

УТИЦАЈ УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА ПК ПОЉЕ Д
НА СТАБИЛНОСТ СЕВЕРНЕ КОСИНЕ ПК ПОЉЕ Е
У РБ КОЛУБАРА

IMPACT OF THE INTERNAL LANDFILL O.P. FIELD D
ON THE STABILITY OF THE NORTHERN SLOPE OF O.P. FIELD E
IN RB KOLUBARA

DOI: 10.5937/RG2402053P

Научна критика
Critical Review

Бранко Петровић
Никола Анђелковић
АД „Електропривреда Србије”,
Београд,
РБ КОЛУБАРА, СРБИЈА
branko.petrovic@eps.rs

Branko Petrović
Nikola Anđelković
Joint stock company „Elektroprivreda Srbije”,
Belgrade,
RB KOLUBARA, SERBIA
branko.petrovic@eps.rs

Примљен 15 јуна 2024; Рецензиран 8 децембра 2024; Прихваћен 10 децембра 2024.

Received 15 June 2024; Received in revised 8 Decembre 2024; Accepted 10 Decembre 2024

Сажетак: Површински коп Поље Е се налази у источном делу РБ Колубара у продужетку Поља Ц. У перспективи тај коп би требало да буде носилац производње угља у РБ Колубара (12 милиона t/god.). Да би се започело са експлоатацијом угља на овом откопном пољу претходно је неопходно откопати велике количине откритке које се налазе изнад њега. Простор предвиђен за депоновање те откритке је унутрашње одлагалиште Поља Б/Ц. На том одлагалишту, 2006. године дошло је до покретања велике количине одложене масе и зарушавања етажа на њему. Из тог разлога наставак одлагања откритке на то одлагалиште био је онемогућен, тако да су се сви системи који су одлагали откритку пребацили на унутрашње одлагалиште Поља Д, које се пружа дуж северне косине Поља Е. Самим тим, одлагалиште Поља Д временом је добило нову контуру чиме је претходно планирана геометрија одлагалишта измењена. Услед непланског одлагања откопаног материјала на одлагалиште Поља Д, дошло се у позицију да било какви радови у зони северне косине Поља Е могу да се изведу једино уз веома велики степен ризика што би угрозило безбедност и људства и опреме. У овом раду приказана је анализа стабилности северне косине Поља Е, узимајући при томе у обзир утицај унутрашњег одлагалишта Поља Д на њу.

Кључне речи: ЕТАЖА, УНУТРАШЊЕ ОДЛАГАЛИШТЕ, ФАКТОР СИГУРНОСТИ, САНАЦИЈА

Abstract: The surface mine Field E is located in the eastern part of RB Kolubara in the extension of Field C. In perspective, that mine should be the carrier of coal production in RB Kolubara (12 million t/year). In order to begin the exploitation of coal in this mining field, it is first necessary to dig out large amounts of overburden that are located above it. The space provided for depositing that overburden is the internal disposal site Polja B/C. At that landfill, in 2006, a large amount of deposited mass was moved and the floors on it were destroyed. For this reason, the continuation of overburden disposal at that landfill was impossible, so all the systems that disposed of overburden were transferred to the internal landfill of Field D, which extends along the northern slope of Field E. As a result, the landfill of Field D acquired a new contour over time, which changed the previously planned geometry of

the landfill. Due to the unplanned dumping of excavated material at the Field D landfill, it has come to a position that any works in the northern slope of Field E can only be carried out with a very high degree of risk, which would endanger the safety of both people and equipment. This paper presents an analysis of the stability of the northern slope of Field E, taking into account the influence of the internal landfill of Field D on it.

