

**ПРИМЕНА МЕХАНИЗАЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ И РЕКУЛТИВАЦИЈИ
ПОВРШИНСКОГ КОПА КОЛУБАРА****APPLICATION OF MECHANIZATION IN THE MINING OPERATIONS AND
LAND RECLAMATION OF THE KOLUBARA SURFACE MINE****Јована Здравковић¹*, Тијана Вулевић¹, Нада Драговић¹, Александар Баумгертел¹**¹ Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава**Апстракт**

Рударски басен Колубара, који се налази у централном делу Србије, представља један од најзначајнијих извора угља у земљи. У раду су анализирани основни радови на површинским коповима, који обухватају откопавање угља, транспорт и одлагање јаловине, као и пратеће радове, међу којима су чишћење терена, обликовање косина и рекултивација.

Разматрана је улога основне рударске механизације (роторни багери, тракасти транспортери и одлагачи) и помоћне механизације (дозери, грејдери, камиони и др.), која је од кључног значаја за повећање ефикасности и смањење трошкова радова. Међутим, експлоатација угља доводи до значајних еколошких проблема, као што су деградација земљишта, због чега је процес рекултивације који обухвата техничку и биолошку рестаурацију нарушених површина од пресудне важности. Указано је на поступак и значај рекултивације површина у оквиру рударског басена Колубара, у циљу стабилизације терена, заштите од ерозије и поновног укључивања површина у природне или економске системе, као што су пољопривреда или шумарство.

Кључне речи: механизација, површински коп, Колубара, рекултивација**Abstract**

The Kolubara Mining Basin, located in central Serbia, is one of the most significant coal sources in the country. This paper analyzes the main surface mining operations, including coal excavation, transport, and overburden disposal, as well as accompanying works such as land clearing, slope shaping, and reclamation. The role of primary mining machinery (bucket wheel excavators, belt conveyors, and spreaders) and auxiliary equipment (dozers, graders, trucks, etc.) is considered crucial for increasing efficiency and reducing operational costs. However, coal exploitation leads to significant environmental problems, such as soil degradation, making the reclamation process which includes both technical and biological restoration of disturbed areas critically important. The paper highlights the procedure and importance of reclamation in the Kolubara Mining Basin, aimed at stabilizing terrain, preventing erosion, and reintegrating the land into natural or economic systems, such as agriculture or forestry.

Keywords: mechanization, surface mine, Kolubara, reclamation

УВОД

Угаљ представља један од најважнијих енергената који се користе у Србији, а лигнит (меки мрки угаљ) је доминантни тип угља, који чини 97% укупних резерви угља у земљи. Највећа лежишта лигнита у нашој земљи се налазе у Косовско-метохијском басену (76%), Колубарском басену (14%) и Костолачком басену (3,3%). Ова лежишта су кључна за производњу енергије у земљи, али експлоатација угља носи са собом значајне еколошке изазове.

Експлоатација угља доводи до деградације земљишта, уништавања пољопривредних и шумских површина, као и до расељавања животињског света. Лигнити се често налазе на најплоднијим земљиштима, што доводи до ширења негативног утицаја на много веће површине него што сама рударска подручја заузимају. Због тога је од кључне важности да се након искоришћења угља земљиште врати у првобитно стање путем техничке и биолошке рекултивације. Закон о рударству и геолошким истраживањима прописује да се мора извршити рекултивација како би се заштитила животна средина и омогућила регенерација деградираних површина.

Процес рекултивације укључује техничке и биолошке мере, а у зависности од врсте површине која се рекултивира, може се применити пољопривредна или шумска рекултивација (Аничих и сар. 2023). Механизација која се користи за експлоатацију минералних сировина и реализацију радова на рекултивацији земљишта има негативан утицај на животну средину, попут буке, вибрација, загађења ваздуха (прашина, CO, CO₂, NO) и воде, као и физичког збијања земљишта, што нарушава његову структуру и капацитет за задржавање воде (Willis et al., 2004). Међутим, примена механизације је од посебног значаја јер омогућава оптимизацију радних услова и квалитета рада (Willis et al. 2004). Остварење великог учинака и повећање продуктивности остварује се применом савремене механизације великих капацитета радних делова. У раду је дат преглед основне и помоћне механизације која се користи при експлоатацији угља у колубарском басену. Основна механизација се примењује за откопавање, транспорт и одлагање јаловине и угља. Роторни багери се користе за експлоатацију угља и откопавање отквивке, а затим се угаљ преко тракастих транспортера транспортује до погона за прераду. Прерађени угаља се испоручује термоелектранама у Обреновцу, Великим Црљенима и Свилајнцу. У раду је истакнут и значај одлагача као машина које се користе за одлагање отквивке. За адекватно искоришћење одлагача и друге основне механизације, потребно је благовремено ангажовање и помоћне механизације која обавља помоћне послове и ту спадају: багери, дозери, грејдери, утоваривачи и др. Посебно је анализирана и механизација која се примењује за биолошку рекултивацију, као и технологија одвијања ових радова.

ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА

Рударски басен Колубара налази се у централном делу Србије, обухвата површину од 600 km² и игра кључну улогу у стабилном снабдевању српских термоелектрана угљем (Слика 1). У овом басену експлоатише се угаљ на четири површинска копа, на подручју општина Лазаревац, Лајковац и Уб, на површини од око 80 km², (<https://www.eps.rs/cir/Poslovanje-ugalj/Pages/Korovi.aspx>). Овде се производи 26 милиона тона угља годишње, што чини 50% електричне енергије у Србији (<https://www.eps.rs/cir/kolubara/Pages/default.aspx>). Међутим, ова експлоатација доводи до деградације земљишта, уништавања пољопривредних и шумских површина, као и значајних геоморфолошких промена.



Слика 1. Земљишни простор у непосредној близини колубарског копа
(Извор: Ј. Здравковић)

Figure 1. Land area in the immediate vicinity of the Kolubara mine (Source: J. Zdravković)

ОСНОВНИ И ПОМОЋНИ РАДОВИ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА

Ефикасност површинских копова зависи од основне и помоћне механизације. Основни радови укључују откопавање, транспорт и одлагање јаловине и угља, за које се користе роторни багери и транспортери (Мирковић, 2012).

Помоћни радови изводе се истовремено са основним и обухватају чишћење терена, обликовање косина, рекултивацију и друге активности. Механизација која се користи за ове радове укључује дреглајне, дозере, ваљке, дизалице и машине за транспорт (Мирковић, 2012).

Претходни радови укључују припрему терена, измештање инфраструктуре и монтажу основних машина. За ову врсту радова користе се дреглајни, дозери, ваљци и дизалице (Игњатовић и сар., 2021). Пратећи радови подразумевају изградњу и одржавање путне мреже, стабилизацију тла и транспортне активности уз употребу ваљака, дозера и цевопологача. Дизалични радови укључују демонтажу и монтажу делова машина, као и претовар масивних терета уз помоћ дизалица и кранова. За транспортне радове користе се камиони, цистерне, теренска возила и плато кола.

Накнадни радови се односе на обнављање деградираних површина. Иако су важни, овај део радова често се занемарује због недостатка ресурса. Механизација која се користи за ову врсту радова укључује багере, машине за бушење и опрему за рекултивацију, али је потребно више пажње посветити овим активностима ради очувања животне средине.

Основна механизација

Основна механизација се користи за откопавање, транспорт или одлагање јаловине и угља. Маchine основне механизације су багери, тракасти транспортери и одлагачи.

Багери су самоходне грађевинске машине које могу бити са једном кашиком као радним органом, који врше рад у циклусу или багери са више радних елемената (кашика) који врше рад у континуитету. Код багера који врше рад у континуитету откопавање

материјала се обавља у току целог радног циклуса и то помоћу кашика (ведрица) распоређених на бесконачном ланцу или роторном точку. У првом случају, реч је о багерима ведричарима, а у другом о роторним багерима.

Багери ведричари користе бесконачни ланац са више ведрица за копање материјала (Слика 2). Они имају већу продуктивност од багера који врше рад у циклусу. Основни делови ових багера су: основна машина - трактор гусеничар, бескрајни ланац са ведрицама, стрела и распонска греда, ужадно когурачни систем, транспортер, контратег, погонски мотор и механизам управљања (Драговић, 2011). Предности укључују дубинско копање (до 40м), селективно копање и могућност профилисања косина без потребе за додатном механизацијом за чишћење (Драговић, 2011). На основу багера ведричара, немачка фирма Humbolt је за потребе рудника лигнита Bergwitz конструисала први роторни багери на шинама (Petrović, 2016).



