

Симеон Ока¹, Душан Гаџић², Новак Блечич²

¹ Институт за нуклеарне науке „Винча”, Београд

² Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд

Коришћење угља из малих рудника за производњу енергије

Стручни рад

UDC: 620.92:662.62-912

BIBLID: 0350-218X, 30 (2004), 1-4, 39-55

Рудници угља са подземном експлоатацијом у Србији налазе се дуго година у економској, финансијској и производној кризи. Рудници се заједно један по један, производња у преосијалим рудницима опада. Разлози су мнозобројни, а један од разлога је велики проценат ситних фракција ископаног угља (око 60% производње чине класе угља мање од 3–5 тт), који се не може продати на тржишту.

У оквиру Стратегије развоја привреде Србије до 2010. године, која је у Министарству за науку, технологије и развој урађена 2002. године, по захтеву Владе Србије, урађена је Студија „Коришћење угља из малих рудника за производњу енергије”. Посебно су разматране могућности коришћења ситних класа, тј. целокупно произведеног угља у којловима са сагоревањем у флуидизованом слоју. У овом раду су дати изводи из те студије.

Дати су процене резерви угља рудника подземне експлоатације, и пројекција могућег повећања производње до 2010. године, уз процену појребних инвестиционих средстава и цене произведеног угља.

Анализиране су могућности градње постројења за комбиновану производњу термоелектричне енергије за руднике у близини већих градова, и градње термоелектрана, уколико нема одговарајућих појршача термоелектричне енергије. Процењене су појребне инвестиције за градњу термоелектричних постројења, количина произведене термоелектричне енергије, и утицај овог програма на смањење увоза енергије и горива.

Кључне речи: стратегија развоја енергетике, тржиште угља, мали рудници, локални извори енергије, дистрибуирана производња енергије, тржиште за којлове са сагоревањем у флуидизованом слоју

Увод

На основу одлуке Владе Републике Србије, Министарство за науку, технологије и развој формирало је 2001. године пројекат Стратегија привредног развоја

Србије до 2010. године [1], у оквиру које је урађена и Стратегија развоја енергетике до 2010. године [2, 3]. Разрађујући даље основну идеју Стратегије, да до 2010. године удео извоза достигне 50% бруто друштвеног производа Србије, група експерата је обрадила још 55 развојних пројеката [4], од којих су 4 била из области енергетике [5–8].

У развојним програмима из области енергетике разматрано је коришћење преосталих неискоришћених енергетских потенцијала Србије – угља из малих рудника, биомасе, малих водотокова и комбиноване производње топлотне и електричне енергије – са циљем да се умањи зависност од увоза горива и електричне енергије, повећа сигурност снабдевања енергијом уз истовремено задовољење европских норми заштите околине.

У овом раду је дат сажет приказ најважнијих података и закључака развојног програма *Коришћење угља из малих рудника за производњу енергије* [5]. Значај коришћења угља малих рудника Србије је велики, па аутори сматрају да је потребно да се шири стручна јавност упозна са овим, до сада недовољно познатим анализама садржаним у књизи *Изабрани развојни програми* [4], Стратегији привредног развоја Србије до 2010. године [1], и анализама датим у [5] и интерном елаборату [9].

Важност коришћења угља малих рудника може да се образложи ослањајући се на неколико ставова дефинисаних у Стратегији привредног развоја Србије до 2010. године – сектор енергетика [1–3]:

- Србија има сиромашне природне енергетске ресурсе,
- резерве лигнита су највећим делом већ ангажоване за постојеће термоелектране (ТЕ) и њихову замену ревитализацијом за наредни радни век,
- процењује се да је могућа градња ТЕ на лигнит од још око 1000 MW_e, што није довољно да би се обезбедила сигурност снабдевања електричном енергијом у наредних 20–25 година,
- зависност Србије од увоза енергије је велика и чини око 30% укупне потрошње примарне енергије (са 87% учествују течна и гасовита горива), и у наредних 10 година ће и даље да расте,
- производња енергије у индустрији зависи скоро 90% од увоза течних горива, и
- увозна зависност даљинског грејања је око 80%. Има случајева да се градови у близини рудника греју на течна горива.

И поред тога што се енергетика многих земаља, посебно развијених земаља, претежно ослања на коришћење течних и гасовитих горива, земље које располажу резервама угља своју енергетску независност и сигурност снабдевања енергијом заснивају на коришћењу сопствених резерви угља и угља из увоза. Многе земље Европске уније (ЕУ) и даље субвенционирају производњу угља.

У земљама у транзицији (Бугарска, Чешка, Мађарска, Пољска, Румунија, Словачка и Словенија) производња угља претрпела је велике промене, од којих су најзначајније: укинута су државне субвенције, смањена је производња и број запослених, али је производња угља постала економична. Уведене су нове енергетске технологије да би коришћење угља било могуће на еколошки прихватљив начин. Економска комисија Уједињених нација за Европу констатује да ће даље повећање коришћења угља у земљама у транзицији зависити од брзине увођења тзв. „чистих“ технологија сагоревања, да би се задовољиле еколошке норме ЕУ. На крају Светски енергетски форум (*World Energy Council*) препоручује да све земље у енергетској политици „држе све опције отворене”, те даје следећу прогнозу: „Угљал ће наставиити да буде важан извор енергије све док се не уведу високе таксе за емисивање угљен-диоксида. Његова економичносћ и производњи енергије, његова распростира-

њеноси и сигурно снабдевање и његове резерве у великом броју земаља у развоју су његово главно преимућство. Његова велика специфична емисија угљен-диоксида убрзаће развој још „чистијих технологија за коришћење угља”, и њихову широку примену и неће смањити важност већ достигнутог значаја угља у производњи енергије” [10].