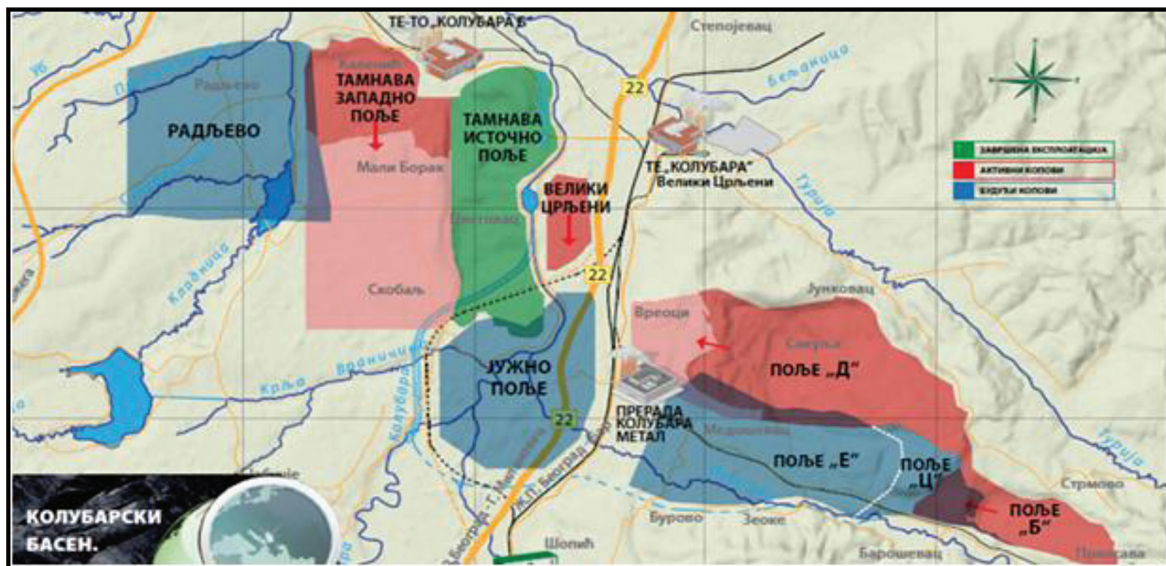
Key words: SLOPES, INTERNAL LANDFILL, THE SAFETY FACTOR, REMEDIATION

УВОД

Површински коп Поље Е представља заменски капацитет за Поље Д, са планираном производњом угља од 12 милиона t/year. Находи се у југоисточном делу РБ Колубара, у продужетку Поља Ц (Слика 1).

INTRODUCTION

The open-pit mine Field E represents a replacement capacity for Field D, with a planned coal production of 12 million t/year. It is located in the southeastern part of MB Kolubara, in the extension of Field C (Figure 1).



Слика 1, Колубарски угљоносни басен са експлоатационим пољима

Figure 1, Kolubara Coal Basin with Mine Fields

Да би се створили услови за експлоатацију угља са Поља Е неопходно је откопати значајне количине откривке која се налази изнад угљеног слоја и депоновати је на простор предвиђен за то, тачније на простор унутрашњег одлагалишта Поља Б/Ц.

На том одлагалишту је почетком 2006. године дошло до покретања велике количине одложеног материјала (око 80 милиона m³) услед чега су затрпане етаже на угљу, тако да се на том простору прекинуло са откопавањем угља и одлагањем материјала а сви јаловински системи су измештени на унутрашње одлагалиште Поља Д. Услед непланског одлагања материјала на том одлагалишту, тачније на јужној косини

In order to create conditions for the coal mining from Field E, it is necessary to excavate a significant amount of the overburden located above the coal seam and deposit it in the area provided for it, more precisely in the area of the internal landfill of Field B/C.

At the beginning of 2006, motion of a large amount of deposited material (about 80 million m³) occurred at that landfill, as a result of which the coal floors were buried, so that the excavation of coal and the disposal of material in that area was interrupted, and all tailings systems were moved to the internal landfill of Field D. Due to the unplanned disposal of material at that landfill, more precisely on the

Поља Д, створене су велике гомиле које су заузеле простор будуће северне косине Поља Е. Било какви радови да се изводе у тој зони представљали би велики ризик како за људство тако и за механизацију. Из тог разлога је неопходно те гомиле једном одложеног материјала поново откопати и пребацити на простор чија локација не угрожава производни процес.