Слика 2. Багер ведричар (Извор: <https://rudarbalkan.blogspot.com/2016/02/ukratko-o-bageru-vedricaru.html>)

Figure 2. Multibucket chain excavator (Source: <https://rudarbalkan.blogspot.com/2016/02/ukratko-o-bageru-vedricaru.html>)

Роторни багери су самоходне машине које се могу користити за грађевинске радове, као и за откопавање јаловине на површинским коповима (Слика 3). Роторни багери се користе на површинском копу Колубара за откоп угља и у просеку ове машине су високе око 35 метара и тешке око 3.000 тона (<https://www.eps.rs>). Ове машине раде у модерним БТО (багер-транспортер-одлагач) системима. Откопавање се врши ведрицама на роторном точку, одакле се материјал празни и предаје транспортеру који је постављен на стрелу ротора, који треба да обави на даљи транспорт. Основни делови су трактор-гусеничар, ротациони точак са стрелом, попречни транспортер и погонски механизам. Разликују се конструкције стреле багера пуних зидова и конструкције стрела багера у облику решетке.

Према немачким националним стандардима (Deutsches Institut für Normung - DIN), роторни багери могу припадати класи А (кратка стрела и конструкција од пуних зидова), класи В (решеткаста стрела и капацитет до 6.000 m³/h) или класи С (решеткаста стрела и капацитет преко 6.000 m³/h). Повећањем дужине стреле стварају се повољни услови за откопавање,

али у исто време се и повећава и маса багера и смањује ефикасност и безбедност рада (Petrović, 2016). Пример роторног багера типа С који се користи за откоп лигнита је багер типа Srs2000 немачке компаније TAKRAF. Такав је багер SRs 2000.28/3.0+VR чији је капацитет откопа $4.900 \text{ m}^3/\text{h}$, који има пречник роторног точка од 11,2 метара на којем се налази 14 ведрица (запремина једне ведрице 1.700 l) (Слика 4). Капацитет и облик зависе од услова рада на копу, као и од чврстоће материјала и нагиба косина (Митровић, 2023). Неке предности ових багера су висока сигурност у раду, мала специфична потрошња енергије ($0,15 - 0,5 \text{ kWh/m}^3$), висок коефицијент корисног дејства радног органа ($0,8 - 0,9$) (Petrović, 2016).



Слика 3. Роторни багер
(<https://itinzenering.rs/u-rb-kolubara-pusten-u-rad-rekonstruisani-rotorni-bager-schrs630-g4/>)

Figure 3. Bucket-wheel excavator
(<https://itinzenering.rs/u-rb-kolubara-pusten-u-rad-rekonstruisani-rotorni-bager-schrs630-g4/>)



Слика 4. Роторни багер SRs
2000.28/3.0+VR

(Извор: <https://www.directindustry.com/>)
Figure 4. Bucket-wheel excavator SRs
2000.28/3.0+VR (Source: <https://www.directindustry.com/>)

Тракасти транспортери су машине које се примењују за непридни транспорт материјала од откопних машина до одлагалишта. Транспортери се састоје од гумене траке и ваљака, а капацитет може да варира од пар тона до више од 20.000 тона на сат (Слика 5).

Одлагачи врше истовар и плански распоређују материјал на одлагалишту. Велика распрострањеност ових транспортера заснована је на њиховој ефикасности и великом капацитету (Банковић, 2018).

Одлагачи су по конструкцији слични багерима, али због своје функције немају јединицу за ископавање. Уместо тога, имају истоварну стрелу која одлаже ископани материјал на депоније и њихов капацитет достиже и до 20.000 m^3 јаловине на сат (Rusiński et al. 2017).

Тракасти одлагачи користе се у површинским коповима за нагомилавање ископане јаловине, која се одлаже на спољне или унутрашње депоније на површинском копу. Спољне депоније налазе се у издвојеним зонама, обично у близини површинског копа, где се јаловина одлаже у насипе. Унутрашње депоније налазе се у деловима копа у којима је ископ већ завршен. Материјали који се најчешће одлажу укључују јаловину ископану багерима или нуспроизводе сагоревања угља у термоелектранама, нпр. пепео, који се обично транспортује из енергетских блокова помоћу транспортних трака, или, ређе, железницом или камионима.

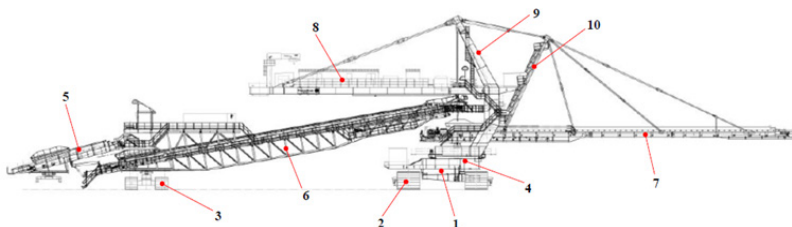


Слика 5. Тракасти транспортер (Извор: <https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/iT7biXaEaQ04/v1/1800x1202.webp>)

