

**88 ГОДИНА ГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖИВАЊА ЛИГНИТА У
КОЛУБАРСКОМ УГЛЈОНОСНОМ БАСЕНУ, СРБИЈА – ГОДИНЕ
ИСТРАЖНОГ БУШЕЊА (ОД 1936 ДО 2024. ГОДИНЕ)**

**88 YEARS OF GEOLOGICAL EXPLORATION OF LIGNITE IN THE
KOLUBARA COAL BASIN, SERBIA – YEARS OF EXPLORATION
DRILLING (SINCE 1936. UP TO 2024. YEAR)**

DOI: 10.5937/RG2402111V

Приказ

Expert Review

Богољуб Вучковић
Електропривреда Србије А.Д., Огранак
РБ Колубара, ОЦ „Пројект”,
Лазаревац, Србија
bogoljub.vuckovic@eps.rs

Bogoljub Vučković
Joint stock company Elektroprivreda Srbije,
Kolubara coal basin, Division “Project”,
Lazarevac, Serbia
bogoljub.vuckovic@eps.rs

Примљен 24 октобра 2024; Рецензиран 13 децембра 2024; Прихваћен 20 децембра 2024.
Received 24 Octobre 2024; Received in revised 13 Decembre 2024; Accepted 20 Decembre 2024

Сажетак: У раду је дајџи приказ геолошких достиинућа током 88 годишње истражања геолошких истраживања. Колубарски угљосни басен, са центром у Лазаревицу, налази се приближно 50 km јужно од Београда. Основна минерална сировина је меки мрки угљ – лигнит. Експлоатација лигнита врши се на неколико површинских којева, од којих су неки зајочели са радом почешком 50-тих година XX века. Носилац рударских активности је рудник РБ „Колубара“. Тренуто, годишња производња на свим активним којевима износи $\approx 30\text{Mt}$ лигнита. Ошконе количине лигнита користе се у термоенергетским капацитетима – ТЕ „Никола Тесла А и Б“ – за процес производње електричне енергије. Овај рудник представља окосницу рударске и енергетске привреде Србије. Геолошка истраживања зајочела су знајно пре отварања површинских којева, надовезујући се на јамску експлоатацију лигнита, која је у овом региону зајочела крајем XIX века. Савремена геолошка истраживања повезују се са почецима истражне бушења 1936. године. Током 8 деценија истраживања се изводе у континуитету, и предстоји фаза обимне додашне истражне бушења. Од првих година рада, на простору од 220 km^2 избушено је више од 7.400 истражних бушотина и истражено је више од 4.100.000.000 t лигнита. Током прошеклих 32.000 геолошких дана геолози Колубаре су непрекидно на свака 4 дана додавали по једну нову истражну бушотину укупном фонду геолошке документације.

Кључне речи: ГЕОЛОГИЈА, РУДАРСТВО, ИСТРАЖИВАЊА, ИСТРАЖНО БУШЕЊЕ

Abstract: This paper presents a brief overview of the geological achievements during 88 years period of continuously geology explorations. These geological explorations of coal span two centuries (the XX and XXI centuries) and are still ongoing Kolubara Coal Basin, with its center in Lazarevac is located 50 km south of Belgrade. The basic mineral raw material is soft brown coal – lignite. The exploitation of lignite is carried out on several surface mines, some of which began to operate in the early 1950s. The carrier of mining activities is a mine Kolubara Coal Mines (KCM¹). Currently, annual production on all active mines is $\approx 30\text{Mt}$ lignite. The

1 KCM – Kolubara Coal Mines

entire quantities of lignite dug out are used in Thermal Power Plants „Nikola Tesla A & B“ for the electricity generation process. As such, this mine is the backbone of the mining and energy industries of Serbia. Geological exploration began well before the opening of surface mines, building on the underground mining of lignite, which began in this region at the end of the 19th century. Modern geological exploration is related to the beginnings of exploratory drilling in 1936, and over the course of 8 decades, exploration has been carried out continuously. In early 2024, a phase of extensive additional exploratory drilling is forthcoming. Since the first years of operation, more than 7.400 exploratory boreholes have been drilled in an area of 220 km²; > 4.100.000.000 t of lignite has been explored. Over the past 32.000 geological days, Kolubara geologists have continuously added one new exploration borehole every 4 days to the total geological fund of documentation.

