

## GLAVNI PROJEKAT POSTROJENJA ZA PRERADU VODE „BERILOVAC“ U PIROTU – ISKUSTVA U TOKU PROJEKTOVANJA KONSTRUKCIJSKIH SISTEMA

UDK : 628.16(497.11)

Aleksandar Šutanovac<sup>1</sup>, Predrag Blagojević<sup>2</sup>, Darko Živković<sup>3</sup>

### *Rezime*

U radu je opisan projekat i proračun konstrukcijskih sistema hidrotehničkih objekata, postrojenja za preradu vode „Berilovac“ koji se trenutno gradi u Pirotu, naselje Berilovac. Sastoji se od: postojeće pumpne stanice predviđena za rekonstrukciju, postojeće filter stanice predviđena za rekonstrukciju, rezervoara za vodu, taložnika za vodu od pranja filtera i polja za sušenje mulja. Definisana su merodavna dejstva. Predstavljena su iskustva u toku projektovanja konstrukcijskih sistema hidrotehničkih objekata.

*Ključne reči:* armiranobetonske konstrukcije, hidrotehnički objekti, rekonstrukcija, merodavna dejstva

## MASTER DESIGN OF WATER TREATMENT PLANT „BERILOVAC“ IN PIROT – EXPERIENCES IN THE COURSE OF STRUCTURAL SYSTEMS DESIGN

### *Summary*

The paper describes the design and calculation of hydraulic structures, water treatment plant structural system “Berilovac” currently under construction in the city of Pirot, settlement Berilovac. It consists of: existing pump station planned for reconstruction, existing filter station planned for reconstruction, water tank, settlement tank, sludge drying beds. The design loads are defined. Experiences in the course of structural system design of hydraulic structures are presented.

*Key words:* Reinforced concrete structures, hydraulic structures, reconstruction, design loads

---

<sup>1</sup> Aleksandar Šutanovac, D.I.G., asistent, aleksandar.sutanovac@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> dr Predrag Blagojević, D.I.G., docent, predrag.blagojevic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>3</sup> dr Darko Živković, D.I.G., asistent, darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1. UVOD

U okviru Postrojenja za preradu vode „Berilovac“ u Pirotu, naselje Berilovac, postoje sledeći objekti: filter stanica, pumpna stanica, infiltraciona depresija, cevovodi, šahtovi. Novim tehnološkim procesom predviđeno je sledeće: postojeća pumpna stanica, postojeća filter stanica planirana za rekonstrukciju, novi rezervoar, novi taložnik za vodu od pranja filtera i nova polja za sušenje mulja. Autori ovog rada su projektanti konstrukcije svih objekata i izradili su kompletnu projektnu dokumentaciju konstrukcijskog dela (glavne i izvođačke projekte).

## 2. KONSTRUKCIJSKI SISTEMI OBJEKATA

U konstruktivnom smislu svi objekti se mogu podeliti na hidrotehničke armiranobetonske (AB) konstrukcije i prateće objekte visokogradnje.

Postojeća pumpna stanica je armiranobetonski skeletni objekat. Ramovi su dvospratni, jednobrodni na osovinskom rastojanju od 3,5m. Osovinski raspon ramova je 7m. Dimenzije stubova su 30/50cm. Krovna ploča je „FERT“ konstrukcija oslonjena na krovne gredne nosače dimenzija 30/60cm. Međuspratna armiranobetonska konstrukcija iznad podruma je monolitna ploča debljine 14cm oslonjena na AB gredne nosače dimenzija 20/35cm. Na stubove se oslanja kranska staza preko AB kratkih elemenata čije su dimenzije 50/50/30cm. Na kratke elemente se oslanja čelična kranska staza od profila I300. Skeletna konstrukcija je fundirana na temeljima samcima 180/180cm debljine 80cm. Rekonstrukcijom pumpne stanice predviđena je demontaža postojećih pumpi koje su smeštene u prizemlju objekta i instaliranje novih, kao i rekonstrukcija cevovoda. Konstrukcijski elementi zadovoljavaju granično stanje nosivosti i granično stanje upotrebljivosti pa nije potrebno ojačavati ili sanirati konstrukcijske elemente.

