



ARSENICPLATFORM

HUSRB/1002/121/075



Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

**Izbor najboljih dostupnih tehnika za
pripremu vode za piće, u zavisnosti od
kvaliteta vode datog izvorišta i tražene
količine obrađene vode**

**A legjobb elérhető technikák
kiválasztása ivóvíz előállítására a
vízforrás minősége és az igényelt
átisztított vízmennyiség függvényében**



Projekat sufinansira
Evropska unija

Prof. dr Mile Klašnja

Zadatak

- Na osnovu **raspoloživih** tehnika
- za koje je utvrđeno da imaju potencijal da **obezbede** traženi kvalite vode
- iz vode **raspoloživih** izvorišta vode
- obuhvaćenih projektom **ARSENICPLATFORM**
 - izabrati **najbolje dostupne tehnike**
(**BAT – Best Available Techniques**)

Polazište

- U izboru BAT se polazi od
 - kvaliteta vode raspoloživih izvorišta, i
 - kapaciteta izvorišta
- Postoje još dodatni, i veoma važni aspekti
 - koji opredeljuju izbor BAT ➡

1) Brojnost malih i relativno malih naselja u ukupnom broju naselja na području koje pokriva projekat ARSENICPLATFORM:

❖ od Σ oko 230 naselja

- **73%** naselja sa kapacitetom izvorišta **do 10 L/s** (do 5.760 ES)
- **90%** naselja **do 20 L/s** (do 11.520 ES)

➤ u značajnoj meri opredeljuje izbor BAT



- naša **praksa** jasno pokazuje da
- postavljanje **složenijih** PPV
- sa sofisticiranijim procesom pripreme
 - **nije održivo rešenje** za male PPV
- po malim mestima
- **ne može** se obezbediti odgovarajuće vođenje i održavanje PPV



- ako se i postave takvi PPV-i po malim mestima
 - **brzo** počinju da rade na **neodgovarajući način**
 - sa značajno **umanjenim performansama**
 - sve do **potpunog prestanka** sa radom

- S druge strane
- **centralizovano** vođenje i održavanje malih sistema
(što zagovaraju autori ovog izveštaja, kada su u pitanju separadni sistemi po malim naseljima)
 - sa **daljinskim** vođenjem procesa
 - i **terenskim ekipama** za održavanje





Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

- **takođe je održivo rešenje**
- **samo ako** su predviđeni srazmerno **jednostavni** procesi i **robustna** oprema
- **To znači**
 - **da se u izboru BAT taj aspekt**
(brojnost malih i relativno malih
naselja u ukupnom broju naselja)
 - **mora imati u vidu**

2) **Ekonomске mogućnosti** stanovništva, s obzirom na generalno lošu ekonomsku situaciju u zemlji

- pogotovo u **ruralnim** sredinama
(velika većina malih naselja na području koje pokriva projekat ARSENICPLATFORM i jesu ruralna naselja)
 - da **finansiraju** pripremu vode



- ➡ predvideti **najjednostavniju** moguću pripremu vode
- ➡ u svim slučajevima kada je to **izvodljivo** s obzirom na kvalitet vode izvorišta
 - Iz tog razloga, kao BAT biće obrazložena **i membranska separacija**
 - **skupa** tehnika pripreme vode
 - **ali** će se **primeniti** u šemama pripreme vode **samo** kada se nikako ne može izbeći

3) Velika većina procesa koji se primenjuju u pripremi vode su **separacioni** procesi:

- pojedini konstituenti vode se **uklanjaju**, i **prelaze u otpadni tok** od pripreme vode
- **Vrsta otpadnog toka** iz nekog procesa pripreme vode, i **način obrade i odlaganja**
 - aspekt koji **opredeljuje** da li će neka od tehnika biti izabrana kao BAT