У укупној производњи примарне енергије у Србији угљач чини 66%, док у производњи електричне енергије угљач учествује са 66,5%, а хидроелектране (ХЕ) са 32,7%. Укупна производња угља у 2000. години била је 35,46 милиона тона, од чега 34,84 милиона тона у рудницима лигнита са површинском експлоатацијом („Колубара” и „Костолац”), а свега 620.000 t у 8 активних рудника са подземном експлоатацијом.

Имајући у виду наведене закључке Србија, и поред садашњег малог учешћа угља малих рудника у енергетском билансу, мора да посвети максималну пажњу коришћењу расположивих и утврђивању нових резерви угља, посебно угљева тзв. „малих рудника”, који су у последње време били запостављени. Коришћењем преосталих резерви „малих рудника”, и откривањем нових резерви и њиховим превођењем у билансне резерве, повећаће се сигурност снабдевања енергијом (посебно у осетљивим областима као што је индустрија и даљинско грејање), смањити увоз енергије и горива, повећати запосленост, и на посредан начин допринети повећању националног дохода.

Такође су врло интересантне и резерве угља изван дохвата површинске експлоатације у Колубарском и Костолачком басену. Коришћење ових резерви ваљало би да буде предмет обимнијег студијског разматрања, у односу на до сада урађене студије и објављене радове [11–13].

Производња и резерве угља малих рудника

Производња угља у малим рудницима са подземном експлоатацијом претрпела је велике промене у протеклих 40 године, од којих су многе сличне променама које земље у транзицији пролазе последњих 15 година. Само у периоду од 1960–1966. године престала је производња у 25 угљенокопа. Данас је активно 8 рудника са 12 производних погона (јама) и сви имају проблеме да одрже смањени ниво производње (549.000 t у 2001. години). Од 1964. године производња угља у рудницима са подземном експлоатацијом опала је за преко 3 милиона тона ($3,8 \cdot 10^6$ t у 1964. години).

Резерве

У разматрање је уврштено преко 25 локалитета на којима се може очекивати економична производња угља, а који су и раније били предмет студија и анализа [14–15]:

– лежишта угља у експлоатацији – Вршка Чука, Ибарски рудници (Јарандо, Тадење, Прогорелица*), Рембас, Боговина, Соко, Јасеновац, Штаваљ, Лубница,

* лежишта предвиђена за површинску експлоатацију

- лежишта ван експлоатације, камени угаљ – Млавско-Печки басен, Јерма, Ртањ, Добра, Влашко поље,
- лежишта ван експлоатације, мрки угаљ – Алексинац, Мелница, Јанкова клисура,
- лежишта ван експлоатације, мрко-лигнитски угаљ – Западно Моравски басен, Пољана, Деспотовац, Бела Црква*, Расна*, и
- потенцијална лежишта – Врњачка Бања*, Драгачевски басен*.

Ова мала лежишта угља налазе се углавном у непосредној близини већих градова, те постоји могућност коришћења овог угља за производњу топлотне и/или електричне енергије, за потребе индустрије, даљинског грејања и индивидуалних домаћинстава.

У табл. 1. дате су укупне резерве на овим локалитетима.

Таблица 1. Укупне резерве угља малих лежишта

Врста угља	Резерве [10 ⁶ t]				
	Билансне	Ванбилансне	Потенцијалне	Геолошке	Експлоатационе
Камени	25,66	2,34	46,80	74,80	55,37
Мрки	122,20	19,75	6,40	148,35	89,66
Мрко-лигнитски	373,60	16,30	74,20	464,10	308,60
Укупно:	521,46	38,39	127,40	687,25	453,63

У поређењу са геолошким и билансним резервама лигнита, мала лежишта чине око 12% одн. 18,5%, а имајући у виду већу топлотну моћ угља у њима, њихов значај за енергетику Србије не може да се занемари, и поред данашње мале и некономичне производње.

Производња активних рудника

У табл. 2. је приказано кретање годишње производње угља у активним рудницама, које показује како стање у самим рудницама, тако и укупно стање пропадања привреде и индустрије Србије у протеклом десетогодишњем периоду.

Таблица 2. Годишња производња угља у активним рудницама са подземном експлоатацијом у периоду 1990–2001. године

Рудник	Период 1990–2001. године [10 ³ t]											
	1990.	1991.	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
Вршка чука	25,6	29,0	22,5	11,4	6,1	0	15,9	13,3	27,6	14,7	19,3	18,9
Ибарски рудници	111,3	90,6	77,8	62,0	75,8	54,7	62,6	77,5	77,0	31,78	66,0	50,8
Рембас	343,9	350,0	301,4	204,0	241,8	235,3	252,8	267,5	178,2	160,9	165,5	171,2
Боговина	84,9	95,6	111,9	45,7	62,6	48,4	29,6	1,3	30,5	43,2	50,0	46,3
Соко	135,8	186,4	201,4	164,7	114,0	150,2	133,5	154,1	100,2	130,0	127,0	91,1
Јасеновац	72,9	81,0	84,3	83,3	71,1	77,11	75,8	80,3	80,9	76,6	59,3	61,9
Штаваљ	77,0	61,9	74,2	86,2	60,0	44,5	45,5	65,1	87,9	72,1	87,3	57,7
Лубница	47,5	49,2	64,9	48,5	52,3	52,14	48,6	38,7	50,4	48,5	49,7	51,3
Укупно:	898,9	943,7	938,4	705,8	683,7	662,3	664,3	697,8	632,7	577,7	624,1	549,2

* лежишта предвиђена за површинску експлоатацију

Поред очигледног пада производње од око 900.000 t у 1990. години на 550.000 t у 2001. години, посебан проблем је што око 61% (или 335.000 t) ископаног угља чине класе ситног угља (< 15 mm +0) што је један од највећих узрока нерентабилног пословања рудника. Овај угаљ се највећим делом одлаже на депоније, јер нема одговарајуће тржиште.

