

Analiza sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda sa severnim savršenim ekranom

Tomislav Šubaranović, Dušan Polomčić, Vladimir Pavlović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Analiza sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda sa severnim savršenim ekranom | Tomislav Šubaranović, Dušan Polomčić, Vladimir Pavlović | Zbornik apstrakata sa 9. Međunarodne konferencije Ugalj, Zlatibor, 2019. | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007281>



**ANALIZA SISTEMA ODVODNJAVANJA POVRŠINSKOG KOPA DRMNO OD
PODZEMNIH VODA SA SEVERNIM SAVRŠENIM EKRANOM**

**OPENCAST MINE DRMNO UNDERGROUND WATER DRAINAGE SYSTEM
ANALYSIS WITH A PERFECT SCREEN IN THE NORTH**

Šubaranović T.¹, Polomčić D.², Pavlović V.³

Apstrakt

Izrada nesavršenog ekrana do drugog sloja uglja na površinskom kopu Drmno, pored zadržavanja postojećih standardnih metoda odvodnjavanja od podzemnih voda linijama bunara, predviđena je poslednje decenije u celokupnoj rudarskoj projektnoj dokumentaciji. Iz objektivnih i subjektivnih razloga njegova realizacija nije ostvarena do danas. U međuvremenu je, uz dodatna geološka istraživanja i promenu dinamike i parametara sistema površinske eksploatacije, došlo do određenih značajnih prostornih promena geoloških i rudarskih uslova u eksploatacionom polju. Ovo je omogućilo preliminarno inoviranje pristupa procesu i konceptu odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda u prvoj fazi, koje je obrađeno kroz tri tehno-ekonomske varijante sa učešćem dinamike ulaganja kao finansijskog faktora [4]. Analiza je pokazala da nije moguće pouzdano braniti površinski kop od podzemnih voda postojećim i varijantnim sistemima odvodnjavanja posle 2047. godine. U drugoj fazi analize je obrađena je četvrta tehno-ekonomska varijanta sistema odvodnjavanja sa izradom savršenog ekrana ispred severne završne konture površinskog kopa Drmno prema reci Dunav. Realizacijom ove varijante sistema odvodnjavanja obezbeđuje se siguran rad površinskog kopa Drmno do kraja eksploatacionog veka.

Ključne reči: podzemne vode, odvodnjavanje, bunari, ekran, dinamika, troškovi

Abstract

The construction of an imperfect screen to the second coal seam on the Drmno opencast mine has been planned in recent decades in the entire mining project documentation, in addition to retaining existing standard methods of drainage from groundwater by well lines. Due to objective and subjective reasons, its realization has not been achieved to date. In the meantime, with additional geological explorations and changes in the dynamics and parameters of the mining system, there have been some significant spatial changes in the geological and mining conditions in the mining

¹ Doc. Dr Šubaranović Tomislav, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

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

³ Prof. Dr Pavlović Vladimir, Centar za površinsku eksploataciju, Beograd

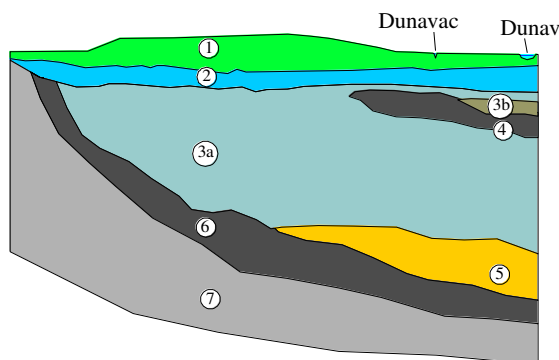
field. This enabled a preliminary innovation of the approach to the process and concept of Drmno mine drainage in the first phase, which was examined through three techno-economic variants with the participation of the dynamics of investment as a financial factor [4]. The analysis showed that it is not possible to reliably protect a surface mine from groundwater by existing drainage systems beyond 2047. In the second phase of the analysis, the fourth techno-economic variant of the drainage system was elaborated with a creation of a perfect screen in front of the northern final contour of the Drmno mine, towards the Danube River. The implementation of this drainage system variant ensures the safe operation of the Drmno mine until the end of its mining cycle.