Figure 5. Belt conveyor (Source: <https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/iT7biXaEaQ04/v1/1800x1202.webp>)

Одлагачи се могу класификовати према различитим критеријумима (РБ Колубара):

- Начин одлагања (дубинско и висинско одлагање),
- Конструкција пријемног органа (ведрице или траке),
- Конструкција одложног органа (ведрице или траке),
- Број саставних делова (једноделни или дводелни),
- Тип транспортног уређаја (шине, корачајући, на гусеницама).
- Основни делови одлагача су (РБ Колубара):
- Доња градња са транспортним уређајем,
- Обртна платформа са централним стубом,
- Стрела противтега и пријемни део одлагача.
- Конструкција одлагача са свим важнијим компонентама приказана је на Слици 6.



Слика 6. Конструкција одлагача (Извор: РБ Колубара)

1. доња градња одлагача; 2. уређај за кретање основне машине (гусенични); 3. уређај за кретање помоћне машине-пријемни део (гусенични); 4. обртно постоље; 5. пријемни транспортер; 6. међутранспортер; 7. одложна стрела транспортера; 8. катарка противтега са електроопремом; 9. централни стуб; 10. конзолни носач одложне стреле

Figure 6. Reclaimer structure (Source: MB Kolubara)

1. Lower structure of the reclaimer; 2. Movement device of the main machine (crawler), 3. Movement device of the auxiliary machine – receiving part (crawler), 4. Slewing pedestal, 5. Receiving conveyor, 6. Intermediate conveyor, 7. Reclaim conveyor boom, 8. Counterweight pulley with electrical equipment, 9. Central column, 10. Cantilever support of the reclaim conveyor boom.

На копу Тамнава - Западно поље користе се одлагач дужине 130 метара и тежине око 2.000 t који има капацитет одлагања 12.000 m³ по часу (Слика 7).



Слика 7. Одлагач на копу Тамнава-Западно поље (Извор: <https://www.eps.rs/eng/vesti/Pages/5-3.aspx>)

Figure 7. Reclaimer at the Tamnava-West Field mine (Source: <https://www.eps.rs/eng/vesti/Pages/5-23.aspx>)

Помоћна механизација

Помоћну механизацију чине машине које се користе приликом обављање помоћних радова, као што су рушење објеката, вађења пањева, транспорт материјала, укључујући и радове на техничкој и биолошкој рекултацији. У ове машине се убрајају: багери, дозери, грејдери, камиони кипери, утоваривачи, грејдери и др.

Дозери су машине на површинским коповима и користе се за разне помоћне радове, за припрему терена, транспорт и планирање материјала, изградњу и одржавање саобраћајница и монтажних платоа, чишћење и одржавање етажа, као и за помоћне радове као што су вуча опреме, рушење објеката и рекултација (Ђурић, 2016). Основна конструкција дозера састоји се од базе (трактора на гусеницама или пнеуматичима) и радног органа са ножем (Слика 8). Класификују се по различитим критеријумима: по вучној сили, снази мотора, транспортном уређају, начину управљања и положају ножа (Ђурић, 2016). Дозери се деле по вучној сили, снази мотора, транспортном уређају, начину управљања, положају ножа и др.

Дозери опште намене користе се за ископ, формирање призми и транспорт материјала, планирање и делимично сабијање, док се специјализовани дозери користе за специфичне операције (Ђурић, 2016).



Слика 8. Булдозер (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/CatD9T.jpg/800px-CatD9T.jpg>)

Figure 8. Bulldozer (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/CatD9T.jpg/800px-CatD9T.jpg>)

Грејдери се примењују за планирање и профилисање терена, за изградњу и одржавање приступних путева и платоа (Слика 9). Могу бити вучени или самоходни (мотогрејдери). Главни радни елемент је нож постављен између предњих и задњих точкова. Грејдери се класификују по снази мотора, маси, дужини ножа и систему управљања (Ђурић, 2016).

Према снази и маси, грејдери се могу сврстати у три групе: лаке грејдере (снага до 70 kW, маса до 7 t), средње грејдери (снага од 70 до 110 kW, маса преко 14 t) и тешке грејдери (снага изнад 110 kW, маса преко 14 t).

На коповима се користе грејдери са моторима до 110 kW (Ђурић, 2016).



