



**UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET**

Đušina 7, Beograd, Republika Srbija

TEHNIČKO REŠENJE – M81

**PROGRAMSKI SISTEM ZA PLANIRANJE EKSPLOATACIJE I DEPONOVANJA UGLJA
U CILJU UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA**

Naziv projekta:

**UNAPREĐENJE TEHNOLOGIJE POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE LIGNITA U CILJU
POVEĆANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI, SIGURNOSTI I ZAŠTITE NA RADU**

TR 33039

Novembar 2014



Vrsta tehničkog rešenja	M81 – Razvoj programskog sistema
Autori tehničkog rešenja	Kolonja B., Knežević D., Stanković R., Lilić N., Ignjatović D., Jovančić P., Stevanović D., Kolonja Lj., Banković M., Tomašević A.
Naziv tehničkog rešenja	Programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja
Za koga je rađeno tehničko rešenje	Elektroprivreda Srbije
Ko koristi tehničko rešenje	PD RB Kolubara, TE-KO Kostolac
Godina izrade tehničkog rešenja	2013/2014
Verifikacija rezultata	Recenzenti: 1. Prof. Ivan Obradović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet. 2. Prof. Vladimir Malbašić, Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet Prijedor
Ko je prihvatio tehničko rešenje	Rudarsko-geološki fakultet Univerzitet u Beogradu
Primena rezultata	Elektroprivreda Srbije



PROGRAMSKI SISTEM ZA PLANIRANJE EKSPLOATACIJE I DEPONOVANJA UGLJA U CILJU UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA

1 Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje predstavlja Programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja i pripada oblasti Energetike, rudarstva i energetske efikasnosti.

2 Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

Osnovni cilj eksploatacije uglja na našim površinskim kopovima je da za potrebe termoelektrana obezbede dovoljne količine uglja, potrebnog kvaliteta i uz minimalne troškove eksploatacije. Kako se uslovi eksploatacije pogoršavaju, a zahtevi elektrana i ekologa postaju sve stroži, neophodno je uvesti sistem upravljanja kvalitetom uglja koji će omogućiti planiranje i nadzor tokom procesa eksploatacije uz održavanje kvaliteta lignita u zadanim (potrebnim) granicama.

Razumljivo je, da sa aspekta rudnika eksploatacija delova ležišta slabijeg kvaliteta ima smisla i opravdanja, jer se na taj način ostvaruje veći stepen iskorišćenja ležišta, produžuje se eksploatacioni vek rudnika i eliminiše pojava samozapaljenja odbačenog uglja na kopovskim (rudničkim) odlagalištima jalovine. Međutim, zbog skoro redovne pojave da se kod ležišta lignita u ugljenoj seriji nalazi veliki broj proslojaka jalovine (često male moćnosti i različitog položaja) s jedne strane, i mašina kontinuiranog dejstva za masovnu proizvodnju (uglavnom rotornih bagera sa velikim prečnicima radnog točka) sa druge strane, dometi selektivnog rada su često ograničeni, pa homogenizacija uglja tj. mešanje uglja boljeg i lošijeg kvaliteta u cilju dobijanja zadovoljavajućeg izlaznog kvaliteta predstavlja najčešće i jedinu mogućnost za usaglašavanje interesa kopova i termoelektrana.

Kad se radi o problemima otkopavanja i korišćenja lignita za proizvodnju električne energije, potreba za homogenizacijom je sve izraženija. Masovna višegodišnja eksploatacija lignita dovela je do toga da su često najkvalitetniji delovi ležišta već otkopani. Kako je potreba za ovom vrstom energenta i dalje prisutna, započeto je otkopavanje ležišta uglja sa lošijim kvalitetom. Otkopavanje i korišćenje ovih ugljeva nametnulo je potrebu rešavanja problema velike varijacije kvaliteta.

Homogenizacija se u rudarstvu može smatrati kao deo jednog globalnog principa koji bazira na zahtevu što potpunijeg iskorišćenja ležišta, naravno, uz puno respektovanje ekonomike celog proizvodnog procesa. Ovaj postupak pruža mogućnost da se otkopavaju zajedno, a zatim homogenizuju delovi ležišta sa različitim sadržajima korisne komponente, delovi ležišta sa različitim sadržajima štetnih komponenata, delovi ležišta sa povoljnim i nepovoljnim koeficijentima otkrivke, itd. Naravno, projektovani proces homogenizacije kao integralni deo celog proizvodnog procesa mora biti podvrgnut ekonomskoj oceni.

Homogenizacija je, dakle, tehničko-tehnološki i organizacioni proces mešanja ugljeva otkopanih različitom opremom sa različitih, međusobno bliskih, lokacija i transportovanih u jednom integrisanom sistemu koji omogućava da se pre faze utovara u transportna sredstva kojim se ugali usmerava ka termoelektranama izvrši ujednačavanje kvaliteta uglja, prema zadanom ili usvojenom parametru. Ujednačavanje kvaliteta se podrazumeva vremenski (u kratkoj jedinici vremena – minut) i prostorno (u svakom vagonu). Uspešno sprovedena homogenizacija omogućiće povećanje količina uglja čija eksploatacija je opravdana, smanjiće troškove transporta, smanjiće troškove



sagorevanja uglja, transporta i deponovanja pepela, unaprediće sistem zaštite okruženja od zagađenja, u prvom redu, u fazi sagorevanja i, saglasno tome, doprineće efikasnijem i profitabilnijem korišćenju raspoloživih prirodnih resursa.

3 Stanje rešenosti problema u svetu

Na bazi proučenih svetskih iskustava mogu se izvući određeni zaključci koji se, potom, mogu koristiti kao ideje vodilje ili korisni detalji pri razvoju Programskog sistema za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja na domaćim rudnicima.

Homogenizacija se bazira na integrisanim modelima upravljanja kvalitetom uglja (model ležišta, tehnološki model i model deponije). Po pravilu se teži uspostavljanju sva tri modela, mada modeliranja deponije nema tamo gde one fizički ne postoje. Može se zapaziti da se u nekim zemljama potencira model ležišta i tehnološki model (Nemačka, Bugarska), a u nekim model deponija (Grčka) mada se u svim slučajevima ni jedan segment modeliranja ne preskače. Radi se više o specifičnim (lokalnim) uslovima u grčkim ugljenokopima gde struktura ležišta ("torta" ili "zebra"), kvalitet uglja i tehnologija eksploatacije ne omogućuju direktno korišćenje tokom eksploatacije homogenizovanog uglja već se koriste deponije za postizanje maksimalnih efekata. Gde god je moguće preskočiti fazu deponovanja (bolje reći dvostrukog deponovanja – i na kopu i na termoelektrani) ona se, kao dodatni trošak, preskače ili se vrše ekonomske analize šta je isplativije: formiranje većih deponija i izbegavanje rada u dane vikenda ili obrnuto.

Kontinualno se vrše dodatna uzorkovanja i analize kvaliteta radi dinamičkog redefinisanja "in situ" modela ležišta. U svim analiziranim slučajevima se tvrdi da su rezultati geoloških istražnih radova, dobijeni po metodologiji propisanoj za utvrđivanje i overu rezervi, nepouzdati i nedovoljno tačni za uspostavljanje procesa homogenizacije. To je uslovalo potrebu razrade internih uputstava za dodatno bušenje, uzorkovanje i analiziranje. Pouzdani podaci se dobijaju kada se vrši uzorkovanje svakog litološkog člana pojedinačno, bez obzira na moćnost ili debljinu sloja, jer se time omogućava modelsko proračunavanje kvaliteta svakog reza bagera što daje potpuno pouzdan podatak o kvalitetu uglja koji se može otkopavati ili koji je upravo otkopan. Tako dopunjena baza podataka omogućava kvalitetno planiranje proizvodnje.

Na svim kopovima postoji značajna rezerva u kapacitetu bagera na uglju u cilju stabilnog snabdevanja termoelektrana ugljem. Kao jedan od preduslova za uspešno upravljanje kvalitetom postavlja se nužnost raspolaganja sa opremom koja po svojim realnim radnim karakteristikama i mogućnostima zadovoljava potrebe sistema. Saglasno tome, na svim rudnicima postoji izvesna "predimenzionisanost" osnovne oprema koja dozvoljava da se kvantitet podredi kvalitetu. Dakle, ne može se računati na uspešnu homogenizaciju uglja ili na upravljanje kvalitetom ako je rad kopa skopčan sa problemima obezbeđenja fizičkog obima proizvodnje.

"On line" analizatori imaju samo kontrolnu ulogu – ne služe za planiranje i vođenje procesa. Dugo vremena se smatralo, a na našim prostorima i danas se često smatra, da se ugradnjom on-line analizatora započinje i završava homogenizacija uglja. Nažalost, on-line analizatori na lignitu su se pokazali nepouzdanim da bi se na bazi rezultata koji oni daju mogao voditi proces homogenizacije. Još bitnije je da upravljanje podrazumeva ugradnju i opcije po kojoj se može intervenisati ako se pojavi kvalitet koji je van odabranih (ili zahtevanih) granica. Sami on-line analizatori mogu samo da pokažu trenutnu vrednost (koja je često samo okvirna), a druga tehnološka oprema, uklopljena u sistem, omogućava intervenisanje. Na bazi proučenih stranih iskustava nedvosmisleno se pokazuje da on-line analizatori imaju samo kontrolnu ulogu i da ne služe za vođenje procesa upravljanja. Pored netačnosti i mogućih odstupanja od tačne vrednosti (primer basen Ptolemais) smatra se da je ili fizički nemoguće ili je skupo intervenisati kada on-line

