

Dimenzionisanje deponija za ugalj

Dinko Knežević, Božo Kolonja, Ranka Stanković, Aleksandra Tomašević, Dragana Nišić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Dimenzionisanje deponija za ugalj | Dinko Knežević, Božo Kolonja, Ranka Stanković, Aleksandra Tomašević, Dragana Nišić
| Jedanaesta međunarodna konferencija o površinskoj eksploataciji OMC, 2014, Zlatibor, 15-18 oktoba 2014 | 2014 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0001599>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

DIMENZIONISANJE DEPONIJA ZA UGALJ

Dinko Knežević, Božo Kolonja, Ranka Stanković,
Aleksandra Tomašević, Dragana Nišić
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd,
dinko.knezevic@rgf.bg.ac.rs

IZVOD

U ovom radu data je analiza vrsta i načina korišćenja deponija za ugalj. Poseban akcenat je stavljen na sadašnju praksu formiranja i korišćenja deponija uglja u Srbiji. Analizirane su njihove veličine i dinamika korišćenja. Dati su principi dimenzionisanja veličine deponije za homogenizaciju uglja. Konstatovano je da su postojeće deponije predimenzionisane i da se, po prostornim mogućnostima, lako mogu prilagoditi uslovima koje traže deponije za homogenizaciju uglja.

Ključne reči: deponije uglja, skladištenje uglja, mešanje ugljeva, homogenizacija uglja

UVOD

Objekti za skladištenje uglja formiraju se iz tri razloga:

- kao skladišni (akumulacioni) prostor,
- kao prostor za mešanje ugljeva različitog porekla, i
- kao prostor za homogenizaciju ugljeva različitog kvaliteta (i/ili porekla).

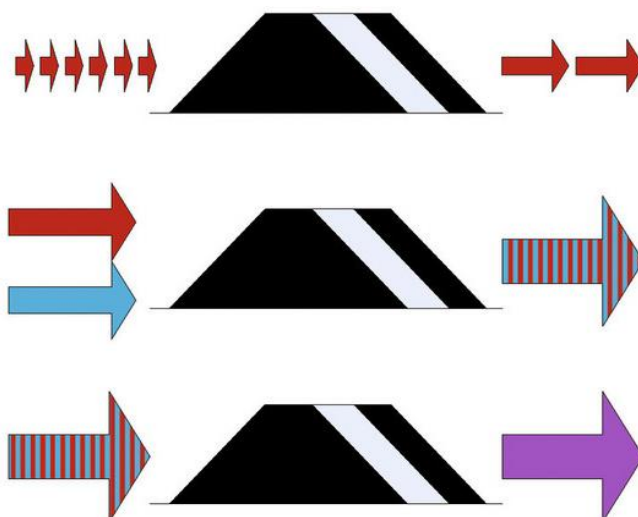
Šematski prikaz deponija različite namene prikazanje na slici 1 [1].

Različite namene utiču na veličinu (geometriju), tip i opremu koja se koristi na deponiji. Na našim prostorima značajne su akumulacione i deponije za homogenizaciju uglja. Deponije, kao prostor za mešanje ugljeva različitog porekla i karakteristika značajne su samo za velike luke.

ZNAČENJE POJEDINIH IZRAZA

Postoji veliko šarenilo izraza kojim se želi opisati homogenizacija, i u srpskom i u engleskom jeziku. U srpskom jeziku se to radi opisno kao "ujednačavanje kvaliteta mešanjem ugljeva različitog porekla i karakteristika". S obzirom na dužinu pojma ustalio se izraz homogenizacija, mada se spominju i blending i miksing (sve anglizicmi).

Izraz "**miksing**" (**mešanje, miksovanje**) podrazumeva mešanje različitih komponenata, ali tako da se tragovi pojedinačnih komponenata i posle mešanja mogu identifikovati. Kada se mešaju ugljevi, radi ujednačavanje kvaliteta, izrazi miksing i miksovanje se pogrešno koriste.