Primer 

- Iz razloga što proces **jonske izmene**, za **uklanjanje POM**, ili **As**
- proizvodi **značajnu količinu tečnog otpadnog toka** od **regeneracije** jonoizmenjivača
- čija je obrada i odlaganje **složeno i skupo** (za **razliku od** uklanjanja POM **adsorpcijom** sa **aktivnim ugljem** ili As sa **selektivnim adsorbentom**;
→ otpad iskorišćeni adsorbent – čvrst otpad → postupak odlaganja jednostavniji)



➡ jonska izmena **nije izabrana** kao **BAT**
za uklanjanje POM i/ili arsena

- **bez obzira** što bi za velike kapacitete pripreme vode to bilo rešenje sa **manjim troškovima** od rešenja sa korišćenjem adsorbenata



- Za **male kapacitete** pripreme vode
- koji dominiraju na području koje pokriva projekat ARSENICPLATFORM
- rešenje sa adsorbentima je, **ukupno gledano**
 - **povoljnije** nego rešenje sa jonoizmenjivač.
 - ✓ **adsorbenti** su odabrani kao **BAT** za **uklanjanje POM i As** u najvećem broju slučajeva

- **Izbor najboljih dostupnih tehnika, BAT**
 - **uzimajući u obzir sve prethodno navedene aspekte**

Aeracija/degazacija

- Na području koje pokriva projekat ARSENIC-PLATFORM eksploatiše se **podzemna** voda
- U podzemnoj vodi, u opštem slučaju, nalaze se rastvoreni **gasovi**:
 - **CO₂**, **H₂S**, u vodi sa veće dubine i **CH₄**
- Ti gasovi **nepoželjni** u vodi za piće, iz više razloga ➡

- i. povišeni sadržaj CO_2 čini vodu **korozivnom**
- ii. H_2S izrazito **neprijatnog mirisa**, voda za piće i sa malim sadržajem H_2S neprihvatljiva za korišćenje
- iii. smeša CH_4 i vazduha, u određenim odnosima, **eksplozivna**



- ➡ Iz svih tih razloga je potrebno **ukloniti nepo-
željne gasove** iz vode → izvesti **degazaciju**,
kao prvu fazu tehnološkog procesa pripreme
podzemne vode
- Istovremeno, podzemna voda sadrži veoma
malo **kiseonika**
 - Kiseonik **potreban** u vodi koja se priprema
za vodu za piće, iz više razloga ➡

1) Fe i Mn u podzemnoj vodi u obliku Fe^{2+} , Mn^{2+} , **nestabilni** kada se podzemna voda crpi i koristi

- potrebno izvesti **de-Fe i de-Mn**, oksidacijom Fe i Mn $\rightarrow$ **stabilna** forma oksida – $\text{Fe}(\text{OH})_3$ i MnO_2
- konvencionalno oksidacija **kiseonikom**, iz vazduha se rastvara u vodi u procesu **aeracije** vode

2) povećan sadržaj NH_3 u vodi (1,5-2 mg/L)

- uklanja biološkim putem, **nitrifikacijom** mikroflorom koja kolonizuje ispunu peščanog filtra
- proces nitrifikacije **aeroban**, neophodno **aeracijom** obezbediti O_2 rastvoren u vodi
- **preostali** deo NH_3 , u slučaju **veoma povećanog** sadržaja
 - uklanja **hlorisanjem preko prevojne tačke**