Повећање производње активних рудника

Према програмима реструктурирања и актуелизованим инвестиционим програмима, поред већ уложених средстава, улагањем још око 76 милиона \$US у активне руднике са подземном експлоатацијом може се у року од 3-8 година повећати производња на око 1,300.000 t (табл. 3).

Таблица 3. Потребне инвестиције за повећање производње у активним рудницама са подземном експлоатацијом

Рудник	Укупне инвестиције [10 ³ \$]	Реализоване инвестиције [10 ³ \$]	Нова улагања [10 ³ \$]	Нова производња [t/годишње]	Време градње [година]	Цена [\$/GJ]
Вршка чука	11.361	6.509	4.854	26.000	4	2,4
Ибарски рудници	–	–	14.099	120.000	8	2,4
Рембас	29.762	10.344	19.418	400.000	10	2,4
Боговина	–	–	2.642	55.000	3	2,8
Соко	–	–	19.900	300.000	5	2,4
Јасеновац	–	–	3.283	105.000	2	2,4
Штаваљ	7.343	1.550	5.793	130.000	3	2,3
Лубница	12.091	5.552	6.539	180.000	2-3	2,4
Укупно:	–	–	76.528	1,316.000	–	–

Отварање нових рудника са подземном и површинском експлоатацијом

Процењује се да нека лежишта могу да дају економичну производњу, са релативно кратким роковима за отварање рудника и постизање пројектованог производног капацитета. У табл. 4. дати су подаци за нове руднике са подземном експлоатацијом, а у табл. 5. за руднике у којима је могућа површинска експлоатација.

Очигледно је да се са релативно малим улагањима (око 280 милиона долара) може у периоду од 2 до 5 година остварити производња од око 5 милиона тона угља годишње, и при томе упослити само у рудницама око 2500 радника. У табл. 6 показана је могућа динамика повећања производње угља у малим рудницама. Као почетна година узета је 2002, када је Студија урађена, али се може при разматрању узети и друга полазна година.

Таблица 4. Нови рудници са подземном експлоатацијом

Рудник	Производња [t/годишње]	Време градње [година]	Улагања [10 ³ \$]	Цена угља [\$/GJ]	Време експлоатације [година]
Коса (Деспотовачки басен)	670.000	4	48.777	2,42	25
Пољана	600.000	4	48.196	2,4	50
Мелница	652.000	3	89.011	2,33	25
Бајовац (Западно Моравски басен)	300.000	3	15.870	1,8	60
Западно Моравски басен – остало	300.000	3	17.015	1,8	70
Укупно:	2,522.000	–	218.869	–	–

Таблица 5. Нови рудници са површинском експлоатацијом

Рудник	Производња [t/годишње]	Време градње [година]	Улагања [10 ³ \$]	Цена угља [\$/GJ]	Време експлоатације [година]
Бела Црква	550.000	2	22.905	1,5	20
Тијање – Драгачево	250.000	2	13.634	1,5	25
Расна	250.000	2	8.180	1,23	15
Прогорелица	100.000	1	5.100	1,12	9
Укупно:	1,150.000	–	49.819	–	–

Таблица 6. Могуће повећање производње у малим рудницама[у 10³ t/годишње]

Рудници	Година									
	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	
Активни рудници	549,2	549,2	549,2	721	802	809,1	1.018	1.018	1.316	
Нови рудници – подземна експлоатација	–	–	–	–	1.252	2.522	2.522	2.522	2.522	
Нови рудници – површинска експлоатација	–	–	100,0	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	
Укупно:	549,2	549,2	649,2	1.871	3.204	4.481,1	4.690	4.690	4.988	

Глобални ефекти коришћења угља малих рудника

Неколико поређења омогућава да се сагледа значај коришћења расположивих резерви угља малих рудника:

- данашња енергетска вредност производње малих рудника чини око 9,5% енергетске вредности увезених течних горива (увози се око 2 милиона тона нафте), што није занемарљиво,
- само енергетска вредност ситних фракција, које се одлажу на депоније данас чини око 5% енергетске вредности увоза нафте,
- Стратегија развоја енергетике Србије, урађена у оквиру Стратегије привредног развоја Србије до 2010. године [1–3], предвиђа да увоз нафте порасте на 3,5 милиона тона у 2010. години, и

- уколико би се остварила процењена производња угља из малих рудника од око 5 милиона тона у 2010. години, то би чинило 43% енергетске вредности увезене нафте, што више није занемарљиво.