Slika 1. Šematski prikaz deponija različite namene (gore: akumulaciona, u sredini: za blendiranje i dole: za homogenizaciju)

Izraz »**blending**« (**mešanje**) predstavlja formiranje krajnjeg proizvoda potrebnog i poznatog kvaliteta od dva ili više tipova istog materijala (npr. uglja, duvana itd.), ali različitog porekla, tako da se posle mešanje ne može identifikovati ni jedan od materijala pojedinačno. Kod blendiranja odnos među komponentama je uvek isti, pa svaka komponenta mora biti poznatog i ujednačenog kvaliteta. Dakle, blendiraju se prethodno homogenizovani proizvodi. Kad je u pitanju ugalj blendiranje se sreće na lučkim (akumulacionim) deponijama gde se od ugljeva različitih vrsta, porekla i kvaliteta sprema ugalj kvaliteta koji kupac želi.

Izraz »**homogenizacija**« (engl. **homogenisation**), predstavlja preradu jedne vrste materijala (npr. uglja) tako da se nepoželjne razlike u pogledu kvaliteta ili granulometrijskog sastava ublaže (ujednače). Homogenizacija je mešanje materijala istog porekla kako bi se dobio zajednički proizvod poznatog i ustaljenog kvaliteta pri čemu se u krajnjem proizvodu ne poznaju komponente od kojih je on sastavljen. Kada se na jednom rudniku ili kopu u tehnološkom lancu mešaju ugljevi različitog kvaliteta iz različitih delova ležišta, iz silosa ili deponija da bi se dobio krajnji proizvod - ugalj poznatog i ustaljenog kvaliteta tada se ispravno koristi izraz homogenizacija.

DEPONIJE KAO AKUMULACIONA SKLADIŠTA

Deponije uglja kao skladišni (akumulacioni) prostor formiraju se radi uspostavljanja tehnološkog sistema u kojem se koristi različita oprema i različiti sistemi, transportni i proizvodni. Tipičan primer je prodaja uglja kupcu koji je udaljen od rudnika ili izravnavanje diskontinuiteta u radu rudnika i termoelektrane.

Lokacija akumulacione deponije. Da bi rudnik radio kontinuirano i u skladu sa vlastitom tehnologijom te da ne bi čekao utovar ka kupcu formira se deponija neposredno uz rudnik. Rudnički transport treba da bude što kraći, a deponiju treba formirati van kontura kopa, kako se tehnološki ni organizaciono ne bi remetio rad kopa. U ovoj varijanti kupac uvek ima na raspolaganju dovoljne količine uglja za utovar, a rudnik je nezavisan u organizovanju proizvodnje i nije mu važno da li potrošač ima ili nema svoj deponijski prostor. Kada su rudnik i potrošač prostorno blizu, a tehnološki teško mogu uskladiti dinamiku rada i kapacitete onda se formira jedna, zajednička, deponija izvan kopa na potezu ka potrošaču (najčešće su to termoelektrane).

Veličina (kapacitet) deponije. Kapacitet deponije je uslovljen kapacitetom transportnog sredstva koji odvozi ugalj i dinamikom organizovanja transporta. Pravilo je da prevoznik kada dođe na utovar ne čeka već da odmah, i u što kraćem vremenu, bude natovaren i otpremljen. Dinamika odvoza zavisi kako od broja i veličine raspoloživih transportnih sredstava tako i od dinamike odvoza u narednom transportnom ciklusu.

Kada se radi o velikim potrošačima onda se kapacitet određuje u odnosu na potrošnju i procenjeno vreme zastoja proizvodnje uglja. Uzroci zastoja su svakojaki. Najznačajniji je vezan za vreme potrebno za remonta rudarske i druge opreme. Najpodesniji period za remonte je u letnjim mesecima, međutim zbog korišćenja godišnjih odmora (rudara, mehaničara, dobavljača, proizvođača rezervnih delova) remontu na kopu se pomeraju ka kasno proletnjim i kasnim letnjim, odnosno ranim jesenjim mesecima. U tom periodu termoelektrane najčešće rade smanjenim kapacitetima (primarno se koriste hidroelektrane, smanjena potrošnja), tako da blokovi pojedinačno idu u remonte. Drugi bitan uzrok zastoja u radu rudnika, odnosno kopa vezan je za klimatske i meteorološke uslove. U zimskom periodu najteži je rad na kopu, a potražnja za električnom strujom iz termoelektrana je najveća pa je ovo bitan parametar za dimenzionisanje deponije. Treća važan činilac su havarije i problemi izazvani prirodnim katastrofama (poplave, klizišta). Događaji iz maja i juna 2014.g. pokazali su da to može izazvati značajan poremećaj na elektroenergetskom tržištu. Bitno je razmotriti i verovatnoću štrajkova, nemira i pobuna.

