

Faktori uticaja na izbor optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda kod površinskih kopova

Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Faktori uticaja na izbor optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda kod površinskih kopova | Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić | VII Међународна конференција Угаљ 2015, Златибор 14-17. октобар 2015. | 2015 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007250>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs



**FAKTORI UTICAJA NA IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA
ODBRANE OD PODZEMNIH VODA KOD POVRŠINSKIH
KOPOVA**

**FACTORS THAT INFLUENCE THE SELECTION OF AN
OPTIMAL GROUNDWATER PROTECTION SYSTEM AT OPEN-
PIT MINES**

Bajić D.¹, Polomčić D.², Močević J.³

Apstrakt

Kod rešavanja problema odbrane površinskih kopova od podzemnih voda i projektovanja sistema za odbranu primenom prognozne hidrodinamičke analize, daju se obično nekoliko varijanti rešenja. Obično se u praksi bira najekonomičnije rešenje, dok se ostalim faktorima manje posvećivalo pažnje. Nalaženje optimalnog rešenja uključuje analizu više faktora, što dovodi do povećanja kompleksnosti problema, pa se za te svrhe dalje preporučuje neka višekriterijumska optimizaciona metoda. U radu su prikazani i analizirani kriterijumi koji utiču na izbor optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda na površinskim kopovima, a da bi se obuhvatio najveći broj komponenti u

¹ Bajić Dragoljub, dipl.inž.geol., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

² Prof. Dr Polomčić Dušan, dipl.inž.geol., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

³ Močević Jelena, dipl.inž.geol., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

analizi rešenja uključeni su i njihovi podkriterijumi.

Ključne reči: hidrodinamički model, višekriterijumska optimizacija, površinski kop

Abstract

When addressing openpit mine protection from groundwater and designing protection systems based on prognostic hydrodynamic analysis, several alternative solutions are usually proposed. In practice, the most economical solution is generally selected, while other factors receive less attention. However, several factors need to be addressed in order to arrive at the optimal solution. This increases the complexity of the problem, such that a multi-criteria optimization method is recommended. The paper describes and assesses the criteria that affect the selection of the optimum groundwater protection system at openpit mines. Sub-criteria are also included, in order to encompass the largest possible number of components in the analysis of the solution.

Key words: hydrodynamic model, multi-criteria optimization, openpit mine

1. UVOD

Odbrana od podzemnih voda predstavlja skup tehničkih mera kojima se na određenom području reguliše režim podzemnih voda (nivoi i doticaji) prema zadatim kriterijumima. Takođe, uključuje izgradnju sistema za odbranu kojim se vrši odvodnjavanje nekog područja.

Sistemi za odbranu od podzemnih voda koriste se za zaštitu naselja, hidrotehničkih objekata, priobalja, meliorativnih područja i ležišta mineralnih sirovina (rudnici, površinski kopovi). Najkompleksniju problematiku odbrane od podzemnih voda imaju ležišta mineralnih sirovina. Na takvim područjima, sistemi za odbranu od podzemnih voda i njegovi elementi moraju biti kvalitetno izabrani i pre svega pravilno dimenzionisani što zahteva multidisciplinarni pristup, posebno znanja i iskustva i hidrogeologa i rudara.

Osnovne faktore koje treba poznavati i koji omogućuju kvalitetan izbor sistema odbrane od podzemnih voda su dimenzije oblasti koja treba da se odbrani ili *isuši* i vrednost kote do koje je potrebno spustiti nivo podzemnih voda za nesmetane rudarske aktivnosti (Morton & van Mekerck (1993).

Definisanje sistema odbrane od podzemnih voda vrši se primenom hidrodinamičkog modeliranja (Polomčić et al., 2012; Polomčić & Bajić, 2015). Prognoznim hidrodinamičkim proračunima se obično daju rešenja za nekoliko različitih scenarija sistema odbrane od podzemnih voda kojim se definišu i njegove karakteristike, broj drenažnih objekata i njihov raspored, potrebno vreme za maksimalne efekte snižavanja nivoa podzemnih voda i efekti rada sistema u funkciji obaranja pijezometarskih nivoa. Sledeći korak kod uspešnog definisanja sistema odbrane predstavlja tretiranje različitih kriterijuma kod višekriterijumske analize, na osnovu kojih se vrše optimizacioni proračuni. Nakon toga, od više ponuđenih alternativa donosi se odluka o optimalnoj varijanti rešenja sistema odbrane od podzemnih voda. Jedan takav primer predstavili su Bajić & Polomčić (2014).

2. IZBOR KRITERIJUMA ZA OPTIMIZACIONE PRORAČUNE

Odbrana od podzemnih voda je neophodna kod svih terena čiji se radovi vrše ispod kote nivoa podzemnih voda, pa tako i eksploatacije ležišta mineralnih sirovina, jer se voda sliva direktno ka njima i teži ka ponovnom uspostavljanju prvobitnog režima podzemnih voda (Brassington, 2007). Na taj način, priliv podzemnih voda imaju štetan uticaj na površinske kopove, a samim tim dolazi i do prekida rudarskih radova.

