industrijskim UF modulom
- RO naprava s tremi 4 colskimi RO moduli





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Pilotna naprava UF

- UF naprava z enim industrijskim UF modulom
 - PES kapilarne membrane
 - 64 m²
 - 0,85 mm notranji premer kapilar

Opis	EM	Vrednost	Najmanj	Največ
Število UF modulov	-	1		
Tip modulov	Aquaflex 64 ultrafiltracijski modul			
Površina	m ²	64		
Delovna površina naprave	m ²	64		
Delovni specifični pretok (fluks)	lmh (l/m ² .h)	55	30	75
Pretok naprave	l/s	0,98	0,53	1,33
Pretok naprave	m ³ /h	3,52	1,92	4,8

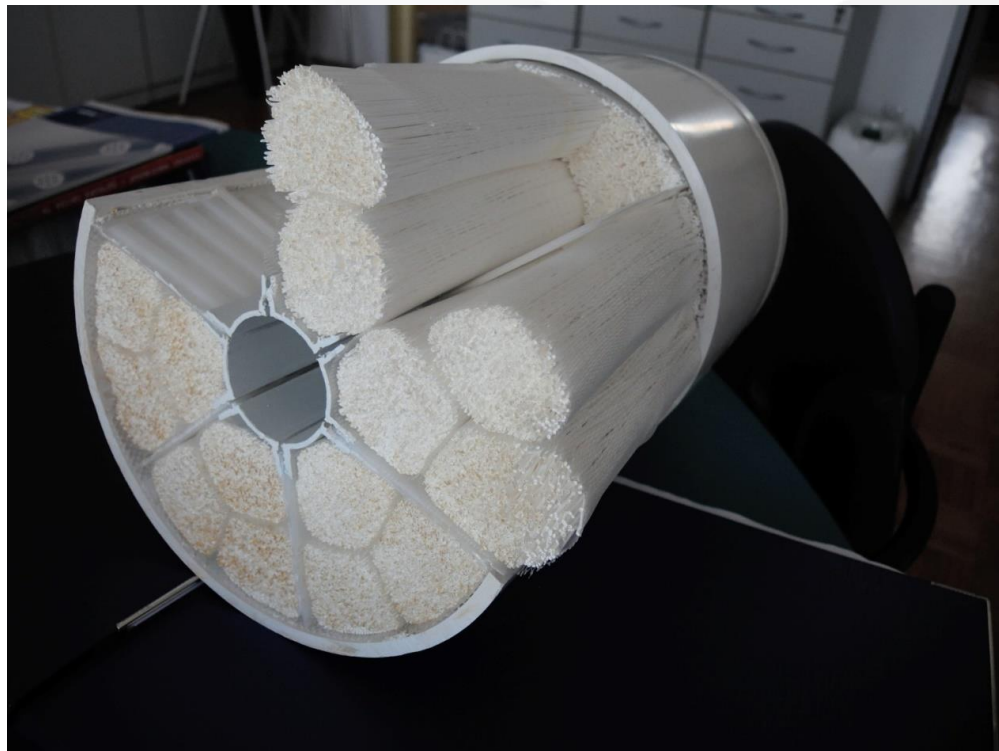




UF Membranski modul

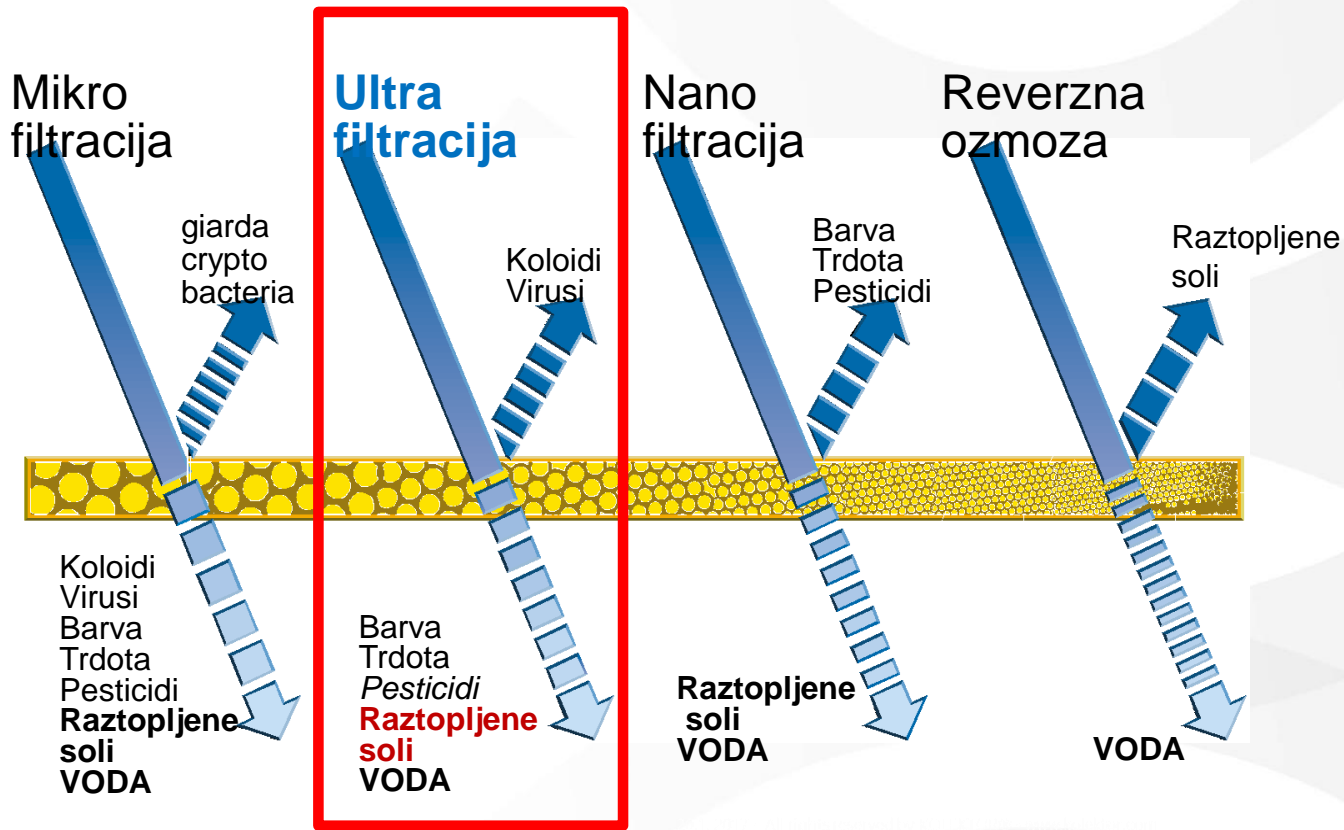
Prerez membranskega modula:

- ca. 16 tisoč kapilar s porozno steno
- pore **20 mikronov**, največ: 30 mikronov
- notranji premer kapilar: 0,85 mm
- filtracijska površina: 64 m²
- filtracija od znotraj na ven





Membranske filtracije

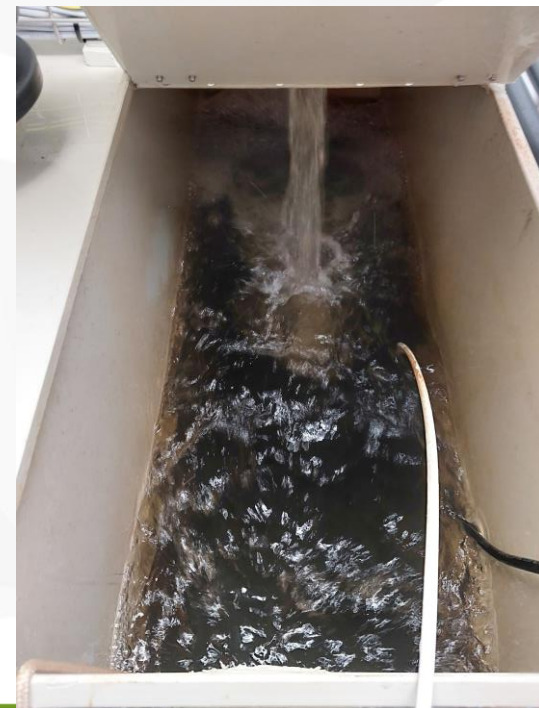




UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Predobdelava pred UF

- Koagulacija z Fe^{3+} v obliki raztopine FeCl_3
- Doziranje proporcionalno organskim snovem v vstopni vodi – meritev SAK254
- Intenzivno vmešavanje koagulanta
- Reakcijska posoda: 7 min
- Zaščitni filter 300 μm - tlačni