Key words: *underground water, drainage, wells, screen, dynamics, costs*

Uvod

U hidrogeološki veoma složenom ležištu uglja najveće rezerve podzemnih voda se formiraju u okviru kvartarnih sedimenata aluvijona reka Velike Morave i Dunava i Mlave. Na osnovu koeficijenta ovodnjivosti čija je vrednost 3,58 m³/t, površinski kop Drmno se svrstava u ležišta sa srednjom ovodnjivošću.

Kao rezultat uslova sedimentacije na ležištu uglja Drmno formirana je litološka serija preovlađujuće vodonosnih slojeva. To su: aluvijalni i lesni sedimenti (1), šljunak (2), pesak (3a), glina (3b), drugi sloj uglja (4), prašinski pesak (5), treći sloj uglja (6) i podinski vodonosni sedimenti (7). Kao ilustracija, na Slici 1 je prikazan šematizovani litološki profil jug-sever. Na Slici 1 je uočljivo da treći sloj uglja (6) pada u pravcu severa, odnosno reke Dunav, da se debljina vodonosnih slojeva peska (3a) i prašinstog peska (5) uvećava te da se uslovi odvodnjavanja površinskog kopa od podzemnih voda usložnjavaju sa napredovanjem eksploatacije.



Slika 1. Šematski poprečni presek jug-sever ležišta uglja Drmno (1. Aluvijalni i lesni sedimenti 2. Šljunak (Pl₁); 3a. Pesak; 3b. Glina; 4. Drugi sloj uglja; 5. Prašinski pesak; 6. Treći sloj uglja; 7. Podinski vodonosni sedimenti)

Na osnovu analize postojeće projektne dokumentacije iz 2018. godine, realno je očekivati da početak izrade nesavršenog ekrana do drugog sloja uglja, pored niza linija bunara, počne 2023. godine, pri čemu se, u odnosu na starije dokumente, dužina skraćuje sa manjom promenom lokacije na severozapadnoj strani.

Decenijsko odlaganje izrade projektovanog nesavršenog ekrana do drugog sloja uglja (4) (Slika 1) u okviru kompleksnog sistema odvodnjavanja od podzemnih voda, otvorilo je i

mogućnost dodatnih tehno-ekonomskih analiza, imajući u vidu, visinu i dinamiku ulaganja u objekte odvodnjavanja, kao i prostorne promene karakteristika radne sredine površinskog kopa Drmno nastale, pre svega, zbog izmena u dinamici eksploatacije i novih saznanja na osnovu dopunskih geoloških istraživanja.

1. Prognozni hidrodinamički proračuni varijanti odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda

Sprovedeni prognozni hidrodinamički varijantni proračuni predstavljaju osnovu za izradu tehno-ekonomske ocene rada različitih sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda. Prognozni proračuni su obuhvatili tri vremenska preseka, saglasno Osnovnoj koncepciji odbrane površinskog kopa od podzemnih voda (Rudarsko-geološki fakultet, 2018. godine) [5], i to: kraj 2027. i kraj 2032. godine, dok je završna 2047. godina identična za sve varijante s obzirom na uzak pojas između završne konture kopa i Dunava i nemogućnost izrade novih linija bunara. Navedeni vremenski preseki uslovljeni su odgovarajućim rudarskim podlogama u skladu sa dinamikom eksploatacije. Proračuni su sprovedeni u nestacionarnim uslovima sa osnovnim proračunskim korakom od mesec dana, koji je na nižem nivou iteracija podeljen da 10 delova, nejednakog trajanja (Faktor 1.2).