Na veličinu deponije uglja značajan uticaj ima i procena pouzdanosti snabdevača, odnosno potrošača. Ova procena se svodi na procenu rizika i nosi

značajnu dozu ekspertskog znanja i subjektivne procene. U ovu grupu treba dodati i lokalno iskustvo sa snabdevačima i potrošačima.

Faktori koji nedostaju prethodnoj analizi odnose se na ekonomičnost rada i procenu isplativosti rada rudnika/kopa i termoelektrane. Pošto su kod nas rudnici/kopovi uglja i termoelektrane u državnom vlasništvu, a preko cene njihovih krajnjih proizvoda se održava i socijalni mir to ti parametri ne učestvuju u određivanju veličine deponija uglja. U svetu se svakako o tome vodi računa.

Sve u svemu, određivanje veličine deponije je kompleksan problem. U staroj SFRJ izrađen je predlog Pravilnika o administrativno-tehničkom određivanju veličine deponije [2]. Taj pravilnik nikada nije zaživeo, a predviđao je minimalnu zapreminu deponija termoelektrana koja obezbeđuje rad, punim kapacitetom, u periodu od 45 dana. To se uklapalo u tada važeće principe koji su predviđali i rezervu za rok od 90 dana [3].

Veličina deponija uglja na termoelektranama u Srbiji, bez Kosova i Metohije, prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Veličina deponija uglja u Srbiji, bez KiM

Termoelektrana	Potrošnja uglja, t/dan	Veličina deponije, t	Rezerve u uglju, dan	Tip deponije	Postojanje kopovske deponije
Nikola Tesla-A	36.200	530.000	≈ 14	polarna	da
Nikola Tesla-B	42.000	370.000	≈ 9	polarna	da
Kolubara	12.000	110.000	≈ 10	linijska	ne
Morava	4.000	200.000	≈ 50	linijska	da
Kostolac-A	12.000	120.000	≈ 10	linijska	ne
Kostolac-B	38.400	600.000	≈ 15	linijska	ne

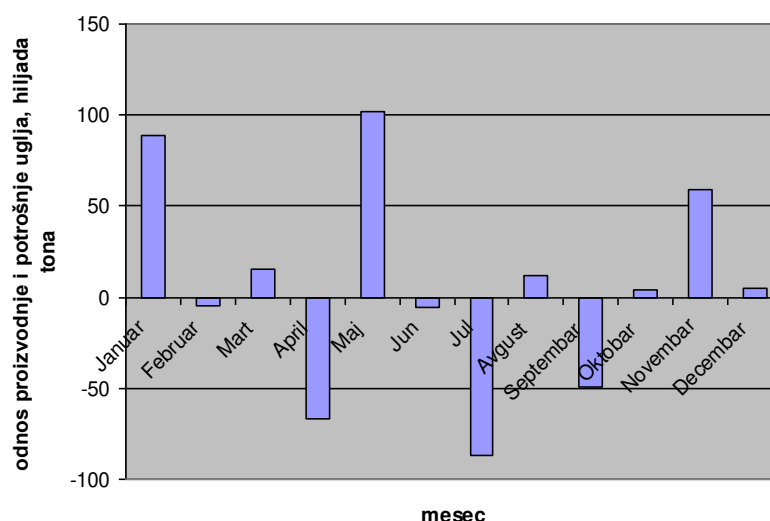
Vrsta deponije. Kada se predviđa kontinuirani (stalni) odvoz tada se deponija prilagođava planiranim transportnim sredstvima, a kada se odvoz dešava s vremena na vreme deponija se improvizuje.