3) podzemne vode bez kiseonika imaju

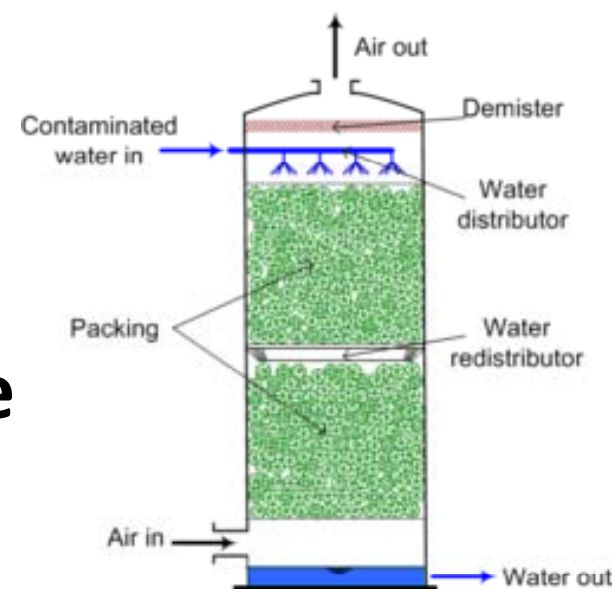
tup ukus

- aeracija vode doprinosi **poboljšanju** organoleptičkih karakteristika vode
- Proces **degazacije** se uobičajeno izvodi **stripingom** vazduhom
 - istovremeno i proces **aeracije** vode
- ✓ dva procesa se kombinuju u jedinstven proces **aeracije/degazacije** vode

Tehnička izvedba procesa aeracije i degazacije vode

- **Aerator/degazator** → voda u kontaktu sa **vazduhom**
 - **stripping** gasova strujom vazduha i **rastvaranje** kiseonika u vodi
- **Retencioni bazen** → **završava** se proces oksidacije **Fe** i **delimično** se oksiduje **Mn** (završna oksidacija Mn u filtru)
 - deo $\text{Fe}(\text{OH})_3$ se **taloži** u retencionom baz.
 - preostali deo $\text{Fe}(\text{OH})_3$ uklanja **filtracijom**

- **Tip opreme** za aerator/degaz. **zavisi od količine** vode koja se obrađuje:
- i. Za **male** kapacitete obrade vode, **do oko 10 L/s**
 - aerator/degaz. tipa kolone sa inertnim punjenjem i veštačkom promajom (***Packed Tower Aeration***)



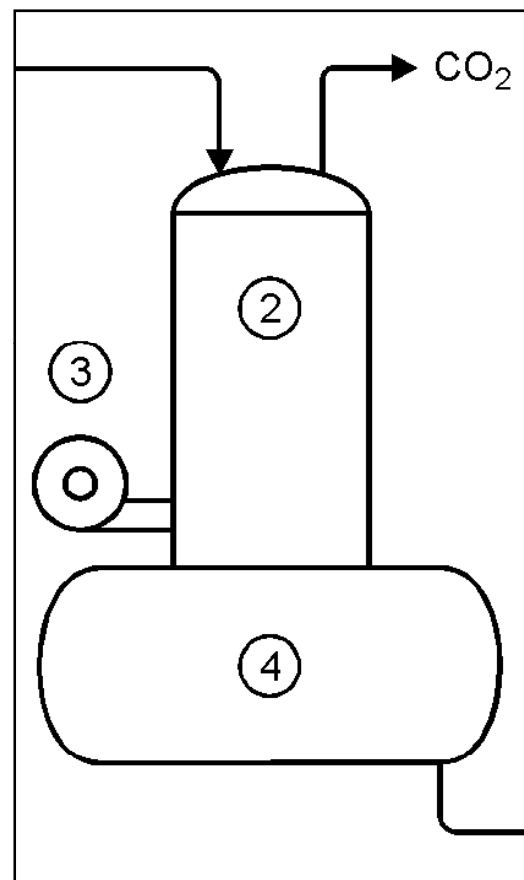
- **Kolone i retencioni rezervoar od plastike**
- **Za kolone modifikovana univerzalna plastična kućišta**
 - **pristupačnih** cena, **laka i jednostavna** za transport i ugradnju



- ii. Za kapaciteta **preko 10 L/s pa do 50 L/s**
- aeracija/degazacija takođe u koloni
 - ali koloni ili kolonama većih prečnika
 - sa rasprskavanjem vode na vrhu kolone, forma veštačke kiše
(*Spray Tower Aeration*)
 - i protivstrujnim provođenjem vazduha kroz kolonu sa ventilatorom



- Ispod kolone/kolona retencioni bazen
- Kolone od čelika
- Retencioni rezervoar čelični ili **betonski**



- iii. Za **najveće** kapacitete, **preko 50 L/s** predviđen **fontanski sistem** aeracije/
/degazacije (***Spray Aeration***)
- Aerator prostorija, kod najvećih kapaciteta posebna zgrada ➡
 - Ispod prostorije aeratora retencioni bazen, od betona



Novi Sad, 21. 10. 2013.