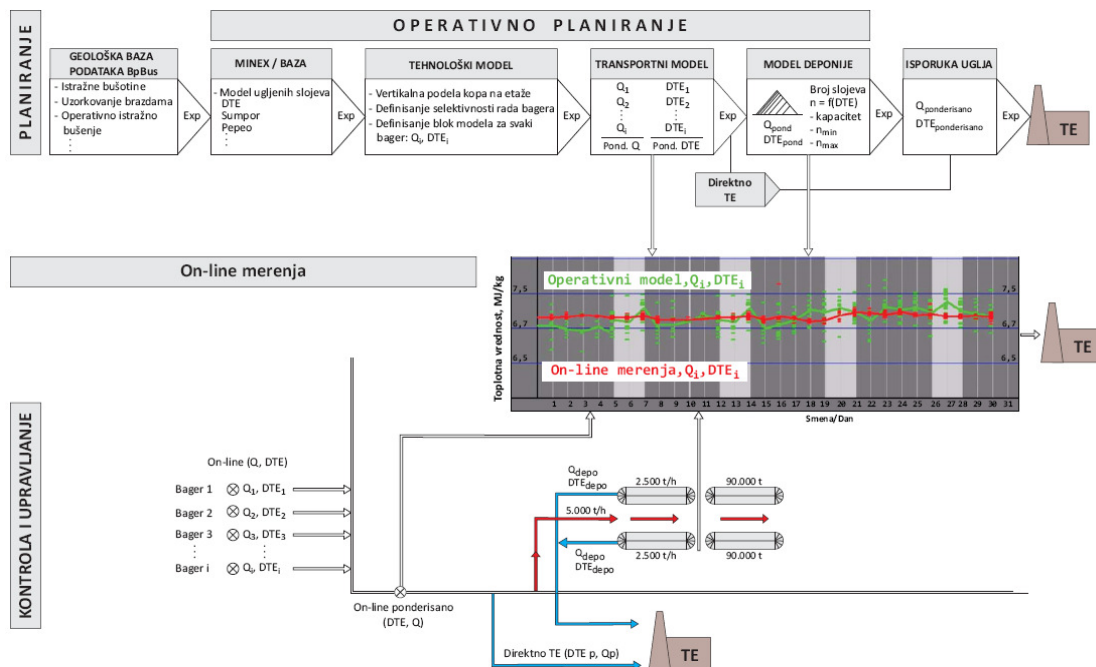
analizator konstatuje poremećaj. Zbog toga se sva modelovanja i upravljanja baziraju na rezultatima klasične hemijske analize ugrađene u geološki model ležišta. Bez obzira na nepouzdanost koju on-line analizatori nose njihova ugradnja je potrebna kao dobar način da se uštedi na kontrolnim smenskim, dnevnim ili nedeljnim analizama uglja klasičnim metodama.

Sistemom je integrirano upravljanje kvalitetom uglja na relaciji više kopova i više termoelektrana. Da bi se ostvarilo mešanje ugljeva (homogenizacija) potrebno je fizički raspolagati sa više kopova, mesta kopanja, odnosno bagera i/ili sa više potrošača. Saglasno tome, uglavnom se u sistem integriše više kopova i termoelektrana čime se gorivo prati "od ležišta do ložišta". Veštačko, najčešće organizaciono, prekidanje i podela na rudnički i elektranski deo se pokazao kao nesvrshodan i ne primenjuje se.

Kao rezime moglo bi se konstatovati da je **ugalj i za kopove i za termoelektrane postao roba poznatog (deklarisanog) kvaliteta**. Dakle, odbačen je princip da "rudari kopaju šta stignu", a termoelektrane to sagorevaju pa plate koliko država odredi i uveden potpuni tržišni princip po kojem se sa rudnika isporučuje proizvod deklarisanog kvaliteta koji se saglasno tome i plaća, a termoelektrana ima mogućnosti da prilagodi svoj rad takvoj sirovini i ostvari profit. Ovakav pristup omogućava i rudnicima i termoelektranama da u svakom trenutku znaju koliko su novca zaradili ili izgubili i da, saglasno tome, mogu da utiču na poslovnu politiku. Ovo je naročito značajno kada kop i termoelektrana pripadaju različitim vlasnicima (što je čest slučaj).

4 Opis tehničkog rešenja

Konceptualni model programskog sistema za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja na površinskim kopovima prikazan je na slici 1.



Slika 1 Konceptualni model upravljanja kvalitetom uglja

Funkcionisanje ovog sistema se zasniva na nizu aktivnosti koje podrazumevaju:

- Izradu geološkog modela ležišta

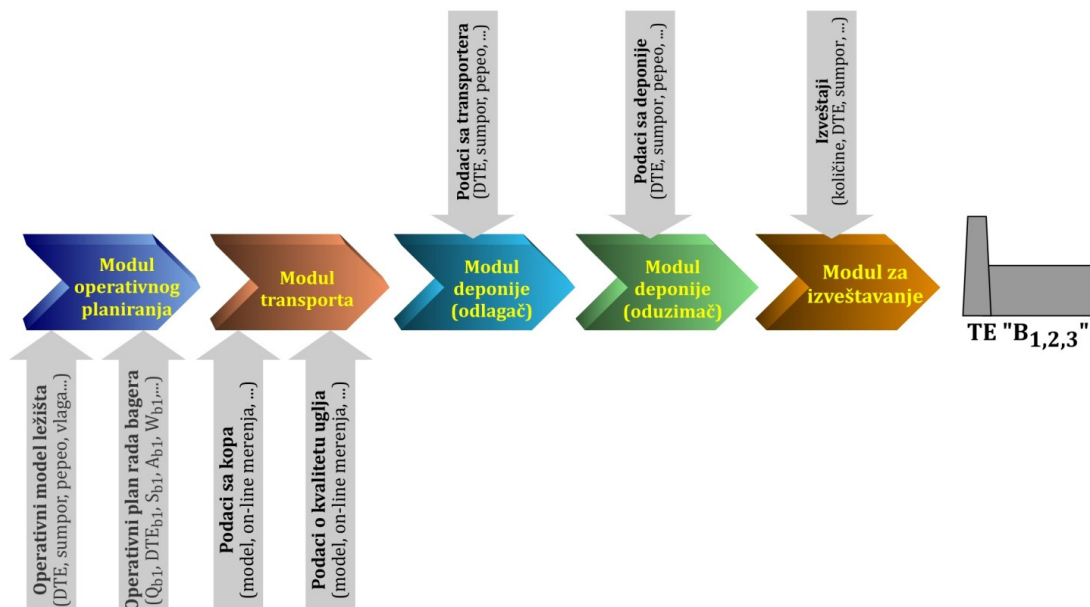
- Izradu tehnološkog modela ležišta
- Operativno planiranje rada bagera na uglju
- Formiranje modela deponije uglja
- Formiranje modela uzimanja uglja sa deponije
- Formiranje izveštaja za isporuku uglja termoelektrani

Ovaj konceptualni model, predviđa kompleksno softversko upravljanje procesom proizvodnje uglja uz kontinualnu kontrolu postignutih rezultata i uspostavljanje više mesta na kojima se može intervenisati kako bi kvalitet isporučenog uglja bio uvek u ugovorenim (zahtevanim) granicama.

Osnovu za efikasno planiranje homogenizacije uglja predstavlja svakako kvalitetno razvijen sistem (softver) na bazi konceptualnog modela. Ovaj sistem treba da verodostojno odslkava operativne uslove rada na eksploataciji uglja kako sa aspekta geologije tako i sa aspekta tehnologije rada.

Za potrebe ovog projekta razvijen je Programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja, čije su osnovne komponente prikazane na slici 2. Sistem je razvijen u MS Visual Studio .NET 2013 razvojnom okruženju. Baza podataka je razvijena u MS SQL Server-u, verzija 2012.

Softver se oslanja na rezultate modeliranja ležišta, tako da u konkretnom slučaju je u pitanju alat "Minex" firme Geovia. Fleksibilnost rešenja je obezbeđena tako što se na ulazu mogu prilagoditi formati zapisa i drugih alata za modeliranje ležišta. Osim toga, za puno korišćenje aplikacije je poželjno posedovati i AutoCAD kompanije Autodesk, verzija 2010 ili novija, kako bi bilo moguće u potpunosti iskoristiti sve funkcionalnosti softvera.



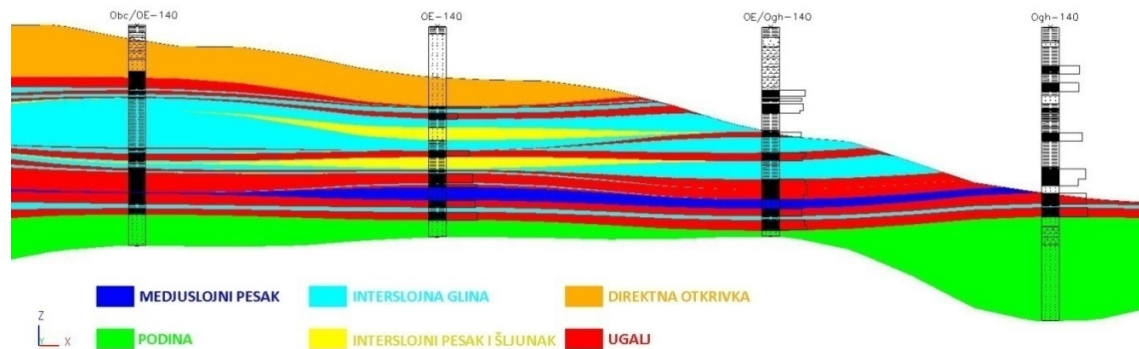
Slika 2. Komponente softvera za planiranje proizvodnje i upravljanje kvalitetom uglja

4.1 GEOLOŠKI MODEL LEŽIŠTA

Uzimanje uzoraka za potrebe određivanja kvaliteta uglja obavlja se tokom geoloških istraživanja radova. Na osnovu ovih ispitivanja utvrđuje se kvalitet uglja u celom eksploatacionom polju. Na osnovu rezultata istraživanja razvija se geološki model ležišta, definiše eksploataciono polje,

oprema za otkopavanje i transport. Definiše se i tehnologija rada. Dakle, istražni radovi pre početka rada površinskog kopa imaju izuzetnu važnost.

