

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	355-368	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--------------------------------------------------	----	---	---------	---------------------------------------------------

УДК 553.94(497.11)

Оригинални научни рад

ЛЕЖИШТА МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА – GITES MINERAUX

УВОЂЕЊЕ КРИТЕРИЈУМА РАИГИРАЊА ЛЕЖИШТА УГЉА СРБИЈЕ У ЦИЉУ УТВРЂИВАЊА ПРИОРИТЕТА ЗА ДАЉА ИСТРАЖИВАЊА

од

Предрага Николћа*, Радосава Пантића**
и Станимира Путника***

Вредновањем релевантних фактора и параметара за угљоносност басена и лежишта угља аутори су у овом раду поставили основне критеријуме рангирања угљоносних акумулација на теренима Србије по приоритету (I–IV) за даља истраживања.

Кључне речи: угља, лежишта, критеријуми, параметри, ранг листа.

Експанзија у истраживању и екслоатацији угља у Србији, у поратним годинама, појавом енергетске кризе светских размера након 60–тих година је заустављена, а тиме и укупни развој угљарске привреде. Обустављена је производња на великом броју рудника угља у Србији, а на објектима на којима је настављен рад, дошло је до знатног пада производње. Као последица таквог стања, између осталог, следе и мања улагања у истраживања, скоро до потпуне обуставе истраживачких активности. Кризу су превазишли углавном рудници са значајном производњом и економичним пословањем, као и произвођачи угља чији је квалитет могао да задовољи потребе и захтеве редуцираног тржишта. Такви трендови заустављени су после 70–тих година, када је дошло до поновног тржишног вредновања угља. Са повећањем производње угља оживљавају и истраживања и то како у циљу проширења сировинске базе на активним угљенокошима, тако и у циљу изналажења нових потенцијала. Поред локалитета код којих су истраживања валоризована новим резервама угља, истраживачки захвати су се ширили и на оне објекте за које се знало да не поседују довољне резерве и квалитет за све оштрије захтеве тржишта.

* Институт за регионалну геологију и палеонтологију Рударско–геолошког факултета, Универзитета у Београду, Каменичка б, Београд.

** Југ Богданова 26, Београд.

*** Електропривреда Србије, Војводе Степе 452, Београд.

Многи су нудили истраживачке пројекте и за објекте за које се знало да нису перспективни, што се посебно манифестовало код затворених рудника. Из тих разлога наметнула се потреба селекције угљоносних појава и лежишта, што је условило финансирање посебне студије која је имала задатак да проучи вредности свих потенцијала активних и затворених угљенокопа Србије и на бази укупних показатеља утврди листу приоритета за даља истраживања. Студију је више година финансирао Фонд за геолошка истраживања Србије.

Преко 50 појава, налазишта, лежишта и басена, као и активних и затворених угљенокопа у Србији, може се међусобно упоређивати и вредновати на основу јединствених и за све објекте важећих критеријума. Довођењем свих потенцијала у исту раван стварају се основе за рангирање вредности сваког објекта. Тиме се истовремено утврђују приоритети за даља истраживања и улагања средстава у укупна проучавања угљоносности територије Србије.

У вредновању басена/лежишта поред квантитативно–квалитативних вредности исказаних, пре свега, количином билансних резерви угља, као и њиховог квалитета (са аспекта тражишне вредности), од не мањег значаја за економску производњу и пласман сировине су и други фактори, међу којима: **генетски фактори**, који полазе од начина формирања седиментационе средине, карактера седиментације и услова акумулације полазног материјала и **постгенетски фактори**, међу којима су посебно значајни тектонски процеси који су изменили првобитне односе у лежишту и довели до појаве пликативно–дисјунктивних деформација угљене серије и угљених слојева, односно басена и лежишта у целини. Поред тектонских процеса деформације угљоносних структура и разарања угљоносних серија, а тиме и угљених слојева, доприносе такође и егзогенни процеси.