Višekriterijumskim optimizacionim proračunima i donošenjem optimalne odluke postiže se glavni cilj - izbor optimalanog sistema odbrane od podzemnih voda, prema izdvojenim kriterijumima. Da bi se izvršio proces optimizacije, ocenjuju se različiti kriterijumi i njegovi niži elementi, kao što su podkriterijumi, koji imaju uticaja na izbor optimalnog rešenja kod postavljenog problema koji se razmatra. Najznačajniji kriterijumi oblasti koje tretiraju problematiku podzemnih vodnih resursa su: tehnički, ekonomski, ekološki, a javljaju se često i socijalni faktori (Ardakanian & Zarghami, 2004; Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008; Zarghami & Szidarovszky, 2011; Sanguanduan & Nititvattananon, 2011; Choi et al., 2012; Domenech et al., 2013; Masoumi et al., 2014).

Bazirano na sopstvenim dosadašnjem iskustvima autora sa hidrogeološkim istraživanjima i proučavanjem naučne literature iz oblasti hidrogeologije ležišta mineralnih sirovina (Libicki 1985; Morton and van Mekerck 1993; Younger et al. 2002; Hartman and Mutmansky 2002; Younger 2007) za potrebe projektovanja sistema odbane od podzemnih voda na površinskim kopovima izdvojena su tri kriterijuma značajna za

optimizaciju u hidrodinamičkoj analizi (Slika 1):

- tehnička primenljivost,
- ekonomska efikasnost i
- ekološki.



Slika 1. Faktori uticaja na izbor optimalnog sistema za odbranu od podzemnih voda na primeru površinskog kopa

Izdvojeni kriterijumi se dalje dele na podkriterijume, a za predmetnu problematiku to čini ukupno 11 podkriterijuma:

- **tehnički kriterijumi:**
 - *Vreme* - vreme koje je potrebno da se nivo podzemnih voda spusti na projektovani nivo.
 - *Prilagodенost hidrogeološkim uslovima* - izbor elemenata sistema za odbranu od priliva podzemnih voda i njihove prednosti i mane izgradnje i funkcionisanja u zavisnosti od hidrogeoloških karakteristika izučavanog terena.
 - *Efikasnost (primenjena metoda odbrane i iskustva sa sistemom za odbranu od podzemnih voda)* - dosadašnja iskustva sa sistemom i elementima koji ga čine kako bi se došlo do optimalnog rešenja odbrane od podzemnih voda i izbegle negativne posledice.
 - *Fleksibilnost* - prilagodljivost sistema za odbranu od podzemnih voda usled mogućih izmena njegovih karakteristika. Pitanje koje se postavlja je: da li se

izrađeni sistem za odbranu od podzemnih voda može promeniti? To može biti dodavanje novih ili isključenje postojećih elemenata sistema odbrane od podzemnih voda.

- *Pouzdanost* - verovatnoća da će sistem raditi uspešno. Pitanje koje se postavlja je: da li će sistem za odbranu od podzemnih voda obezbediti apsolutnu sigurnost ili sigurnost određenog stepena uz izvesnu dozu rizika. Ovde se misli na sigurnost odbrane od podzemnih voda površinskog kopa. Takođe, ovde spada i stepen rizika od ugrožavanja ljudstva i životne sredine u smislu tehničkih karakteristika sistema, jer kod pojedinih sistema odbrane usled havarije ili tehničkih nedoslednosti može doći do značajnog negativnog uticaja na pomenute subjekte.

- **ekonomski kriterijumi:**

- *Investicioni troškovi* - vrsta objekta, njegove karakteristike i broj, prateća oprema i njegova jedinična cena.
- *Troškovi funkcionisanja sistema* - utrošak energije, troškovi radne snage i sl.
- *Troškovi održavanja* - zamene i popravke objekata i opreme, monitoring.

Tako na primer, uopšteno govoreći, sistemi odbrane sačinjeni od vodonepropusnih ekrana predstavljaju najskuplje sisteme u pogledu investicionih troškova, dok sistemi sačinjeni od drenažnih bunara predstavljaju najskuplju varijantu u pogledu troškova funkcionisanja sistema, što se najviše odnosi na stopu potrošnje energije za rad pumpi, a zatim i troškova održavanja u smislu periodičnog menjanja pumpi i regeneracije bunara, što nije slučaj kod vodonepropusnih ekrana.

- **kriterijumi uticaja na životnu sredinu:**

- *Opadanje nivoa podzemnih voda* - efekti i uticaji implementiranog rešenja na površinske i podzemne vode i druge parametre životne sredine. Usled sniženja nivoa podzemnih voda tokom rada sistema odbrane od podzemnih voda, javljaju se štetni uticaji na vodotoke, okolne hidrogeološke pojave, vodozahvatne objekte i zemljište. Korišćenjem bunara, u *kratkom* periodu dolazi do stvaranja depresije i *isušivanja* pojedinih delova terena, a upotrebom

vodonepropusnih ekrana stvara se veštačka barijera podzemnim vodama.