Postojeći objekat filter stanice se sastoji od tri montažne hale, tri pomoćne prostorije i podruma. Unutrašnje dimenzije mašinske hale su 10,7x12,9m a površina osnove približno 150m<sup>2</sup>. Projektom je predviđena rekonstrukcija i dogradnja filter stanice. Da bi se ugradili novi filteri uklanja se postojeća krovna AB ploča. Unutrašnje dimenzije novoprojektovanog aneksa su 7x17m. Konstrukcija je AB skeletna sa spoljašnjim zidovima od opearskih blokova. Preko postojećeg i novoprojektovanog objekta se izgrađuje novi, montažno-demontažni krov od čeličnih profila. Postojeći konstruktivni sistem je

AB skelet. Stubovi su dimenzija 40/80cm, krovni gredni nosači 40/80cm na osovinskom razmaku 430cm. Preko krovnih grednih nosača se oslanja AB ploča debljine 20cm. Skeletna konstrukcija je fundirana na temeljima samcima dimenzija 180/200cm debljine 100cm. Pored pomenutih temelja se nalazi i osam temelja samaca za prijem opterećenja od filtera dimenzija 230/230cm,

Rezervoar se sastoji od tri komore i zatvaračnice. Predviđena je ukupna zapremina rezervoara od oko 700m<sup>3</sup>. Rezervoar je delimično ukopan a dno rezervoara je 3,2m ispod nivoa terena. Pošto se pranje filtera obavlja nehlorisanom vodom jedna komora će se koristiti za obezbeđenje vode za pranje filtera, dok će se dve komore koristiti kao bazen za obezbeđenje kontaktnog vremena za dezinfekciju vode i kao crpni bazen za pumpnu stanicu za potiskivanje vode u distributivnu mrežu. Maksimalna dubina vode u komorama rezervoara je 5,0m a minimalna dubina vode je 1,5m. Komora za zahvatanje nehlorisane vode za pranje filtera ima površinu od 60,0m<sup>2</sup>(efektivna zapremina komore, 60,0 m<sup>2</sup> x 3,5 m = 210 m<sup>3</sup>), a komore za zahvatanje hlorisane vode za potiskivanje u distributivnu mrežu 69,6m<sup>2</sup> svaka (efektivna zapremina jedna komore, 69,6m<sup>2</sup> x 3,5 m = 243,6 m<sup>3</sup>, ukupno 487,2 m<sup>3</sup>). Komore se oslanjaju na AB temeljnu ploču debljine 40cm. AB tavanica je debljine 25cm i oslanja se na AB spoljašnje i unutrašnje zidove debljine 30 cm. Komore za vodu su dilatirane od zatvaračnice.

Unutrašnje dimenzije osnove zatvaračnice su 15,3 m x 3,0 m. Zatvaračnica je namenjena pristupu u svaku od komora rezervoara, kao i za smeštaj i pristup zatvarača i cevovoda. Zatvaračnica se sastoji iz dva nivoa. Gornji nivo služi za pristup komorama rezervoara. U donjem delu je smešten cevni razvod sa zatvaračima. Zatvaračnica je fundirana na AB temeljnoj ploči debljine 30cm. AB tavanica debljine 15cm i međuspratna konstrukcija debljine 20cm se oslanjaju na AB zidove zatvaračnice debljine 20cm.

Taložnik je dimenzionisan tako da ima dovoljnu zapreminu da primi vodu od pranja svih filtera. Njegova ukupna zapremina iznosi 500 m<sup>3</sup>. Konstrukcija taložnika je armiranobetonska, sa dve komore zbog povremenog čišćenja i održavanja i ulaznom i izlaznom šahtom. Unutrašnje dimenzije komora su 3,9m x 12,1m. Taložnik je delimično ukopan. Svaka od komora taložnika ima po tri podužno raspoređena levka za mulj iz kojih se mulj periodično prepumpava u polja za sušenje mulja. Komore taložnika su fundirane na temeljnoj AB ploči

debljine 40cm a AB zidovi su takođe debljine 40cm. Maksimalna dubina vode u komorama taložnika je 6,1m.

Unutrašnje dimenzije ulazne šahte u osnovi su 5,9m x 4,1m a izlazne 2,8m x 1,7m. Ulazna i izlazna šahta taložnika su fundirane na temeljnim AB temeljnim pločama debljine 30cm. AB tavanice šahti se oslanjaju na AB zidove debljine 30cm.

Polja za sušenje mulja su projektovana od armiranog betona, oivičena niskim betonskim zidovima, sa slojem peska i šljunka, kao i podzemnim drenažnim sistemom. Konstrukcija je AB sa dve komore dimenzija 600/480 cm dubine 200cm. Spoljašnje dimenzije-gabariti objekta su 660/1065cm. Temeljna ploča je debljine 30 cm. Svi spoljašnji zidovi su debljine 30 cm. Objekat je delimično ukopan.