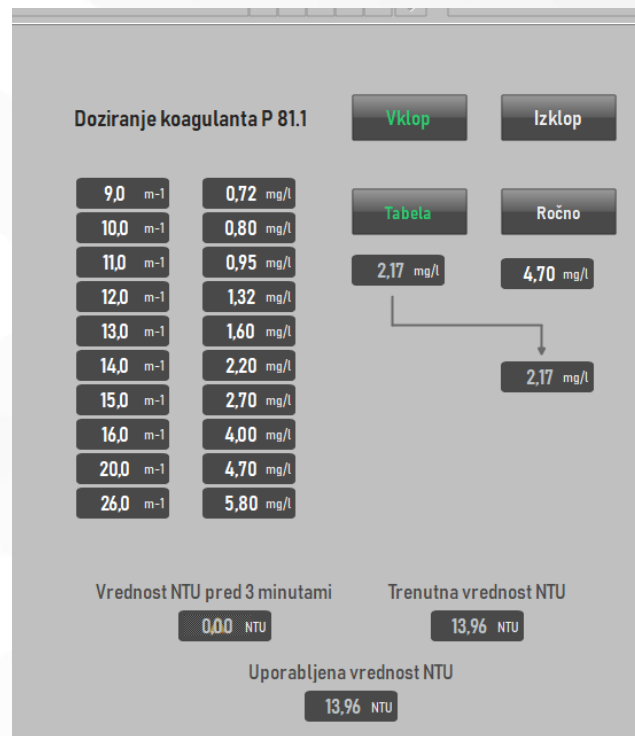


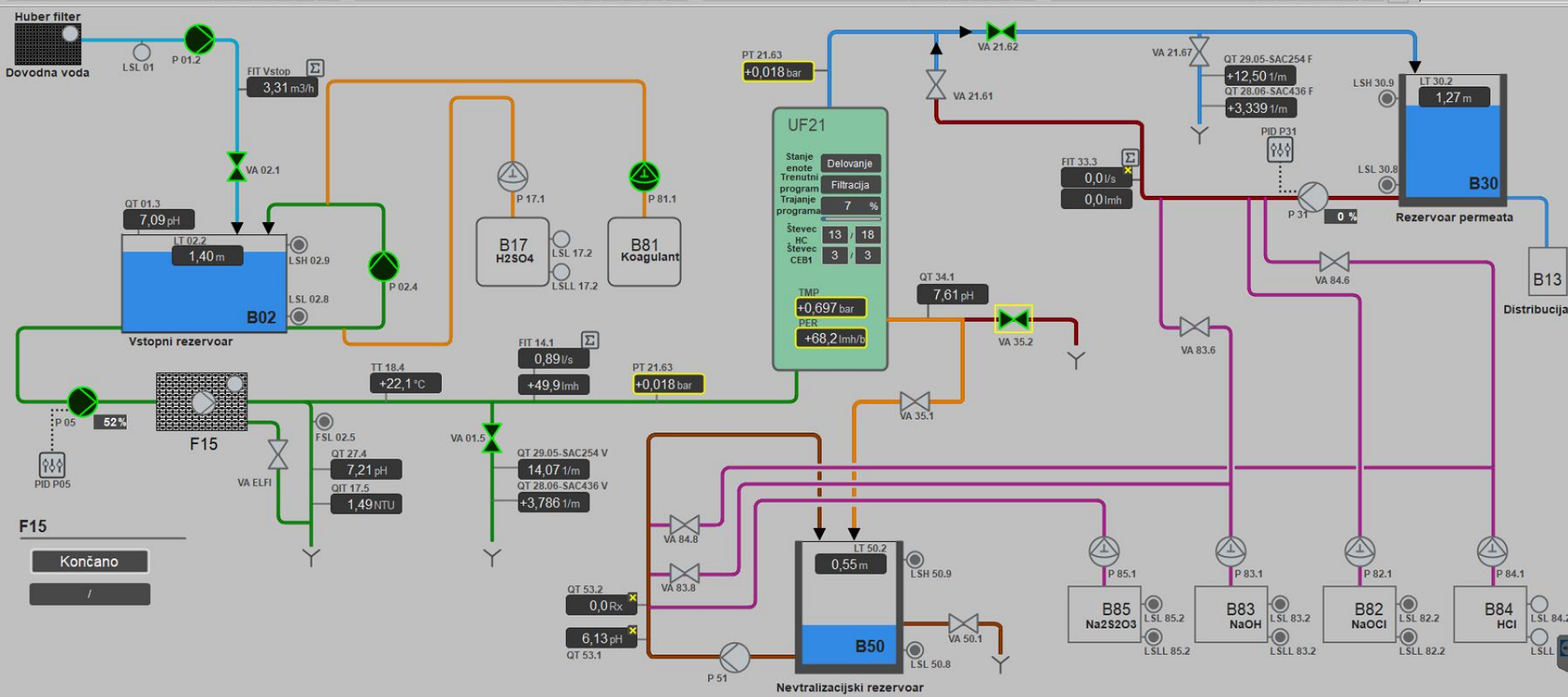


UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Dozirna tabela za koagulant

- trenutno na osnovi SAK254 meritve
- Predoziranje pomeni
 - preveliko mašenje UF
 - preveliko mašenje RO





F15
Končano
/

UF21

Stanje enote	Delovanje
Temni program	Filtracija
Trajanje programa	7 %
Števec HC	13 / 18
Števec CEB1	3 / 3
TMP	+0.697 bar
PER	+68.2 l/m ³ /h



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ ČČN CEL JE KOT TEHNOLOŠKE

UF21

Parametri UF21

Stanje enote

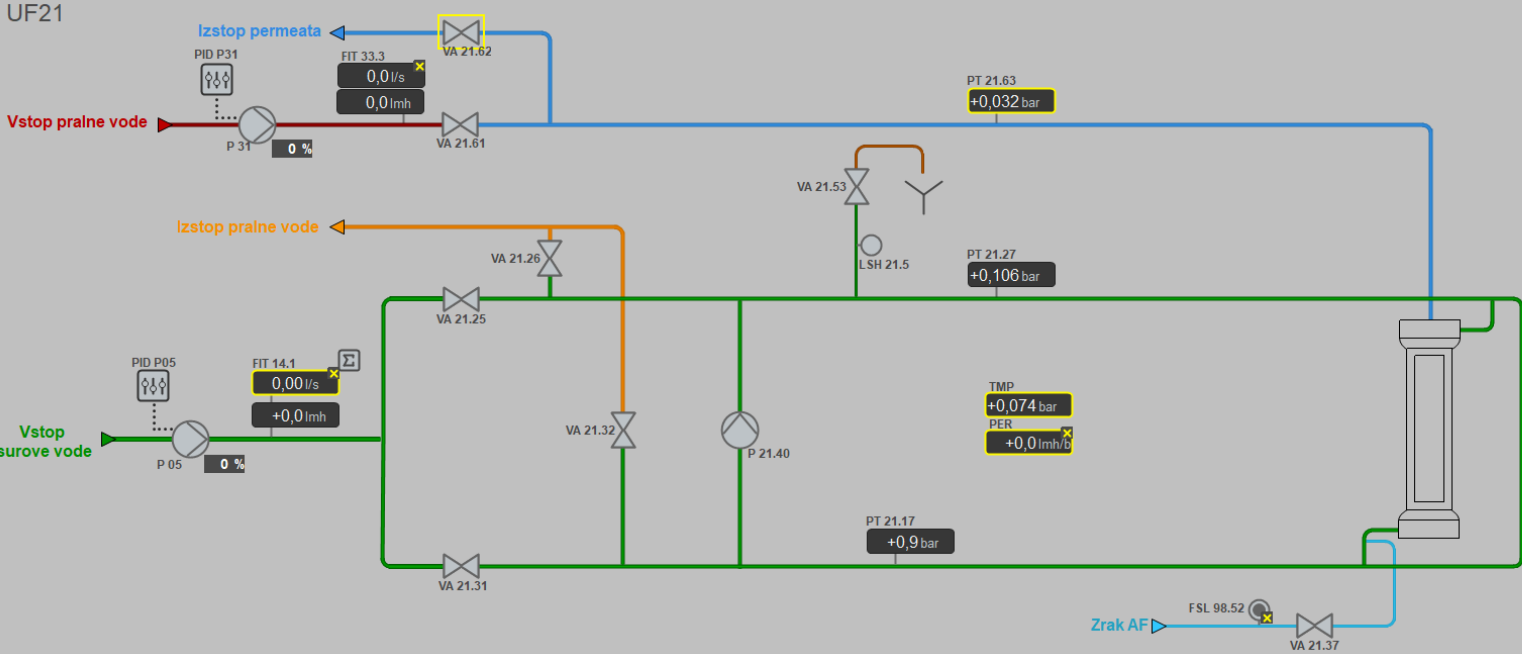
Stanje enote	Delovanje
Trenutni program	CEB 2
Čas koraka	13042 s
Celoten čas	14400 s
Procent koraka	5 %
Kemikalije v sistemu	
AIT neuspešen	
Sistem napolnjen	