Значај коришћења угља малих рудника може се илустровати и на следећи начин:

- ако би се сав произведени угаљ (око 5 милиона тона) сакупио могло би се изградити кондензационо постројење снаге 1000 MW, са годишњом производњом око 6 TWh електричне енергије. Данашњи увоз електричне енергије креће се око 1 TWh годишње, и
- уколико би се угаљ користио у топланама (ТО) за грејање оближњих градова и производњу топлотне енергије у индустрији (17 постројења, по једна ТО за сваки рудник) укупна инсталисана снага би била око 3300 MW_t. Данас је инсталисана снага ТО у Србији око 6300 MW_t, а потрошња горива 530.000 тона еквивалентне нафте (тен) годишње (од чега 80% постројења троши течно или гасовито гориво). Коришћење угља малих рудника омогућило би повећање капацитета даљинског грејања у Србији за око 50%, или замену 50% увезеног горива за потребе грејања домаћинства.

У случају градње постројења за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије (ТЕ-ТО) ефекти су још већи: око 5 TWh/годишње произведене електричне енергије и око 4,5 TWh/годишње топлотне енергије (данашње ТО производе 5,6 TWh/годишње).

Начин, редослед и области примене угља малих рудника

Предлоз сценарија

Стратешке анализе полазе од формулисања низа неопходних претпоставки и избора најповољнијег сценарија. У детаљнијим анализама упоређују се ефекти више различитих сценарија. Анализа која је урађена у Студији [5] имала је у виду следеће чињенице:

- отварање нових рудника омогућава брже и значајније повећање производње,
- највећи део инвестиционих средстава треба уложити у првих неколико година,
- најмање средстава и најмање времена потребно је за отварање малих рудника са површинском експлоатацијом,
- највеће повећање производње добија се отварањем нових рудника са подземном експлоатацијом,
- сви рудници налазе се у близини великих градова,
- угаљ малих рудника је типично „локално” гориво, које не може да оправда транспорт на велика растојања,
- проценат ситних фракција и даље ће бити значајан,
- постројења за производњу енергије морају задовољити европске норме заштите околине, и

– постројења за производњу енергије морају бити у стању да користе угаљ различитих рудника, истовремено или алтернативно.

Набројане чињенице наметнуле су усвајање следећих претпоставки при формулисању сценарија:

- одредити се за дистрибуирану производњу енергије за потребе градова у близини рудника, градњом постројења мале и средње снаге,
- предност дати комбинованој производњи топлотне и електричне енергије,
- у случају да нема топлотног конзума, градити веће ТЕ, користећи угаљ неколико рудника,
- оријентисати се на коришћење целокупне производње рудника, укључујући и ситне класе,
- изузетно градити постројења за сагоревање само ситних класа угља,
- користити угаљ без претходне припреме и оплемењавања,
- користити савремене технологије сагоревања које задовољавају следеће критеријуме:
 - висока ефикасност сагоревања,
 - сагоревање угља без претходне припреме,
 - задовољава европске норме о емисији SO_2 , NO_x и чврстих честица,
 - флексибилне у погледу квалитета и врсте горива, и
 - са широким опсегом промене снаге,
- у периоду до отварања нових рудника решити питање сагоревања ситних фракција активних рудника,
- улагати средства прво у отварање нових рудника са површинском експлоатацијом, јер захтевају најкраће време за отварање рудника,
- затим улагати у повећање производње оних активних рудника, који у најкраћем року дају највеће повећање производње (Јасеновац, Лубница, Штаваљ),
- најзад, улагати у нове руднике са подземном експлоатацијом, јер обезбеђују највеће повећање производње угља, и
- на крају, улагати у повећање производње осталих активних рудника.

У анализама урађеним у Студији [5], од више могућих варијанти, као оптималан изабран је сценарио који се заснива на следећим битним одлукама:

- дистрибуирана производња енергије у постројењима мале и средње снаге,
- задовољење потреба индустрије и даљинског грејања градова у околини рудника,
- коришћење целокупне производње угља појединог рудника, укључујући ситне класе, без скупе претходне припреме и оплемењавања,
- повећање производње угља према наведеном оптималном редоследу,
- где год је оправдано градити постројења ТЕ-ТО, и
- градња котлова са сагоревањем у флуидизованом слоју.

Битна претпоставка сценарија је став да је увођење технологије сагоревања у флуидизованом слоју основни услов који омогућава економично, ефикасно и еколошки прихватљиво коришћење угља малих рудника у малим и средњим постројењима у индустрији и даљинском грејању, и једини начин да се осигура тржиште за целокупну производњу угља малих рудника.

У већини случајева предвиђа се решење – један рудник једно постројење, али се разматра и сценарио са градњом већих постројења у близини већих потрошача (градова) која користе угљеве из више рудника једног региона. Таквих региона у Србији има неколико, јер су мали рудници груписани – у Источној Србији (Лубница,

Боговина, Ресава и др.), у Западној Србији (Бела Црква, Расна и др.), око Западне Мораве (Западно Моравски басен, Драгачево, Врњачка Бања и др.), у централној Србији (Јасеновац, Пољана) и у Југоисточној Србији (Соко, Вршка Чука и др.) За сваку од ових група рудника (а налазе се у кругу од 50 km око већих градова) могло би се изградити постројење од око 300 MW_e.

Енергетски ефекти коришћења угља малих рудника према усвојеном сценарију

Сценарио редоследа повећања производње, отварања нових рудника и градње постројења који је изложен у претходном одељку може се поделити у три фазе.

Разматрање је подељено по фазама према кретању производње угља (табл.

б):

- *прва фаза* – прве две године програма (2003–2004. године у Студији) у коме производња угља остаје практично иста као данас, и решава се само проблем коришћења ситних класа. У овом периоду тече отварање рудника са површинском експлоатацијом,
- *друга фаза* – почиње треће године реализације програма (2005. године у Студији), тј. у години у којој се остварује значајно повећање производње у неким сада активним рудницима и почиње производња у новим рудницима са површинском експлоатацијом, и у току је рад на отварању нових рудника са подземном експлоатацијом, и
- *трећа фаза* – почиње четврте године реализације програма (2006. године у Студији), у којој почиње производња у новим рудницима са подземном експлоатацијом.

