

Хидродинамички прораџун заштите површинског копа Дрмно од подземних вода у периоду 2018-2022. година

Dušan Polomčić, Tomislav Šubaranović, Zoran Stojićević



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Hidrodinamički proračun zaštite površinskog kopa Drмно od podzemnih voda u periodu 2018-2022. godina | Dušan Polomčić, Tomislav Šubaranović, Zoran Stojićević | Zbornik apstrakata sa 9. Međunarodne konferencije Ugalj, Zlatibor, 2019. | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007279>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радovima 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



HIDRODINAMIČKI PRORAČUN ZAŠTITE POVRŠINSKOG KOPA DRMNO OD PODZEMNIH VODA U PERIODU 2018-2022. GODINA

HYDRODYNAMIC CALCULATION FOR OPENCAST MINE DRMNO UNDERGROUND WATER DRENAGE IN THE 2018-2022 PERIOD

Polomčić D.¹, Šubaranović T.², Stojićević Z.³

Apstrakt

Površinski kop lignita Drmno nalazi se u blizini velikih reka (Dunav i Mlava), zbog čega eksploatacija otkrivke i lignita u velikoj meri zavisi od sistema zaštite od podzemnih voda. Ukoliko je sistem zaštite od podzemnih voda dobro isplaniran, a njegov kapacitet dobro proračunat, onda će se eksploatacija obavljati u suvoj sredini, što podrazumeva sigurnu proizvodnju otkrivke i lignita.

U današnje vreme uz primenu adekvatnih softvera olakšano je kvalitetno planiranje i proračunavanje sistema za zaštitu površinskih kopova od podzemnih voda. Normalno, kako bi rezultati proračuna bili precizni, to mora da su parametri koji se unose u softver verodostojni i dobro izanalizirani.

Ključne reči: *odvodnjavanje, podzemne vode, površinski kop, lignit, Drmno*

Abstract

Opencast lignite mine Drmno is located near large rivers (Danube River and Mlava River), which is why mining overburden and lignite largely depends on the groundwater protection system. If the groundwater protection system is well planned and its capacity is well calculated, then the mining will be carried out in a dry environment, which implies the safe production of overburden and lignite.

Nowadays, with the help of adequate software, it is much easier to have high-quality planning and calculation of systems for the protection of opencast mines from groundwater. Normally, the parameters entered into the software must be credible and well-analyzed in order for the calculation results to be precise.

Key words: *dewatering, groundwater, opencast mine, lignite, Drmno*

¹ Prof. Dr Polomčić Dušan, dipl. inž. geol., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

² Doc. Dr Šubaranović Tomislav, dipl. inž. rud., Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

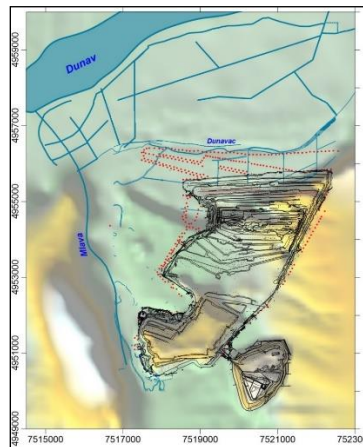
³ Stojićević Zoran, dipl. inž. rud., JP EPS, Ogranak TE-KO Kostolac

1. Uvod

Ležište lignita Drmno obuhvata teren površine oko 60 km², a granicu mu čine: reka Dunav na severu, Boževačka greda na istoku, linija Bradarac-Sirakovačka dolina na jugu i reka Mlava na zapadu. Površinski kop u sklopu ležišta nalazi se severoistočno od sela Drmno.

U hidrografskom pogledu, osnovno obeležje terenu daje reka Dunav kao najniži lokalni erozioni bazis. Neposredno duž zapadnog oboda ležišta protiče reka Mlava koja se kod Starog Kostolca uliva u Dunav. Raspored tokova prikazan je na Slici 1.1.