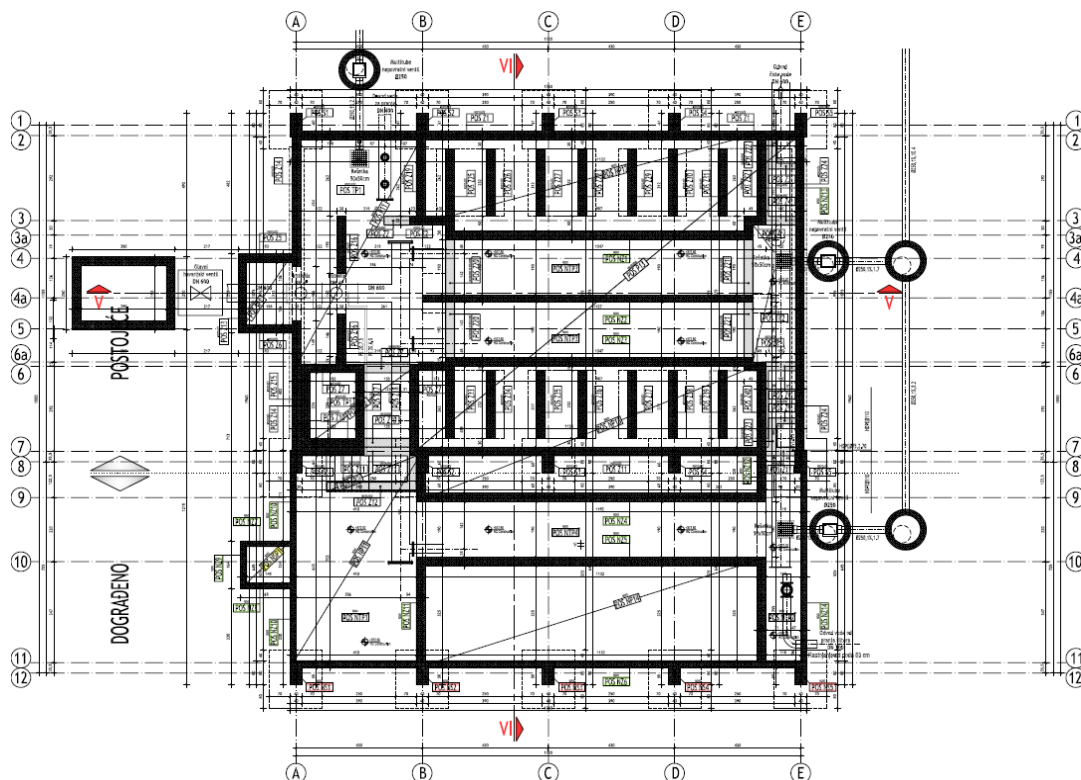
### 3. ANALIZIRANA DEJSTVA I KOMBINACIJE DEJSTAVA

Hidrotehnički objekti su dimenzionisani na dejstvo vode, tla, sopstvenu težinu, povremeno opterećenje, kao i na sve njihove moguće kombinacije u toku rada i remonta postrojenja za preradu vode:

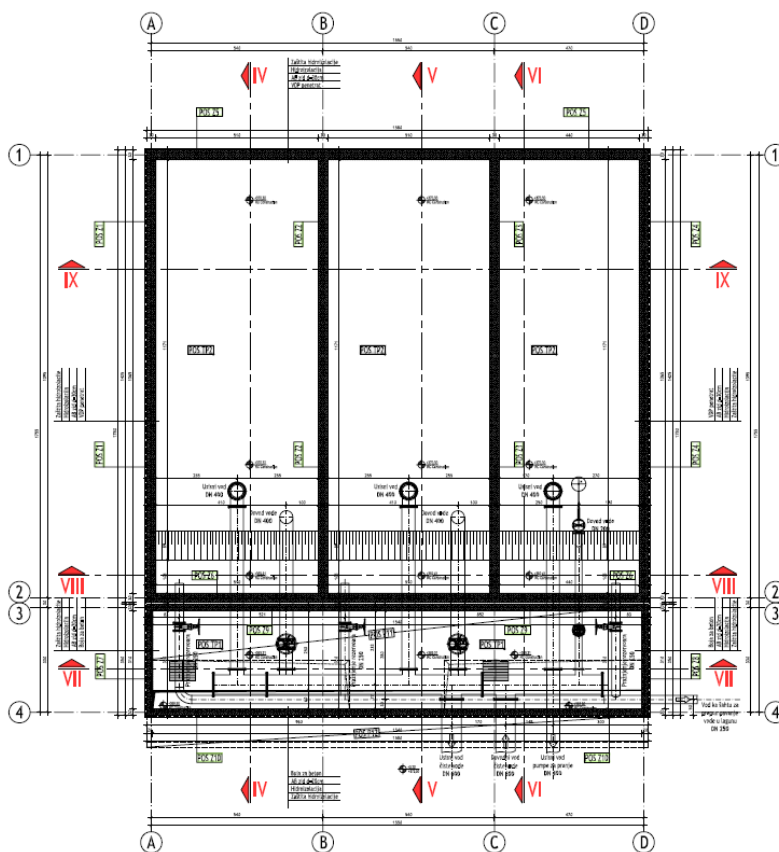
- Potpuno završen objekat pre probnog punjenja,
- Analizirana je situacija probnog punjenja kada su sve komore pune a objekat nije zatrpan,
- Analizirana je situacija probnog punjenja kada su neke komore pune a neke prazne a objekat nije zatrpan,
- Dejstvo vode i zemlje je analizirano za sve moguće slučajeve koji se mogu javiti u redovnom režimu rada,
- Dejstvo vode i zemlje je analizirano u režimu rada u fazi remonta kada su neke komore pune a neke prazne.