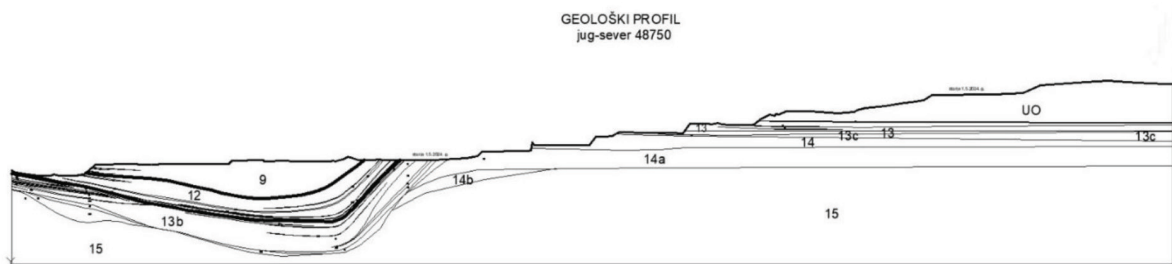
У овом раду приказана је анализа стабилности северне косине Поља Е:

- За тренутно стање северне косине са постојећим одложеним материјалом на њој (Слика 2);
- За изглед северне косине по Главном рударском пројекту – ОЦ Пројект, 2021. године. (Слика 3).

southern slope of Field D, large piles were created occupying the area of the future northern slope of Field E. Any work carried out in that zone would pose a great risk to both personnel and machinery. For that reason, it is necessary to dig up again these piles of once deposited material and transfer them to an area whose location does not endanger the production process.

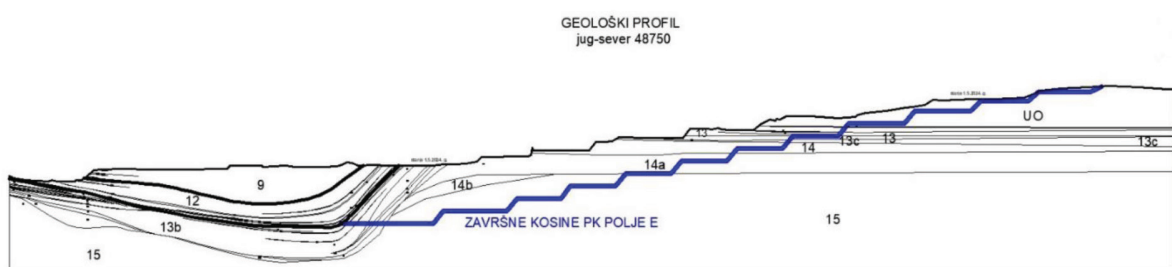
This paper presents an analysis of the stability of the northern slope of Field E:

- For the current state of the northern slope with the existing deposited material on it (Figure 2);
- For the appearance of the northern slope according to the Main Mining Project – OC Project, 2021. (Figure 3);



Слика 2, Тренутно стање северне косине (Профил 48750)

Figure 2, Current state of the northern slope (Profile 48750)



Слика 3, Планирано стање северне косине по Главном рударском пројекту (Профил 48750)

Figure 3, Planned condition of the northern slope according to the Main Mining Project (Profile 48750)

АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ СЕВЕРНЕ КОСИНЕ

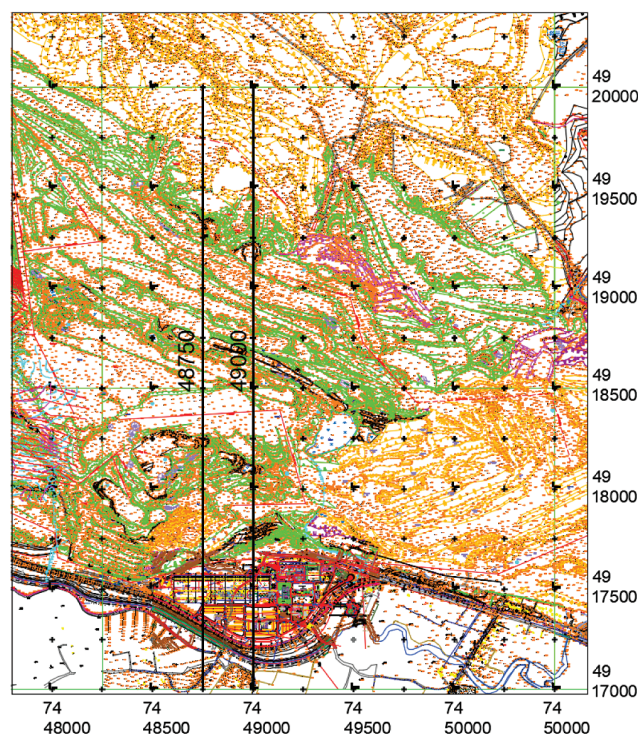
Анализа стабилности северне косине и изаунавање фактора сигурности (F_s) рађена је применом софтверског програма SLIDE 6.0, Rocscience Inc, уз Mohr-Coulombov критеријум лома. Резултати прорачуна за оба анализирана

NORTH SLOPE STABILITY ANALYSIS

An analysis of the stability of the northern slope and evaluation of the safety factor (F_s) was performed using the software programme on SLIDE 6.0, Rocscience Inc., together with the Mohr-Coulomb criterion of fracture. The results of the calculation for both analyzed profiles are

профила приказани су табеларно и графички. Положаји профила (48750 и 49000), за које су рађене анализе, приказани су на Слици 4.

presented in tabular and graphical terms. The profile positions (48750 and 49000), for which the analyses were performed, are shown in Figure 4.



Слика 4, Ситуациона карта Поља Е (стање 1.5.2024. године) са положајем профила 48750 и 49000

Figure 4, Situation map of Field E (as of May 1, 2024) with profile position 48750 and 49000

а) Анализа стабилности северне косине (тренутно стање)

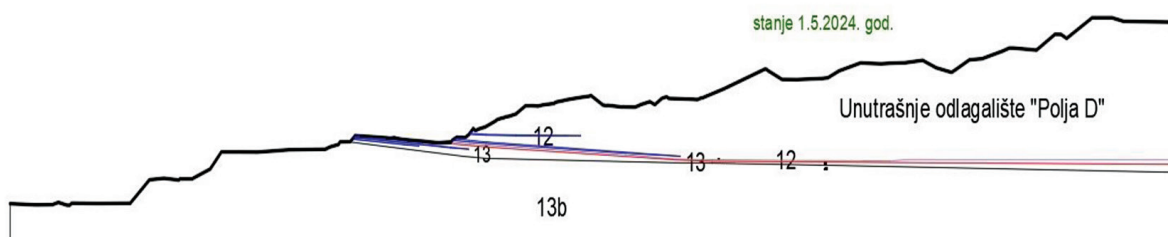
a) Analysis of the stability of the northern slope (current state)

Анализа је рађена за Профил 48750 (Слика 2) и Профил 49000 (Слика 5), када је коефицијент порног притиска $r_u = 0.0$ и $r_u = 0.2$.

An analysis was performed for Profile 48750 (Figure 2) and Profile 49000 (Figure 5), when the pore pressure coefficient $r_u = 0.0$ and $r_u = 0.2$.

Вредности фактора сигурности (F_s) за парцијалне косине, системе косина и генералне косине приказане су у Табели 1 (за Профил 48750) и Табели 2 (за Профил 49000).

Safety factor (F_s) values for partial slopes, slope systems and general slopes are shown in Table 1 (for Profile 48750) and Table 2 (for Profile 49000).