Ležište lignita Drmno predstavlja u hidrogeološkom i hidrodinamičkom pogledu složen basen, izgrađen od više vodonosnih slojeva [1, 2].



Slika 1.1. Hidrografska mreža u okolini površinskog kopa Drmno

2. Rekalibracija hidrodinamičkog modela ležišta

Hidrodinamički model i proračuni su sprovedeni u licenciranom programu Groundwater Vistas verzija 5.51., koji se svrstava u sam svetski vrh programa ove vrste.

Hidrodinamički proračuni za potrebe dimenzionisanja broja bunara, njihovog međusobnog rastojanja i pojedinačnih kapaciteta, kao i za prognozu efekata rada sistema zaštite površinskog kopa Drmno od podzemnih voda, realizovani su na hidrodinamičkom modelu koji je koncipiran kao višeslojeviti model, sa ukupno 6 slojeva. Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju. Posmatrano od površine terena, korespondentni slojevi modela i terena su:

I vodonosni sloj	Povlatni aluvijalni i lesni sedimenti
II vodonosni sloj	Pretežno šljunkoviti vodonosni sloj
III vodonosni sloj	Peskoviti i glinoviti sloj u povlati II ugljenog sloja, koji bočno prelazi u povlatni sloj III ugljenog sloja
IV kombinovani izolatorsko - vodonosni sloj	II ugljeni sloj koji bočno prelazi u povlatni peskoviti sloj III ugljenog sloja
V vodonosni sloj	Peskoviti sloj koji leži u povlati III ugljenog sloja. U zapadnom delu terena on leži direktno preko VI vodonosnog sloja
VI vodonosni sloj	Prašinasto-peskoviti sloj koji leži u povlati III ugljenog sloja. U delu terena gde on izostaje, povlatu III ugljenog sloja čine peskovi čiji je glavni predstavnik na modelu V vodonosni sloj

Područje obuhvaćeno modelom ima dimenzije 6.720*10.320 m, a sastoji se iz 614.380 aktivnih ćelija. Diskretizacija strujne oblasti je sa poljima dimenzija od 10*10 m do 80*80 m. Kretanje podzemnih voda na modelu je računato je i simulirano kao realno kretanje pod pritiskom,

ili sa slobodnim nivoom, u svakom polju diskretizacije pojedinačno.

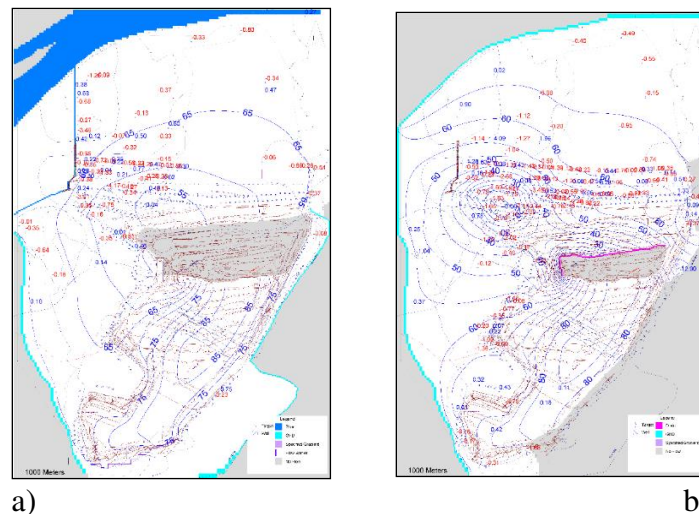
Na hidrodinamičkom modelu površinskog kopa Drmno (Pušić i Polomčić) iz 1999. godine, u više navrata je vršena rekalkibracija (2005., 2006., 2007., 2008., 2009., 2010., 2011., 2012., 2013., 2014. i 2016.) u skladu sa napredovanjem rudarskih radova, rezultatima novih geoloških istraživanja, razvojem sistema za zaštitu površinskog kopa od podzemnih voda, novim podacima osmatranja režima podzemnih voda i dr.