- *Kvalitet i količina iscrpljenih voda* - problemi vezani sa uticajem rudničkih voda na životnu sredinu, zatim odnos količina iscrpljenih voda po varijantama rešenja sistema odbrane od podzemnih voda korišćenjem bunara i količine podzemnih voda i njeno sprečavanje filtracije u ležište korišćenjem vodonepropusnog ekrana.
- *Štednja energije* - podrazumeva niz mera koje se preduzimaju u cilju smanjenja potrošnje električne energije, a koje pri tome ne narušavaju uslove rada sistema odbrane od podzemnih voda. Efikasna upotreba energije vodi ka energetske bezbednosti, čime se poštuju principi ekologije. Tako na primer, upotreba bunarskih pumpi dovodi do velike potrošnje energije, dok korišćenje vodonepropusnih ekrana kao elemenata sistema odbrane od podzemnih voda to se svodi na minimum.

Ostvarivanje najpovoljnijeg efekta sistema odbrane od podzemnih voda podrazumeva uzimanje u obzir svih faktora: tehničkih, ekonomskih i ekoloških.

3. ZAKLJUČAK

Nakon projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda na površinskim kopovima, korišćenjem hidrodinamičkog modela, potrebno je odabrati optimalnu varijantu rešenja. U dosadašnjoj praksi rešavanja problematike dreniranja površinskih kopova, prilikom izbora optimalnog rešenja, najčešće se rukovodilo ekonomskim kriterijumima. Analizom još nekih kriterijuma, pored ekonomskih, kao što su tehnički i ekološki, i njihovih podkriterijuma omogućava se sveobuhvatan izbor optimalnog sistema zaštite kopa od podzemnih voda. Generalno, teško je naći alternativu koja bi zadovoljila sve kriterijume istovremeno, pa je neophodno pronaći prihvatljiv kompromis. U opštem slučaju u inženjerskoj praksi, to se odnosi na različite *želje*, pa tako investitor želi ekonomski isplativo rešenje jer to direktno utiče na cenu proizvoda. S druge strane, širu društvenu zajednicu ne zanima cena, već su *želje* usmerene ka zaštiti i sprečavanju ugrožavanja životne sredine, dok su *želje* projektanta usmerene ka izboru efektivnog rešenja koje će ispuniti zadatak projekta, a pri tom se najvećim delom oslanja na pouzdanost tehničkog rešenja, delimično uzimajući u obzir ekonomske i ekološke faktore. Primenom višekriterijumskih optimizacionih proračuna vrši se izbor najbolje varijante iz niza mogućih ili povoljnih varijanti za usvojene

kriterijume i podkriterijume. Najbolja varijanta se naziva optimalno rešenje optimizacionog zadatka i predstavlja kompromis između želje - kriterijuma i mogućnosti - ograničenja. Na taj način, omogućena je održiva odluka o izboru sistema odbrane od podzemnih voda dobijenih hidrodinamičkom analizom.

Literatura

1. Ardakanian R. & Zarghami M.: Sustainability criteria for ranking of water resources projects, First national conference on water resources management, Iranian Water Resources Association, Tehran, 2004.
2. Bajić D. & Polomčić D.: Fuzzy optimization in hydrodynamic analysis of groundwater control systems: Case study of the pumping station Bezdán 1, Serbia, *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 75: 103-110. DOI: 10.2298/GABP1475103B, 2014.
3. Brassington R.: *Field hydrogeology*, 3rd edn., 276 pp. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.
4. Choi S.J., Kim J.H. & Lee D.R.: Decision of the water shortage mitigation policy using multi-criteria decision analysis, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16(2): 247-253, 2012.
6. Domenech L., March H. & Sauri D.: Degrowth initiatives in the urban water sector - a social multi-criteria evaluation of nonconventional water alternatives in Metropolitan Barcelona, *Journal of Cleaner Production*, 38: 44-55, 2013.
7. Hartman H. L. & Mutmansky J. M.: *Introductory mining engineering*, 571 pp. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.
8. Libicki Y. : Proposal of criteria for selection of dewatering methods in surface mining, pp. 105-112, *Proceedings of the 2nd International mine water assoc congress*, Granada: International Mine Water Association, 1985.
9. Polomčić D. & Bajić D. : Application of Groundwater modeling for designing a dewatering system: Case study of the Buvač, Open Cast Mine, Bosnia and Herzegovina, *Geologia Croatica*, 68(2):123-137 doi:10.4154/gc.2015.07, 2015.
10. Polomčić D., Pavlović V. & Šubaranović V.: Dewatering system selection at the open cast mine Drmno using hydrodynamic forecasting calculations, In Pavlović V. (Ed.), *Proceedings of the X International Opencast Mining Conference OMC 2012*, pp. 275-90., Belgrade, Serbia: Yugoslav Opencast Mining Committee, 2012.