Key words: GEOLOGY, MINING, EXPLORATION, DRILLING, BOREHOLES

РЕГИОНАЛНИ ПОЛОЖАЈ КОЛУБАРСКОГ УГЉОНОСНОГ БАСЕНА

Лежишта лигнита „Колубара“ део су колубарског угљоносног басена. Површина басена је 220 km² и налази се западној Србији, на 50 km јужно од Београда (Слика 1). Колубарски угљоносни басен изграђен је од метаморфних, магматских и првенствено седиментних стена Палеозоика, Мезозоика и Кенозоика.

REGIONAL SETTINGS OF KOLUBARA COAL BASIN

Kolubara Coal Mines (KCM) are part of Kolubara Coal Basin. It seats in western Serbia, 50 km southwest of Belgrade with 220 km² area (Figure 1). Kolubara Coal Basin represent a complex metamorphic, magmatic and sedimentary lithological suite of Paleozoic (Pz), Mesozoic (Mz) and Cenozoic (K) age.



Слика 1, Преједна географска мапа југоисточне Европе са позицијом колубарског угљоносног басена (бела тачка), 50 km јужно од Београда

Figure 1, Overview geographic map of southeastern Europe with Kolubara Coal Basin position (transparent dot), 50 km south of Belgrade

ИСТОРИЈАТ ГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖИВАЊА

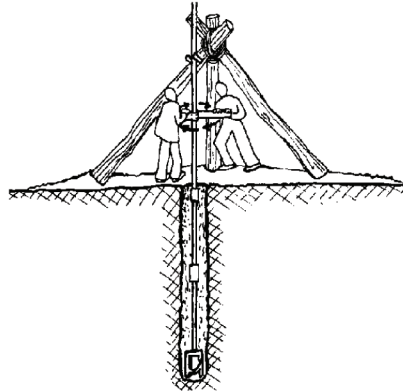
Средином 30-их година двадесетог века почињу савремена геолошка истраживања овог подручја. Прва истраживања почела су 1936. године бушењем 17 бушотина, са око

HISTORY OF KOLUBARA COAL MINES GEOLOGY EXPLORATIONS AT THE BEGINNING

During the twentieth century, at mid-30s start modern geological research in this area. The first explorations began in 1936 with the drilling of 17 boreholes, with about 1,600 m of drilling.

1.600 m бушења. Бушено је старим типовима истражних гарнитура (слика 2).

It was drilled with old types of exploratory drilling rigs, so-called shot drilling (Figure 2).

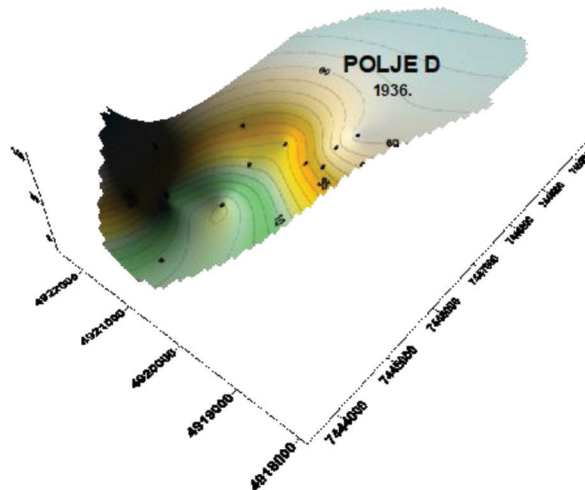


Слика 2, Стари тип гарнитура за истражно бушење; ручно или машинско покретање бушаћих шипки; карактеристично за период пре II светског рата (www.Wikipedia.com)

Figure 2, Old type of exploratory drilling rig; manual or mechanical starting of drill rods; characteristic before World War II (www.Wikipedia.com)

Највећи број бушотина налази се у рејону села Вреоци, на простору данас познатом као поље Д. Након тих првих 365 геолошких дана, геолози су делимично схватили морфологију угљеног слоја, а да су могли, компјутерски би моделирали подину угљеног слоја (слика 3).