Aeracija/degazacija/oksidacija (hlor)

- Aeracijom vode započinje de-Fe i de-Mn
- Na nastalom **precipitatu $\text{Fe}(\text{OH})_3$** se dobro **adsorbuje As**
- Usvaja se, da se iz vode sa malo povišenim sadržajem As, tipično do oko $20 \mu\text{g/L}$
 - može ukloniti As tokom de-Fe i de-Mn
- Međutim

- Za **viši sadržaj As**, tipično do 50 µg/L
- Neophodno As(III) u As(V) → mnogo **bolje se adsorbuje** na Fe(OH)₃
- As(III) oksidovati **jakim oksidantom** (rastvoreni O₂ u vodi **nije efikasan** u oksidovanju As(III))
 - povišen sadržaj As **smanjen** u značajnoj meri, **ali** se konc. As u pravilu ne smanjuje ispod MDK
 - **završno uklanjanje** As posebnim procesom

- Za oksidaciju As(III) se usvaja **hlor**
- inače predviđen za dezinfekciju vode
 - dodaje se u vodu na ulazu u retencioni bazen
 - odgovarajućom dozir-pumpom

Aeracija/degazacija/oksidacija (ozon)

- Ova tehnika predviđena kao **prethodna obrada** vode u **šemi** pripreme vode sa **membranskom separacijom** kao glavnom fazom pripreme vode
- U aeraciji/degazaciji se oksiduje Fe i delom Mn, i uklanjaju nepoželjni gasovi
- zatim se u vodu dodaje **veoma jak** oksidant – **ozon**, kojim se postiže više efekata



- **oksidacija As(III) u As(V)**
- **delimično uklanjanje POM i menjanje karakteristika preostalih POM**
 - stvaraju se **uslovi** za kasnije **efikasno uklanjanje As, i uklanjanje POM**
- **Ozon se uvodi u vodu koja izlazi iz aeracije/degazacije**

Dodatak ferihlorida (FeCl_3)

- U slučaju da je u vodi izvorišta **veoma povećan sadržaj As, preko $50 \mu\text{g/L}$**
- Predviđeno da se **najveći deo arsena ukloni dodatkom FeCl_3 :**
 - **koprecipitacijom, i adsorpcijom na flokulama $\text{Fe}(\text{OH})_3$**
 - **separacijom flokula dvomedijumskom filtracijom**



- U slučaju **povećanog sadržaja POM**
- **deo POM se takođe uklanja sa FeCl_3**
 - **koprecipitacijom, i adsorpcijom POM na flokulama $\text{Fe}(\text{OH})_3$**
 - **i separacijom flokula na dvomedijumskom filtru**

- U slučaju **značajno povećanog sadržaja POM**
- zbog korišćenja **većih doza FeCl_3** i nastajanja **veće količine** flokula
 - separacija **najvećeg dela** nastalih flokula u **taložniku**
 - preostale flokule se uklanjaju **dvomedi-
jumskom** filtracijom
- FeCl_3 se dodaje dozir-pumpom, iz odgovara-jućeg rezervoara

Filtracija

- Uklanjanje **precipitata** nastalih oksidacijom Fe i Mn, i **precipitata** u slučaju dodatka FeCl_3
 - filter sa **zrnastom ispunom** (*Grain filter*)
- Usvojeno
 - uklanjanje **samo** oksida Fe i Mn
 - **jednomedijumski** filter: **peščani filter**