У поступку даљег вредновања одређених параметара угљоносности и потенцијалности угљоносних објеката, не мању важност имају критеријуми **геолошко–економске** и **техноекономске оцене** резерви угља. Оценом вредности билансних, ванбилансних, потенцијалних и комерцијалних резерви угља, као и оценом вредности самих угљених слојева (појединачно и укупно) и утврђивањем њихових квантитативно–квалитативних параметара (укупна, појединачна и средња дебљина, регуларност дебљине, пад и дубина залегања слојева и др.), уз приказ степена истражености укупног простора, односно билансног простора, затим степена отворености лежишта и вредновања тржишних фактора, долази се до релевантне основе и могућности утврђивања укупних и правих вредности лежишта, а тиме и до ваљане оцене за утврђивање листе приоритета.

На бази свих критеријума који су овде примењени за оцену вредности угљоносних објеката на територији Србије створене су основе за рангирање свих потенцијала по приоритетном редоследу.

У овом раду биће речи о примени критеријума и истицању њихових практичних вредности у неким случајевима, без ранг листе самих објеката; о томе другом приликом.

ГЕНЕТСКИ ФАКТОРИ – КРИТЕРИЈУМИ

Ова група фактора, која има пресудан значај за почетни перпод формирања и развоја угљоносних серија, обухвата седиментационе средине са специфичностима

које погодују за развој и акумулацију органског материјала биљног порекла, а тиме и настанак слојева угља и угљоносних лежишта. Те специфичности се огледају како у условима формирања седиментационих депресија, режима седиментације у њима, стварања слојева угља, тако и у посебностима развијања одређених физичко–хемијских и геохемијских, тектонских и других процеса у иочетној фази формирања акумулационих продуката, до самог испуњавања седиментационе средине и стварања разноврсних литофацијалних творевина. Исто тако овој групи фактора припадају палеотектонско–палеогеографски критеријуми, карактер и специфичност грађе делова басена у којима се формирају угљоносни седименти, карактер и састав наслага, погодност геолошког времена за стварање угљоносних наслага, као и неке друге специфичности.

1. Седиментационе средине имају видаи утицај на формирање угљоносних седимената и слојева угља. Међу њима се издвајају:

– **Међупланинске унутаркопнене депресије** – удубљења настала између планинских масива, која најчешће представљају континенталне језерске акумулације са честим фазама тресетно–мочварног карактера у којима долази до стварања будућих лежишта угља. Такве средине седиментације се на теренима Србије углавном јављају у карбону за време херцинске орогепезе (млавско–печки басен и др.), као и за време алпске орогенезе, посебно од горњег олигоцена до краја миоцена, када су егзистовале бројне међупланинске депресије у Карпато–балканцима (Боговина, сокобањска и друге депресије), као и на простору Динарида (западно-моравска и друге депресије).

Са копнених узвишења депонован је разорени материјал различитог састава, који је у време пролувијалних бујица пренет у седиментациони простор и акумулирао заједно са биљном материјом дајући на тај начин тзв. сипгенетски неоргански састав, познат у ровним угљевима као "сипгенетски пепео". У том погледу посебно се испољава састав, а тиме и квалитет карбонских угљева у већини лежишта и појава угља источне Србије.

– **Ободне депресије** – котлине настале на ободима копнених простора у којима се може одвијати паралски или наставити језерски режим седиментације. Ове седиментационе средине су најчешће издужене дуж копнених маса те самим тим могу да поседују одређене специфичности од локалитета до локалитета. Посебно су испољене за време доње јуре (Добра, Вршка чука, Јерма), али и у терцијару, када су се у граничним зонама крупних геотектонских јединица формирале посебне или међусобио повезане депресије – алексиначки, сењскоресавски и др басени.

– **Тектоноровске депресије** – специфична удубљења настала спуштањем простора између двеју или више раседних дислокационих зона, чиме је потонули међупростор предиспониран за седиментационе процесе са честом променом карактера седиментације – од морског (паралског), преко језерског, до тресетно–мочварног (угљоносна лежишта тимочке зоне од Ртња на северу, до Мираиовца на југу).