Ukazi enote

Vklop UF enote	<input type="button" value="Izklop"/>	<input type="button" value="Zadrži"/>
Režim UF enote	<input type="button" value="Automatski"/>	<input type="button" value="Ročni"/>

Števci

Števec HC	13 / 18
Števec CEB1	3 / 3



Filtracija

Končano

Napaka

Stanje zagona

Trenutni korak programa

<input type="button" value="Izpolnjeni pogoji"/>
<input type="button" value="Podaljšana filtracija"/>

HC

Mirovanje

<input type="button" value="Izpolnjeni pogoji"/>
<input type="button" value="/"/>

CEB1

Mirovanje

<input type="button" value="Nivo permeata prenizek"/>
<input type="button" value="/"/>

CEB2

Delovanje

<input type="button" value="Izpolnjeni pogoji"/>
<input type="button" value="Namakanje v kem. A"/>

BW

Mirovanje

<input type="button" value="Izpolnjeni pogoji"/>
<input type="button" value="/"/>

Polnjenje

Mirovanje

<input type="button" value="Izpolnjeni pogoji"/>
<input type="button" value="/"/>

Praznjenje

Mirovanje

<input type="button" value="Druge faze v teku"/>
<input type="button" value="/"/>



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Procesne meritve UF

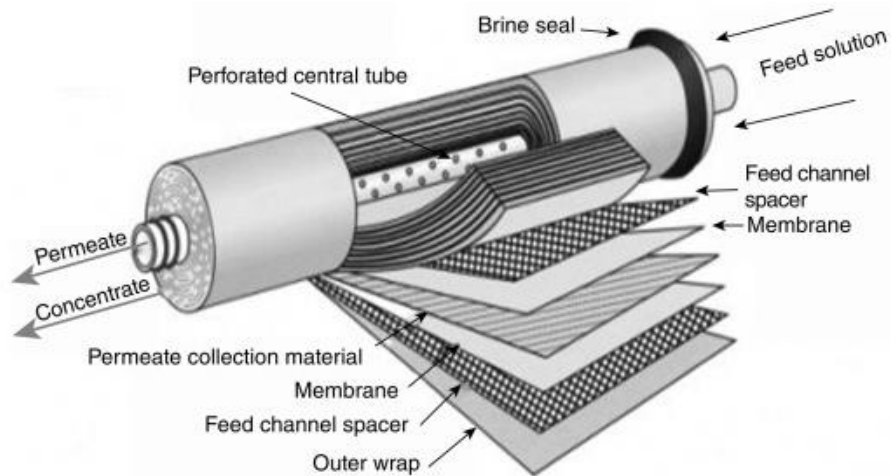
- Vstopni pH
- Temperatura
- Vstopna motnost
- Spektrofotometrične meritve na vstopu in izstopu
 - SAK254 – organske snovi
 - SAK435 - barva





Reverzna osmoza (RO)

- Odstrani do 99 % raztopljenih snovi
- Delovni tlak: 8 – 60 bar
- „Cross flow“ filtracija
- Prefiltriramo del vode
- Prevodnost permeata: 5 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Koncentrat odnaša raztopljene snovi
- Izkoristek: 40 – 90 %
- Pore: 0,001 μm - 0,0001 μm
- Material: celuloza acetat
- Prerez modula – desno
- Industrijski moduli: 4 ali 8 col