Прва фаза – прве две године реализације програма

У почетном двогодишњем или трогодишњем периоду, у коме почиње отварање нових рудника сценарио предвиђа искоришћавање неискоришћених 335.557 t ситних класа активних рудника. Крупне класе производње ових рудника имају тржиште, и било би неопходно само размотрити ревитализацију постојећих котлова и њихову замену новим котловима са сагоревањем у флуидизованом слоју. Котлови су просечне старости 25 година, и не задовољавају европске норме заштите околине.

И варијантна сценарија предвиђа:

- градњу малих ТО у близини рудника за даљинско грејање оближњих градова коришћењем ситних класа које немају друго тржиште, и
- градњом 8 мањих ТО, јединичне снаге 10–120 MW_t, зависно од рудника и постојећег топлотног конзума, по једна за сваки рудник могло би се произвести укупно око 0,8 TWh/годишње и заменити око 120 тен годишње.

II варијантна сценарија предвиђа:

- коришћење ситних класа угља из више рудника у једном постројењу, и
- градња постројења ТЕ-ТО није разматрана, јер би снага оваквих постројења била сувише мала. Градњу већих постројења ТЕ-ТО разумно је разматрати само уколико би се користила целокупна производња ових рудника, а не само ситне класе.

За постројења снаге до 100 MW_t могу се примењивати котлови са мехурастим флуидизованим слојем, једноставнији и јефтинији, а време градње је мање од годину дана.

Друга фаза – почиње у трећој години реализације програма и траје 6 година

У II фази, која почиње у трећој години реализације програма треба да почну са радом нови рудници са површинском експлоатацијом (Бела Црква, Тијање – Драгачево, Расна, Прогорелица) и дају нових 1,150.000 t угља годишње. Такође, два активна рудника Лубница и Јасеновац могу да повећају производњу за нових 170.000 t угља годишње.

Сценарио предвиђа:

- коришћење укупне повећане производње угља ових рудника, и крупних и ситних класа, у новим постројењима,
- енергетска вредност ове нове производње угља еквивалентна је 340.000 тен годишње,
- градњу нове топлане за грејање Баљевца и Рашке коришћењем угља копа Прогорелица (снага 100 MW_t),
- градњу једне ТЕ-ТО (или само ТЕ са могућношћу реконструкције за комбиновану производњу када буде изграђен систем за даљинско грејање оближњих градова) коришћењем укупне производње рудника Бела Црква (снаге 330 MW_t и 200 MW_e, или у кондензационом режиму 250 MW_e),
- градњу веће ванградске ТЕ-ТО снаге 100–150 MW_t на основу повећане производње (или укупне производње) рудника Лубница, уз коришћење угља још једног од оближњих рудника,
- повећање снаге већ изграђених ТО из прве фазе,
- повећана производња рудника Јасеновац омогућава градњу само једне мање ТО,
- градњом ових постројења могуће је добити око 1,5 TWh топлотне енергије и 1,2 TWh електричне енергије годишње, и
- постројења ТЕ-ТО градила би се са котловима са циркулационим флуидизованим слојем.

Трећа фаза – почиње у четвртој години реализације програма и траје 5 година

Сценарио има три потперода, одређена достизањем повећане производње угља.

- I потпериод – нова производња угља (рудници Мелница, Бајовац, Западно Моравски басен – остало), енергетске вредности око 450.000 тен годишње. Могућа је градња:
 - постројења ТЕ-ТО средње снаге (260 MW_t и 160 MW_e коришћењем угља произведеног у новом руднику са подземном експлоатацијом Мелница,
 - постројења ТЕ-ТО средње снаге (195 MW_t и 90 MW_e коришћењем угља произведеног у новом руднику са подземном експлоатацијом Бајовац,
 - постројења ТЕ-ТО средње снаге (195 MW_t и 92 MW_e коришћењем угља произведеног у новом руднику са подземном експлоатацијом Западно Моравски басен – остало,
 - постројења за коришћење повећане производње сада активних рудника Штавал и Боговина, и
 - једне нове ТО која би користила повећану производњу рудника Штавал, снаге 60 MW_t.Повећање производње рудника Боговина је мало и није посебно разматрано.

Укупна производња енергије би могла бити око 1,3 TWh топлотне и 1,3 TWh електричне енергије годишње.

Постројења ТЕ-ТО градила би се са котловима са циркулационим флуидизованим слојем.
- II потпериод – у петој години реализације програма могућа је нова производња угља (рудници Коса и Пољана), енергетске вредности око 350.000 тен годишње. Могућа је градња:
 - постројења ТЕ-ТО за коришћење угља рудника Коса (190 MW_t и 120 MW_e),
 - постројења ТЕ-ТО за коришћење угља рудника Пољана (180 MW_t и 110 MW_e), или алтернативно,
 - једне ТЕ која би користила угаљ оба рудника снаге 300 MW_e.Укупна производња енергије би могла бити око 1,1 TWh топлотне и 1,1 TWh електричне енергије годишње (или у ТЕ 1,8 TWh годишње).