– **Заливске депресије** – рукавци заливског типа, који се од централиог басена завлаче на копнени простор, стварајући на тај начин најчешће језерски, а у одређеним фазама развоја и мочварно–тресетни акумулациони простор. Овај тип депресија је посебно карактеристичан за неогену фазу развоја Панонског басена, када су се, између осталог, формирале заливске депресије Колубаре и Костолца са дапас најзначајнијим угљоносним лежиштима у саставу два поменута плиоценска

басена. У овим депресијама, које су повремено биле у вези са Панонским басеном, али и са посебним режимом седиментације континенталног типа, одређене специфичности честих промена садржане су у самим слојевима угља, како у погледу дебљине, структуре и површине распрострањења угљених слојева, тако и у погледу квалитета самог угља.

2. Палеогеографско-палеотектонски критеријуми – пре свега огледају се у палеотектонском карактеру седиментационе средине или њених делова, при чему се посебно издвајају ободно–падински делови са брзим ритмовима седиментационог тока, од централних или дубљих средина са мирнијим режимом седиментације и без видних промена у ритмичности. Исто тако, за настанак угљоносних серија посебно су повољни приобалски делови седиментационих средина, међу којима се по специфичности седиментације издвајају заливи, делте, естуари, лагуне и уопште прелазно–морске средине са изразитом цикличношћу.

3. Карактер седиментационе средине – најповољније средине за стварање угљоносних серија везане су за језерско–тресетне, а мање за паралске просторе, односно приобалско–морске средине: заливи, естуари, лимани, лагуне, делте и др.

4. Литофацијални карактер средине – с обзиром да сваки басен и свака седиментациона средина носи одређене специфичности, реално је очекивати и специфичности литофацијалног састава у сваком седиментационом простору. Угљоносни басени по правилу носе обележја променљивости литолошког састава, цикличност седиментације, често учешће пролувијалних продуката и најчешће песковито–глиновито–алеверитски састав угљоносних серија.

5. Старосни критеријум – одређени геолошки интервали у развоју литосфере окарактерисани су погодностима за развој вегетације, а тиме и за акумулацију полазног материјала за стварање угљоносних серија у басенима који погодују стварању угљених слојева. На теренима Србије од више таквих интервала (карбон, јура, горња креда, олигоцен и плиоцен), угљем је најбогатији неогени период, када су настали бројни и угљем значајни басени мрких угљева и лигнита. Ранији интервали су окарактерисани појавом басена са мањим лежиштима камених угљева, мањим бројем угљених слојева, њиховом незнатном дебљином, малим резервама, као и (по правилу) значајним уделом пепела у угљеној маси.

ПОСТГЕНЕТСКИ ФАКТОРИ

Колико год да су за формирање угљоносних серија значајни генетски фактори који представљају предуслове и факторе временски уско повезане са формирањем седиментационе средине, акумулацијом материјала и стварањем литофацијалних творевина, не мањи значај имају и фактори који се јављају после испуњавања басена и стварања угљоносних серија – тзв. постгенетски фактори. Међу њима су од посебног значаја:

1. Тектонски фактори, везују се за тектонске покрете и процесе који настају после формирања лежишта угља. Ови покрети мењају првобитне односе у профилу наслага и уопште доводе до постанка блоковске грађе, снажних набирања, све до навлачења и премештања стенских маса, утичу на формирање новонастале структуре у лежишту, стварају предуслове за дубинске и егзогене процесе разара-

ња или деформисања угљоносне серије и самих слојева угља, предиспонирају путеве за формирање подземних вода, циркулацију гасова итд. Такви услови могу да обезвреде угљоносност и потенцијалност лежишта, посебно ако су тектонски процеси деформисали првобитне структуре и условили потањање једног броја блокова на велике дубине, односно издизање других и довођење истих у зоне ерозије и одношења. Лежишта угља на теренима Србије су скоро редовно тектонски деформисана, тако да су истраживања и експлоатација уско повезани са степеном тектонских деформација.

2. Ерозиони фактори – видно место у разарању угљених слојева и угљоносних серија имају и егзогени процеси који су тим више присутни уколико су тектонски процеси интензивнији. Многи делови формираних структура подигнути су у односу на првобитни положај, и друге делове лежишта, чиме су изложени егзогеним факторима разарања. Такве примере, поред сложене структурне грађе старцих лежишта, можемо видети и у благо заталасаним структурама млађих лежишта, као што је случај ерозије једног броја угљених слојева (или њихових делова) у косточачком басену, где је у неким пољима од 3–4 слоја угља ерозије поштеђен само један слој.