Za potrebe izrade Dopunskog rudarskog projekta površinskog kopa Drmno za kapacitet od $12 \cdot 10^6$ t uglja godišnje, postojeći model je u određenoj meri modifikovan. Pored zadavanja aktivnog broja drenažnih bunara (sa registrovanim proticajima), progušćene mreže pijezometara i aktuelnog stanja rudarskih radova, na modelu su izvršene i sledeće izmene:

- Izmešteno je korito Dunavca (Slika 2.1);
- Korigovano je rasprostranjenje sva tri ugljena sloja na osnovu novih geoloških istraživanja, kao i dela litoloških članova u povlati III ugljenog sloja;
- Delimično su korigovane kote podinešematizovanih modelskih slojeva na osnovu rezultata novih geoloških istraživanja;
- Korigovana je hidraulička uloga reke Mlave u prva dva modelska sloja;
- Izmenjene su vrednosti graničnog uslova Opšti pijezometarski nivo u slojevima III - VI na zapadnoj strani;
- Uneti su novi pijezometri u linijama ispred konture napredovanja kopa.

Za ovaj projekat urađena je nova rekalkibracija sa podacima režima podzemnih voda za 2016. i 2017. godinu. Hidrodinamički proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja [4].

Unutar jednogmesecnog perioda za pojedinačnu rekalkibraciju modela, osnovni proračunski korak iznosi jedan dan, dok je na nižem nivou iteracija podeljen na 10 delova nejednakog trajanja (faktor 1,2). Rekalkibracija modela rađena je manuelno i automatski uz pomoć programa PEST sa regularizacijom. Ukupno je zadato po 983 kontrolnih tačaka za horizontalnu i vertikalnu komponentu koeficijenta filtracije. Na Slici 2.1 prikazan je raspored pijezometarskih nivoa u šljunkovitom i peskovitom vodonosnom sloju u povlati III ugljenog sloja, dobijen simulacijom režima podzemnih voda sa stanjem oktobar 2017. godine.



Slika 2.1. Prikaz rasporeda pijezometarskih nivoa u a) šljunkovitom i b) peskovitom sloju iznad III ugljenog sloja (oktobar 2017.)

U cilju provjere kvaliteta izvedene rekalkulacije hidrodinamičkog modela izvršena je statistička analiza rezultata simulacije režima podzemnih voda. U Tabeli 2.1, prikazani su osnovni statistički pokazatelji vezani za rezidualne, odnosno razlike registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometrijskih nivoa u ukupno 226 osmatračka objekta.

Tabela 2.1. Prikaz statističkih reziduala

Srednja vrednost reziduala	-0,38
Standardna devijacija	1,22
Apsolutna srednja vrednost	0,74
Suma kvadrata	131,40
Srednja kvadratna greška	1,08
Minimalna vrednost reziduala	-10,38
Maksimalna vrednost reziduala	12,90

Prikazani statistički pokazatelji ukazuju na dobru usaglašenost registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometrijskog nivoa u osmatračkim objektima. Ukupna greška u bilansu iznosi 0,02% kao razlika ukupnog ulaza i izlaza iz modela, što je više nego prihvatljivo, s obzirom na dimenzije modela, veliki broj modelskih ćelija u kojima su zadavani granični uslovi i kompleksnost modela kojim su simulirani složeni geološki i hidrogeološki uslovi na širem području površinskog kopa Drmno.