Постројења ТЕ-ТО градила би се са котловима са циркулационим флуидизованим слојем.
- III потпериод – почиње у шестој години реализације програма на основу нове производње у сада активним рудницима Соко, Ресава и Ибарским рудницима. Енергетска вредност ове производње је око 190.000 тен годишње. Могућа је градња:
 - постројења ТЕ-ТО за коришћење угља повећане производње рудника Соко (80 MW_t и 50 MW_e), и
 - постројења ТЕ-ТО за коришћење угља повећане производње Ресавских рудника (90 MW_t и 55 MW_e).Нова производња Ибарских рудника замениће исцрпљивање производње у копу Прогорелица, и не омогућава градњу новог постројења.

Укупна производња енергије би могла бити око 0,5 TWh топлотне и 0,6 TWh електричне енергије годишње.

*Снага и укyина пpоизводња енергије у пoстpојењима
пpедвиђених сценаријом*

На основу описаног сценарија, и редоследа и времена градње, зависно од темпа отварања нових рудника и повећања производње угља предвиђено је да се у периоду од 8–10 година изгради 11 ТО и 8 ТЕ-ТО (и алтернативно уместо неких ТЕ-ТО ТЕ одговарајуће снаге.

У табл. 7. дати су подаци о предвиђеним ТО (мања постројења), а у табл. 8. подаци о ТЕ-ТО (средње снаге) које се могу изградити у наредном периоду на основу повећане производње активних рудника, и отварања 4 рудника са површинском експлоатацијом и 5 рудника са подземном експлоатацијом.

Таблица 7. Преглед података о ТО које могу да се изграде за 4 године од почетка реализације програма

Број	Постројење за даљинско грејање	Година пуштања у погон*	Угаљ из рудника	Снага [MW _г]
Само ситне класе садашње производње 0–15 mm				
1	Зајечар	2003.	Вршка Чука	23,2
2	Рашка и Баљевац	2003.	Ибарски рудници	24,5
3	Ресава, Параћин	2003.	Рембас	105,2
4	Соко Бања	2003.	Соко	30,0
5		2003.	Јасеновац	22,0
6		2003.	Штаваљ	13,8
7	Зајечар	2003.	Лубница	7,8
8	Бољевац	2003.	Боговина	35,8
Укупна нова производња 0–50 mm				
9	Рашка, Баљевац (Краљево)	2004.	Прогорелица	74,0
Укупна разлика садашње и нове производње 0–50 mm				
10		2005.	Јасеновац	21,5
11		2006.	Штаваљ	52,3
Укупно:				410,1

* године дате у таблица су према Студији у којој је као почетна година усвојена 2002.

Таблица 8. Преглед података о ТЕ-ТО које могу да се изграде за 8 година од почетка реализације програма

Број	Постројење за снабдевање енергијом градова и индустрије	Година*	Угаљ из рудника	Укупна топлотна снага [MW _г]	Укупна електрична снага [MW _е]
Само ситне класе садашње производње 0–15 mm					
1	Зајечар	2004.	Вршка Чука, Лубница, Боговина	66,8	26
2	Параћин, Ђуприја	2004.	Рембас	105,2	41

С. Ока, Д. Гагић, Н. Блечић: Коришћење угља из малих рудника за производњу енергије
 ТЕРМОТЕХНИКА број 1-4 – година XXX, 39-55 (2004)

Број	Постројење за снабдевање енергијом градова и индустрије	Година*	Угаљ из рудника	Укупна топлотна снага [MW _t]	Укупна електрична снага [MW _e]
Нова производња 0–50 mm нових рудника са површинском експлоатацијом					
3	Ваљево, Ужице, Пожега	2005.	БелаЦрква + Расна Тијање-Драгачево	592,0	230
Повећање производње и ситне класе садашње производње 0–50 mm					
4	Зајечар, Неготин, Бољевац, Бор	2005.	Вршка Чука, Лубница, Боговина	131,4	51
Нова производња 0–50 mm нових рудника са подземном експлоатацијом					
5	Чачак, Ужице, Краљево	2006.	Мелница, Бајовац, Западно Моравски басен	964,0	374
6	Крагујевац, Чачак, Краљево	2007.	Пољана, Коса	908,0	352
Повећање производње активних рудника					
7	Соко Бања, Ниш	2008.	Соко	171,0	66
8	Параћин, Ђуприја	2010.	Рембас	186,0	72
Укупно:				3124,4	1213

* године дате у табели су према Студији у којој је као почетна година усвојена 2002.

У табл. 9. дати су укупни енергетски и економски ефекти. Максимални ефекти се постижу после 8 година реализације програма, и даље настављају све до краја експлоатационог века рудника који се цени на око 25 година.

Таблица 9. Укупни ефекти коришћења угља малих рудника

Година*	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
Произведена енергија								
Топлотна у ТО [TWh/годишње]	0,7845	1,0065	1,0705	1,2275	1,2275	1,2275	1,2275	1,2275
Топлотна у ТЕ-ТО [TWh/годишње]	–	0,243	1,412	2,774	3,863	4,104	4,104	4,366
Електрична у ТЕ-ТО [TWh/годишње]	–	0,252	1,404	2,793	3,922	4,172	4,172	4,497
Уштеде девизних средстава								
Уштеде средстава за увоз [10 ⁶ \$/годишње]	13,92	30,99	93,2	168,79	227,64	240,67	240,67	256,7
Нето економски ефекат [10 ⁶ \$/годишње]	13,92	29,38	67,655	97,809	121,35	126,55	126,547	134,054

* године дате у табели су према Студији у којој је као почетна година усвојена 2002.