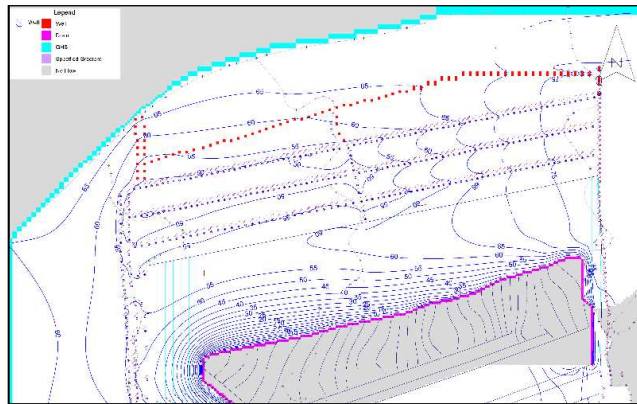
U prvoj fazi analize prognoznim proračunima zaštite kopa od podzemnih voda, analizirani su efekti rada tri koncepcije odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda [4], dok je u drugoj fazi analize dodata i Varijanta 4:

- Varijanta 1 - Odvodnjavanje drenažnim bunarima (na lokacijama, u broju i sa inicijalnim kapacitetima kako je projektovano u Osnovnoj koncepciji) uz aktiviranje nesavršenog vodonepropusnog ekrana do drugog sloja uglja na lokacijama i sa karakteristikama prema Osnovnoj koncepciji odvodnjavanja površinskog kopa.
- Varijanta 2 - Odvodnjavanje drenažnim bunarima (na lokacijama, u broju i sa inicijalnim kapacitetima kako je projektovano u Osnovnoj koncepciji, uz aktiviranje dopunskih drenažnih bunara ispred i oko konture napredovanja kopa), i uz aktiviranje nesavršenog vodonepropusnog ekrana 2025. godine samo na krajnjem severnom delu površinskog kopa.
- Varijanta 3 - Odvodnjavanje kopa samo drenažnim bunarima (na lokacijama, u broju i sa inicijalnim kapacitetima kako je projektovano u Osnovnoj koncepciji, uz aktiviranje dopunskih drenažnih bunara ispred i oko konture napredovanja površinskog kopa).
- Varijanta 4 - Odvodnjavanje drenažnim bunarima (na lokacijama, u broju i sa inicijalnim kapacitetima kako je analizirano u Varijanti 3) uz zadavanje savršenog ekrana do trećeg ugljenog sloja na severu ispred završne konture površinskog kopa prema reci Dunav.

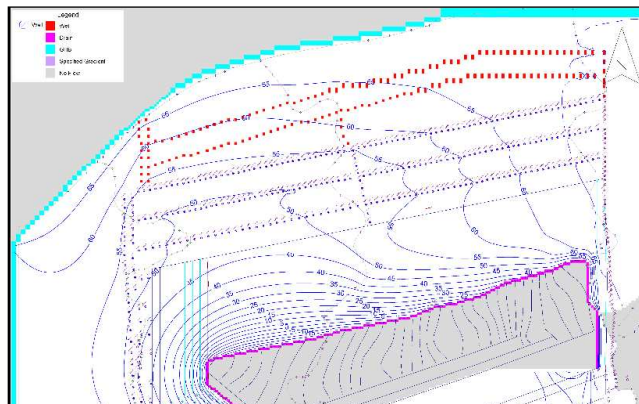
Na Slikama od 2 do 7 prikazane su karte rasporeda piježometarskog nivoa u povlati trećeg ugljenog sloja, za kraj 2032. i kraj 2047. godine.



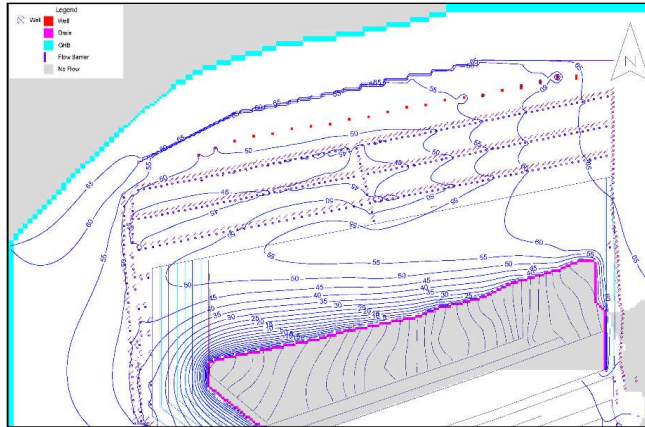
Slika 2. Raspored pijezometarskog nivoa u povlati III ugljenog sloja na kraju 2032. godine (Varijanta 1) [4]