ТЕХНО-ЕКОНОМСКИ КРИТЕРИЈУМИ

У коначном вредновању утицаја разних фактора на рангирање лежишта и утврђивање њиховог значаја за даља истраживања посебно место има група фактора заснованих на геолошко–економској, односно техно–економској анализи одређених параметара. Овде ћемо, без посебног залажења у детаље, поменути оне критеријуме који могу да буду од пресудног значаја за утврђивање праве вредности појединих лежишта и басена угља.

1. Врста угља – полазећи од чињенице да са степеном карбонификације расте и квалитет, а тиме ио правилу и употребна вредност угља, разумљиво је да највећи значај имају лежишта каменог угља, затим, лежишта мрког, па лигнитно–мрког и на крају лежишта лигнитног угља. Овде треба имати у виду да последње три групе угља чије јединствену групу мрких угљева, међутим, у домаћој пракси је разврставање домаћих угљева обухваћено првопоменутом поделом. Под условом да други критеријуми техно–економске оцене не умањују квалитет и вредност каменних, односно мрких угљева, реално је очекивати да је тржишна вредност угљева на највишем степену карбонификације истовремено и највећа.

2. Просторни положај и размештај угља у лежишту – што је веће распрострањење угљоносних серија, то је, по правилу, већа и вредност лежишта/басена. Изузетно значајан фактор је величина коефицијента угљоносности (продуктивности) лежишта, односно концентрације угља по јединици површине лежишта.

3. Параметри везани за слојеве угља – од више параметара везаних за саме слојеве угља у лежишту, посебан значај имају **дебљина** (што већа, тим повољније), **структура** угљених слојева и **раслојеност** слоја на границе (што више прослојака и више грана – све тежа и неекономичнија експлоатација), **облик** појављивања слоја (континуално распрострањење, постојана дебљина, одсуство сочивастих нагомиланја или исклињења слоја и др.), **залегање** слоја, **пад, падни угао, дубина** простирања итд. Поменути параметри везани за саме слојеве угља у лежишту битно утичу на

економику експлоатације и техничку сигурност рударења. Тако на пример, велике дубине понирања угљених слојева, као и нерегуларност дебљине (прекиди, исклињења, нагомилања, раслојавања и сл.) понекад представљају разлоге обуставе експлоатације или, пак, крупне разлоге неекономичне производње угља у лежиштима са таквим одликама.

4. Квалитет угља – Укушна квалитативна својства угља опредељују намену и даљи третман угља. Поједини параметри техничких и елементарних анализа могу да буду пресудни за експлоатацију угља и његов пласман на тржишту. Тако, на пример, садржај неорганичких материја у угљу (пелео) представља основни фактор у вредновању сваког лежишта, а често представља основни узрок одустајања од експлоатације такве сировине. У том погледу посебно треба поменути сва лежишта најстаријих угљева на теренима Србије у којима је присуство неорганичких материја у угљеним слојевима изразито, због чега (пре свега) таква лежишта нису у експлоатацији, иако садрже замашне количине резерви угља – млавско-печки басен (Раповац-Кладурово), као и два значајна лијаска лежишта угља (Добра на Дунаву и Јерма на ЈИ Србије), добрим делом и угљеви тимочке зоне (Ртањ, Влашко поље и др.).

Не мањи значај, бар са становишта коришћења угља за производњу кокса, има и садржај сумпора у угљу. На пример, камени угљеви Србије, који поседују повољна коксна својства, садрже знатне количине сумпора (6–8%) које крајње неповољно делују на производњу кокса, тако да се исти не могу да користе за ове потребе, иако у земљи постоји значајна потреба за коксним угљевима.

У том смислу опредељујући тржишни значај имају и други квалитативни параметри, као што су садржај волатила, фиксног угљеника, топлотна вредност (посебно ДТЕ) и др.