Слика 5, Тренутно стање северне косине (Профил 49000)

Figure 5, Current state of the northern slope (Profile 49000)

Табела 1, Вредноснии фактора сигурносии за Профил 48750 (шренујно сјање)

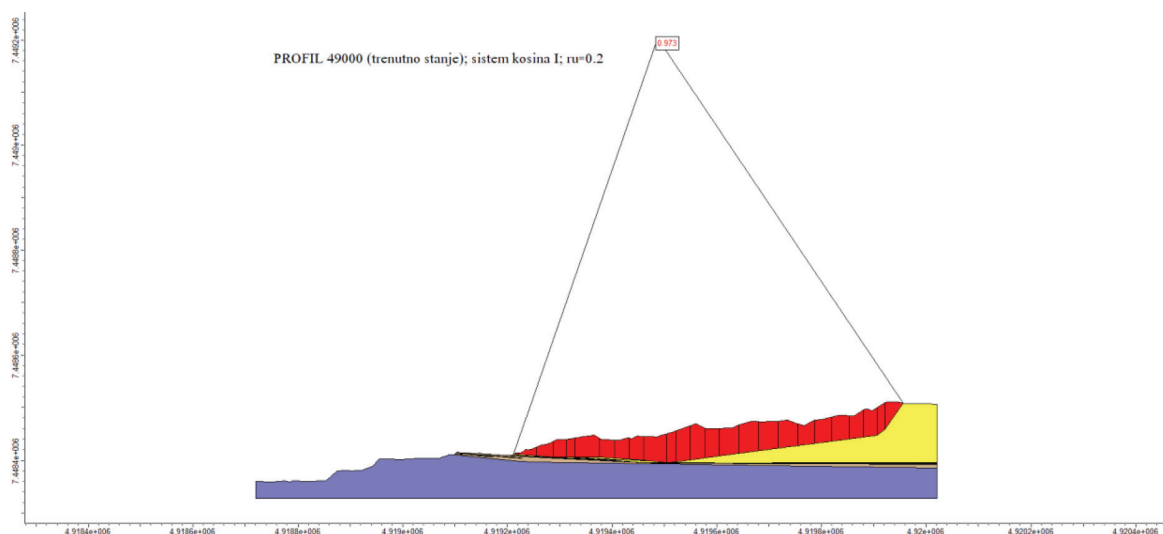
Table 1, Safety factor values for Profile 48750 (current state)

Етажа Floor	Порни притисак Pore pressure (r_u)	Fs
I	0.0	0.79
	0.2	/
II	0.0	0.89
	0.2	/
III	0.0	0.64
	0.2	/
IV	0.0	1.11
	0.2	0.93
V	0.0	1.07
	0.2	0.92
VI	0.0	1.27
	0.2	0.95
VII	0.0	1.94
	0.2	1.74
Систем косина I Slope system I	0.0	1.29
	0.2	1.06
Систем косина II Slope system II	0.0	2.94
	0.2	2.42
Генерална косина General slope	0.0	2.68
	0.2	2.17

Табела 2, Вредноснии фактора сигурносии за Профил 49000 (шренујно сјање)

Table 2, Safety factor values for Profile 49000 (current state)

Етажа Floor	Порни притисак Pore pressure (r_u)	Fs
I	0.0	0.59
	0.2	/
II	0.0	0.92
	0.2	/
III	0.0	0.68
	0.2	/
IV	0.0	0.68
	0.2	/
V	0.0	1.22
	0.2	1.02
VI	0.0	1.18
	0.2	0.98
Систем косина I Slope sistem I	0.0	1.18
	0.2	0.97
Систем косина II Slope sistem II	0.0	1.71
	0.2	1.40
Генерална косина General slope	0.0	2.30
	0.2	1.69



Слика 6, Вредности фактора сигурности $F_s = 0.97$ за систем косина (Профил 49000)

Figure 6, Safety factor value $F_s = 0.97$ for the slope system (Profile 49000)

б) Анализа стабилности северне косине (стање по Главном рударском пројекту)

Такође, анализа је рађена за два профила, Профил 48750 (Слика 3) и Профил 49000 (Слика 7).

При томе, коефицијент порног притиска има исте вредности као при анализи стабилности косина код тренутног стања северне косине; $r_u = 0.0$ и $r_u = 0.2$.