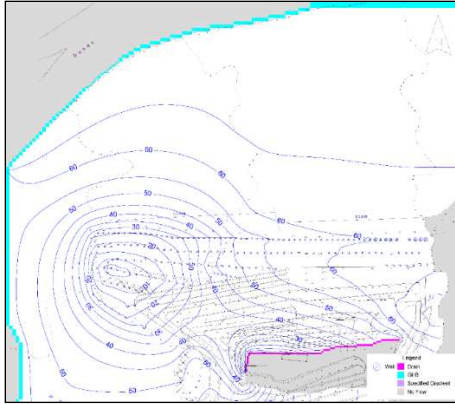
3. Hidrodinamički proračuni

Predmet prognoznih proračuna na modelu predstavlja određivanje broja i lokacija bunara u okviru drenažnih linija ispred konture napredovanja kopa i obodnih linija na zapadu i istoku. Dinamika izgradnje i aktiviranja linija bunara za period 2018. - 2022. godina, prikazana je u Tabeli 3.1 [4].

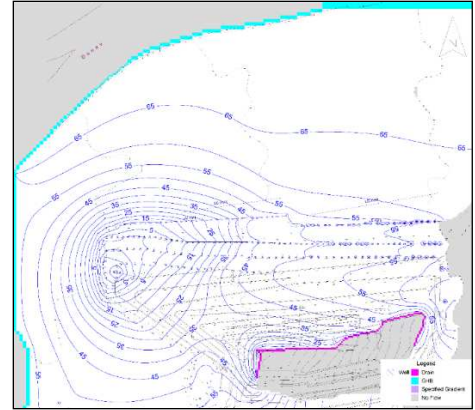
Tabela 3.1. Dinamika izgradnje i aktiviranja linija bunara

2018. godina	- 01.04.2018. početak rada linije LC-XV
	- izrada linije bunara LC-XVI i njeno puštanje u rad 01.09.2018.
2019. godina	- izrada linije bunara LC-XVII i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴ i njihovo puštanje u rad 01.06.2019.
2020. godina	- izrada linije bunara LC-XVIII i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴ i njihovo puštanje u rad 01.06.2020.
2021. godina	- izrada linije bunara LC-XIX i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴ i njihovo puštanje u rad 01.06.2021.
	- izrada linije bunara LC-XX i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴
2022. godina	- 01.01.2022. puštanje u rad linije bunara LC-XX i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴
	- izrada linije bunara LC-XXI i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴
	- 01.07.2022. puštanje u rad linije bunara LC-XXI i pratećih bunara ŠLA, LB-V i LB-V ⁴

Pored karakteristika drenažnih linija, predmet analize bila je i veličina početnih kapaciteta bunara u okviru linija bunara. Hidrodinamički proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja, uzimajući u obzir i zadavajući sve dominantne parametre režima podzemnih voda površinskog kopa. Na Slikama 3.1 - 3.5, prikazane su karte rasporeda pijezometrijskog nivoa u peskovitom vodonosnom sloju u povlati III ugljenog sloja dobijene proračunima.



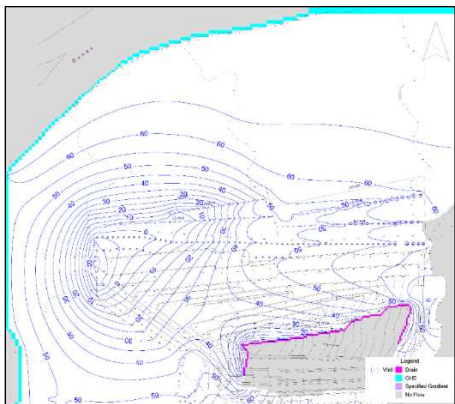
Slika 3.1. Raspored pijezometarskog nivoa u nivoa u peskovima iznad III ugljenog sloja (kraj 2018.)
nivoa (kraj 2019.)