Слика 9. Грејдер (Извор: Ј. Здравковић)
Figure 9. Grader (Source: J. Zdravković)



Слика 10. Утоваривач (<https://www.urogroup.rs/wp-content/uploads/2022/08/utovarivac-862h-1.jpg>)
Figure 10. Loader (<https://www.urogroup.rs/wp-content/uploads/2022/08/utovarivac-862h-1.jpg>)

Утоваривачи служе за утовар материјала у транспортна возила (Слика 10). Поред тога, користе се за ископ земљишта и истовар. Постоје утоваривачи са циклусним и континуираним радом. Циклусни утоваривачи користе једну кашику, док континуирани користе више кашика (Драговић, 2011).

Утоваривачи могу бити са гусеницама или пнеуматикама. У зависности од шасије, могу бити са крутом или зглобном шасијом, при чему зглобна шасија побољшава маневрисање. Кашике имају различите запремине, а начин истовара може бити челни, бочни или преко главе (Драговић, 2011).

Камиони кипери служе за транспорт разних материјала. Имају челичне или комбиноване металне и дрвене кошеве, а запремина им је од 6 до 20 m³. Истовар се врши хидрауличним системом, а може бити кроз дно, преко задњег дела или бочно (Ђурић, 2016). Камиони кипери су брзо покретне машине са транспортним брзинама од 50 до 100 km/h (Ђурић, 2016).



Слика 11. Камион кинер, истовар на страну (<https://isuzu.co.rs/kamioni-specijalne-nadgradnje/isuzu-p75-k-kiper/>)

Figure 11. Truck, side dump (<https://isuzu.co.rs/kamioni-specijalne-nadgradnje/isuzu-p75-k-kiper/>)

РЕКУЛТИВАЦИЈА

Рекултивација, ревитализација и рестаурација нарушеног земљишта, насталог услед развоја рударских радова, нуде бројне могућности. Након техничке и биолошке рекултивације, успоставља се нови екосистем на нарушеним површинама, који се уклапа у постојећи екосистем или се мења његова намена за нове потребе (Димитријевић, 2014). Истраживања показују да је могуће створити нове пољопривредне, шумске, акваторне и друге екосистеме на овако нарушеним подручјима. Рекултивација има мултидисциплинарни и интердисциплинарни карактер, укључујући рударско-технолошке, инжењерскогеолошке и биоинжењерске мере како би се земљиште трансформисало у стање погодно за различите намене (Димитријевић, 2014).

Према плановима на површинском копу Колубара, значајан део површине ће морати да се рекултивише због експлоатације минералних сировина. Без рекултивације, ове површине би биле трајно изгубљене за пољопривреду и шумарство, што би изазвало велике економске губитке. Техничка и биолошка рекултивација представљају низ мера којима се деградиране површине враћају својој намени (РБ Колубара, 2022.).

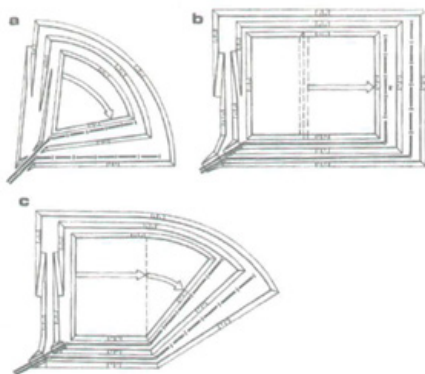
Техничка рекултивација обухвата планирање и извођење низа радова усмерених на припрему деградираних површина за будућу употребу. Основни циљ је успостављање стабилне и функционалне земљишне површине, најчешће у пољопривредне или шумске сврхе. Поменути радови укључују нивелацију терена, осигурање косина од обрушавања, нааношење плодног земљишта ради успостављања вегетације, израду система за регулисање површинских и подземних вода, као и изградњу комуникација (Вујић и сар. 2009).

Рекултивација започиње када се формира завршна нивелета на одлагалишту, простору за одлагање некорисног материјала, у довољно великој површини за рационално обављање радова. Ове површине морају бити уједначено равне, како би се омогућило равномерно наношење хумуса и коначно обликовање терена (РБ Колубара, 2022.).

Кључни услови за избор локације и изградњу одлагалишта обухватају: довољну запремину за смештај материјала, близину месту ископа ради смањења трошкова транспорта, позицију која не омета даље развијање копа и безбедне услове рада за људе и механизацију (РБ Колубара, 2022.).

У погледу конструкције, одлагалишта се могу развијати на радијалан, паралелан или комбинован начин, у зависности од теренских услова и врсте коришћене механизације (Слика 12). За ефикасан рад неопходно је обезбедити континуирано одлагање са минималним застојима, што доприноси већој продуктивности (РБ Колубара, 2022.).