Deponije na termoelektranama su građevinski i tehnološki uređene sa definisanim prostorom (površinski i zapreminski), odvodnjavanjem, prskačima, tehnologijom odlaganja i izuzimanja.

Oprema za transport, skladištenje i izuzimanje. Oprema se u potpunosti prilagođava transportnom sredstvu. Kada se transport vrši stalno i kontinuirano onda se oprema prilagođava transportnom sredstvu.

Stanje u Srbiji. Sve naše deponije uglja su formirane kao skladišni prostor. U slučaju kada je termoelektrana udaljena od kopa (Kolubara – TENT) formiraju se

dve deponije – bunker i uz kop, a otvorena deponija na lokaciji termoelektrana. Ovakvim rasporedom rad kopa i termoelektrane je nezavisan, a redovno godišnje održavanje je moguće obaviti u periodu kada kopa i termoelektrani najviše odgovara. Primer mesečne usklađenosti dovoza i potrošnje uglja na termoelektrani "Nikola Tesla-B" prikazan je na slici 2 [4].



Slika 2. Odnos dovoza i potrošnje uglja na TE "Nikola Tesla B"

Postojanje deponijskog objekta na lokaciji RB Kolubare i TENT-B omogućava nezavisan rad oba subjekta. Sa slike 2, koja daje petogodišnji prosek, vidi se korišćenje deponija. U januaru, maju i novembru izrazito je veća potrošnja od proizvodnje (dovoza) uglja, dok je u aprilu, julu i oktobru suprotno (veći dovoz od potrošnje). Tokom ostalih meseci dovoz i potrošnja su prilično izjednačeni.

Zbog postojanja bunkerskog prostora uz lokaciju kopa, usklađenosti dovoza i potrošnje uglja na TENT-B i raspoloživog bunkerskog prostora unutar blokova tehnološki je usklađeno da se vozovi prazne direktno u elektranske bunkere, a samo radi akumulisanja rezerve ili prevazilaženje nekog poremećaja uglj ide na elektransku deponiju. Količina uglja koji se pre sagorevanja deponuje redovno je ispod 5% u odnosu na potrošeni uglj [4]. U tabeli 2 dat je petogodišnji pregled količina dovezenog i potrošenog uglja i količina koje ostaju na deponiji (100% je petogodišnji prosek).

Dakle, kada na mestu proizvodnje i mestu potrošnje postoje akumulacioni prostor tada njegovo korišćenje treba racionalizovati da se jedna deponija koristi za kontinuirano snabdevanje, dok se druga (obično na lokaciji potrošača) koristi samo kao rezerva.

Tabela 2. Količina uglja koja se odlaže na deponiju TENT-B

Godina	Količina uglja dovezena u TENT B, %	Ukupna raspoloživa količina, %	Potrošeno uglja, %	Količina uglja odložena na deponiju, %
Stanje 31.12.				2,75
1.	99,77	102,52	97,75	4,77
2.	89,57	94,34	90,62	3,72
3.	100,54	104,26	100,41	3,84
4.	105,45	109,29	105,20	4,09
5.	104,68	108,77	103,84	4,93
Suma/prosek	500,00	519,18	497,82	4,27

Kada su kop i termoelektrana na prostorno bliskoj lokaciji onda se formira jedna (tehnoški, zajednička) deponija uglja. Takav slučaj je na kopu Drmno koji ugljem snabdeva termoelektrane Kostolac-A i Kostolac-B. Korišćenje zajedničke akumulacione deponije je tehnoški potpuno drugačije. Naime, posmatrano na časovnom nivou, dinamika i kapacitet korišćenja kopa se razlikuje od dinamike i kapaciteta na termoelektrani. Prosečan časovni kapacitet kopa je 4.000 tona uglja, a potrošnja na termoelektrani je 2.700 t/h, dok je prosečno vreme kopanja uglja 4.500 h/g, a sagorevanja u termoelektrani 6.000 h/g. Da bi se ovo uskladili neophodno je imati bar jednu akumulacionu, bolje reći, izravnavajuću deponiju uglja. Mesečni odnosi punjenja i pražnjenja deponije prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Mesečni odnosi punjenja i pražnjenja deponije ugljem sa PK "Drmno"