Рачунато је са ценом нафте од 170 \$/t и природног гаса од 148 \$ за 1000 Sm³, ценом електричне енергије 3,5 с\$/kWh, и ценом угља 1,5 \$/GJ у површинској експлоатацији и 2,4 \$/GJ у подземној експлоатацији.

Динамика улагања у руднике и термоенергетска постројења

Пуни ефекат коришћења угља малих рудника постиже се постепено, реализацијом програма у року од 8–10 година. Реална процена економских ефеката и динамике неопходних улагања у отварање рудника и градњу термоенергетских постројења треба да води рачуна о следећим чињеница:

- производња угља расте постепено и максимална производња од око 5 милиона тона постиже се тек после 8 година од почетка реализације програма,
- за повећање производње угља потребно је уложити око 350 милиона долара,
- потребно је изградити око 20 термоенергетских постројења различитих снага, за чију градњу је потребно око 1300 милиона долара,
- градња постројења мора да прати отварање рудника, односно повећање производње сада активних рудника, и
- при процени економских ефеката мора се узети у обзир да је цена угља у нашим рудницама већа него цена угља на светском тржишту.

У табл. 10. приказана је динамика улагања у руднике и термоенергетска постројења према усвојеном сценарију, а у табл. 11. произведена енергија и процена могућих уштеда.

Таблица 10. Динамика улагања у руднике и термоенергетска постројења

Година*	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	Укупно инвестиције [10 ⁶ \$]
Инвестиције [10 ⁶ \$ /годишње]									
Инвестиције у повећање производње	17,110	17,110	11,320	9,383	8,170	4,190	4,190	4,190	76,528
Инвестиције у отварање нових рудника са површинском експлоатацијом	27,459	27,459	–	–	–	–	–	–	49,819
Инвестиције у отварање нових рудника са подземном експлоатацијом	64,875	64,875	64,875	24,243	–	–	–	–	218,869
Укупне инвестиције у руднике	109,444	104,344	76,195	33,626	8,170	4,190	4,190	4,190	344,344
Инвестиције у ТО	45,470	9,620	4,73	7,86	–	–	–	–	67,68
Инвестиције у ТЕ-ТО	–	107,3	306,9	357,0	283,8	93,4	97,2	–	1.245,0
Укупно инвестиције у термоенергетска постројења	45,470	116,92	311,63	364,86	283,8	93,4	97,2	–	1.312,68
Укупно	154,914	221,264	387,825	398,486	291,97	97,59	101,39	4,190	1.657,63

* године дате у табели су према Студији у којој је као почетна година усвојена 2002.

Таблица 11. Произведена енергија и процена могућих уштеда

Година*	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	Укупно [10 ⁶ \$]
Инсталисана снага изграђених постројења									
ТО [MW _t]	262,3	74,0	21,5	52,3	–	–	–	–	410,1
ТЕ-ТО [MW _t]	–	172,0	723,4	964	908	171	–	186	3124,4
ТЕ-ТО [MW _e]	–	66,75	280,9	364	299	66,3	–	72,3	1149,25
Укупна произведена енергија									
Топлотна [TWh/годишње]	0,7845	1,2495	2,4825	4,0015	5,0905	5,3315	5,3315	5,3315	29,603
Електрична [TWh/годишње]	–	0,252	1,4040	2,793	3,922	4,172	4,172	4,497	21,212
Уштеде девизних средстава за увоз гаса [10⁶ \$/годишње]	13,92	30,99	93,2	168,79	227,64	240,67	240,67	256,7	1272,58
Нето економски ефекат [10⁶ \$/годишње]	13,92	29,38	67,655	97,809	121,353	126,547	126,547	134,054	717,265

* године дате у табели су према Студији у којој је као почетна година усвојена 2002.

Закључак

Основни циљ анализа спроведених у стратешким документима [1–5], и овог рада је да се покаже да искоришћење угљева малих рудника за дистрибуирану производњу топлотне и електричне енергије има енергетског и економског смисла, и да може у значајној мери да олакша енергетску ситуацију у Србији. Предложени програм се заснива на повећању производње 8 активних рудника и отварању 9 нових рудника, са градњом 11 ТО мање снаге и 9 ТЕ-ТО.

Производња угља из малих рудника може у року од 8–10 година да порасте од садашњих 550.000 t/годишње на око 5.000.000 t/годишње (енергетски еквивалент ове производње је око 1,500.000 тен, односно 43% увоза течних горива у последњој години програма).

Реализација програма претпоставља инвестирање:

- за повећање производње 8 активних рудника – 76,5 милиона долара,
- за отварање 9 нових рудника – 270 милиона долара,
- за градњу 11 ТО укупне снаге 410 MW_t – 67,7 милиона долара, и
- за градњу 9 ТЕ-ТО укупне снаге 3125 MW_t – 1245 милиона долара.

Уштеда девизних средстава за увоз енергије и горива расте од 14 милиона долара данас на 255 милиона долара после 8–10 година, или кумулативно за 8 година 1225 милиона долара. Нето економски ефекат расте од 14 милиона долара данас на 135 милиона долара после 8–10 година, или кумулативно за 8 година 720 милиона долара. Реализација програма отвара најмање око 2500 нових радних места квалификованих радника, претежно рудара.

Програм олакшава проблем уравнотежења енергетског биланса годишњом производњом електричне енергије од 1,4 TWh после 2 године реализације програма до

4,5 TWh после 8–10 година реализације програма, и проблем грејања десетак мањих градова у Србији производњом 2,5–5,5 TWh у истом периоду.