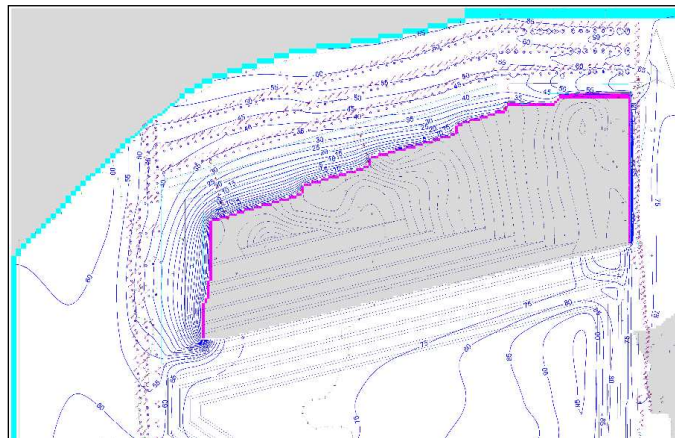
Slika 3. Raspored pijezometarskog nivoa u povlati III ugljenog sloja na kraju 2032. godine (Varijanta 2) [4]



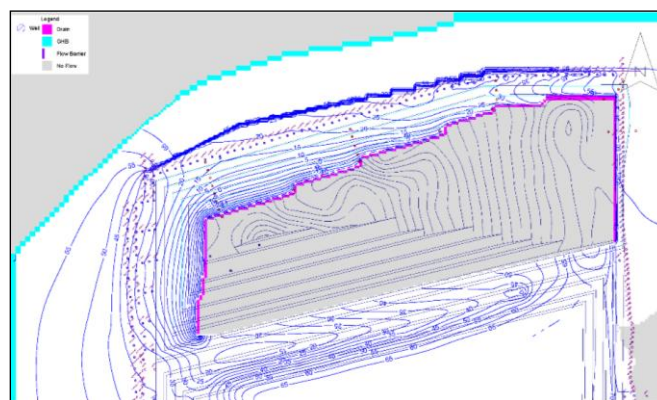
Slika 4. Raspored pijezometarskog nivoa u povlati III ugljenog sloja na kraju 2032. godine (Varijanta 3) [4]



Slika 5. Raspored pijezometarskog nivoa u povlati III ugljenog sloja na kraju 2032. godine (Varijanta 4)

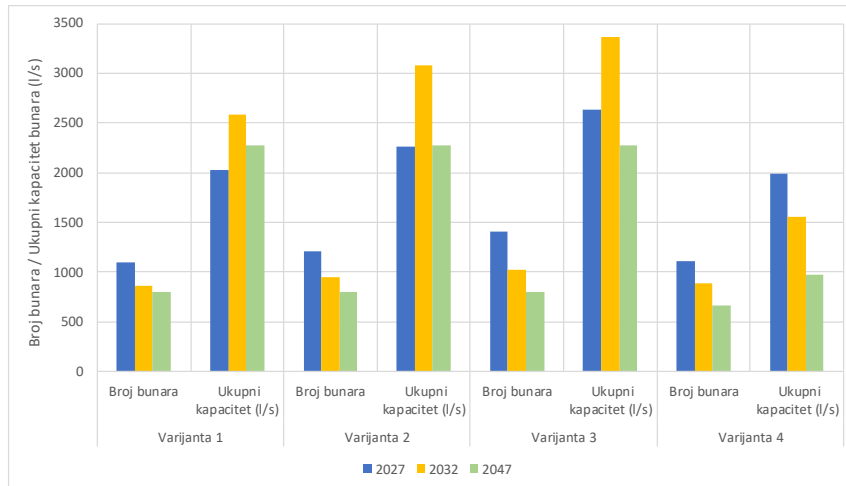


Slika 6. Raspored pijezometarskog nivoa u povlati III ugljenog sloja na kraju 2047. godine (Varijante 1, 2 i 3) [4]



Slika 7. Raspored pijezometarskog nivoa u povlati III ugljenog sloja na kraju 2047. godine (Varijanta 4)

Na Slici 8 prikazan je broj bunara za izabrane vremenske preseke i ukupne količine vode koje se zahvataju drenažnim bunarima za kraj 2027., 2032. i 2047. godine.