При пројектовању рекултивације површинског копа „Колубара“ поштоване су смернице из Дугорочног програма експлоатације угља, а површине које су деградирале биће рекултивисане након завршетка експлоатације (РБ Колубара, 2022.).



Слика 12. А) лепезасти начин одлагања; Б) паралелни начин одлагања; Ц) комбиновани начин одлагања Извор: (Архив Сектора за заштиту животне средине РБ Колубара Лазаревац)

Figure 12. A) Fan-shaped dumping method; B) Parallel dumping method; C) Combined dumping method (Source: Archive of Environmental protection sector of MB Kolubara Lazarevac)

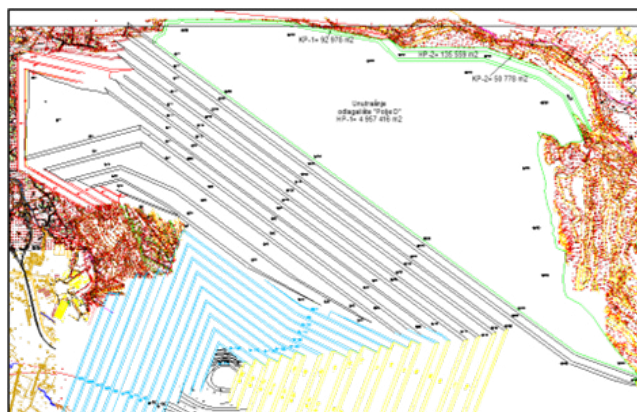
Откопани материјали из површинског копа транспортују се транспортерима са траком и одлажу на унутрашња одлагалишта. Ова одлагалишта су у континуитету са другим одлагалиштима, што резултује мешавином материјала са различитим физичко-механичким и хемијским својствима (РБ Колубара, 2022.).

Одлагалиште има укупну површину од 14.442.795 m². Радови на техничкој рекултивацији почињу након формирања завршне етаже на висини од 200 мнв у зони унутрашњег одлагалишта и на нивелети од 170 до 210 мнв (РБ Колубара, 2022.).

Циљ рекултивације је припрема површина за пољопривредну и шумску производњу. На Сликама 13 и 14 су приказане контуре површина које ће бити рекултивисане, као и контуре одлагалишта предвиђене за исту намену. Рекултивација ће обухватити све

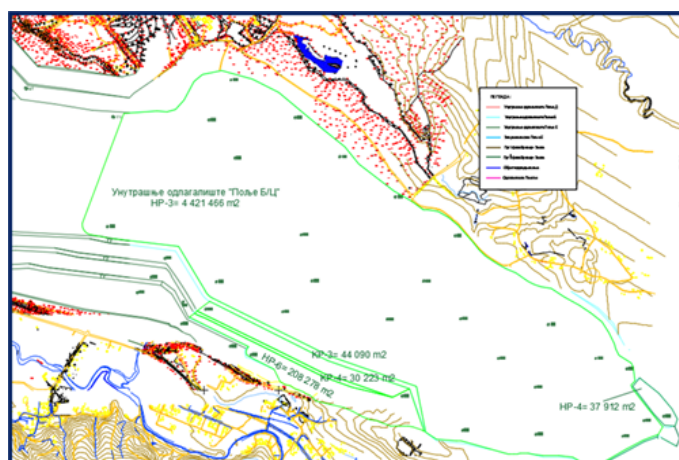
деградиране површине настале експлоатацијом угља, кроз техничке и биолошке фазе. Простор унутрашњег одлагалишта биће искоришћен за пољопривредну производњу, али ће бити разматране и друге могућности. Радови ће бити завршени пре и после 2049. Године (РБ Колубара, 2022.) (РБ Колубара, 2022.).

Укупна површина предвиђена за рекултивацију износи 1444,27 хектара од чега 1376,7 хектара чине хоризонталне површине, а 67,5 хектара су косе површине (РБ Колубара, 2022.).



Слика 13. Приказ површине предвиђене за рекултивацију (Извор: Архив Сектора за заштиту животне средине РБ Колубара Лазаревац)

Figure 13. View of the area designated for reclamation (Source: Archive of Environmental protection sector of MB Kolubara Lazarevac)



Слика 14. Приказ контуре одлагалишта, са површинама предвиђеним за рекултивацију ((Извор: Архив Сектора за заштиту животне средине РБ Колубара Лазаревац)

Figure 14. Contour view of the dump site with areas designated for reclamation (Source: Archive of Environmental protection sector of MB Kolubara Lazarevac)

Биолошка рекултивација

Земљиште је кључни природни ресурс, али је подложно уништењу услед људске активности, посебно током експлоатације сировина. Рекултивација деградираних површина, нарочито након рударских активности, укључује биолошку рекултивацију како би се успоставили нови екосистеми. Она обухвата садњу вегетације и потребне педомелиоративне мере, као и примену агротехничких поступака.