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

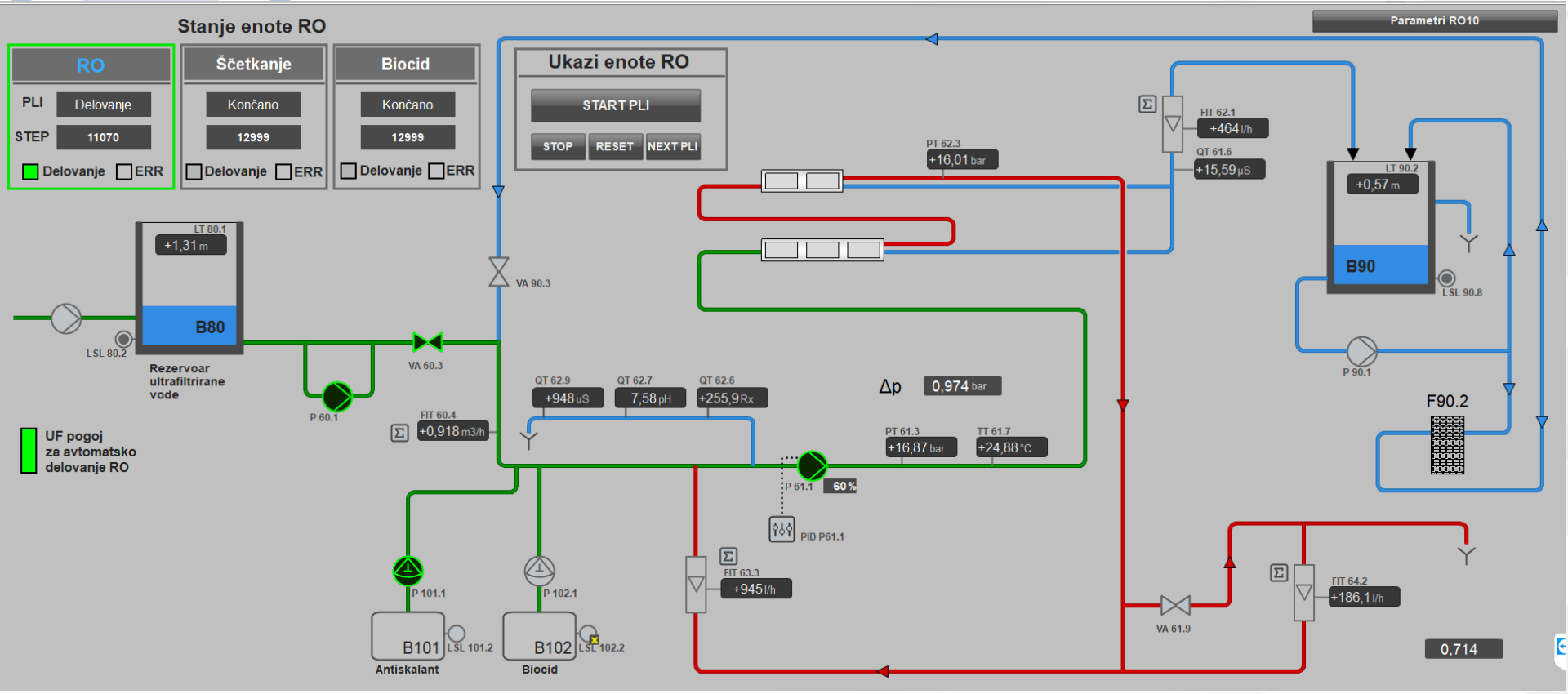
Pilotna naprava RO

- 1 tlačna cev
- 3 moduli 4 colski
- Recikel koncentrata
- Doziranje antiskalanta
- Ščetkanje s permeatom
- Dezinfekcija z biocidom

Opis	EM	Vrednost (največ)	Vrednost (najmanj)
Število RO modulov	kos	3	3
Število cevi	kos	1	1
Tip modulov	CSM RE4040-BLR		
Površina enega modula	m ²	7,9	7,9
Skupna površina modulov	m ²	23,7	23,7
Delovni specifični pretok (fluks)	lmh (l/m ² h)	26	13
Pretok vstopne vode	m ³ /h	0,8	0,4
Pretok permeata	m ³ /h	0,6	0,3
Pretok koncentrata	m ³ /h	0,2	0,1
Preok recikla	m ³ /h	1	0,81
Izkoristek	%	75	75
TDS permeata	mng/l	11,21	24,34
Vstopni tlak	bar	11,43	6,89



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Laboratorijske analize

- Tedensko vzorčenje, če ni drugih testiranj
 - Vstopna voda
 - Pred UF – po doziranju koagulanta
 - Za UF
- Parametri
 - KPK
 - NO₃
 - Fosfor
 - Fe
- Rezultati analiz kažejo, da je kakovost prefiltrirane vode primerna za uporabo v proizvodnji

Datum	Date		23.08.2023	30.08.2023	31.08.2023	7.09.2023	13.09.2023
Ura	time		10:00	10:00	11:05	12:10	08:40
KPK Izstop	COD_SAC outlet	mg/L		23,51	16,7	16,66	25,13
NO ₃ ⁻ Izstop / abs254	NO3- SAC outlet	mg/L		1,57	1,27	1,35	1,81
Št. HC do CEB1	HC to CEB1	#		5	16	16	16
Konc. Cl2 CEB1	Cl2 conc at CEB	mg/L	280		280	280	400
Laboratorijske analize Lab analyses							
UF VTOK pred filtrom UF Inlet before filter							
pH	pH						
Električna prevodnost	Conductivity	µS/cm					
KPK	COD	mg/L					
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	mg/L					
Celotni fosfor	Total phosphorous	mg/L					
Železo	Iron	mg/L					
UF VTOK UF inlet							
pH	pH		7,64	7,29	7,4	7,52	
Električna prevodnost	Conductivity	µS/cm	1100	618	500	991	
KPK	COD	mg/L	35	16	13	12	
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	mg/L	38	16	6,4	27	
Celotni fosfor	Total phosphorous	mg/L	1,77	0,54	0,62	0,92	
Železo	Iron	mg/L	1,3	0,045	3,2	0,029	
UF IZTOK UF Outlet							
pH	pH		7,54	7,28	7,19	7,45	
Električna prevodnost	Conductivity	µS/cm	1100	616	496	980	
KPK	COD	mg/L	32	17	10	13	
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	mg/L	38	15	6,1	26	
Celotni fosfor	Total phosphorous	mg/L	1,41	0,39	<0,2	0,87	
Železo	Iron	mg/L	0,052	0,041	0,024	0,025	
Rezervoar pred UF Tank for UF							
pH	pH				7,11		
Električna prevodnost	Conductivity	µS/cm			497		
KPK	COD	mg/L			12		
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	mg/L			6		
Celotni fosfor	Total phosphorous	mg/L			0,39		
Železo	Iron	mg/L			2,2		