5. Количина угља – поред поменутих фактора на вредност једног лежишта/басена угља пресудни значај имају и количине угљене масе које се могу експлоатисати. Резерве угља, посебно билансне резерве А и Б категорије, уз присуство угља Ц-1 категорије, као основе за отварање лежишта, битан су предуслов експлоатације. Постојање потенцијалних резерви, такође допуњује поменуте предуслове економског третмана лежишта.

6. Степен истражености употпуњује претходне факторе вредновања лежишта угља, као и други параметри из домена позивања техничко-економских оцена, као што су степен угљоносности, степеи отворености, однос билансних и ванбилансних резерви, однос билансних и потенцијалних резерви итд.

7. Рударско-технички критеријуми – који поред претходних обухватају и параметре из домена хидрогеологије, инжењерско-геолошких услова који владају у лежиштима, гасоисност и самозапаљивост угља и угљене прешине, услове примене одређених метода експлоатације и др. заокружују укупан утицај бројних параметара и фактора на вредност сваког лежишта угља и његово укључење у развој угљарске привреде.

РАНГИРАЊЕ ПРИОРИТЕТА

На бази напред поменутих критеријума вредновања појединих лежишта и басена угља, могуће је утврдити неколико приоритета наших угљоносних акуму-

лација, као иолазишта за даља истраживања и развој пропзводње угља. Обједнјавањем свих набројаних параметара и критеријума долази се до сазнања да је могуће сва лежишта и басене угља у Србији разврстати у 4 приоритета:

I приоритет – лежишта и басени угља чија је грађа добро изучена; угљеност изразито повољна; резерве угља у количинама које обезбеђују масовну и сигурну производњу са дужим веком експлоатације; изразито повољне слојне и друге прилике у лежишту; иогодност површинске експлоатације, или могућа примена савремених подземних високопродуктивних метода откопавања; одсуство хидрогеолошких и инжењерско–геолошких проблема, као и проблема везаних за појаве гасова и самозапљивости у лежишту; повољна квалитетна својства и обезбеђен пласман угља.

II приоритет – добро проучена лежишта; повољни геолошко–тектонски услови слојева у угљеносним серијама; доказане резерве и квалитет угља за економичну производњу и осигуран пласман угља.

III приоритет – лежишта угља са познатим релевантним факторима на чијим се основама може организовати истраживање угља и евентуално организовати мања производња.

IV приоритет – лежишта са крајње неповољним условима за изналажење угља на чијим би се основама планирала производња.

* * *

Напомена: аутори су самостално извршили избор критеријума за утврђивање приоритета лежишта/басена угља на територији Србије на бази којих би се спроводила даља истраживања угља. Основни извор података за припрему критеријума и утврђивање ранг листе угљеносних лежишта чине две студије на којима су под руководством првопотписаног, протеклих година радили аутори овог рада за потребе Републичког фонда за геолошка истраживања:

– Потенцијали угљеносних басена Србије и
– Оцена могућности и оправданости поновног активирања затворених угљенокопа Србије.

Ранг листа приоритета користиће се у разврставању угљеносних лежишта и басена, што овом приликом није коришћено.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	355-368	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--------------------------------------------------	----	---	---------	---------------------------------------------------

UDC 553.94(497.11)

Original scientific paper

ЛЕЖИШТА МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА – GITES MINERAUX

CRITERIA INTRODUCTION OF COAL RESOURCE RANKING IN SERBIA FOR EXPLORATION PRIORITY ASSESSMENT

by

Predrag Nikolić^{*}, Radosav Pantić^{**} and Stanimir Putnik^{***}

By evaluating relevant factors and parameters for coal basins and coal deposits, the authors have set up principal criteria of coal resource ranking in Serbia (I–IV) by priority for further investigation.

Key words: coal, deposit, criteria, parameters, priority list.