Радови на затрављивању обухватају: ручно и машинско сејање, ваљање површина, ђубрење и наводњавање. Сејање се обавља ручно на косинама и машински на равним површинама (Микић и сар. 2021). Радни процеси у сејалицама укључују припрему површине, постављање семена и сабијање земљишта око њих. Постоје различите врсте сејалица, чији сетвени апарати регулишу распоред семена и обезбеђују квалитетну сетву (Ухларик, 2017) (Слика 15).

После сетве, земљиште се сабија ваљцима (Слика 16) који могу бити глатки или ребрасти, у зависности од фазе припреме (Живковић и сар. 2010). Ваљци имају хидраулични систем за подешавање радног положаја. За прихрањивање се користе расипачи ђубрива, који могу бити ношени или вучени и могу се покретати преко возних точкова или прикључног вратила (Грбић, 2010).

Биолошка рекултивација на површинским коповима обавља се у две фазе (Табела 1). Прва фаза подразумева сетву грахорице и оваса као зеленишног ђубрива, након чега се заснива луцериште, а трећи откос се заорава у четвртој години. Друга фаза обухвата гајење ратарских култура у плодореду, што побољшава структуру земљишта и смањује ризик од болести и штеточина. Платоред омогућава боље гајење усева и стабилнију приноса (РБ Колубара, 2022.).



Слика 15. Сејалица, извор: „Агравис“ <https://www.technikboerse.com/sr/gebraucht/sejalice-za-direktnu-setvu-58/horsch-534>

Figure 15. Seeder, source: “Agravis” <https://www.technikboerse.com/sr/gebraucht/sejalice-za-direktnu-setvu-58/horsch-534>



Слика 16. Глатки ваљак, извор: https://www.gorenc.si/wp-content/uploads/2022/04/Katalog_-Gorenc_2022_SI_web.pdf

Figure 16. Smooth roller, source: https://www.gorenc.si/wp-content/uploads/2022/04/Katalog_-Gorenc_2022_SI_web.pdf



Слика 17. Расунач, извор: https://www.agrotech.land/sites/default/files/portfolio/rauch_axis_20-2-r.jpg

Figure 17. Spreader, source: https://www.agrotech.land/sites/default/files/portfolio/rauch_axis_20-2-r.jpg

Табела 1. Преглед култура у процесу рекултивације

Table 1. Overview of crops in the reclamation process

Ред. број	Култура	Дужина вегетације
Прва фаза (мелиоративна фаза)		
1.	Грахорица	1 година
2.	Луцерка	
Друга фаза (ратарске културе)		
3.	Кукуруз	1 година
4.	Пшеница	1 година
5.	Соја	1 година
6.	Кукуруз	1 година
7.	Јечам	1 година

Пошумљавање као метод биолошке рекултивације има три основна циља: обнова земљишта, заштита од ерозије и побољшање квалитета ваздуха. Избор врста за пошумљавање зависи од састава супстрата, рељефа и климатских услова. Пошумљавање на површинама „Поља Е“ обухвата садњу четинарских и лишћарских врста које су добре за развој шумских биљних заједница (Табела 2) (РБ Колубара, 2022.).

Табела 2. Изабране врсте дрвећа за биолошку рекултивацију на површинском копу „Поље Е“

Table 2. Selected tree species for biological reclamation at the “Polje E” surface mine

Ред.број	Врста садног материјала	Старост садног материјала
1.	Pinus nigra - Црни бор	2+0
2.	Prunus mahaleb - Рашељка	2+0
3.	Cerasus avium - Дивља трешња	2+0
4.	Juglans nigra - Црни орах	2+0
5.	Betula- Бреза	2+0



Слика 18. Пример рекултивисане површине у сврху расадника (Ј. Здравковић)

Figure 18. Example of a reclaimed area used as a nursery (J. Zdravković)

Процес пошумљавања захтева припрему терена, садњу садница и примену мера неге и заштите, као што су заливање, прихрањивање, окопавање и заштита од штетних инсеката и болести. Ова технологија осигурава добар прираст и функционални развој засада у првим годинама (РБ Колубара, 2022.).

ЗАКЉУЧАК

У раду је приказана механизација које се користи на површинским коповима за откоп, транспорт и одлагање јаловине и угља. Она обухвата роторне багере, тракасте транспортере, одлагаче, као и помоћну механизацију као што су: багери, дозери, грејдери и камиони. У раду је дат приказ рекултивације земљишта након експлоатације са посебно наглашеним значајем биолошке рекултивације са примерима избора врста и процеса пошумљавања на површинском копу Колубара.