Geološka baza istražnih radova ugljenih basena Srbije (BpUBS) je korišćena za izradu geološkog modela ležišta "Tamnava Zapadno Polje" i modela kvaliteta uglja primenom softverskog paketa "Minex" specijalizovanog za modeliranje slojevitih ležišta mineralnih sirovina, slika 3.



Slika 3 Profil geološkog modela kvaliteta uglja ležišta "Tamnava – Zapadno polje"

Analizom raspoloživih parametara u bazi podataka o kvalitetu uglja, konstatovano je da su oni vrlo heterogeni: uzorkovanje jezgra se radilo ranije na 5 m, a od 2000. godine kartiranje se mnogo detaljnije i ide i do 10cm. Interpretacija parametara kvaliteta uglja na stari način svakako nije dovoljno pouzdana za potrebe homogenizacije uglja s obzirom da ova procedura u praksi ima nedostatke pogotovo kada se radi o delovima ležišta gde postoji velika raslojenost (prisustvo većeg broja proslojaka gline manje debljine) i slabijem kvalitetu uglja, tako da se stari podaci uzimaju samo u zonama u kojima nema dovoljno novih podataka. U većini slučajeva pri određivanju kvaliteta korišćeni su različiti kriterijumi selektivnosti za međuslojnu jalovinu, uglavnom oko 0,5m.

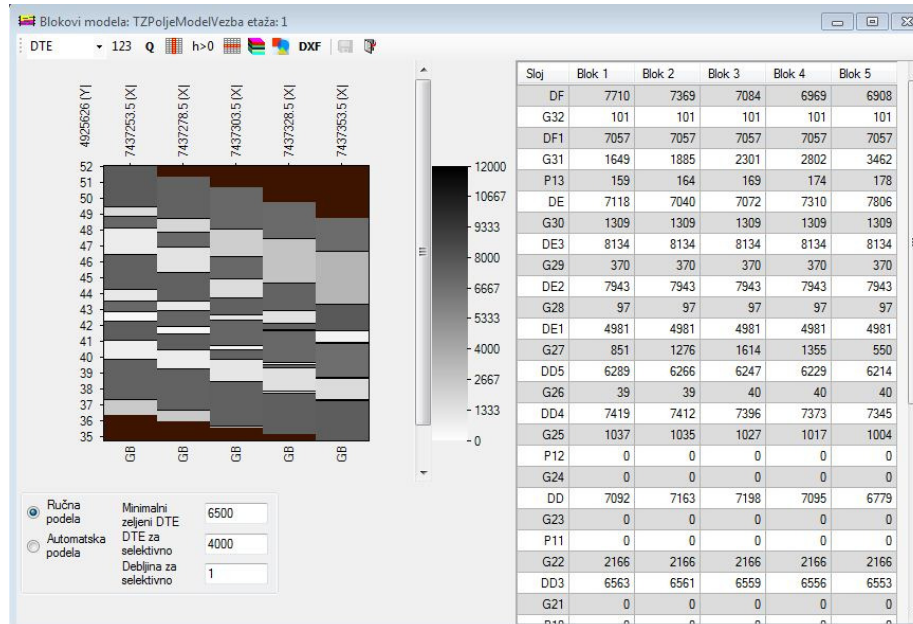
U pojedinim zonama gde su podaci nepouzdana, pristupilo se dodatnim – operativnim geološkim istraživanjima na terenu, odnosno uzimanju uzoraka sa otvorenih etaža na mestu rada otkopne mehanizacije, na površinskom kopu "Tamnava – Zapad", kako bi se verodostojno mogao definisati operativni geološki model.

Pod operativnim geološkim modelom u kontekstu homogenizacije uglja se podrazumeva blok model kod koga su dimenzije i orijentacija bloka u XY ravni prilagođene osnovnoj otkopnoj mehanizaciji koja se koristi na određenom kopu, dok se po visini etaže teži što vernijem reprodukciji slojevitosti promene kvaliteta uglja u sloju. Formira se na bazi operativnih rezultata geoloških istraživanja (slika 4), tako što se novi podaci unose u bazu podataka softvera i na dalje se koriste kao osnova za izradu operativnih planova i tehnoloških modela rada osnovne mehanizacije.

4.2 KREIRANJE TEHNOLOŠKOG MODELA

Na osnovu podataka o operativnim geološkim blokovima, koji se očitavaju iz baze, vrši se kreiranje tehnološkog modela rada osnovne mehanizacije koja se koristi za otkopavanje uglja. Prvi korak predstavlja pozicioniranje etažnih ravni, kako bi se ugljeni sloj podelio na otkopne etaže. Etažne ravni se definišu kao površi, pri čemu je moguće da nagib površi u različitim delovima ležišta bude različit u skladu sa primenjenom mehanizacijom i potrebnim kapacitetom. Etažne površi se

diskretizuju na sličan način kao i samo ležište, pri čemu se koriste već definisane dimenzije - dužina, širina i orijentacija bloka.



Slika 4 Primer pet susednih geoloških blokova sa tabelom kvaliteta uglja

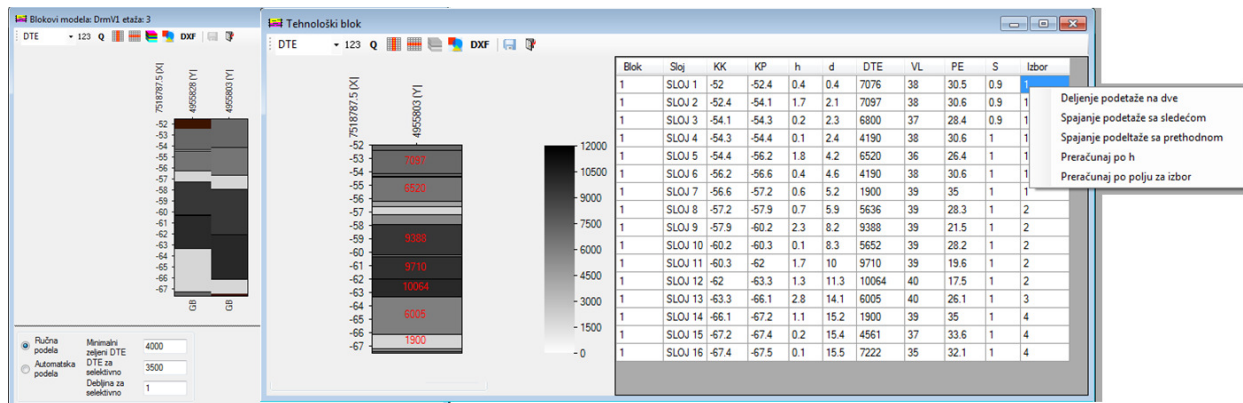
Budući da geološki model može biti veoma glomazan za kompjutersku obradu i manipulisanje, s obzirom da sadrži i već otkopane blokove, softver omogućava da se definiše operativni tehnološki model za kratkoročno otkopavanje samo delova ležišta. Ovim se povećava brzina rada, budući da je broj blokova koje treba proračunati daleko manji. Osim kreiranja novog, omogućeno je i pregledanje postojećih modela, ali ne i njihova modifikacija. Umesto toga, oni se mogu koristiti kao osnova za kreiranje novog modela kod koga će pojedini blokovi biti korigovani.

Definisanje tehnološke podele se može izvesti za bilo koji broj izabranih blokova (ili za sve blokove ležišta) odjednom, a postoji i mogućnost njenog definisanja za svaki operativni blok pojedinačno. Primenjena metodologija kreiranja podetaža u funkciji homogenizacije biće prikazana za otkopni blok visinske etaže bagera SchRs630, na površinskom kopu "Tamnava-zapadno polje".

Na slici 6 prikazan je panel za kreiranja tehnološke podele etaže. Izabrani otkopni blok uglja se sastoji od niza slojeva sa različitim kvalitetom (vrednostima DTE), kao najvažnijim parametrom koji se prati. Ostali parametri, bilo kog sloja u bloku mogu se očitati tako što se mišem izabere konkretan sloj. U sledećem koraku se vrši izbor konkretnog bagera koji će otkopavati dati blok, posle čega se vrši podela bloka na podetaže. Pri prvom prolasku kroz blok softver vrši izdvajanje eventualnih jalovih proslojaka koji će se otkopavati selektivno. Od ovakvih proslojaka se odmah formiraju posebne podetaže, a zatim se pristupa podeli preostalog dela ugljenog sloja na podetaže. Pri deljenju se vodi računa o tehnološkim karakteristikama izabranog bagera, tako što će se visina podetaže kretati u intervalu $0,5D + 0,7D$, pri čemu se teži da broj podetaža bude maksimalno racionalan. Za svaku podetažu vrši se preračunavanje parametara kvaliteta (DTE, A, S, w, itd.). Proslojci čija je debljina manja od granice selektivnog kopanja otkopavaju se zajedno sa ugljem, pri čemu se kod proslojaka peska i šljunka uzima za DTE vrednost 0, a u slučaju gline vrednost će biti negativna. Vrednost razblaženja kvaliteta uglja u slučaju otkopavanja proslojaka gline sa ugljem je utvrđena laboratorijskim ispitivanjima i krive zavisnosti su ugrađene u softver. Na ovaj način se

uvek teži (ukoliko je to moguće) da ponderisani kvalitet uglja u okviru podetaže bude u dijapazonu kvaliteta koji zahteva termoelektrana.