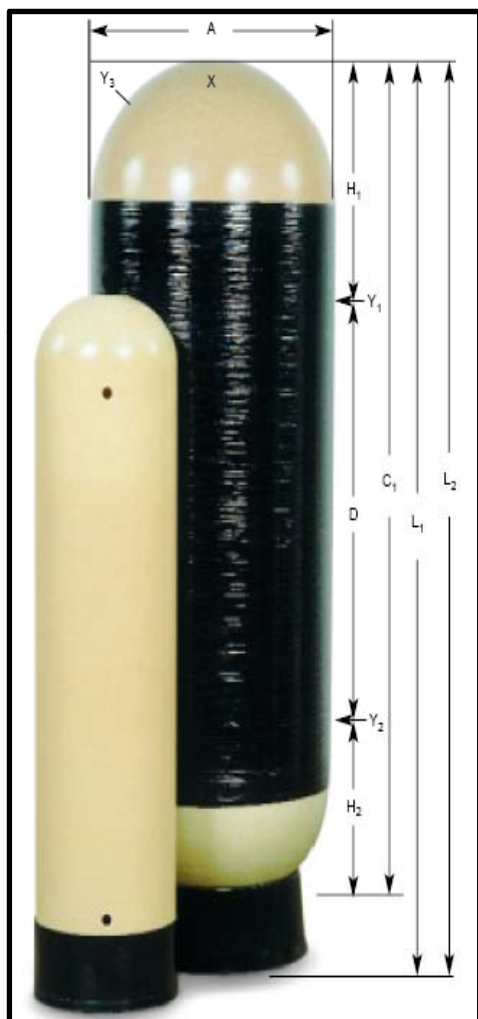


- uklanjanje precipitata nastalih i dodatkom **ferihlorida** (značajno **veća konc. susp. čest.**)
 - **dvomedijumski** filter: **peščano-antracitni** filter (znatno **veći** kapacitet filtracije od jednomedijumskog)
- **Podešavanje** odgovarajuće **brzine filtracije**
 - **uslov** i za **biološko uklanjanje amonijaka** autohtonom mikroflorom na ispuni filtra

- **Tip filtra** zavisi od kapaciteta obrade vode
- i. Mali kapacitet pripreme, **do 2 L/s**
 - **zatvoreni filtri** → prethodno fabrikovana, univerzalna plastična kućišta →
 - **lako** se dovoze i montiraju u malim naseljima
 - odlučujuća **prednost** s obzirom na očekivane probleme vezano za logistiku



Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program



Novi Sad, 21. 10. 2013.

**ii. srednji kapacitet
pripreme, do 30 L/s**

- **zatvoreni filtri sa
metalnim kućištem**
- **prethodno fabri-
kovanim ili izrađi-
vanim po porudž-
bini**



iii. veliki kapacitet, preko 30 L/s

- otvoreni gravitacioni filtri
- u pravougaonom betonskom otvorenom kućištu →
- specifično najjeftiniji
- uvek je filtarska ispuna dvo-medijumska: pesak+antracit



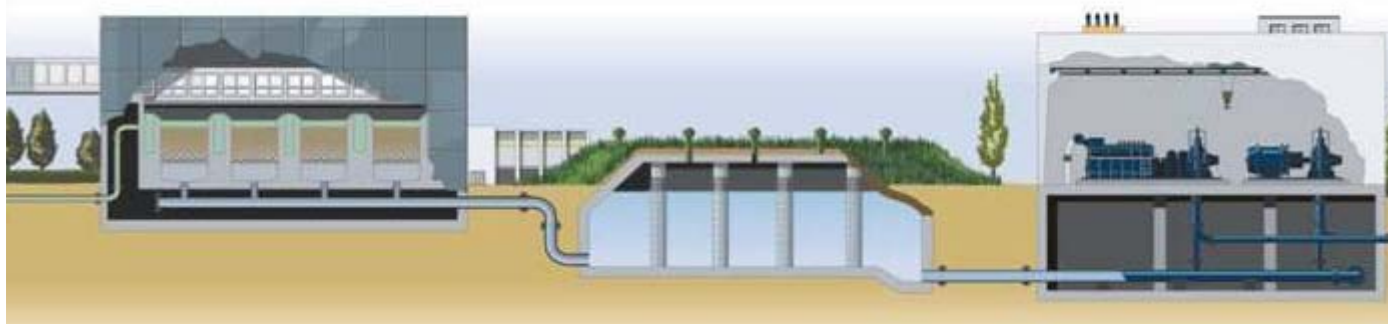
Novi Sad, 21. 10. 2013.