Механизација игра кључну улогу у експлоатацији минералних сировина. Механизација на површинским коповима олакшава експлоатацију минералних сировина, ствара радна места и доприноси економији. Такође, коришћење механизације у процесу рекултивације земљишта чини овај процес ефикаснијим, бржим и економичнијим, што доводи до бољих резултата у обнављању деградираних површина.

Међутим, рударска индустрија, поред значајне економске добити, има и многе негативне социјалне и еколошке последице. Због тога је важно да будућа истраживања буду усмерена на постизање равнотеже између технолошког напретка и очувања природних ресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Banković, M. (2018): Optimizacija utovarno-transportnih sistema u funkciji planiranja površinskog kopa, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
2. Mirković, S. (2012): Razvoj integrisanog procesa upravljanja operativnim radom i održavanjem pomoćne mehanizacije na površinskom kopu uglja sa podrškom informaciono komunikacionih tehnologija, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd
3. Petrović, B. (2016): Optimizacija dužine strele rotornih bagera u funkciji stabilnosti kosina i efektivnosti rada na površinskim kopovima lignita Srbije, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet.
4. Rusiński, E., Czmochoowski, J., Moczko, P., Pietrusiak, D. (2017): Surface Mining Machines. Problems of Maintenance and Modernization, Springer International Publishing AG.
5. Willis, R.P.H., Dixon, J.R., Cox, J.A. & Pooley, A.D. (2010): A framework for the introduction of mechanized mining. International Platinum Conference 'Platinum Adding Value', The South African Institute of Mining and Metallurgy, (255-258).
6. А.Д. ЕПС, РБ Колубара, „Поље Е“
7. Академија техничких струковних студија, Универзитет у Београду, Србија. Преузето 08.05.2024. са <https://atssb.edu.rs>
8. Аничих, Х., Бојовић, Х., Медак, Х. (2023): Студија о процени утицаја на животну средину пројекта експлоатације кречњака из лежишта Бојовића крш, 34 стр
9. Архив Сектора за заштиту животне средине РБ Колубара Лазаревац
10. Вујић, С., Цвејић, Ј., Миљановић, И., Дражић, Д. (2009): Пројектовање рекултивације и уређења површинских копова, Београд.
11. Грбић, М. (2010): Производња садног материјала – Технологија производње украсних садница, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд.
12. Димитријевић, Б. (2014): Оптимизација управљања процесима рекултивације површинских копова угља, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
13. Драговић, Н. (2011): Механизација у противерозионим радовима., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд.
14. Ђурић Д. Р. (2016): Концепт расположивости при дефинисању ефикасног одржавања помоћне механизације на површинским коповима, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
15. Електропривреда Србије (ЕПС). Преузето 26.12.2023. са <https://www.eps.rs>
16. Живковић, Д. Вељић, М., Диховички, Ђ. (2010): Оперативна готовост код хидрауличног система ваљка, Техничка дијагностика 4 (19-24)
17. Извештај о стању животне средине за период јануар-децембар 2022.године, РБ Колубара Лазаревац
18. Микић, М., Урошевић, Д., Рајковић, Р., Јовановић, М. (2021): Рекултивација деградираних површина насталих одлагањем флотацијске јаловине на локацији Мајданпек, Србија. У: Зборнику радова Одрживи развој у рударству и енергетици, (202-210)

19. Ухларик, А. (2017): Технологија сетве пилираног семена луцерк, мастер рад, Пољопривредни факултет, Нови Сад

<https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/iT7biXaEaQ04/v1/1800x1202.webp>

<https://www.urogroun.rs/wp-content/uploads/2022/08/utovarivac-862h-1.jpg>

<https://isuzu.co.rs/kamioni-specijalne-nadgradnje/isuzu-p75-k-kiper/>

<https://itinzenjering.rs/u-rb-kolubara-pusten-u-rad-rekonstruisani-rotorni-bager-schrs630-g4/>

<https://rudarbalkan.blogspot.com/2016/02/ukratko-o-bageru-vedricaru.html>

https://www.agrotech.land/sites/default/files/portfolio/rauch_axis_20-2-r.jpg

https://www.gorenc.si/wp-content/uploads/2022/04/Katalog_-Gorenc_2022_SI_web.pdf

<https://www.technikboerse.com/sr/gebraucht/sejalice-za-direktnu-setvu-58/horsch-534>