Komponenta "Tehnološki blok" služi za prikaz tehnološkog bloka. Kao i u slučaju prikaza geološkog bloka moguće je na svakoj podetaži ispisati vrednost svojstva bloka koje se prikazuje. Takođe je moguće i tabelarno prikazati vrednosti atributa za različite podetaže. Osim prikaza, ova forma omogućava i menjanje podele etaže na podetaže, korišćenjem kontekstnog menija koji omogućava različite akcije. Stavka "Deljenje podetaže na dve" deli podetažu na dva jednaka dela. "Spajanje podetaže sa sledećom" i "Spajanje podetaže sa prethodnom" vrši odgovarajuće spajanje podetaža. Svaka od prethodnih akcija se primenjuje na prethodno izabran red tabele. Kolona "h" koja označava visine podetaža se može direktno menjati. Kada su promene završene, tehnološki blok se preračunava izborom stavke "Preračunaj po h". Takođe je moguće odjednom grupisati više podetaža u nove podetaže. To se radi upisom u kolonu "Izbor". Pošto se potom u kontekstnom meniju izabere "Preračunaj po polju za izbor", spajaju se sve susedne podetaže označene istim unosom u polju "Izbor". Na slici 5 je prikazan primer kreiranja jednog tehnološkog bloka širine 50m od dva geološka bloka širine 25m.



Slika 5 Izgled panela za kreiranje tehnološkog bloka sa više podetaža

Obično se veličina geoloških i tehnoloških blokova ne poklapa, pa je potrebno uraditi spajanje geoloških blokova za pravljenje tehnoloških blokova. Postoje dva scenarija korišćenja ove funkcije: takozvana ručna i automatska podela. Dakle, program može i automatski, na bazi prethodno definisanih kriterijuma, da daje predlog optimalne tehnološke podele. Planer tehnološku podelu računara može korigovati (visinu i/ili broj podetaža) ukoliko postoje operativni razlozi za to na terenu, korigovana podela. Izabrana varijanta tehnološke podele se na kraju snima u bazu. Na isti način moguće je vršiti korekciju tehnoloških podela kreiranih pri kratkoročnom planiranju otkopavanja za čitavo ležište ili njegove delove.

U prvoj (ručnoj) varijanti ulazne podatke čini lista geoloških blokova, vektor koji definiše podintervale u bloku koji će biti dobijen spajanjem i informaciju koje blokove treba sa kojima spojiti. Izlaz iz ovog postupka je lista tehnoloških blokova. Vrednosti atributa podintervala u tehnološkom bloku se dobijaju kao prosečne ponderisane vrednosti u odgovarajućim podintervalima polaznih blokova.

U drugoj varijanti se podela na podintervale računa automatski, ali je potrebno zadati kriterijum selektivnosti i graničnu vrednost DTE-a koja definiše razliku između uglja i jalovine. Kreiranje podele blokova na podetaže se vrši korišćenjem genetskog algoritma (GA) integrisanog u deterministički algoritam. Postupak po kome se formira tehnološki blok je sledeći:



1. Formira se pomoćna podela P koja predstavlja uniju podela na slojeve svih geoloških blokova.
2. Izvrši se kreiranje pomoćnog bloka u skladu sa tom podelom.
3. U dobijenom bloku se na osnovu granice DTE-a za jalovinu identifikuju podintervali jalovine.
4. Susjedni intervali jalovine se objedinjuju i pamte se kote podine i krovine objedinjenih intervala koji su veći od kriterijuma selektivnosti. Niz tih kota definiše novu podelu P'.
5. Svi intervali koji su tanji od praga selektivnog otkopavanja se pripajaju nekom od susjednih intervala. Ukoliko je moguće intervali jalovine se pripajaju intervalima jalovine, a intervali uglja intervalima uglja. Ukoliko takvo spajanje nije moguće, onda se spajanje vrši bez obzira na to.
6. Uočavaju se intervali jalovine viši od praga selektivnog otkopavanja i vrši se optimizacija podele na regionima između tih intervala, dok oni ostaju fiksirani.

Optimizacija podele u okviru jednog regiona vrši se na sledeći način:

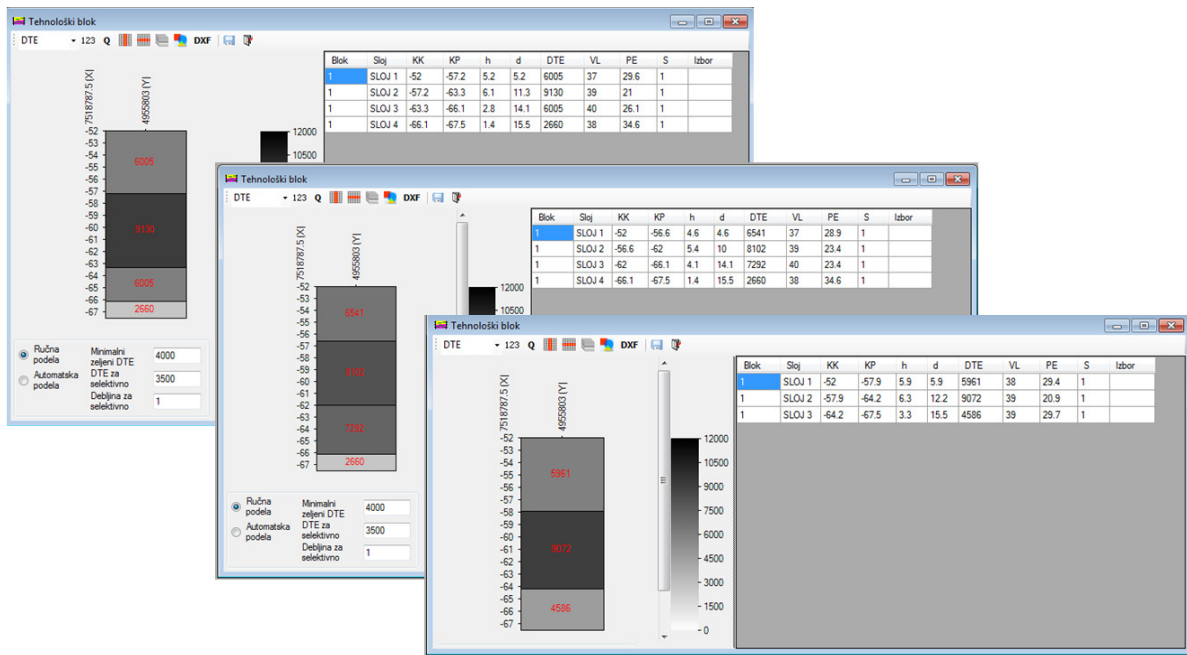
- Ukoliko visina regiona nije veća od dve minimalne visine podetaže, optimizacija je završena.
- Izračunava se minimalan broj podetaža M koji se računa tako što se pretpostavi da će ukupna visina regiona biti podetljena na podetaže maksimalne visine. Posebno, ukoliko prva podetaža bloka ili poslednja podetaža bloka pripadaju trenutnom regionu, njihova visina se dodatno ograničava maksimalnom visinom prve podetaže, odnosno maksimalnom visinom poslednje podetaže.
- Izračunava se maksimalan broj podetaža N koji se računa tako što se pretpostavi da će ukupna visina regiona biti podetljena na podetaže minimalne visine.
- Za vrednosti k od M do N pokreće se genetski algoritam koji pokušava da podeli region na k podetaža dok se ne nađe pravo rešenje.

Genetski algoritam je definisan na sledeći način:

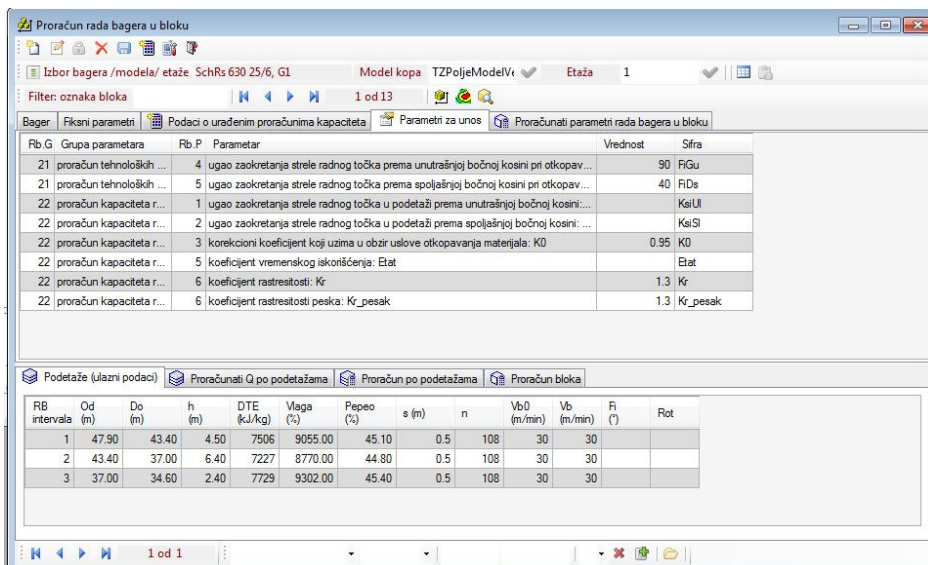
- Veličina populacije je 200, broj generacija je 1000, verovatnoća mutacije je 0.005, verovatnoća ukrštanja je 0.9.
- Hromozom je niz od n brojeva od kojih svaki predstavlja visinu tačke podele od vrha regiona na kojem se pravi podela.
- Funkcija cilja je definisana kao zbir kazni za kršenje ograničenja. Kršenje ograničenja visine podetaža se kažnjava dodavanjem vrednosti 10000. Ukoliko je podetaža niža od maksimalne dozvoljene visine, to se kažnjava kvadratom te razlike. Podbacivanje DTE-a ispod minimalne vrednosti se kažnjava dodavanjem vrednosti 400.
- Na kraju izvršavanja GA, najbolje rešenje se prihvata ukoliko mu je vrednost ispod 3000, a odbacuje u suprotnom.

Na taj način je moguće finije ručno podešavati podelu i ako je ona napravljena automatski. Slika 6 prikazuje primere panela sa kreiranim tehnološkim blokovima sa više podetaža. Sistem ima ugrađen sistem pravila koji se oslanja na Bazu tehničkih i tehnoloških parametara svakog bagera i prilagođava tehnološke blokove saglasno radnim mogućnostima otkopne opreme, tako da će se primenjivati različita pravila za bager vedričar i za rotorni bager.