The expansive coal exploration and production in post-war Serbia was cut short after the sixties when the world energy crisis broke out, and stopped the coal industry development. Many coal mines in Serbia closed down, and those that continued working registered falls in production. A consequence was the reduced investments in exploration or even complete inactivity. The crisis was overcome by mines of significant and economical production, and coal producers who could offer good quality to meet the demand of the reduced market. This trend continued until the late seventies, when coal reached a new market value. The following increased production led to new explorations for the expansion of resource base with active mines and search for new ones. Besides the localities where new coal reserves were found, the explorations covered the resources which were known to be inadequate in volume and quality for the increasingly competitive market. Many exploration projects were offered even for unpromising resources, where mine works were abandoned. All this called for a selection of coal resources, which resulted in financing a feasibility study of all active and closed coleries in Serbia, which would give

^{*} University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Institute of Regional Geology and Paleontology, Kamenička 6, Belgrade.

^{**} Jug Bogdanova 26, Belgrade.

^{***} Elektroprivreda Srbije, Vojvode Stepe 452, Belgrade.

a priority list for further exploration. The study was financed from the Serbian Fund for Geological Investigations for several years.

More than fifty coal occurrences, deposits and basins, and operative and closed coleries in Serbia can be compared among themselves and evaluated on the basis of unified and generally applicable criteria. Bringing all similar resources to one level, each resource can be properly evaluated, and ranked by priority for further exploration and investment in a general study of coal resources in Serbia.

The assessment of a coal basin or a deposit includes, besides quantitative and qualitative values expressed primarily in the amount of economical coal reserve and its quality (from the market value aspect), not less important for the production economy, the marketing and other factors, such as: **genetic factors** which include formation of depositional environment, character of deposition and accumulation conditions of primary materials, and **post-genetic factors** which include very significant tectonic events that changed the original relations in the deposit and resulted in folding-disjunctive deformations of coal series and coal beds, or basins and deposits on the whole. Besides tectonic events, exogenic processes also may deform coal bodies or destruct coal series.

The criteria of geologic-economic and technoeconomic assessment of coal reserves are not less important for further evaluation of some parameters of coalification and productivity. Estimates of economical, uneconomical, possible, and commercial coal reserves, evaluations of coal seams (each or all) and establishing their quantitative and qualitative parameters (total, individual and average thicknesses, thickness uniformity, dip and depth of seams, etc.), plus exploration degree of the terrain or a reserve, and accessibility of the deposit and evaluation of market factors, all lead to a relevant basis for establishing the total and real deposit value, and thereby a valid estimate for the priority list.

The criteria used here in the evaluation of coal bodies in Serbia are the grounds for classification of all coal resources by priority order.

This paper is discussing the criteria application and their practical value in some cases, without presenting the list of coal resources which will be considered on another occasion.

GENETIC FACTORS - CRITERIA

This group of factors, which control the formation and development of coal series, includes depositional environments and specific circumstances favourable for growth and accumulation of organic plant material, and consequent coal beds and deposits. The specific circumstances are those of sedimentation depression formation, nature of sedimentation in them, coal seam formation, and particularly operation of certain physical and chemical, geochemical, tectonic, and other processes from the beginning of deposition to the filling up of the basin and formation of diverse lithological products. This group of factors also includes paleotectonic and paleogeographic criteria, character and specific features of the basin where coal deposits are formed, character and composition of deposits, geologic epoch favourable for coal formation, etc.

1. **Depositional environments** are a controlling factor in the formation of coal deposits and seams, and are divided into:

Intermontane inland depressions are low areas between mountain massifs, usually filled with continental lake accumulations with frequent bog peat phases where future coal deposits are formed. These depositional environments were formed in Serbia mainly in the Carboniferous during the Hercynian orogeny (Mlava–Pek basin, etc.) and during the Alpine orogeny, particularly from Upper Oligocene to the late Miocene, when many intermontane depressions existed in the Carpatho–Balkanides (Bogovina, Sokobanja and other depressions), and in the Dinarides (Zapadna Morava and other depressions).

Disintegrated material of different compositions were washed down from high-lying areas by proluvial torrents and accumulated together with plant matter, producing a syngenetic inorganic content, known in mine run coals as syngenetic ash. The resulting composition, and consequently rank, of carbonaceous material is characterizing coals of eastern Serbia.