Hidrodinamički impulsivni pritisak tečnosti je sračunat u skladu sa Pravilnikom o tehničkim normativima za projektovanje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima. Međutim analize kao i iskustva sa sličnih hidrotehničkih objekata su pokazale da ova vrsta opterećenja nije merodavna za dimenzionisanje.

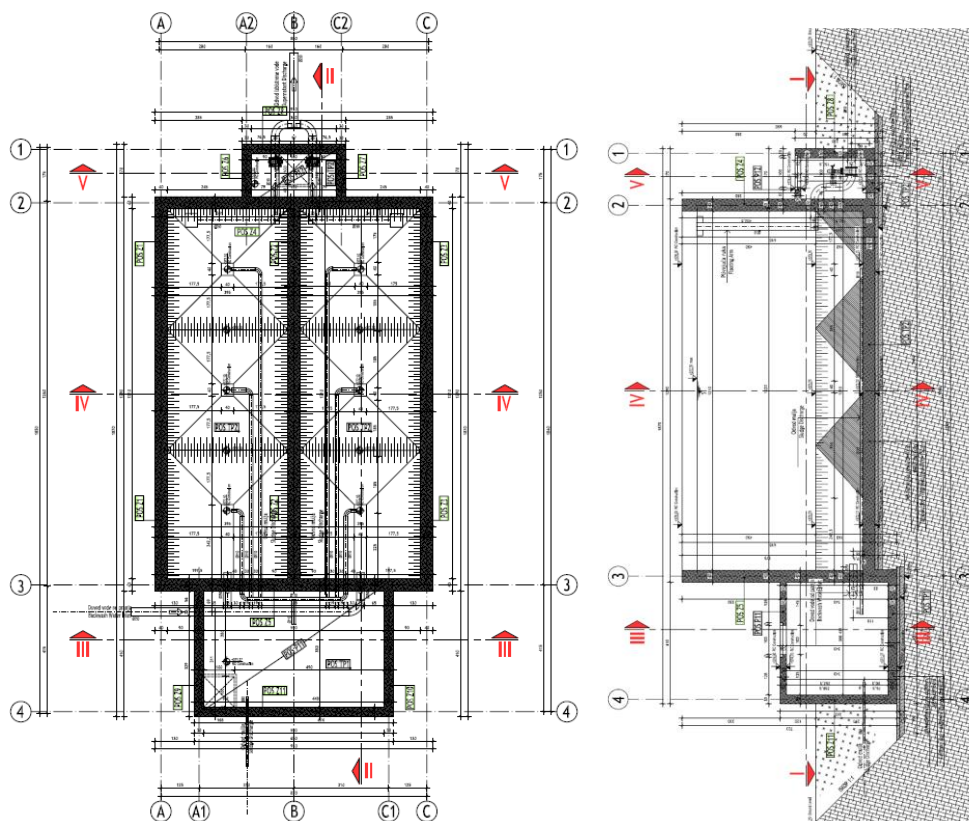
Pumpna stanica i filter stanica su dimenzionisane i na dejstvo seizmike u skladu sa važećim propisima za ovu vrstu objekata.