Opisanim postupkom se formiraju otkopni blokovi sa tehnološkom podelom za svaki od bagera. Sledeći korak je proračun parametara rada bagera u bloku, odnosno izračunavanje maksimalnog kapaciteta koje bager može da ostvari za prethodno urađenu tehnološku podelu. I ovaj proračun se oslanja na Bazu tehničkih podataka, a može da se radi ručno, blok po blok ili za seriju susjednih tehnoloških blokova.



Slika 6 Kreiranje tehnološkog bloka sa više podetaža



Slika 7 Proračun rada bagera u bloku

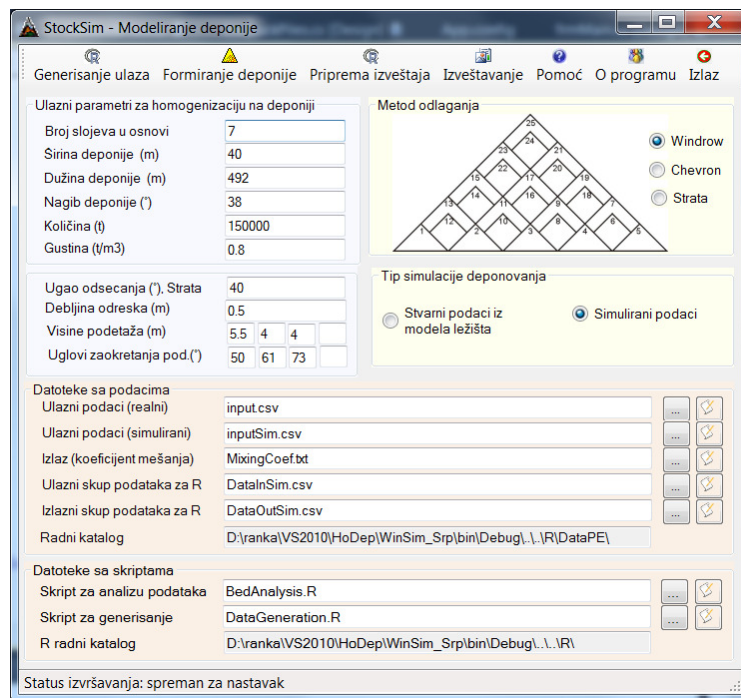
4.3 MODEL DEPONIJJE UGLJA

Integralni deo sistema za upravljanje kvalitetom uglja svakako predstavlja i deponija uglja. Smanjenje varijacije podataka na ulazu se postiže formiranjem deponije odgovarajućih dimenzija, načina odlaganja i broja slojeva. Grupisanjem eksploatacionih blokova i slaganjem slojeva materijala, srednja vrednost tako formirane gomile je bliža godišnjoj srednjoj vrednosti od pojedinačnih vrednosti slojeva koji je formiraju. Softversko rešenje omogućava simuliranje različitih

načina dimenzionisanja i formiranja deponije, i određivanje optimalnog broja slojeva od kojih se ona sastoji. Što je broj slojeva veći, to je veći stepen homogenizacije, ali i troškovi formiranja deponije su veći, te naš softver pomaže u izboru optimalne konstrukcije deponije (broja slojeva i zapremine), u funkciji opreme koja će raditi na deponiji.

Značaj koji deponija ima u sistemu homogenizacije uglja zavisi od koncepcije njene upotrebe. Ovakva upotreba podrazumeva koncepciju deponije sa više paketa, konkretno je planirano 6, sa definisanim Strata modelom odlaganja.

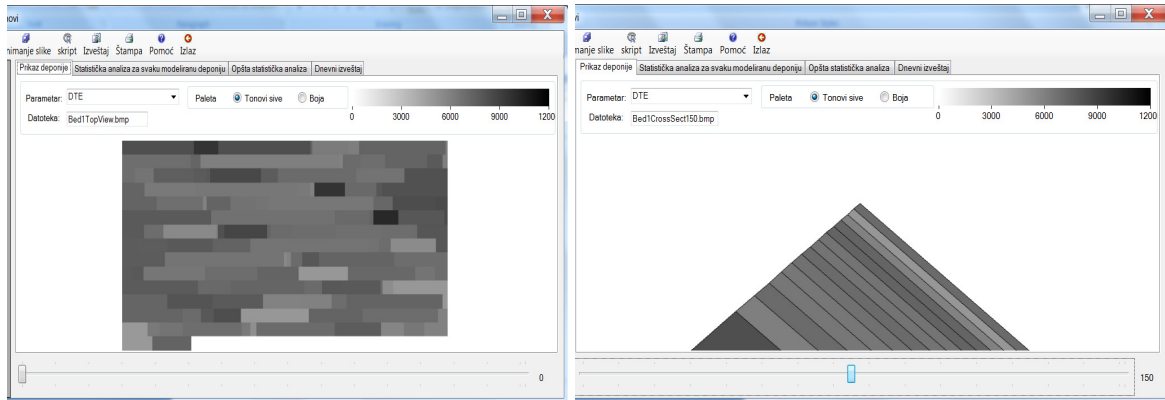
Softverski modul modelira funkciju homogenizovanja uglja na deponiji tako da se varijacija parametra kvaliteta uglja za lot odnosno za definisanu količinu uglja nalazi u ciljnom opsegu vrednosti. Softver omogućava konfigurisanje simulacije, što uključuje izbor tipa deponije, zadavanje većeg broja parametara kojima se preciziraju karakteristike i način rada deponije, tip korišćenih podataka. Nakon izvršavanja simulacije, generišu se izlazne datoteke u kojima su sadržane informacije o svakom odlaganju na deponiju i svakom uzimanju sa deponije koje je izvršeno u toku simulacije. Za izvršavanje simulacije, potrebni su ulazni podaci o materijalu koji se odlaže na deponiju.



Slika 8 Izgled panela za planiranje rada deponije

Sledeći korak je vizuelno pregledanje formiranih deponija i analiza rezultata korišćenjem izveštaja i grafika koje sistem generiše, a do kog se dolazi sa polaznog panela korišćenjem tastera Izveštavanje. Izveštaji i grafici daju sliku odnosea parametara kvaliteta uglja polaznog i homogenizovanog materijala. Takođe su implementirani grafici koji prikazuju koeficijent homogenizacije (eng. mixing coefficient), vrednosti parametara pre i posle homogenizacije, standardne devijacije ovih vrednosti, itd. Vizualizacija omogućava prikazivanje stanja deponije iz različitih aspekata, slikama sa pogledom odozgo (slika 9 levo) i slikom izabranog poprečnog preseka (slika 9 desno). Mesto poprečnog preseka se bira pomeranjem klizača na dnu forme. Sve slike je moguće sačuvati ili odštampati. Prilikom vizualizacije, moguće je birati parametar čije će

vrednosti biti prikazane (polje za izbor Parametar), kao i birati paletu kojom će vrednosti biti prikazane. Moguć je izbor palete nijansi sive ili u boji.



Slika 9 Primeri simulirane deponije: pogled odozgo (levo) i poprečni presek (desno)

Ovakvim rešenjem omogućava se optimalno raspolaganje ugljem odloženim na deponiji i povećava efikasnost deponije u sistemu homogenizacije.

4.4 MODEL ZA OPERATIVNO PLANIRANJE PROIZVODNJE I KONTROLU KVALITETA UGLJA

Primarni cilj ovog modela je da pomogne planeru u kontrolisanju kvaliteta uglja koji se otkopava na svim otkopnim mestima u planskom periodu. Ovi modeli optimiziraju proizvodnu količinu uglja, obično određenu kao funkciju cilja za koju važi skup ograničenja koja definišu izvodljivost rešenja. Funkcija cilja i ograničenja su matematičke funkcije varijabli i parametara odlučivanja. Varijable odlučivanja su aspekti sistema koji mogu biti kontrolisani, dok parametri ne mogu biti kontrolisani od strane donosioca odluke.

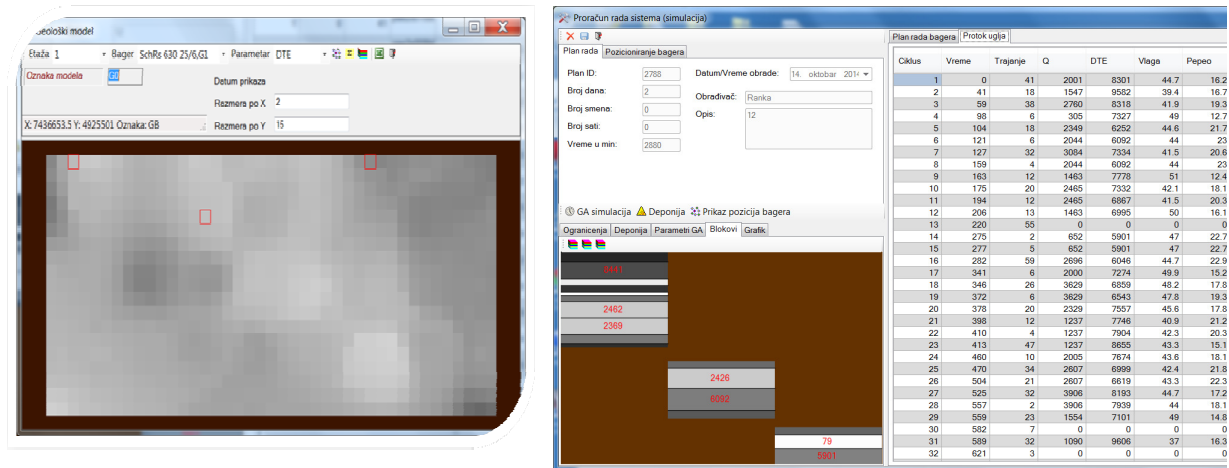
Ciljevi modela operativnog planiranja rada bagera su dvostruki. Prvo, treba da budu zadovoljeni zahtevi vezani za kvalitet uglja u određenom planskom periodu pri čemu važe neka fizička i geološka ograničenja i koriste se određena pravila i metode otkopavanja. Drugo, zahtevi vezani za količinu treba da osiguraju projektovanu smensku (dnevnu) proizvodnju uglja. Ova dva cilja imaju najviši prioritet u operativnom planiranju jer izostanak kontrole kvaliteta i količine uglja imaju neizostavno nepovoljan ekonomski efekat za rudnik.