Mesec	Razlika punjenje/pražnjenje		
	TEKo-A	TEKo-B	TEKo-A + TEKo-B
Januar	- 20.753	117.385	96.632
Februar	- 21.174	206.088	184.914
Mart	66.414	-102.116	- 35.702
April	- 11.814	-134.895	- 146.709
Maj	- 61.579	153.056	91.477
Jun	27.363	102.589	129.952
Jul	- 123.052	248.545	125.493
Avgust	110.194	-347.417	-237.223
Septembar	42.151	-62.532	- 20.381
Oktober	- 2.628	29.590	26.962
Novembar	8.878	-176.312	- 167.434
Decembar	- 20.234	102.589	82.355

Analiza mesečnog punjenja i pražnjenja zajedničke deponije PK Drmno i TE Kostolac analizirana je za period januar 2010 – avgust 2014. Iz navedene analize

se vidi da se deponija, u periodima od 1 do 4 meseca, naizmenično više puni nego što se prazni, pa se - više prazni nego što se puni i tako redom. Interesantno je da se u zimskim mesecima (decembar, januar, februar), kada su najteži uslovi za rad na kopu i najveća potrošnja energije, deponija više puni nego prazni, dok se u prelaznim periodima (mart-april i avgust-septembar) više prazni. Odnosno, u analiziranom period je na deponiji TEKo-A deponovano je 10.850.519 t, a izuzeto 10.856.753 t, dok je na deponiji TEKo-B deponovano 18.017.546 t, a izuzeto 18.154.116 t. Znači da je više od 99% deponovanog uglja utrošeno, te da je sa deponije, kao akumulisane rezerve potrošeno manje od 1% deponovanog uglja.

Valja primetiti da mesečni nedostataka uglja (više se prazni nego što se deponuje) iznosi od 20.381 do 237.223 tona uglja. Posmatrano na celokupni kapacitet od 720.000 t vidi se da su deponije korišćena u rasponu od 3 - 33%.

DEPONIJE ZA MEŠANJE UGLJEVA

Mešanje ugljeva različitog porekla (ili kvaliteta) podrazumeva deponovanje ugljeva jednog pored drugog u zavisnosti od vremena pristizanja na deponiju. Ponekad je moguće uspostaviti sistem da oni dolaze naizmenično i u približno jednakim količinama, pa se pri izuzimanju neka vrsta ujednačavanja kvaliteta spontano dešava. Najčešće je to teško izvesti pa različiti ugljevi i u različitim količinama stižu s vremena na vreme, neplanski, stohastički, pa je ujednačavanje kvaliteta uglja pri izuzimanju neznatno i slučajno.

Čak i kada su poznati kvaliteti ugljeva na ulazu sistem (statičkog) slaganja jedno pored drugog saglasno vremenu dolaska i izuzimanje, redom sa najbliže gomile, ne može bitno da utiče na kvalitet proizvoda koji se izuzima sa te deponije.

U praksi (posebno u lukama) sreće se sistem mešanja koji se naziva blendiranje koji podseća na homogenizaciju ugljeva. Naime, mešaju se ugljevi koji su prethodno homogenizovani, pa im je kvalitet poznat i ustaljen, i koji su odloženi na različite gomile (silose). Njihov maseni odnos se unapred definiše, a mešanje je ostvaruje dodavanjem na istu traku pre utovara.