- Po **načinu rada** filtra, za određeni opseg kapaciteta i tip filtra predviđeno je rešenje
 - i. **Tri filtra u paralelnom radu**
(za filtre sa plastičnim kućištem i kapacitet od 2 L/s, za filtre sa metalnim kućištem i kapacitet preko 5 L/s do 30 L/S)
 - prilikom **pranja** filtra prelaze u režim da voda iz **dva filtra pere treći** filter



Novi Sad, 21. 10. 2013.

- ii. Za drugi opseg kapaciteta
(filar sa metalnim kućištem do 5 L/s, i
otvoreni gravitacioni filtar)**
- **pranje filtra odgovarajućom pumpom,
vodom iz rezervoara čiste vode**



Adsorpcija na granulovanom aktivnom uglju

- **Uklanjanje POM**
- **Adsorpcijom na GAU**
 - u odgovarajućim odsorberima
- **U zavisnosti od kapaciteta obrade vode**
 - Predviđeni **različiti tipovi** adsorbera



- i. Mali kapacitet obrade, **do 2 L/s**
 - adsorber sa **plastičnim** univerzalnim kućištem
- ii. Kapaciteti od **2 L/s do 8 L/s**
 - adsorber sa **metalnim** kućištem

iii. Opseg kapaciteta **9-30 L/s**

➤ **tri** metalna kućišta

iv. Kapacitet **preko 30 L/s**

➤ **otvoreni gravitacioni** adsorber u
betonskom kućištu

➤ **praktično identičan otvorenom**
gravitacionom filtru

- Adsorberi sa GAU se povremeno **peru** vodom:
 - ❖ **pojedinačna** kućišta
 - pranje pumpom za pranje filtara (protok vode za pranje se prigušuje na vrednost protoka za pranje GAU)
 - ❖ konfiguracije sa **tri adsorbera**
 - prilikom pranja voda iz dva adsorbera u radu u treći adsorber koji se pere

Adsorpcija na selektivnom adsorbentu za arsen

- **Preostali** sadržaj arsena
- do koncentracije manje od MDK
 - uklanja se iz vode adsorpcijom na **selektivnom adsorbentu** za arsen
 - smeštenom u odgovarajućem adsorberu
- Adsorberi za arsen po konstrukciji identični zatvorenim adsorberima sa GAU

- Zavisno od kapaciteta obrade vode, različiti tipovi adsorbera:
 - i. Kapacitet **do 2 L/s**
 - adsorber sa **plastičnim** univerzalnim kućištem
 - ii. **Veći** kapaciteti
 - adsorber sa **metalnim** kućištem
 - za kapacitete do 20 L/s **jedan** adsorber
 - za veće kapacitete konfiguracija od **tri** adsorbera



Novi Sad, 21. 10. 2013.

- Adsorberi za arsen se povremeno **peru** vodom:
 - ❖ konfiguracija sa **jednim** adsorberom
 - pranje se izvodi pumpom za pranje filtera
 - ❖ konfiguracija sa **tri** adsorbera
 - prilikom pranja voda iz dva adsorbera u radu u treći adsorber koji se pere

Membranska separacija (RO)

- U slučajevima kada voda ima **povećan sadržaj rastvorenih neorganskih materija**
- **ili** samo **povećan sadržaj natrijuma ili bora**
 - usvaja se **reverzna osmoza (RO)**, kao postupak membranske separacije
 - za **smanjenje sadržaja** rastvorenih neorganskih materija, odnosno smanjenje sadržaja Na ili B **ispod MDK**

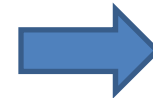
- Oprema za RO se isporučuje kao **kompletna prefabrikovana aparatura**