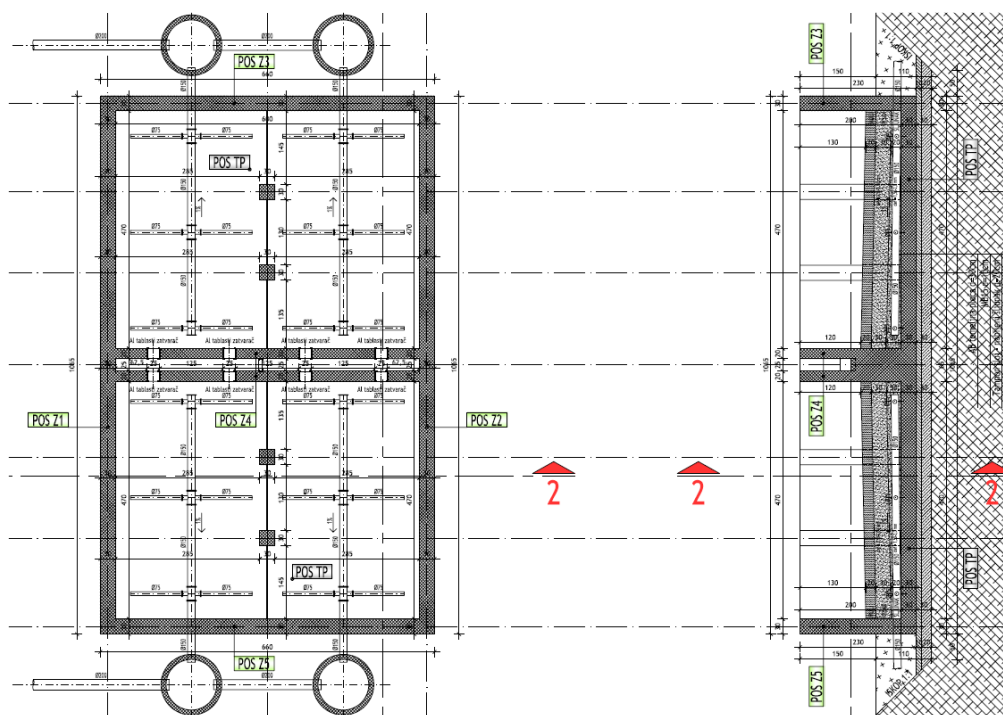
Slika 1. Dodatak postojećoj filter stanici – osnova podruma [3].



Slika 2. Rezervoar za vodu- Osnova II-II [3].



Slika 3. Taložnik za vodu od pranja filtera- Osnova (levo), presek (desno) [3].



Slika 4. Polja za sušenje mulja- Osnova(levo), presek(desno) [3].

#### 4. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

U proračunskim modelima objekti su tretirani kao prostorni sistemi sa površinskim i linijskim elementima kruto ili zglobno povezanim između sebe.

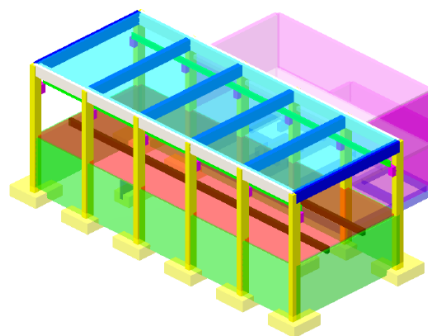
Proračun konstrukcije je urađen uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija “Tower 7”© „Radimpex,, – Beograd.

Uticaji u poprečnim presecima su dobijeni simulacijom opterećenja u skladu sa trenutno vazećom regulativom za ovu vrstu objekata i lokaciju na kojoj se objekat nalazi.

U globalnom 3D modelu nisu obuhvaćeni instalacioni otvori koji su manjih dimenzija. Razlog za ovu aproksimaciju je praktične prirode. Ova činjenica nije zanemarena prilikom izrade planova armiranja.

U toku projektovanja su ispoštovani svi zahtevi iz trenutno vazeće regulative za ovu vrstu objekata. Za armiranje svih konstrukcijskih elemenata je usvojen čelik B500B i beton kvaliteta MB40 V7 M150.

Proračun temeljne konstrukcije je urađen simulacijom tla kao elastične podloge preko modula reakcije tla za vertikalni pravac a u skladu sa elaboratom o geotehničkim uslovima temeljenja koji je sastavni deo projektne dokumentacije.