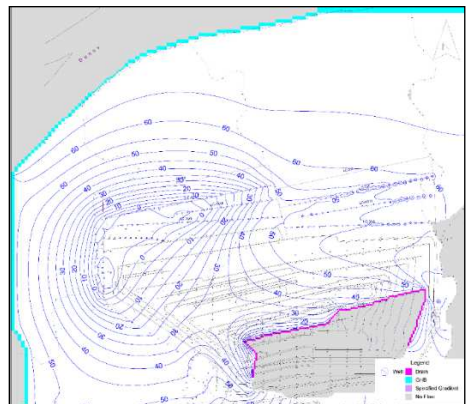
Slika 3.2. Raspored pijezometarskog peskovima iznad III ugljenog
peskovima iznad III ugljenog

Neophodno je dati objašnjenje vezano za pravilno tumačenje rezultata proračuna, koji se odnose na rad drenažnih bunara. Bunari su u modelu zadavani preko svojih proticaja. Pijezometarski nivoi u poljima sa zadatim proticajima nikako ne mogu biti realni u bunarima, iz dva razloga. Prvi i osnovni je taj što se ni približno ne znaju hidrauličke karakteristike projektovanih bunara i njihove profiltarske zone. Drugi razlog je na određeni način posledica prvog, a to je da su bunari reprezentovani sa poljima diskretizacije dimenzija 10*10 m. Dakle, pijezometarski nivoi u poljima sa zadatim bunarskim proticajima su u stvari reprezentativni nivoi u ovim poljima.

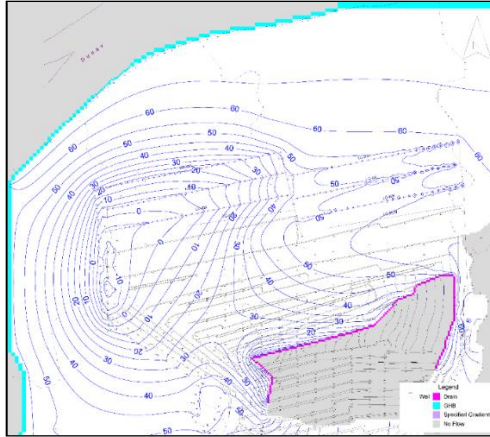
Sa prikazanih karata rasporeda pijezometarskih nivoa se može zaključiti da se u povlatnim peskovima III ugljenog sloja uočava značajan efekat rada drenažnih bunara. Evidentna je razlika strujne slike podzemnih voda unutar krajnjih kontura drenažnog sistema i područja izvan ove konture. Usled intenzivnog rada bunarskog sistema, unutar kontura drenažnog sistema dolazi do znatnog obaranja pijezometarskog nivoa podzemnih voda u povlatnim peskovima.



Slika 3.3. Raspored pijezometarskog nivoa u nivoa u peskovima iznad III ugljenog sloja (kraj 2020.)
nivoa (kraj 2021.)



Slika 3.4. Raspored pijezometarskog peskovima iznad III ugljenog
peskovima iznad III ugljenog



Slika 3.5. Raspored pijezometarskog nivoa u peskovima iznad III ugljenog sloja (kraj 2022.)

Dalja analiza je vezana za bilans drenažnih bunara, na osnovu koje se generalno uočava smanjenje početnih proticaja bunara u linijama ispred fronta napredovanja površinskog kopa. Izraženije opadanje proticaja bunara se javlja kao direktna posledica izrade i aktiviranja novih bunara u drenažnim linijama bliže Dunavu, koje imaju ulogu hidrauličke zavese sprečavajući doticaj u bunare bliže kopu. Takođe, na opadanje proticaja bunara bližih kopu utiče i uklanjanje jalovine čime se veštačkim putem smanjuje strujna oblast. S druge strane, obodnim bunarima u liniji ŠLA (na istoku) se smanjuje kapacitet da bi se kasnije stabilizovao oko vrednosti 1,5 do 2,5 l/s. Na zapadnoj strani kopa u linijama LB-V i LB-V'' smanjenje početnih proticaja bunara varira od 0 do 33,3% (prosečno 17%) na kraju prognoznih proračuna.