Prilikom formiranja modela, posebno se vodilo računa o sledećim faktorima:

- Operativno planiranje treba da bude u skladu sa kratkoročnim, srednjoročnim i dugoročnim planovima. Ovo ograničenje sprečava otkopavanje samo uglja visokog kvaliteta ili niskog kvaliteta i isto tako usaglašava razvoj rudnika sa dugoročnim ekonomskim optimumom.
- Model treba da je dovoljno fleksibilan kako bi verodostojno predstavljao stanje rudarskih radova i za vreme perioda u kojima se javljaju tehnološki problemi.
- Za svaki planski period, npr. smenu, sve raspoložive otkopne mašine i posade radnika treba da su angažovane kako bi operativni troškovi bili što niži.

Softversko rešenje implementira rešavanje problema optimizacije Genetskim algoritmom koji pronalazi minimum funkcije više promenljivih pri definisanim linearnim ograničenjima. Programski sistem softverski implementira algoritam optimizacije i njegovo integrisanje u integralni sistem za izradu plana rada, odnosno za simulaciju rada više bagera u definisanom vremenskom periodu na planiranim pozicijama. Kao ulazne parametre dobija kvalitet uglja na pozicijama na kojima bageri rade (slika 10),

kao i tehnološka ograničenja koja moraju biti zadovoljena, a kao rezultat daje kapacitete sa kojima pojedini bageri treba da rade da bi sistem funkcionisao na zadovoljavajući način.



Slika 10 Pozicije bagera (levo) i tehnološki blokovi (desno)

Na osnovu pozicije bagera se određuju relevantni parametri rada bagera u konkretnom bloku koji su potrebni za postavljanje uslova ograničenja optimizacionog modela. Minimalni kapacitet bagera se definiše kao ulazni tehnološki parametar tog bagera. Maksimalni kapacitet koji bager može da ostvari u konkretnoj podetaži radnog bloka očitava iz prethodno urađenog proračuna rada bagera u tom bloku. Takođe se prate horizontalno kretanje bagera kroz radu sredinu i vertikalno pomeranje, odnosno rad u pojedinim podetažama.

Obzirom da se postavljeni problem može posmatrati i kao minimum apsolutne vrednosti razlike isporučenog i optimalnog kvaliteta uglja, što nije tipičan linearni problem, umesto linearnog programiranja uvedena optimizacija korišćenjem genetskog algoritma (GA). Ukoliko se zahtevana proizvodnja definiše kao fiksirana vrednost, a ne opseg, tada se ciljna funkcija može uprostiti i svesti na problem koji se rešava nekom od metoda linearnog programiranja, recimo simpleks metodom. Kako je u specifikaciji problema zahtev bio implementacija robusnijeg i fleksibilnijeg rešenja izbor je pao na genetski algoritam.

Prvi korak u implementaciji genetskih algoritama je da se formira model kojim se realan problem prevodi na matematički, pogodan za rešavanje problema optimizacije kroz pretraživanje prostora rešenja. Optimizacioni problemi se opisuje ciljnom funkcijom koja treba da se minimizira, uz zadata ograničenja. U GA svako potencijalno rešenje optimizacionog problema, odnosno operativni plan rada proizvodnog sistema, predstavlja jedinku koja se prikazuje jednim hromozomom. Parametri problema se kodiraju kao geni u hromozomu i u ovom slučaju to su kapaciteti rada pojedinačnih bagera.

Formiranje modela: Neka tehnološki proizvodni sistem čini n bagera kapaciteta Q_i , $i = 1...n$ (broj bagera). Neka DTE_i , A_i i S_i , $i = 1...n$ su redom parametri kvaliteta uglja: donja toplotna moć uglja, sadržaj pepela i sadržaj sumpora. Tada funkciju cilja (minimizacija odstupanja parametra kvaliteta) u modelu optimizacije možemo definisati kao:

$$F_{\min} = |DTE_1 - DTE_{opt}| \times Q_1 + \dots + |DTE_n - DTE_{opt}| \times Q_n, \quad (1)$$

Ukoliko želimo da radimo optimizaciju odsupanja kalorijske vrednosti uglja, odnosno donje toplotne moći. Ukoliko želimo da nam optimizujemo, odnosno minimizujemo odstupanje sumpora, tada će funkcija cilja imati oblik:

$$F_{\min} = |S_1 - S_{\text{opt}}| \times S_1 + \dots + |S_n - S_{\text{opt}}| \times S_n,$$

Ograničenja:

- Tehnološka ograničenja kapaciteta bagera:
 $Q_{i\min} \leq Q_i \leq Q_{i\max}, i=1, \dots, n$ (2)

- Ograničenje zahtevanog kapaciteta proizvodnog sistema:
 $Q_{\min} \leq Q_1 + \dots + Q_n \leq Q_{\max},$ (3)

- Ograničenje kvaliteta uglja - DTE:
 $DTE_{\min} \leq (DTE_1 \times Q_1 + \dots + DTE_n \times Q_n) / (Q_1 + \dots + Q_n) \leq DTE_{\max}$ (4)

- Opciono: ograničenje pepela:
 $(A_1 \times Q_1 + \dots + A_n \times Q_n) / (Q_1 + \dots + Q_n) \leq A_{\text{dozv}}$

- Opciono: ograničenje sumpora:
 $(S_1 \times Q_1 + \dots + S_n \times Q_n) / (Q_1 + \dots + Q_n) \leq S_{\text{dozv}}$

Softver omogućava podešavanje parametara algoritma na panelu, tako da uz podatke o operativnom planu mogu se podešavati i parametri genetskog algoritma. Softver određuje operativni kapacitet sa kojim treba da radi svaki od raspoloživih bagera na osnovu definisanih tehničkih i tehnoloških ograničenja i na osnovu podataka o kvalitetu uglja u blokovima, odnosno podetažama koje bageri otkopavaju.

Funkcija cilja u modelu je minimizacija odstupanja od optimalne vrednosti za termoelektanu, a to je u ovom slučaju 6700 kJ/kg ($\pm 5\%$), tako da je za rešavanje konkretnog problema najpogodnija funkcija minimizacije odstupanja od projektovanog parametra sagorevanja uglja u bloku termoelektane. Na panelu (slika 11) su prikazana ograničenja modela.

Iz konfiguracije simulacije

RB intervenc	h (m)	DTE (kJ/kg)	Tip	Q (t/h)
1	2.20	9312	U	967.9
2	6.60	2266	J	2310.7
3	4.40	8242	U	2615.8
4	4.30	6638	U	2482.3
5	2.70	120	J	1592.9
6	1.00	0	J	586

Slika 11 Ograničenja optimizacionog modela

Tokom simulacije je moguće dodatno konfigurisanje deponije (operativni podaci): procenat odlaganja na deponiju, geometrija iz predefinisanih podataka uz mogućnost izmene, broj slojeva.



Da bi se korisniku pružila mogućnost sistematske analize napravljenog operativnog plana, odnosno urađene simulacije, razvijen za grafički i numerički prikaz rezultata. Nakon urađene simulacije, moguće je analizirati dobijene izveštaje u grafičkom i tekstualnom obliku.

Na panelu se dinamički, u funkciji vremena, prikazuju tabele i grafici: kapaciteta i kvaliteta uglja za pojedinačne bagere, ponderisana vrednost kvaliteta uglja svih bagera i ukupan kapacitet proizvodnje bagera koji rade na uglju, ulaz i izlaz sa deponije (rezultat homogenizacije na deponiji): količina i kvalitet.

Softversko rešenje pruža mogućnost generisanja različitih izveštaja po bagerima iza ceo sistem, a izborom bloka na kom je pozicioniran bager može se pregledati grafički prikaz profila tehnološkog bloka u kom radi bager. Ukoliko korisnik nije zadovoljan urađenim operativnim planom, može ponoviti simulaciju sa korigovanim parametrima, ponovo izvršiti analizu i tako ponavljati proceduru sve dok se ne pronađe optimalno rešenje operativnog plana

Sistem izveštavanja obuhvata: Plan rada svakog bagera pojedinačno (koristi bagerista), Plan rada svih bagera (koristi koordinator), Transporni modul (ukupan kapacitet svih bagera i ponderisani kvalitet), Ulaz na deponiju, Izlaz sa deponije, Isporuca termoelektrani direktno sa kopa, Plan isporuke po vozovima.