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Izzivi UF

V juliju smo pisali:

UF naprava po štirih mesecih stabilno obratuje s 50 l/m²/h. Poleg stabilnega obratovanja so glavni izzivi ultrafiltracije:

- preprečevanje »biofoulinga«,
- ustrezna koagulacija za odstranjevanje organskih snovi,
- odstranjevanje fosforja.

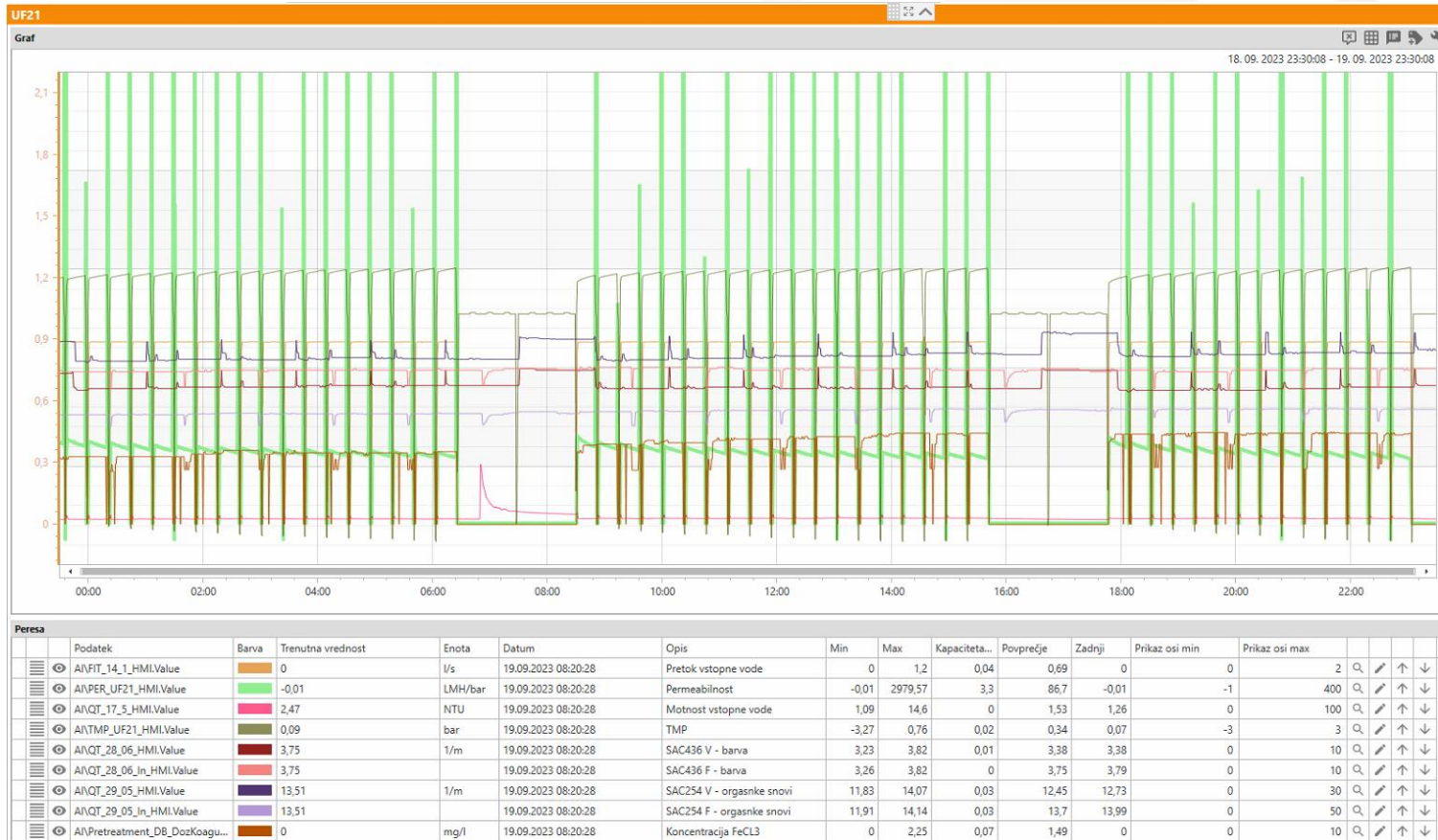
V avgustu in septembru je permeabilnost drastično padla

- Velike organske obremenitve
- Nekaj zaustavitev, ki so trajale več ur (dni) – hud „biofouling“