Marginal depressions are low areas formed marginally on land areas, in which the sedimentation was paralic or prolonged limnic. These depositional areas are usually elongated along land masses, and as such can be specific from one place to another. Most of these depressions were formed in the Lower Jurassic (Dobra, Vrška Čuka, Jerma), and others in the Tertiary, when isolated or interconnected depressions: Aleksinac, Senje–Resava and other basins were formed in marginal zones of large geotectonic units.

Tectonic–trough depressions are specific low areas formed by subsidence between two or more fault dislocation zones. Sedimentation in these areas frequently changed from marine (paralic) to limnic to bog peat (coal deposits of Timok zone from Rtanj in the north to Miranovac in the south).

Gulf depressions are inlets of central basins into coast–lines, mostly forming limnic, and in certain development stage bog–peat accumulation space. This type of depression is characteristic of the Neogene stage of the Pannonian Basin history, when, among others, formed the gulf depressions of Kolubara and Kostolac – the major presentday coal deposits of the two mentioned Pliocene basins. These depressions, which sporadically communicated with the Pannonian Basin and had a specific sedimentation of continental type, are characterized by frequent changes in deposition, as manifested in different thickness, texture, extent and quality of coal seams.

2. **Paleogeographic–paleotectonic criteria** primarily refer to the paleotectonic character of a depositional environment or its parts, with particularly characteristic marginal slopes where sedimentation was rhythmical, unlike the central or deep areas where the deposition was calm without rhythmical variations. Also, coastal areas of depositional environments were suitable for development of coal series, which included gulfs, deltas, estuaries, lagoons, and other transitional–marine environments of high cyclicity.

3. **Character of depositional environment.** Best environments for the formation of coal series are associated with limnic–bog, rather than paralic or marine coast areas: gulfs, estuaries, limans, lagoons, deltas, etc.

4. **Lithofacial character of environment.** Specific conditions of each basin and each depositional environment normally produce specific lithological contents. Coal basins are always characterized by variable lithology, cyclic sedimentation, often including proluvial products, and generally sand–clay–silty composition of coal series.

5. **Age criteria.** Certain geological intervals in the history of lithosphere are characterized as favourable for growth of vegetation, and consequent accumulation of primary materials in basins suitable for coal formation. Several of these intervals (Carboniferous, Jurassic, Upper Cretaceous, Oligocene, Pliocene) contain coal in Serbia, the richest being Neogene period, when many basins with brown coal and lignites were formed. Basins of the earlier intervals include small deposits of black coal, fewer coal seams of insignificant thickness, small reserves, and (always) high ash in coal.

POSTGENETIC FACTORS

Subsequent to the formation of depositional environments, accumulation of materials in them and production of lithofacies, controlled by genetic factors, no less significant for the formation of coal series are postgenetic factors:

1. **Tectonic factors** associated with tectonic events and processes after the coal deposits have been formed. Tectonic movements changed the original relations of deposits in the profile and led to fracturing, folding, faulting and displacements of rocks, affected new structures in the deposit, providing for deep and exogenic processes of disintegration or deformation of coal series and seams, formed preferential ways of ground water flow, gas circulation, etc. The results could be the reduced value of the resource, particularly where tectonic events deformed the primary structures, deep down–thrust of one blocks and up of another to the zone of weathering and erosion. Coal deposits in Serbia are almost invariably deformed, and their exploration and working depend on the degree of deformation.

2. **Erosion factors.** An important part in destruction of coal seams and series is played by exogenic processes which are more operative where the structural deformations are the greatest. Many parts of structures have been elevated in relation to the original position and exposed to exogenic factors. The examples are complex structural fabric of older deposits, and wavy bedding of younger deposits, as in the case of erosion of some coal beds (or their parts) in Kostolac Basin, where only one of 3–4 seams avoided erosion in some fields.

TECHNO-ECONOMIC CRITERIA

The group of factors based on geologic–economic, or techno–economic, analysis is very important in the final evaluation of various parameters for classification of resources and deciding how significant each is for further exploration. Without going into details, the criteria will be mentioned which are essential for establishing the real value of a coal resource.