U analiziranom vremenskom periodu primetan je trend povećanja proticaja drenažnih linija iz godine u godinu, što je posledica aktiviranja linija LC-XIX, LC-XX i LC-XXI početnih ukupnih proticaja 420 do 426 l/s. Ovo je posledica blizine Dunava i povećanja debljine peskovitih naslaga u povlati III ugljenog sloja na severozapadnoj strani kopa, što obezbeđuje stabilnije uslove prihranjivanja zona u kojima su locirani bunari.

Ovo je svakako nepovoljna okolnost po pitanju ovodnjenosti ležišta i nameće potrebu za intenziviranjem radova na izradi vodonepropusnog ekrana i održavanju u funkcionalnom stanju više baražnih linija istovremeno ispred konture napredovanja kopa [3]. Ukupni proticaji u linijama bunara opadaju od početka puštanja pripadajućih bunara u rad, izuzev bunara na zapadnoj strani kopa koji su locirani u povoljnim hidrogeološkim uslovima.

4. Zaključak

Hidrodinamički proračuni zaštite površinskog kopa Drmno od podzemnih voda za period 2018. - 2022. godina sprovedeni su na hidrodinamičkom modelu ležišta Drmno, pomoću softverskog paketa Groundwater Vistas verzija 5.51.

Prvo je izvršena rekaliبرacija hidrodinamičkog modela, a kao provera izvršena je statistička analiza rezultata simulacije režima podzemnih voda preko 226 osmatračkih objekata. Prikazani statistički pokazatelji su ukazali na dobru usaglašenost registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometarskih nivoa u osmatračkim objektima. Ukupna greška u bilansu iznosila je svega 0,02%.

Predmet proračuna na hidrodinamičkom modelu je predstavljalo određivanje broja i lokacija bunara ispred konture kopa, kao i na istoku i zapadu, kao i njihovih pojedinačnih kapaciteta. Hidrodinamički proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja.

Na osnovu izvršenih proračuna može se zaključiti da se u povlatnim peskovima III ugljenog sloja uočava značajan efekat rada drenažnih bunara, kao i da je evidentna razlika strujne slike podzemnih voda unutar krajnjih kontura drenažnog sistema i područja izvan ove konture. Usled intenzivnog rada bunarskog sistema, unutar kontura drenažnog sistema dolazi do znatnog obaranja pijezometarskog nivoa podzemnih voda u povlatnim peskovima. Takođe u posmatranom vremenskom periodu primetno je i povećanje proticaja drenažnih linija iz godine u godinu, što je posledica aktiviranja linija LC-XIX, LC-XX i LC-XXI.

Literatura

- [1] Pavlović V., Šubaranović T., 2012, Pouzdanost, optimizacija i upravljanje sistemima odvodnjavanja površinskih kopova, Naučna monografija, str. 140, ISBN: 978-86-7352-240-1, COBISS.SR-ID 192077836, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [2] Šubaranović T., Stojićević Z., Marinković Lj., Ilić S., 2017, Hidrodinamički proračun zaštite površinskog kopa lignita Drmno bunarima od podzemnih voda u toku 2017. godine, Zbornik radova 8. Međunarodne konferencije Ugalj 2017, str. 411-422, ISBN: 978-86-83497-24-9, Zlatibor.
- [3] Šubaranović T., Polomčić D., Pavlović V., 2018, Tehno-ekonomska analiza varijanti sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda do kraja eksploatacije, Zbornik radova 13. Međunarodne konferencije o površinskoj eksploataciji OMC 2018, str. 274-282, ISBN: 978-86-83497-25-6, Zlatibor.
- [4] JP EPS, Ogranak RB Kolubara OC Projekt, Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet i Rudarski institut Beograd, 2019, Dopunski rudarski projekat površinskog kopa Drmno za kapacitet od $12 \cdot 10^6$ t uglja godišnje, Knjiga 4 - Tehnički projekat zaštite kopa od voda, Lazarevac.