Slika 8. Prikaz ukupnog broja angažovanih bunara i ukupnih količina vode koje se zahvataju po varijantama prognoznih proračuna

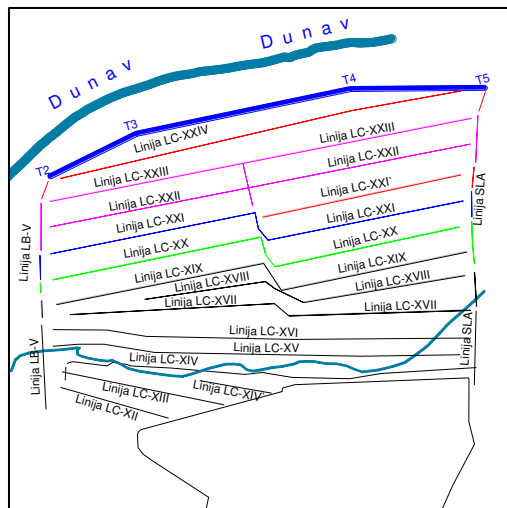
Kako rudarski radovi napreduju ka severu, uslovi zavodnjenosti sedimenata u povlati trećeg sloja uglja sloja se znatno pogoršavaju kao posledice približavanju Dunavu i većeg zaleganja ugljenog sloja ka severu, što uzrokuje povećanje zapremine akumuliranih podzemnih voda. U Varijanti 1 prognoznih proračuna broj bunara opada vremenom, pri čemu postoji nesavršeni vodonepropusni ekran sa zapadne, severne i istočne strane završne konture površinskog kopa na projektovanim lokacijama [4]. Prema ovoj varijanti, najintenzivnije zahvatanje podzemnih voda je na kraju 2032. godine, što je posledica veće zapremine preostalih akumuliranih podzemnih voda unutar pojasa pod zaštitom vodonepropusnog ekrana. Veći broj bunara zadavan je u Varijantama 2 i 3, pri čemu je to u Varijanti 3 znatno izraženije. Za razliku od njih, u Varijanti 4 se ostvaruju najbolji rezultati predodvodnjavanja. Nivoi podzemnih voda su niži za 5 do 15 metara što je posledica sprečavanja pretakanja voda infiltriranih iz Dunava preko šljunkova do peskova u povlati trećeg ugljenog sloja. Ovom varijantom za sličan broj bunara po Varijanti 1, zahvata se na kraju 2032. godina sa nešto preko 1,000 l/s podzemnih voda manje nego u Varijanti 1 i 1,810 l/s manje u odnosu na Varijantu 3 i uz 131 bunar manje.

S obzirom na relativno uzak pojas između krajnje konture površinskog kopa (kraj 2047. godine) i Dunava, javlja se nemogućnost postavljanja još jedne linije bunara. Po Varijanti 1 već postoje tri baražne linije bunara na kraju 2047. godine. Zbog toga za završnu godinu rada nije moguće simulirati ostale varijante sa povećanim brojem bunara. Dodatno se veštački smanjuje strujna oblast koja odgovara napredovanju radne konture površinskog kopa, koja za 2047. godinu predstavlja skok od 15 godina u kojima nema uticaja predodvodnjavanja na kop. Usled toga, završna godina je identična za prve tri varijante. Varijante 2 i 3 ne mogu obezbediti potrebnu zaštitu kopa od priliva podzemnih voda infiltriranih od Dunava. Međutim, Varijanta 4, kada na severu između Dunava i završne konture kopa postoji savršen vodonepropusni ekran, omogućava potpunu zaštitu kopa od direktnog uticaja Dunava. Za razliku od prethodnih varijanti, po ovoj, nije potrebno izraditi linije bunara LC-XXV i LC-XXVI sa pratećim bunarima obodnih linija ŠLA i LB-V (ukupno 174 bunara) [4].

Dakle, u poslednjim godinama rada površinskog kopa Drmno, sa obzirom na blizinu reke Dunav, jedinu realnu sigurnu zaštitu od podzemnih voda obezbeđuje severni savršeni vodonepropusni ekran uz projektovane obodne linije drenažnih bunara.