Na rudnicima ili termoelektranama moguće je mešanjem (blendiranjem) postići homogenizaciju. Preduslov za to da se, u prvoj fazi, na različitim gomilama odlaže ugalj poznatog i približno jednakog kvaliteta. U drugoj fazi je moguće dobiti ugalj ujednačenog kvaliteta tako što će se istovremeno izuzimati i mešati (najčešće na traci kojom se ugalj izvozi sa deponije) ugalj boljeg kvaliteta od potrebnog sa ugljem lošijeg kvaliteta od potrebnog. Maseni odnos, odnosno kapacitet izuzimanja, treba biti unapred zadan.

DEPONIJE ZA HOMOGENIZACIJU UGLJA

Deponije za homogenizaciju su tehnološki najkomplikovanije jer na njima od uglja promenljivog kvaliteta (na ulazu) treba "napraviti" ugalj poznatog, ujednačenog i ustaljenog kvaliteta (na izlazu). Zbog toga se kod ovih deponija podrazumeva dinamičko odlaganje i dinamičko izuzimanje.

Ove deponije su, po pravilu, na kraju tehnološkog lanca upravljanja kvalitetom uglja te su i njihove mogućnosti ograničene i, najčešće, uslovljene uspešnošću homogenizacije u prethodnim fazama.

Veličina deponija za homogenizaciju uglja (prostorno i zapreminski) zavisi od karakteristika uglja. Što je kvalitet uglja na ulazu ujednačeniji, a zahtevani kvalitet uglja na izlazu sa deponije umereniji to će i deponije biti manje.

Homogenizacija na deponijama se obavlja u dva postupka: pri odlaganju i pri izuzimanju. Ispitivanja su pokazala da su mogućnosti homogenizovanja u fazi odlaganja značajno veće nego i fazi izuzimanja [5].

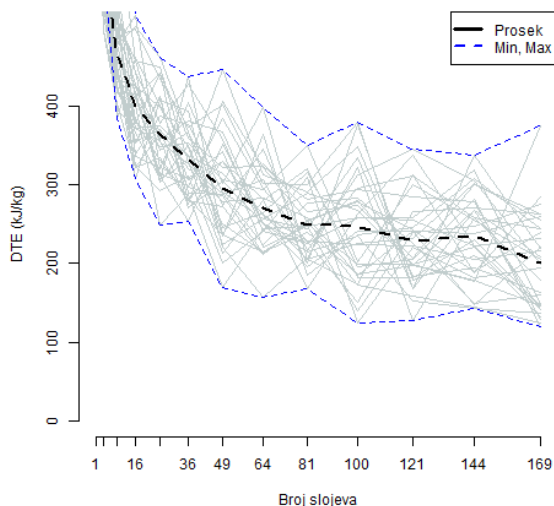
Tehnologija rada na deponijama za homogenizaciju vezana je za formiranje određenog broja gomila, najčešće je to paran broj, tako da dok se jedna gomila puni, druga se prazni. Pri tome, svaku gomilu treba do kraja potpuno napuniti i do kraja potpuno isprazniti.

Efikasnost se statistički definiše odnosom standardne devijacije istog parametra kvaliteta uglja na ulazu i na izlazu sa deponije. Korišćenje ovako dobijene efikasnosti homogenizacije nije praktično jer nedostaju podaci vezani za zapreminu deponije, način odlaganja, debljinu slojeva, način izuzimanja, greške uzorkovanja i analize itd. [6]. Zbog toga se efekat homogenizacije vezuje za broj odloženih slojeva i može da se računa po empirijskom obrascu:

$$E = \frac{\sigma_{in}}{\sigma_{out}} = k \cdot \sqrt{n}$$

Koeficijent "k" se kreće od 0,5 do 0,7 i teško je objasniti kada je 0,5, a kada 0,7.

Bolji način za praćenje efikasnosti jeste simulacijom vrednosti standardne devijacije, za izabrani parametar i za svaki sloj. Kao rezultat dobije se dijagram iz kojeg se vidi posle koliko slojeva se standardna devijacija stabilizuje, slika 3 [7]. Povećanjem broja odloženih slojeva homogenizacija neće biti bolja, ali će se povećati svi troškovi, od investicionih do operativnih.