Dodaten izziv je ugotovitev vzroka za mašenje in zagotovitev pogojev za stabilno obratovanje



Izzivi UF:





UF naprave Soriko na seznamu UF naprav KOLEKTOR Sisteh

Št.	Naprava	Vrsta vode	Leto izgradnje	Motnost (največja) (NTU)	Nazivna kapaciteta (l/s)	Povprečna delovna kapaciteta	Konfiguracija (enot x modulov)	Legra modulov	Tip membran	Površina modula	Verzija softwarea
1	UF Kostak	Kraški izvir	2005	10	18	18	2x7	Vertikalna	PES MB	40	V1
2	UF Pekel	Kraški izvir	2007	10	12	10	2x8 (5)	Vertikalna	PES CP	40 (64)	V2
3	UF Zgornja Bistrica	planinski potok	2008	20 (>50)	60	46	2x36	Vodoravna	PES CP	40	V3
4	UF Hubelj	Kraški izvir	2009	30	150	150	3x56	Vodoravna	PES CP	40	V3
5	UF Žegnan	Kraški izvir	2012	3	40	30	2x14	Vertikalna	PES CP	40	V4
6	UF Cerknica	Kraški izvir	2010	10	40	34	2x12	Vertikalna	PES MB	40	V4
7	UF Probištip (MK)	Reka z jezom / potok	2012	70 (>100)	100	80	3x30 + 1x30 (2019)	Vertikalna	PES CP	55	V5
8	UF Bašelj	Kraški izvir	2014	12	130	120	4x38	Vertikalna	PES CP	64	V5
9	UF Virje	Kraški izvir / vrtina	2017	20 (60)	30 (40)	20	3x7	Vertikalna	PES CP	64	V6
10	UF Korotan	Kraški izvir	2017	20	20	20	3x7	Vertikalna	PES CP	64	V6
11	UF Malni	Kraški izvir	2017	20	150	125	3x50	Vertikalna	PES CP	64	V6
12	UF Blate	Kraški izvir / vodnjak	2018	20 (35;65)	80 (100)	60	4x18	Vertikalna	PES CP	64	V6
13	UF Slovenska vas	Kraški izvir / vodnjak	2018	20 (65;105)	80	45	4x16	Vertikalna	PES CP	64	V6
14	UF Globel	Kraški izvir	2018	20 (110;10)	25	16	3x7	Vertikalna	PES CP	64	V6
15	UF Štip (MK)	Reka z jezom / potok	2021	70 (>100)	300	240	6x50	Vertikalna	PES CP	64	V7
16	UF Krvavec	Kraški izvir	2022	70	100	80	3x27	Vertikalna	PES CP	64	V7
17	UF Močila	Reka z jezom	2022	200 (400)	12	10	1x14	Vertikalna	PES CP	64	V7
18	UF Suhi dol	Kraški izviri	2023	70 (72)	60	65	2x14	Vertikalna	PES CP	75	V7
19	UF Jepihovec	Kraški izviri	2023	20	5		1x5	Vertikalna	PES CP	75	V7
20	UF Ilirska Bistrica	Kraški izvir	2023	10	150		3x38	Vertikalna	PES CP	64	V7.1
21	UF Belišče	Reka Drava	2023		55			Vertikalna	PVDF CP	90	



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

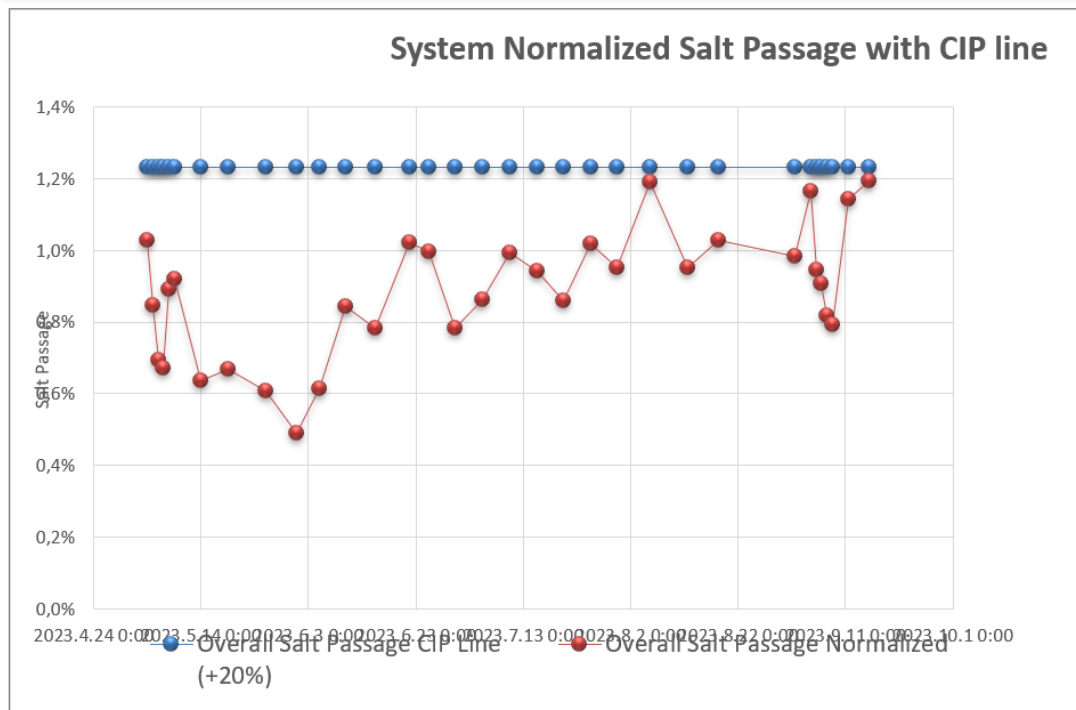
Izzivi RO:

- Vstopna prevodnost niha med 400 in 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - Nihanje pomeni izziv za vrednotenje stanja membran – potrebna je normalizacija podatkov
 - Ob spiranju po intenzivnem soljenju cest se pričakuje 1.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Prvi CIP smo morali izvesti po 5 tednih obratovanja
 - Bil je uspešen
 - Vzrok je bil predoziranje železa in obratovanje en vikend brez antiskalanta
- Od 21. junija do septembra CIP ni bil potreben



UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

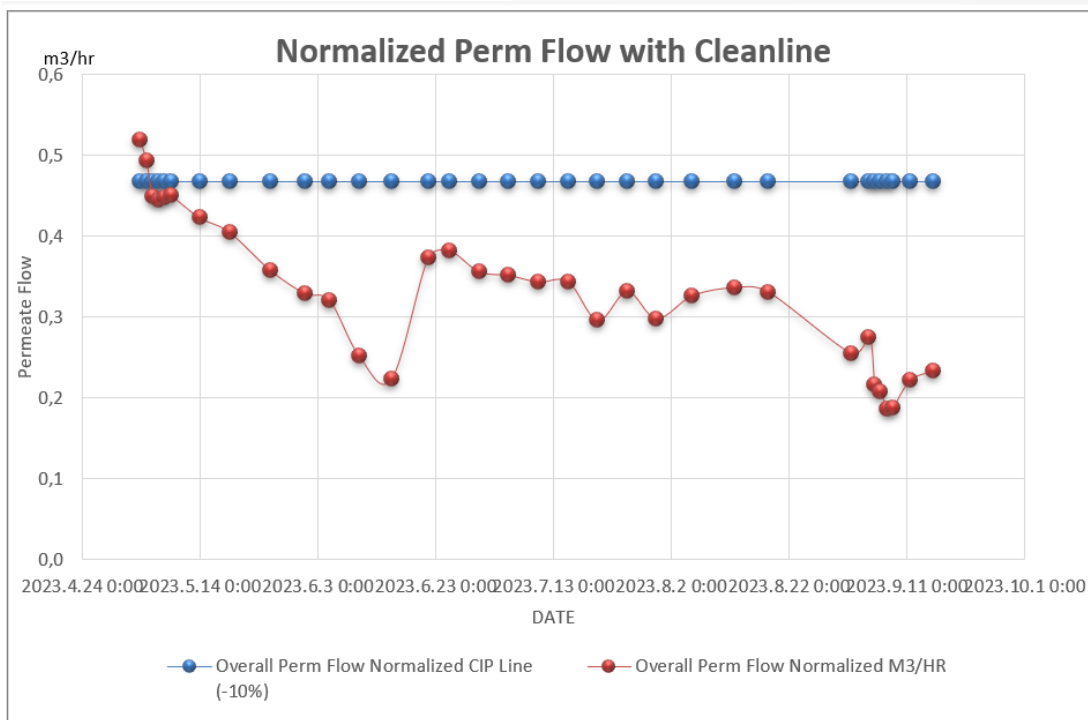
Izzivi RO:





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Izzivi RO:





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Izzivi Predobdelave – mehanska filtracija

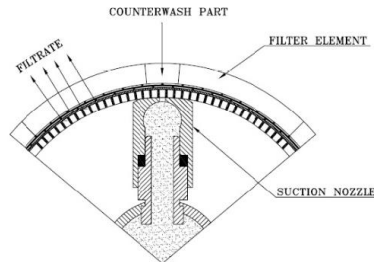
- Začeli smo s tlačnim filtrom z mrežico 125 μm
 - Na pitni vodi dela brez problema (pesek in glina)
 - Filter se je mašil, z intenzivnim pranjem smo uničili 2 mrežici
 - Zamenjali smo mrežico na 300 μm in filter preventivno enkrat tedensko prali zunaj ohišja





Zaščitni prefilter

- Zaščita UF modulov pred prevelikimi delci v vstopni vodi.
- Filtrirni element je mrežica.
- Velikost reže je $<300\ \mu\text{m}$.
- Filter se čisti glede na padec tlaka ali na časovni interval.
- Spiranje poteka s pomočjo vrtečih votlih krtač in tlaka na prefiltrirani strani.





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Izzivi Predobdelave – mehanska filtracija

Dodali smo filter namenjen za terciarno
čiščenje očiščene komunalne odpadne
vode

- disk filter z mrežico 15 μm
- tlačna razlika za filtriranje samo 200 mm vodnega stolpca
- pranje z visokotlačnimi šobami
- test s polno kapaciteto je predviden v naslednjih dneh





12. konferenca
komunalnega
gospodarstva

2023

UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE





UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Tehnološki izzivi

- Koagulacija za odstranjevanje organskih snovi in fosforja
- Kakšna koncentracija je prava
- Ali je vmešavanje dovolj intenzivno





12. konferenca
komunalnega
gospodarstva

2023

UPORABA OČIŠČENE VODE IZ CČN CELJE KOT TEHNOLOŠKE VODE V CINKARNI CELJE

Projekt teče naprej.

Vam pa hvala za pozornost!