2. Zaštita površinskog kopa Drmno linijama bunara i severnim savršenim ekranom

Elementi sistema odvodnjavanja u Varijantama 1, 2 i 3 detaljno su obrađeni u prvoj fazi analize [4]. U tehno-ekonomskoj analizi je kao optimalna usvojena Varijanta 3 sa zaključkom da se posle 2047. godine površinski kop Drmno ne može pouzdano braniti od priliva podzemnih voda. Zbog toga je u Varijanti 4 predviđen sistem odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda linijama bunara i savršenim ekranom do trećeg sloja uglja severno od završne konture površinskog kopa (Slika 9). Dinamika izrade ekrana sa predračunom data je u Tabeli 1, dinamika izrade linija bunara u Tabeli 2, a potrebna ukupna ulaganja u Tabeli 3.



Slika 9. Objekti odvodnjavanja površinskog kopa Drmno - Varijanta 4

Dužina ekrana u ovoj Varijanti je 5,314 m. Najmanja dubina je 48 m, dok je najveća dubina 116 m. Srednja dubina ekrana je 82 m. Srednja širina ekrana je 1.2 m.

Tabela 1. Dinamika izrade savršenog ekrana sa predračunom

Godina	Deonica	Površina (m ²)	Cena po m ² (€)	Iznos (€)
2023	T2-T3	76000	173.5	13186000
2024	T2-T3+T3-T4	76000	173.5	13186000
2025	T3-T4	76000	173.5	13186000
2026	T3-T4+T4-T5	76000	136.5	10374000
2027	T4-T5	75833	136.5	10351204
	Ukupno	379,833		60,283,204

Tabela 2. Dinamika izrade linija bunara

Godina	Naziv linije bunara	Broj bunara	Aktiviranje
2025	LC-XXI + SLA	31+5	2026
2028	LC-XXII + SLA+LB-V+LB+5S	85+12+22+3	2029
2030	LC-XXIII+SLA+LB-V+LB+5S	85+12+20+4	2031
2035	LC-XXIV+SLA+LB-V	63+11+20	2036
2039	SLA+LB-V	3+6	2040

Tabela 3. Ukupna ulaganja u sistem odvodnjavanja - Varijanta 4

Godina	Iznos (€)	Godina	Iznos (€)
2023	15403152	2036	2786688
2024	15300799	2037	2520448
2025	17253192	2038	2357175
2026	12469434	2039	5614521
2027	12351898	2040	2187774
2028	10804943	2041	2108790
2029	2391733	2042	2029806
2030	11361263	2043	4754336
2031	2848568	2044	1926207
2032	2775983	2045	1901416
2033	2714716	2046	1876625
2034	2487919	2047	1851834
2035	11345636	Ukupno	151,424,856

3. Varijantni troškovi sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda

Za sve varijante odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda usvojena je cena bunara od 550 euro/m. To je srednja cena u odnosu na nekoliko poslednjih linija bunara koje su izrađene. Uračunato je bušenje, kao i opremanje bunara bunarskom konstrukcijom, pumpom, ROP i svim drugim materijalom. Takođe, za servisne, odnosno pristupne puteve kod linija bunara i gravitacionih cevovoda, uzeta je cena od 33 eura/m. To je srednja cena u odnosu na nekoliko poslednjih linija bunara kao uključujući i izrađene puteve.

Ukupni srednji troškovi izrade nesavršenog ekrana po m² u Varijanti 1 i Varijanti 2 iznose 136.5 euro, dok ukupni srednji troškovi izrade savršenog ekrana po m² u Varijanti 4 iznose 173.5 euro. Dužina nesavršenog ekrana u Varijanti 1 je 11,518 m, dok je u Varijanti 2 dužina 5,314 m, kao što je i u Varijanti 4 dužina savršenog ekrana.

Detaljni troškovi sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno do kraja eksploatacije u Varijantama 1, 2 i 3 prikazani su u prvoj fazi tehno-ekonomske analize [4], a ukupni troškovi sistema odvodnjavanja po varijantama su dati u Tabeli 4.