Slika 3. Prosečna standardna devijacija za različiti broj odloženih slojeva

Za ovakvu simulaciju potrebno je znati i kapacitet i karakteristike materijala za koji se deponija planira pa će iz toga proizaći i dimenzije svakog sloja, odnosno cele deponije. Iz prakse se zna da dužina deponije treba da bude najmanje 4 puta veća od njene širine [8]. Iz ekonomskih razloga teži se širim, a kraćim deponijama, a raspoloživi odlagači i izuzimači omogućavaju visine deponija i iznad 22 m. Međutim, valja računati i na mogućnosti mašina kojima se uglj odlaže i izuzima. Odlagači obično rade u rasponu brzina 4-20 m/s, a izuzimači 1-6 m/s. Za obe mašine je bolje da rade sa manjim brzinama. Ako je dužina deponije mala, a kapacitet i broj slojeva veliki onda će obe mašine raditi sa velikom brzinom, što nije dobro ni tehnološki ni sa aspekta održavanja i radnog veka mašine.

Za kvalitet srpskih lignita broj slojeva koji obezbeđuju potrebnu homogenizaciju (na bazi donje toplotne vrednosti) varira od 25-49, što za kapacitete odlaganja od 4-5.000 t/h obezbeđuje formiranje gomile za 24 - 36 sati [7, 9]. Za dve gomile to iznosi 2-3 dana i time se dobija deponija koja je 4-5 puta manja od deponije za akumulisanje i stvaranje rezerve uglja. Razume se, kada je kvalitet uglja na ulazu lošiji, a opseg kvaliteta veći potrebno je formirati i više od 100 slojeva. Tipičan primer za ovo su deponije uglja u Grčkoj.

ZAKLJUČAK

Dimenzionisanje deponije uglja je veoma zahtevan proces koji ne uključuje samo stručna razmatranja vezana za namenu deponije i kvalitet uglja već podrazumeva

i analizu mnogih socijalnih i ekonomskih parametara. Saglasno tome, po dimenzijama najmanje su deponije potrebne za homogenizovanja uglja. Može se zaključiti da se naše deponije koriste ekonomski neracionalno i da su predimenzionisane. Prostor na postojećim akumulacionim deponijama omogućava njihovo pretvaranje u deponije za homogenizaciju uz prenamenu mašina koje se koriste za odlaganje i izuzimanja, odnosno uz uspostavljanje odgovarajućeg, automatizovanog sistema, odlaganja i izuzimanja.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je rezultat projekta "Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu", br. 33039, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

1. Dröttboom M., (2012), Stacking, Blending & Reclaiming, Bed Blending Efficiency – Adding Value with Stockyard Systems, <http://www.process-worldwide.com/index.cfm?pid=9890&pk=385896&fk=520501&op=1&type=article#1>
2. Perišić M. et al., 1982, Utvrđivanje potrebnih veličina deponija uglja za termoelektrane, Rudarski institut, Beograd
3. Carpenter M.A., 1999, Management of coal stockpiles, IEA Coal Research, London
4. Leontijević M., 2010, Mogućnosti homogenizacije uglja u sistemu P.K. "Tamnava" - termoelektrana "Nikola Tesla B" korišćenjem raspoloživih resurs", magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
5. Zador A.T., 1994, Technology and Economy of blending and mixing, The best of bulk solids handling: Stacking, Blending and Reclaiming of bulk materials - B/94, Trans Tech Publication
6. Wolpers FM, 1995, Homogenization of bulk material in longitudinal and circular stockpile arrangements, Beltcon 8, <http://www.saimh.co.za/beltcon/beltcon8/paper818.html>
7. Stevanović D.R, Kolonja B.M., Stanković RM., Knežević D.N., Banković M. V., 2013, Application of stochastic models for mine planning and coal quality control, www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2013%20OnLine-First/0354-98361300031S.pdf
8. Erasmus J. H., Bulk Raw Materials Storage Selection, www.beltcon.org.za/docs/b1111.pdf
9. Kolonja B. i dr., 2008, Implementacija sistema za upravljanje kvalitetom uglja na površinskim kopovima "Tamnava", Rudarsko-geološki fakultet, Beograd