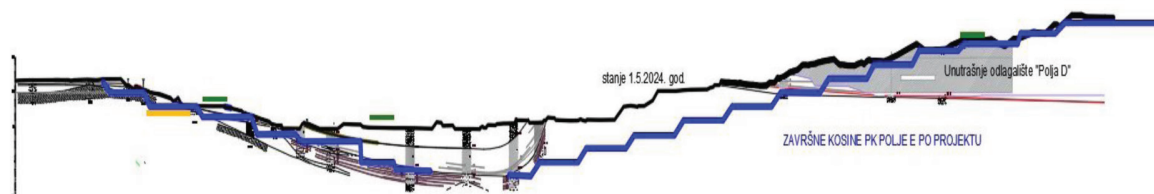
Вредности фактора сигурности (F_s) за парцијалне косине, системе косина и генералне косине приказане су у Табели 3 (за Профил 48750) и Табели 4 (за Профил 49000).

б) Analysis of the stability of the northern slope (condition according to the Main Mining Project)

Also, an analysis was done for two profiles, Profile 48750 (Figure 3) and Profile 49000 (Figure 7).

Here, the pore pressure coefficient has the same values as in the analysis of slope stability in the current state of the northern slope; $r_u = 0.0$ and $r_u = 0.2$.

Safety factor (F_s) values for partial slopes, slope systems and general slopes are shown in Table 3 (for Profile 48750) and Table 4 (for Profile 49000).



Слика 7, Стање северне косине по Главном рударском пројекту (Профил 49000)

Figure 7, Current state of the the northern slope according to the Main Mining Project (Profile 49000)

Табела 3, Вредности фактора сигурности за Профил 48750 (стање по Главном рударском пројекту)

Table 3, Safety factor values for Profile 48750 (state according to the Main Mining Project)

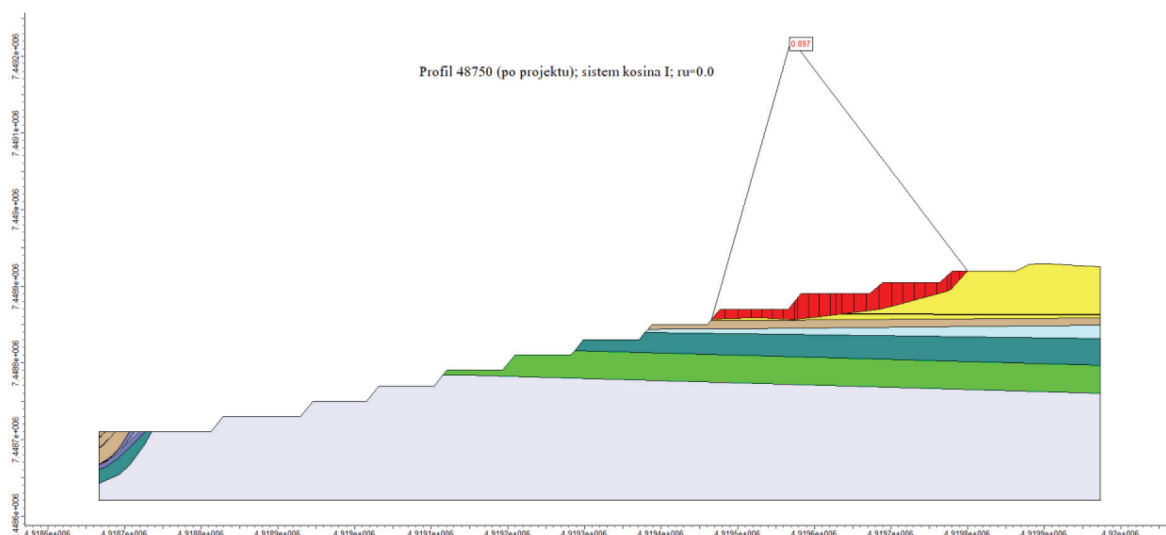
Етажа Floor	Порни притисак Pore pressure (r_u)	Fs
I	0.0	0.90
	0.2	/
II	0.0	0.51
	0.2	/
III	0.0	0.51
	0.2	/
IV	0.0	0.51
	0.2	/
V	0.0	0.49
	0.2	/
VI	0.0	0.92
	0.2	/
VII	0.0	0.91
	0.2	/
VIII	0.0	0.93
	0.2	/
IX	0.0	0.87
	0.2	/
X-XII	0.0	0.76
	0.2	/
XIII	0.0	0.78
	0.2	/
Систем косина I Slope sistem I	0.0	0.90
	0.2	/
Систем косина II Slope sistem II	0.0	2.24
	0.2	1.85
Генерална косина General slope	0.0	1.91
	0.2	1.53