Tabela 4. Ukupni troškovi sistema odvodnjavanja po varijantama

Varijanta	Iznos (€)	Pouzdanost odvodnjavanja
Varijanta 1	142,065,352	do 2047
Varijanta 2	133,218,871	do 2047
Varijanta 3	130,858,308	do 2047
Varijanta 4	151,424,857	Do kraja eksploatacije

U prvoj fazi tehno-ekonomske analize, uz procenu ulaganja i troškova, izvršena je i finansijska analiza preko proračuna sadašnje vrednosti i neto sadašnje vrednosti. Sa aspekta ukupnih ulaganja i ovih analiza odabrana je Varijanta 3 (sistem odvodnjavanja samo linijama bunara bez izrade ekrana) kao najpovoljnija. Analiza je, takođe, pokazala da se sa sve tri varijante ne može sigurno odvodnjavati površinski kop posle 2047. godine, Drugom fazom analize je utvrđeno da se sistemom odvodnjavanja u Varijanti 4 obezbeđuje siguran rad površinskog kopa Drmno do kraja eksploatacije. Strateške odluke po pitanju životnog veka površinskog kopa i izbora sistema odvodnjavanja se mogu doneti tek po izradi Studije opravdanosti Sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno do kraja eksploatacije.

Pri konačnom izboru varijante odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda neophodno je imati u vidu određena prirodna, tehnička i tehnološka ograničenja i uz optimizaciju obezbediti pouzdano upravljanje sistemom odvodnjavanja [1, 2, 3]. Zato je neophodno u što kraćem roku izraditi Studiju opravdanosti za izbor sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda, kojom bi se precizno utvrdili ulazni podaci i izvršila optimizacija dinamike ulaganja.

4. Zaključak

Zbog objektivnih i subjektivnih razloga u proteklom vremenu, uglavnom vezanih za nedostatak investicija, došlo do decenijskog odlaganja izrade ekrana kao elementa sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda. Kako se, prema trenutnim sagledavanjima, predviđa početak izrade ekrana predviđa 2023. godine, otvara se vremenska mogućnost tehno-ekonomskog preispitivanja projektnih rešenja sistema odvodnjavanja od podzemnih voda imajući u vidu nastale značajne promene uslova radne sredine u prostoru i vremenu, dinamike razvoja i ulaganja i potrebu za optimizacijom u finansijskom i tehnološkom smislu.

U Prvoj fazi [4], od date tri varijantne preliminarne tehno-ekonomske analize usvojena je Varijanta 3 sa odvodnjavanjem samo linijama bunara do 2047. godine. Posle 2047. godine nije više moguće postavljati nove linije bunara zbog blizine reke Dunav tako da se površinski kop ne može sigurno odvodnjavati. Zbog toga je u Drugoj fazi analize obrađena Varijanta 4 sa izradom severnog savršenog ekrana. Rezultati analize su pokazali da je do kraja veka eksploatacije jedinu realnu sigurnu zaštitu od podzemnih voda površinskog kopa Drmno moguće obezbediti izradom severnog savršenog vodonepropusnog ekrana uz projektovane obodne linije drenažnih bunara. Za donošenje konačne odluke, neophodno je hitno uraditi Studiju opravdanosti sistema odvodnjavanja od podzemnih voda do zatvaranja površinskog kopa Drmno.

Literatura

- [1] Pavlović V, Šubaranović T., Polomčić D.: Sistemi odvodnjavanja površinskih kopova, Univerzitetski udžbenik, str. 522, ISBN: 978-86-7352-244-9, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2012
- [2] Pavlović V., Šubaranović T.: 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, 2012
- [3] Pavlovic V., Polomcic D., Subaranovic T.: Design of the Opencast Coal Mine Drmno Dewatering System, Proceedings of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen 2014, DOI: 10.1007/978-3-319-12301-1-11, p.p. 101-116, Germany, 2014
- [4] Subaranović T., Polomčić D., Pavlović V.: Teho-ekonomska analiza varijanti sistema odvodnjavanja površinskog kopa Drmno od podzemnih voda do kraja eksploatacije, OMC 2018, ISBN: 978-86-7352-244-9, Zlatibor, 2018
- [5] Investiciono-tehnička dokumentacija JP EPS.