1. **Type of coal.** As the higher carbonization gives the better coal, and increases its utilitarian value, naturally black coal resources are most important, followed by brown coal, brown coal–lignite, and lignite. The last three coals are the group of brown coals, but in domestic classification the above division is used. Provided other criteria of techno–economic assessment are not lowering the quality and value of black, or brown, coals, it reasonable to expect the highest market value for those coals which have the highest carbonaceous material.

2. **Position and distribution of coal in the deposit.** The greater distribution of the resource, the higher the value of the resource. An extremely important parameter is the productivity coefficient of a deposit, or concentration of coal per deposit unit area.

3. **Coal seam parameters.** The most important of coal seam parameters are **thickness** (the greater the better), **structure** and **branching** of seams (more interbeds, more branches – more difficult and uneconomical working), **shape** of seam occurrence (continuous distribution, uniform thickness, absence of lenticular accumulations or wedgings, etc.), **strike** of seam, **dip**, **dip angle**, **depth**, etc. All these parameters are important for the economy of exploitation and physical safety in mining. For example, great depth of coal seams, and nonuniform thickness (breaks, wedging out, accumulations, branching, etc.) sometimes are reasons for abandoning works, or principal causes of uneconomical production.

4. **Quality of coal.** The total of qualitative properties of a coal determines the use and processing. Individual parameters of technical and elementary analyses can be decisive for coal production and marketing. For instance, the content of inorganic material (ash) in coal is principal in the evaluation of a deposit, and often the main reason for abandoning production of such coal. In this respect, the mention should be made of all deposits of the oldest coals in Serbia, which have very high inorganic contents and therefore (primarily) are not worked, although their reserves are significant; such is Mlava–Pek basin (Ranovac–Kladurovo), two Liassic coal deposits (Dobra on the Danube and Jerma in SE Serbia), and in a large measure coals of Timok zone (Rtanj, Vlaško Polje, etc.).

The next most significant, at least for coke production, constituent is sulphur. For example, black coals of Serbia, which have satisfactory coking properties, contain much (6%–8%) sulphur, extremely unsuitable for coking. Thus, these coals are not used in coke production, although the demand for coking coal is high.

Other quality parameters, such as percents of volatiles, fixed carbon, caloric value (LCE in particular) are significant for marketing.

5. **Quantity of coal.** Besides the mentioned parameters, the value of a coal deposit or basin also depends on the amounts of workable coal. Coal reserves, particularly proved and probable, and the presence of possible ones, are the resource base. The expected reserves only add to the feasibility of an economical development of resources.

6. **Exploration level** is one more parameter of the coal resource evaluation, in addition to coal rate, accessibility, economical to uneconomical reserve ratio, economical to expected reserve ratio, etc.

7. **Technical–mine criteria** include also parameters concerning hydrogeology, engineering–geological situation of resources, gas and self–ignition of coal or coal dust, applied methods of exploitation, etc. and add to the numerosity of parameters and factors controlling the value of each coal resource and its development.

PRIORITY ESTIMATE

On the basis of the mentioned evaluation criteria, several priorities can be established for domestic coal resources, as departing points for investigation and development. All the mentioned parameters and criteria lead us to classify coal resources of Serbia into our priority groups.

Priority I – resources well studied; coal concentration high; coal reserves sufficient for reasonably long, massive and certain production; very favourable bedding and other circumstances of deposits; accessibility for open–cut working or possible use of modern subsurface efficient digging techniques; absence of hydrogeological and engineering–geological problems or gas and self–ignition problems; good quality and certain marketing.

Priority II – well studied resources; favourable geological–structural conditions of beds in coal series; proved reserves and quality of coal for an economical production, and certain marketing.

Priority III – coal resources for which relevant factors are known and satisfactory for exploration and eventual modest development.

Priority IV – coal resources extremely unfavourable for exploration and eventual planning of development.

*

*

*

Note: These authors themselves made the selection of criteria for the priority estimate of coal resources in Serbia as a basis for future explorations. The main sources of information for the criteria and the priority estimate of coal resources are two studies prepared by the same authors, headed by the first stated, for the Serbian Fund for Geological Investigations, viz.:

- Potential coal resources of Serbia, and
- Feasibility study of reopening the closed colieries of Serbia.

The priority list is not presented; it will be used in the classification of coal resources.