Табела 4, Вредности фактора сигурности за Профил 49000 (стање по Главном рударском пројекту)

Table 4, Safety factor values for Profile 49000 (state according to the Main Mining Project)

Етажа Floor	Порни притисак Pore pressure (r_u)	Fs
I	0.0	0.59
	0.2	/
II	0.0	0.40
	0.2	/
III	0.0	0.71
	0.2	/
IV	0.0	0.38
	0.2	/

Етажа Floor	Порни притисак Pore pressure (r_u)	Fs
V	0.0	0.38
	0.2	/
VI	0.0	0.45
	0.2	/
VII	0.0	1.12
	0.2	0.92
VIII-XIII	0.0	1.13
	0.2	0.93
Систем косина I Slope sistem I	0.0	0.98
	0.2	/
Систем косина II Slope sistem II	0.0	2.70
	0.2	2.19
Генерална косина General slope	0.0	2.04
	0.2	1.76



Слика 8, Вредност фактора сигурности $F_s = 0.90$ за систем косина (Профил 48750)

Figure 8, Safety factor value $F_s = 0.90$ for the slope system (Profile 48750)

ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ – КОМЕНТАР

Евидентно је да добијени резултати анализа стабилности северне косине Поља Е (Табела 1, Табела 2, Табела 3 и Табела 4) указују на то да нити тренутно стање косине, нити пројектом предвиђена геометрија те косине не гарантују сигуран рад у тој зони копа, тачније косина мора да се препројектује у

RESULTS OBTAINED – COMMENT

It is evident that the obtained results of the analysis of stability of the northern slope of Field E (Table 1, Table 2, Table 3 and Table 4) indicate that neither the current state of the slope nor the geometry of the slope provided by the project guarantee safe work in that mine area, which means that the slope

складу са законски захтеваним вредности-ма фактора сигурности (Fs). Посебно треба обратити пажњу на парцијалне косине које у Главном рударском пројекту Поља Е (ОЦ Пројект, 2021.године) нису разматране, што је недопустиво. Као што се на профилима може видети, део одложеног материјала (јужна косина Поља Д) одлаган је на простор који захвата и северну косину Поља Е чиме је додатно оптерећује и итекако утиче на њену стабилност.

ЗАКЉУЧАК

Површински коп Поље Е предвиђен је да буде носилац производње угља у РБ Колубара (12 милиона t/god.). Да би се покренула производња угља са овог копа неопходно је створити услове за то, тј. санирати унутрашње одлагалиште Поља Б/Ц које је предвиђено за депоновање откривке која се налази изнад угљеног слоја и истовремено урадити систем одводњавања који ће цео тај простор ослободити од издани које егзистирају на том простору. Због рушења унутрашњег одлагалишта Поља Б/Ц 2006. године, јаловински системи који су одлагали откривку на том одлагалишту измештени су на простор унутрашњег одлагалишта Поља Д. Услед нерационалног и непланског рада тих система на новом одлагалишту, тј. у зони јужне косине Поља Д, створене су велике гомиле одложеног материјала које су прекриле и зону северне косине Поља Е, чиме су угрозиле њену стабилност.