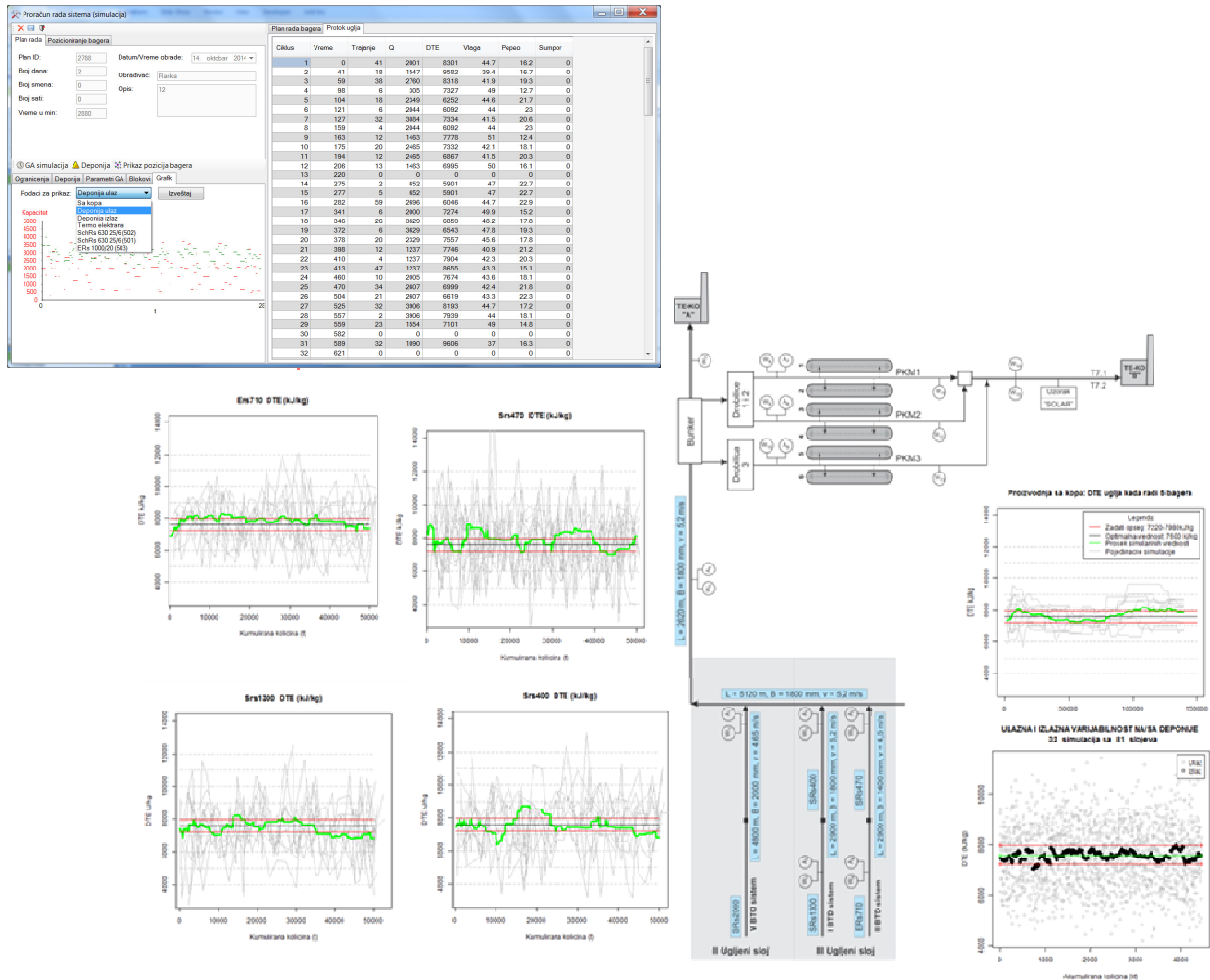
Grafički prikaz plana rada predstavlja: Rad bagera, sa graphicima kvaliteta i kapaciteta grupisanim po danima, potom Odlaganje na deponiju, grupisano po danima, Transportni model (ukupan kapacitet svih bagera i ponderisani DTE), Isporuku uglja termoelektrani sa deponije, Isporuku uglja termoelektrani sa kopa (po vozovima i manjim lotovima).

Na slici 12 dat je prikaz izveštaja razvijenog programskog sistema

5 Primena razvijenog programskog sistema

Realizacija glavnih ciljeva u sektoru elektroenergetike u Republici Srbiji usvojenih u Strategiji razvoja energetike Republike Srbije i Programu ostvarivanja strategije poverena je Javnom preduzeću „Elektroprivreda Srbije“, koje je zaduženo da realizuje strategijske razvojne ciljeve, a u tekućim aktivnostima da realizuje energetske bilanse.

Pored glavnih ciljeva u sektoru energetike u Republici Srbiji ne mogu se zanemariti i oni koji imaju manji značaj u globalu, ali su veoma podsticajni za poboljšanja tehno-ekonomskih parametara u proizvodnim procesima dobijanja električne energije u ovirima sistema EPS. Planiranje eksploatacije uglja na površinskom kopu „Tamnava-Zapadno polje“ sa uspostavljanjem centra za upravljanje kvalitetom uglja ima kao osnovni cilj, da optimizira kvalitet primarne energije u procesu sagorevanja u kotlovima TE „Nikola Tesla B“ i postizanje veće energetske efikasnosti, u odnosu na postojeće stanje. To se postiže projektovanom nadgradnjom tehnološkog procesa eksploatacije uglja sofisticiranim modelom, nabavkom potrebne opreme za centar i obukom kadrova kao resursima sa kojima će se uticati na tehnologiju rada sistema na uglju čiji će rezultat biti izražen u postizanju zadatih graničnih parametara kvaliteta uglja. Uz taj osnovni, ne mogu se zanemariti i ostali, ne samo ekonomski, već i ekološki u vidu eliminisanja nekontrolisanog sagorevanja uglja niskog kvaliteta, toplotne vrednosti ispod 5,2 GJ/t. koji je imao isti tretman kao i jalovina i deponovan na odlagalište sa izvesnom opasnošću nekontrolisanog samozapaljenja i emisije „greenhouse“ gasova.



Slika 12 Izgled izveštaja u razvijenom programskom sistemu

Razvijeni programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja je u fazi implementacije u JP Elektroprivreda Srbije. U toku 2014. godine počela je I faza implementacije sistema upravljanja kvalitetom uglja koja je obuhvatila obuku stručnog kadra za korišćenje sistema u RB Kolubara - Površinski kop Tamnava Zapadno Polje. Ukupno je održano 10 kurseva iz oblasti operativnog planiranja eksploatacije uglja na površinskom kopu Tamnava Zapadno Polje u funkciji upravljanja kvalitetom uglja.

6 Zaključak

Kvalitet lignita za potrebe termoelektrana u sistemu EPS čini sastavni deo tehnologije pripreme i sagorevanja u kotlovima TE. U dosadašnjem periodu eksploatacije lignita, kvalitet uglja kao tehničko-tehnološka kategorija nije bila aktuelna zahvaljujući povoljnim prirodnim uslovima, i donekle, primenjenoj tehnologiji otkopavanja uglja, tako da se uspevalo, skoro uvek, postizati čak i bolje performanse kvaliteta u odnosu na projektovane.



Danas, ekonomičnost produkcije električne energije postaje presudna kategorija za poslovanje, čak prioriternije pitanje od obima proizvodnje, jer se nabavke nedostajuće električne energije mogu obezbediti na tržištu, ali ekonomičnost je čisto interna stvar racia poslovanja.

Osnovni cilj eksploatacije uglja na našim površinskim kopovima je da za potrebe termoelektrana obezbede dovoljne količine uglja, potrebnog kvaliteta i uz minimalne troškove eksploatacije. Kako se uslovi eksploatacije pogoršavaju, a zahtevi elektrana i ekologa postaju sve stroži, neophodno je uvesti sistem upravljanja kvalitetom uglja koji će omogućiti planiranje i nadzor tokom procesa eksploatacije uz održavanje kvaliteta lignita u zadanim (potrebnim) granicama.

Konceptualni model razvijenog programskog sistema za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja na površinskim kopovima obuhvata niz sledećih aktivnosti: izradu geološkog modela ležišta, izradu tehnološkog modela ležišta, operativno planiranje rada bagera na uglju, formiranje modela deponije uglja, formiranje modela uzimanja uglja sa deponije i formiranje izveštaja za isporuku uglja termoelektrani. Ovaj konceptualni model, predviđa kompleksno softversko upravljanje procesom proizvodnje uglja uz kontinualnu kontrolu postignutih rezultata i uspostavljanje više mesta na kojima se može intervenisati kako bi kvalitet isporučenog uglja bio uvek u ugovorenim (zahtevanim) granicama.

Programski sistem je razvijen u MS Visual Studio .NET 2013 razvojnom okruženju. Baza podataka je razvijena u MS SQL Server-u, verzija 2012. Softver se oslanja na rezultate modeliranja ležišta a u konkretnom slučaju je u pitanju alat "Minex" firme Geovia. Fleksibilnost rešenja je obezbeđena tako što se na ulazu mogu prilagoditi formati zapisa i drugih alata za modeliranje ležišta.

Programski sistem je testiran na primeru jednog površinskog kopa Kolubarskog ugljenog basena i nalazi se u fazi implementiranja u RB Kolubara.



Literatura

- [1] Bonisch R., Hohna U., Modern coal quality control for run-of-mine coal homogenization in the Lusatian lignite mining area (Federal Republic Germany)
- [2] Carpenter M.A., 1999, Management of coal stockpiles, IEA Coal Research, London
- [3] Hofmann et al., 1999, On line determination of lignite quality in Rheinbraun opencast mines, "New technologies for coal quality and homogenization", workshop, Athens.
- [4] Ignjatović D., Knežević D., Kolonja B., Lilić N., Stanković R, 2007, Upravljanje kvalitetom uglja, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [5] Kavourides K., Pavloudakis F., 1999, Determination of Ptolomais (Greece) lignite quality variations – supportive fuels and homogenization methods to improve lignite quality for power generation purposes, "New technologies for coal quality and homogenization", workshop, Athens.
- [6] Kavourides K., Pavloudakis F., 2003, Use of on-line analysis systems for monitoring the quality fluctuations of the lignite produced from a multi-layered deposit, Proceedings of symp. Mine planning and equipment selection, Kalgoorlie.
- [7] Kavourides K., Pavloudakis F., 2003, Use of on-line analysis systems for monitoring the quality fluctuations of the lignite produced from a multi-layered deposit, Proceedings of symp. Mine planning and equipment selection, Kalgoorlie.
- [8] Michaelides X., 1999, Successful on line physical and chemical analysis of coal, New technologies for coal quality control and homogenization, proceedings of workshop, Athens.
- [9] Pavloudakis F., 1998, Sistem homogenizacije u odlagalištima uglja. – Zbornik radova sa Prvog međunarodnog savetovanja o površinskoj eksploataciji uglja, "Ugalj '98.", Beograd.
- [10] Pavloudakis F., Agioutantis Z., 1999, "Computer aided coal quality control and homogenization – A state-of-the-art-review", "New technologies for coal quality and homogenization", workshop, Athens.
- [10] Pavlović V, Ignjatović D, 2012, Selective opencast coal mining by continuous systems, Faculty of Mining and Geology, Belgrade.
- [11] Stasinakis A., 1999, Homogenization in Megalopolis lignite center, "New technologies for coal quality and homogenization", workshop, Athens.
- [12] Stevanović D, Kolonja B, Stanković R, Knežević D, Banković M, 2013, Application of stochastic models for mine planning and coal quality control, 2013, Thermal Science, DOI REFERENCE: 10.2298/TSCI130201031S.
- [13] Wall T. et al., 2001, A review of the state-of-the-art in coal blending for power generation final report, Cooperative research centre for black coal utilisation, Callaghan.
- [14] www.rgi-ms.com
- [15] www.scantech.com.au
- [16] xxx, 1999, Lignite in Europe, Rheinbraun Aktiengesellschaft, Cologne
- [17] xxx, 2005, Upravljanje procesom homogenizacije uglja u cilju povećanja iskorišćenja niskokvalitetnih ugljeva i uštede mazuta u termoelektranama, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- [18] Lične konsultacije sa menadžmentom rudnika uglja Marica-istok, 2004.
- [19] Lične konsultacije sa menadžmentom rudnika uglja Laubag i Mibrag, 2004.
- [20] Lične konsultacije sa menadžmentom rudnika uglja Megalopolis, 2003.