Програм предвиђа увођење савремене, ефикасне и еколошке прихватљиве технологије сагоревања у флуидизованом слоју, чиме се подиже и технолошки ниво енергетског система и задовољавају европске норме емисије штетних гасова и чврстих честица.

Литература

- [1] ***, Стратегија привредног развоја Србије до 2010, Монографија, Књига I и II, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002.
- [2] Ока, С., Месаровић, М., Енергетика – електропривреда и производња угља – Текуће стање, развојни потенцијали, стратегија развоја до 2010. године, очекивани ефекти и потребне институције, владине политике и мере, у: Стратегија привредног развоја Србије до 2010, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002, Књига II, 251-266
- [3] Ока, С., Месаровић, М., Енергетика – производња нафте и земног гаса и производња деривата нафте – Текуће стање, развојни потенцијали, стратегија развоја до 2010. године, очекивани ефекти и потребне институције, владине политике и мере, у: Стратегија привредног развоја Србије до 2010, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002, Књига II, 267-278
- [4] ***, Изабрани развојни програми – Стратегија привредног развоја Србије до 2010, Монографија, Књига I и II, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002
- [5] Ока, С., Месаровић, М., Гагић, Д., Блечић, Н., Коришћење угља из малих рудника за производњу енергије, у: Изабрани развојни програми – Стратегија привредног развоја Србије до 2010, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002, Књига II, 505-520
- [6] Месаровић, М., Ђајић, Н., Ока, С., Когенерација и комбиновани циклуси, у: Изабрани развојни програми – Стратегија привредног развоја Србије до 2010, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002, Књига II, 477-491
- [7] Ока, С., Илић, М., Месаровић, М., Коришћење биомасе за производњу топлотне и електричне енергије, у: Изабрани развојни програми – Стратегија привредног развоја Србије до 2010, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002, Књига II, 493-504
- [8] Месаровић, М., Ока, С., Бенишек, М., Мале хидроелектране, у: Изабрани развојни програми – Стратегија привредног развоја Србије до 2010, МНТР Владе Републике Србије, Београд, 2002, Књига II, 521-534
- [9] Ока, С., Месаровић, М., Гагић, Д., Блечић Н., Коришћење угља из малих рудника за производњу енергије, Интерни елаборат аутора, 2002, Београд
- [10] ***, ENERGY for Tomorrow's World – Acting NOW!, WEC Statement, World Energy Council, 2000
- [11] Блечић, Н., Јакшић, А., Поповић, Д., Специфичности билансних и потенцијалних резерви угља лежишта Ђириковац (Костолачки басен), *Proceedings*, 5th International Scientific Opencast Mining Conference OMC'02, Аранђеловац, 23/26. октобар 2002, 6-13
- [12] Блечић, Н., Поповић, В., Елаборат о резервама угља у лежишту Ђириковац; стање 31. XII 2001. (текстуални део), Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2002
- [13] Блечић, Н., Гагић, Д., Драшко, З., Концуловић, Р., Геолошки услови за безбедно и рентабилно подземно откопавање угља у Србији, књ. 3: Ђириковац и Алексинац, део Ђириковац, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду и „Текон” Београд, 2003, 51-97
- [14] Чокорило, В., Симеуновић, В., Лилић, Н., Студија стања и могућности реструктурирања рудника за подземну експлоатацију угља у ЈП Електропривреда Србије, Електропривреда Србије, Београд, и Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2002.
- [15] ***, Техничка документација рудника угља са подземном експлоатацијом (Елаборати о резервама, програми реструктурирања, инвестициони програми и др., укупно 31 наслов).

Abstract

Distributive Energy Production Using Coal from Small Mines

by

*Simeon OKA¹, Dušan GAGIĆ², and
Novak BLEČIĆ²*

¹ VINČA Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Serbia and Montenegro

² Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Belgrade,
Serbia and Montenegro

Underground coal mines in Serbia are in economic, financial and production crisis already many years. Starting from 1965 one by one are closed, and in active mines production is decreasing year by year. Reasons are both global, and local. One of the main reasons for uneconomic production is large amount of small classes produced (about 60% of whole production are fractions between 3 to 5 mm) for which in Serbia there is no market, and are desposed on the ground, making also environmental problems.

In 2002, ordered by Government of the Republic Serbia, under supervising of the Ministry for science, technologies and development, Serbia's Economic Development Strategy up to 2010 has been done. In the frame of Energy Strategy up to 2010, separate study Energy Production Using Coal from Small Mines, was done, dealing with possibilities to use coal produced in underground mines for distributive energy production. Special attention was paid to find market for small size coal. Several scenaria were analysed with common idea – to use whole production (including small classes) by implementation of fluidized bed boilers, both for heat and electric energy production. In present paper main conclusion of the mentioned study are given.

Based on estimated coal reserves for underground and open mining in small mines prognosis of possible increase of coal production, both in active and new mines is given up to year 2010, and estimation of necessary investments and coal production prices.

By proposing several scenaria, construction of several power plants for combined heat and electric energy production both in vicinity of mines and small towns are discusses, and alternatively, if there is no heat consumption construction of power plants are suggested. Implementation of the fluidized bed technology is suggested both due to the high fuel flexibility and environmental issues. Necessary investments for power and heat plants are estimated, as well as possible heat and electric energy production and influence on substitution of imported fuels and electric energy.

Key words: energy strategy, coal market, small mines, local energy sources, distributive energy production, market niche for FBC boilers

Одговорни аутор / Corresponding author (S. Oka)
E-mail: okasn@afrodita.rcub.bg.ac.yu