У овом раду приказани су резултати анализе стабилности северне косине Поља Е за два случаја: за тренутно стање косине и за стање косине по Главном рударском пројекту. Добијени резултати (Табела 1, Табела 2, Табела 3 и Табела 4) јасно указују да за оба случаја северна косина нема задовољавајућу стабилност и да је неопходна њена корекција. При томе, посебну пажњу треба обратити на поузданост физичко-механичких параметара како материјала који се одлаже тако и тла које чини косину у природном стању. Доистраживање целог тог простора копа представља основ за било какву активност на том терену. Након тога је неопходно

must be redesigned in accordance with the legally required values of the safety factor (Fs). Particular attention should be paid to the partial slopes that were not considered in the Main Mining Project Field E (OC Project, 2021), which is unacceptable. As can be seen on the profiles, part of the deposited material (the southern slope of Field D) was deposited in the area that also covers the northern slope of Field E, which further burdens it and greatly affects its stability.

CONCLUSION

The open pit mine Field E is planned to be the holder of coal production in MB Kolubara (12 million t/year). In order to start the production of coal from this mine, it is necessary to create conditions for it, i.e. rehabilitate the internal landfill of Field B/C, which is intended for depositing the overburden located above the coal seam, and at the same time create a drainage system that will free the entire area from the ground water that exists in that area. Due to the demolition of the internal landfill of Field B/C in 2006, the tailings systems that disposed of overburden at that landfill were relocated to the area of the internal landfill of Field D. Due to irrational and unplanned operation of those systems at the new landfill, i.e. in the southern slope zone of Field D, large piles of deposited material were created, which also covered the northern slope zone of Field E, thus endangering its stability.

This paper presents the results of stability analysis of the northern slope of Field E for two cases: for the current state of the slope and for the state of the slope according to the Main Mining Project. The obtained results (Table 1, Table 2, Table 3 and Table 4) clearly indicate that in both cases the northern slope does not have satisfactory stability and that its correction is necessary. At the same time, special attention should be paid to the reliability of the physical and mechanical parameters of both the material to be deposited and the soil that makes up the slope in its natural state. Additional exploration of the entire area of the mine is the basis for any activity in that area. After that, it is necessary

израдити квалитетну пројектну документацију по којој ће се сви планирани радови на Пољу Е изводити. Евидентно је да постоји Главни рударски пројекат Поља Е, али његове мањкавости (пројектом није решено одводњавање копа, није дата јасна технологија откопавања, веома лоше геомеханичке анализе) упућују на претходно изречено.

Фактор време је веома битан параметар који утиче на успешност отварања Поља Е, јер свако пролонгирање корекционих мера у овом случају може довести до трајне обуставе свих радова на Пољу Е.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технички рударски пројекат експлоатације откривке и угља на ПК Поље Е, ОЦ Пројект, фебруар, 2023.
- [2] Упрошћени рударски пројекат откопавања у јужној косини површинског копа Поље Е, ОЦ Пројект, мај, 2023.
- [3] Главни рударски пројекат површинског копа Поље Е, ОЦ Пројект, септембар, 2021.
- [4] Годишњи оперативни план површинског копа Поље Е за 2023. годину, ОЦ Површински копови Барошевац, март 2023.
- [5] Остала стручна и фондовска документација РБ Колубара

to prepare high-quality project documentation according to which all planned works on Field E will be carried out. It is evident that the Main Mining Project Field E, but its shortcomings (the project did not solve the drainage of the mine, no clear excavation technology was given, very bad geomechanical analyses) point to what has been the previously stated.

The time factor is a very important parameter that affects the success of the opening of Field E, because any prolongation of corrective measures in this case may lead to permanent suspension of all works on Field E.

LITERATURE

- [1] Tehnički rudarski projekat eksploatacije otkrivke i uglja na PK Polje E, OC Projekt, februar, 2023.
- [2] Uprošćeni rudarski projekat otkopavanja u južnoj kosini površinskog kopa Polje E, OC Projekt, maj, 2023.
- [3] Glavni rudarski projekat površinskog kopa Polje E, OC Projekt, septembar, 2021.
- [4] Godišnji operativni plan površinskog kopa Polje E za 2023. godinu, OC Površinski kopovi Baroševac, mart 2023.
- [5] Ostala stručna i fondovska dokumentacija RB Kolubara