- za odgovarajući opseg kapaciteta obrade vode

Dezinfekcija vode

- Sva posmatrana izvorišta vode na području koje pokriva projekat ARSENICPLATFORM
- izvorišta **podzemne vode**
- BAT za izvođenje dezinfekcije
 - dezinfekcija **hlorom**; pošto je hlor
 - i. **Dovoljno dobar** dezinficijens za obezbeđivanje mikrobiološke sigurnosti vode za piće iz podzemne vode



- ii. Korišćenjem hlora rešena i zaštita vode u razvodnoj (vodovodnoj) mreži, s obzirom na rezidualno delovanje hlora
- iii. Hlor najjeftiniji dezinficijens, najdostupniji dezinficijens, i dezinfekcija hlorom je jednostavna tehnika

- **Prihvaćeno:** na svim PPV-ima, nezavisno od kapaciteta vode
 - dezinfekcija *hlorom proizvedenim na licu mesta*
- **iako** je to najskuplje rešenje
- prvenstveno iz dva razloga:
 - transport** tečnog hlora do PPV-a, i **manipulacija** tečnim hlorom na PPV-u, **visokorizične aktivnosti**



- pogotovo transport tečnog hlora
 - očekuje se u budućnosti **zabrana transporta** kontejnera sa tečnim hlorom
- ii. **logistika** u slučaju korišćenja hlora proizvedenog na licu mesta **jednostavnija**, nego u slučaju korišćenja komercijalnog rastvora NaOCl

- **Dezinfekcija se obavlja dodavanjem hlora (rastvora NaOCl) na ulazu vode u rezervoar čiste vode**
- **koji služi za izravnavanje potrošnje vode**
- **a istovremeno svojom zapreminom obezbeđuje dovoljno retenciono vreme za uspešnu dezinfekciju vode**

Postupanje sa otpadnim tokovima od pripreme vode

- Prilikom pripreme vode, iz pojedinih faza pripreme nastaju određeni **otpadni tokovi**
- Najbrojniji tečni otpadni tokovi – **otpadne vode**:
 - **voda od pranja**: filtara, adsorbera sa GAU, adsorbera za arsen
 - **koncentrat** (retentat) iz reverzne osmoze

- U slučaju primene velike doze FeCl_3 (uklanjanje dela povećanog sadržaja POM pre obrade vode sa RO)
- povećana količina flokula koje se prvo, i najvećim delom, uklanjaju u **taložniku**
 - otpadni tok – **mulj**
- Nakon iscrpljivanja adsorbenata, GAU i specifičnog adsorbenta za arsen
 - adsorbenti postaju **čvrst otpad**

- Najbrojnija naselja na području koje pokriva projekat ARSENICPLATFORM su mala naselja
 - PPV-ovi malih kapaciteta
- Usvojeno
 - da se u svim posmatranim slučajevima
 - sve otpadne vode, i mulj iz taložnika, sakupljaju u lagunu
 - čvrst otpad šalje na deponiju

- **Problematika eventualne dalje obrade otpadnih tokova od pripreme vode se **eksternalizuje****
- **samo se tečni otpadni tokovi i mulj prihvataju u lagunu, bez dalje obrade (**izuzetak** PPV-ovi za kapacitete preko 50 L/s, svega 7 od oko 230 PPV-ova, u kom slučaju je predviđena obrada mulja iz lagune)**

- Ono što se dobija ovakvim pojednostavljenim prilazom problematici otpadnih tokova iz PPV-ova
 - **Investicioni i eksploatacioni** troškovi pripreme vode za gotovo sva naselja mogu **direktno** da se porede

- za uslove izrade ovog projekta sasvim **zadovoljavajući prilaz** (više od toga bi već predstavljalo izradu generalnog i idejnog projekta, i studije izvodljivosti, što bi nadmašivalo ukupan budžet projekta ARSENICPLATFORM)
-

Hvala na pažnji

Köszönöm a figyelmet

*Dobri susedi
zajedno stvaraju
budućnost*