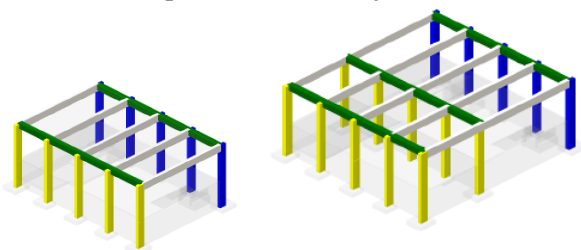


Slika 5. Proračunski model pumpne stanice [2].

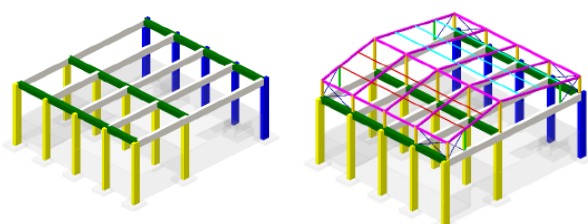
U proračunskom modelu filter stanica je tretirana kao prostorni sistem sa faznom gradnjom. U istom modelu su obuhvaćene sledeće faze građenja:

- postojeći objekat,
- dogradnja novog dela objekta,
- uklanjanje krovne ploče na postojećem delu objekta,

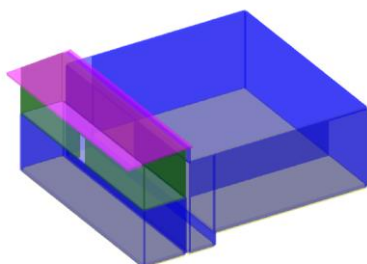
- dogradnja čelične konstrukcije-eksploatacija. Primenom fazne gradnje je omogućeno praćenje rezidualnih napona u konstrukcijskim elementima.



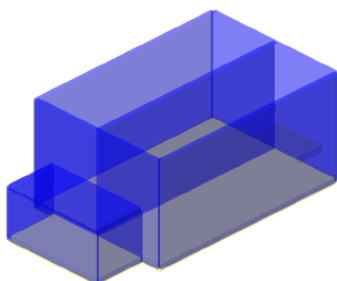
Slika 6. Proračunski model filter stanice. Fazna gradnja-postojeći objekat (levo), dogradnja novog dela objekta (desno) [2].



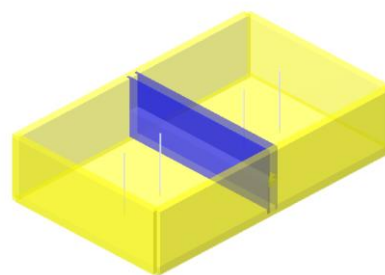
Slika 7. Proračunski model filter stanice. Fazna gradnja-uklanjanje krovne ploče na postojećem delu (levo), dogradnja čelične konstrukcije (desno) [2].



Slika 8. Proračunski model rezervoara za vodu: 3D prikaz [2].



Slika 9. Proračunski model taložnika za vodu od pranja filtera [2].



Slika 10. Proračunski model polja za sušenje mulja [2].

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata kod ovog postrojenja za preradu vode kao i sličnih hidrotehničkih objekata mogu se izvući sledeća iskustva:

- Kombinacije opterećenja sa seizmičkim dejstvima nisu merodavne prilikom dimenzionisanja kod hidrotehničkih objekata.
- Merodavni kriterijum za dimenzionisanje AB preseka kod hidrotehničkih objekata je granično stanje upotrebljivosti zbog veoma strogog uslova za granični otvor prsline.

## LITERATURA

- [1] Blagojević, P., Živković, D., Šutanovac, A., Idejni projekat postrojenja za preradu vode „Berilovac“.
- [2] Blagojević, P., Živković, D., Šutanovac, A., Glavni projekat postrojenja za preradu vode „Berilovac“.
- [3] Blagojević, P., Živković, D., Šutanovac, A., Izvođački projekat postrojenja za preradu vode „Berilovac“.
- [4] Blagojević, P., Živković, D., Šutanovac, A., (2016): „Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u Leskovcu – Iskustva i preporuke u toku projektovanja konstrukcijskih sistema“, Simpozijum DGKS, 15-17.septembar 2016., Zlatibor, Zbornik radova, strana 635-644, ISBN 978-86-7892-839-0.
- [5] Blagojević, P., Živković, D., Šutanovac, A., (2017): „REDESIGN AND RECONSTRUCTION OF PARTIALLY COLLAPSED WASTE WATER TREATMENT PLANT“, 1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future – CoMS 2017, 19-21. April 2017, Zadar, Croatia, pp 706-711, ISBN 978-953-8168-04-8.