PROGRAMSKI SISTEM ZA PLANIRANJE EKSPLOATACIJE I DEPONOVANJA UGLJA U CILJU UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA

Recenzentski izveštaj

Tehničko rešenje TR 33039: Programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja, grupe autora: Kolonja B., Knežević D., Stanković R., Lilić N., Ignjatović D., Jovančić P., Stevanović D., Kolonja Lj., Banković M. i Tomašević A. razvijeno je za potrebe Elektroprivrede Srbije tokom 2013. i 2014. godine. Tehničko rešenje opisano je na 19 strana sadrži 12 slika i spisak literature sa 20 referenci.

Opis tehničkog rešenja sadrži šest odeljaka: 1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi; 2. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava; 3. Stanje rešenosti problema u svetu; 4. Opis tehničkog rešenja; 5. Primena razvijenog programskog sistema i 6. Zaključak.

U prvom odeljku autori konstatuju da tehničko rešenje pripada oblasti Energetike, rudarstva i energetske efikasnosti. U drugom odeljku izložene su osnovne karakteristike problema za koji je tehničko rešenje razvijeno, a to je velika varijacija kvaliteta uglja koja se nastaje prilikom otkopavanja i korišćenja lignita za proizvodnju električne energije. U trećem odeljku autori iznose iskustva pri rešavanju ovog problema u svetu. Konstatuju da se homogenizacija bazira na integrisanim modelima upravljanja kvalitetom uglja, pri čemu se u nekim zemljama potencira model ležišta i tehnološki model (Nemačka, Bugarska), a u nekim model deponija (Grčka). Nadalje, ističu da se kontinualno vrše dodatna uzorkovanja i analize kvaliteta radi dinamičkog redefinisavanja "in situ" modela ležišta, što je uslovalo potrebu razrade internih uputstava za dodatno bušenje, uzorkovanje i analiziranje. Svetska iskustva takođe pokazuju da na svim kopovima postoji značajna rezerva u kapacitetu bagera na uglju u cilju stabilnog snabdevanja termoelektrana ugljem. Kada su u pitanju "on line" analizatori, oni imaju samo kontrolnu ulogu – ne služe za planiranje i vođenje procesa, dok je sistemima integriše upravljanje kvalitetom uglja na relaciji više kopova i više termoelektrana. Kao rezime trećeg odeljka autori konstatuju da je ugalj i za kopove i za termoelektrane postao roba poznatog (deklarisanog) kvaliteta.

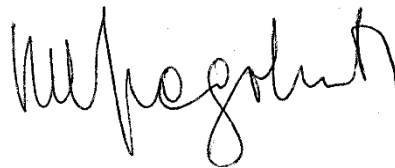
Suština tehničkog rešenja izneta je u odeljcima 4 i 5. U četvrtom odeljku najpre je izložen konceptualni model programskog sistema za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja na površinskim kopovima. Model se zasniva na sledećim aktivnostima: izradi geološkog modela ležišta, izradi tehnološkog modela ležišta, operativnom planiranju rada bagera na uglju, formiranju modela deponije uglja, formiranju modela uzimanja uglja sa deponije i formiranju izveštaja za isporuku uglja termoelektrani. Autori ističu da osnovu za efikasno planiranje homogenizacije uglja predstavlja kvalitetan softverski sistem baziran na konceptualnom modelu. U tom cilju je u okviru ovo tehničkog rešenja razvijen programski sistem u MS Visual Studio .NET 2013 razvojnom okruženju, dok je baza podataka razvijena u MS SQL Server-u, verzija 2012. Programski sistem koristi i rezultate modeliranja ležišta dobijene alatom "Minex" firme Geovia. U petom poglavlju opisana je implementacija razvijenog programskog sistema na jednom površinskom kopu Kolubarskog ugljenog basena.

Tehničko rešenje pod naslovom Programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja razvijeno je u potpunosti u skladu sa zahtevima koji su definisani Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju

naučnoistraživačkih rezultata istraživača, i shodno tome zadovoljava sve uslove za tehničko rešenje kategorije M81, odnosno priznat programski sistem koji se implementira u Rudarskom basenu Kolubara.

Na osnovu prethodno navedenog sa zadovoljstvom predlažem Nastavno-naučnom Veću Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati tehničko rešenje TR 33039: Programski sistem za planiranje eksploatacije i deponovanja uglja u cilju upravljanja kvalitetom uglja kao istraživački rezultat kategorije M81.

Recenzent

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ivan Obradović', written in a cursive style.

Prof. dr Ivan Obradović
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet



На основу захтјева Рударско-геолошког факултета Београд Универзитета у Београду др Владимир Малбашић, ванред.проф. је урадио следећи

Рецензентски извештај

за

**ТЕХНИЧКО РЈЕШЕЊЕ ПРОГРАМСКОГ СИСТЕМА ЗА ПЛАНИРАЊЕ
ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ И ДЕПОНОВАЊА УГЉА
У ЦИЉУ УПРАВЉАЊА КВАЛИТЕТОМ УГЉА**

„Техничко решење под насловом Програмски систем за планирање експлоатације и депоновања угља у циљу управљања квалитетом угља“, аутора: Колоња Б., Кнежевић Д., Станковић Р., Лилић Н.,Игњатовић Д., Јованчић П., Стевановић Д., Колоња Љ., Банковић М., Томашевић А., је развијен у складу са захтјевима дефинисаним у Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању истраживачких резултата, Републике Србије. Техничко рјешење је приказано на 19 страна са 12 слика и 20 референци.

Техничко рјешење је описано кроз следећа поглавља: 1. Област на коју се техничко рјешење односи; 2. Проблем који се техничким рјешењем ријешава; 3. Стање рјешености проблема у свијету; 4. Опис техничког рјешења; 5. Примјена развијеног програмског система; 6. Закључак и Литература.

Приказано техничко рјешење припада области Енергетике, рударства и енергетске ефикасности. У поглављима 2, 3 и 4 дат је општи опис и суштина развијеног програмског система, при чему су у поглављу 4 детаљно изложене теоријске основе. Примјена програмског система је презентована у поглављу 5, док су закључна разматрања дата у поглављу 6.

Актуелност овог Техничког рјешења се огледа у чињеницама да се услови експлоатације лигнита у Републици Србији погоршавају, а захтјеви електрана и еколога постају све строжији, па се појављује неопходност увођења система управљања квалитетом угља који ће омогућити планирање и надзор током процеса експлоатације уз одржавање квалитета лигнита у заданим (потребним) границама. Масовна вишегодишња експлоатација лигнита довела је до тога да су често најквалитетнији делови лежишта већ откопани, потреба за хомогенизацијом је све израженија, хомогенизација угља тј. мијешање угља бољег и лошијег квалитета у циљу добијања задовољавајућег излазног квалитета представља најчешће и једину могућност за усаглашавање интереса копова и термоелектрана.

Хомогенизација се у рударству може сматрати као дио једног глобалног принципа који се базира на захтјеву што потпунијег искоришћења лежишта, наравно, уз пуно респектовање економије цијелог производног процеса.

Концептуални модел програмског система за планирање експлоатације и депоновања угља у циљу управљања квалитетом угља на површинским коповима обухвата низ следећих активности: израду геолошког модела лежишта, израду технолошког модела лежишта, оперативно планирање рада багера на угљу, формирање модела депоније угља, формирање модела узимања угља са депоније и формирање извјештаја за испоруку угља термоелектрани. Овај концептуални модел, предвиђа комплексно софтверско управљање процесом производње угља уз континуалну контролу постигнутих резултата и успостављање више места на којима се може интервенисати како би квалитет испорученог угља био увијек у уговореним (захтјеваним) границама. Програмски систем је развијен у *MS Visual Studio .NET 2013* развојном окружењу. База



података је развијена у MS SQL Server-у, верзија 2012. Софтвер се ослања на резултате моделирања лежита а у конкретном случају је у питању алат "Minex" фирме Геовиа. Флексибилност решења је обезбеђена тако што се на улазу могу прилагодити формати записа и других алата за моделирање лежишта. Програмски систем је тестиран на примеру једног површинског копа Колубарског угљеног басена и налази се у фази имплементирања у РБ Колубара.

Техничко рјешење под насловом Програмски систем за планирање експлоатације и депоновања угља у циљу управљања квалитетом угља представља техничко рјешење категорије М81 као признат програмски систем који се налази у фази имплементације у Рударском басену Колубара. На основу свега наведеног са задовољством предлажем Наставно-научном Већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да исто прихвати.

Приједор, 08.12.2014. године

Рецензент

Проф. др Владимир Малбашић
Универзитет у Бањој Луци,
Рударски факултет Приједор, РС/БиХ