The largest number of boreholes are located in the region of the village of Vreoci, in the area known today as field D. After those first 365 geological days, geologists partially observed the morphology of the coal seam, and if they could, they would have modeled the bottom of the coal seam on a computer (Figure 3).



Слика 3, Бушотине из 1936. године у атару села Вреоци, данас познатијем као површински коп „Поље Д“; 3Д модел године главне уљеног слоја на бази тек неколико бушотина

Figure 3, Boreholes from 1936. year in the area of the village Vreoci, today better known as the open pit „Field D“; 3D floor model of the main coal seam based on just few drill holes

ТИПОВИ БУШАЋИХ ГАРНИТУРА ПОСЛЕ 40-ТИХ ДО ДАНАС

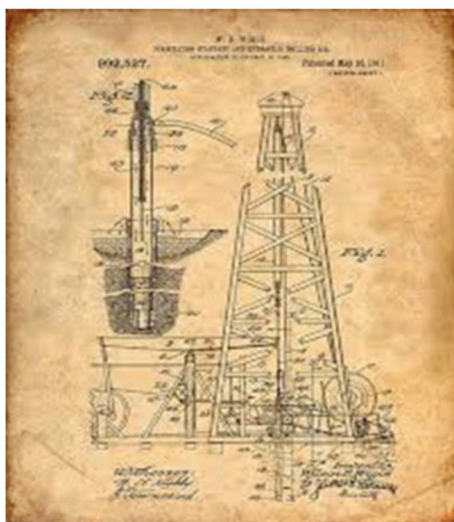
TYPES OF DRILLING SETS AFTER 40's AND UP TO THESE DAYS

После тога, као ни за време Другог светског рата, није било бушења. Прва наред-

After that period, as well as during World War II, no drilling was done. The first subsequent

на бушотина избушена је 1945. године, а након тога се све више бушило. Од 1945, до данас, геолошка истраживања се врше континуирано, истражним бушењем са језгровањем са површине терена. Истраживања су била усклађена са развојем површинских копова, а у појединим деценијама се више бушила источна, а потом и западна половина Колубарског Угљоносног Басена. Такође, временом је у употреби било све више савремених типова уређаја за бушење (слике 4-7).

well was drilled in 1945, and after that, more and more were drilled. Observed up to the present day, geological research is carried out continuously, using exploratory drilling with coring from the surface of the terrain. Research was coordinated with the development of surface mines, and in some decades the eastern and then the western half of the Kolubara coal-bearing basin was drilled more. Also, over time, more and more modern types of drilling rigs were in use (Figures 4-7).



Слика 4, Тип иарнийуре за истражно бушење карактеристичан за йериод након II свейскої райа (www.Wikipedia.com)

Figure 4, Type of exploratory drilling rig typical of the period after World War II (www.Wikipedia.com)



Слика 5, Тип иарнийуре за истражно бушење карактеристичан за йериод 70/80-йих йодина XX века (www.Wikipedia.com)

Figure 5, Type of exploratory drilling rig typical for the period of the 70s/80s of the 20th century (www.Wikipedia.com)



Слика 6, Тип иарнићуре за истражно бушење карактеристичан за период 90-тих година XX века (www.Wikipedia.com)

Figure 6, Type of exploratory drilling rig typical of the 1990s of the 20th century (www.Wikipedia.com)



Слика 7, Тип иарнићуре за истражно бушење карактеристичан за почетак XXI века (www.Wikipedia.com)

Figure 7, Type of exploratory drilling rig typical of the beginning of the XXI century (www.Wikipedia.com)

ИСТРАЖНО БУШЕЊЕ ПО ДЕКАДАМА

Током протеклих 88 година у руднику „Колубара“ је обављен низ репрезентативних савремених геолошких истраживања са радовима у циљу утврђивања количине

BORE DRILLING BY DECADES

At last 88 years at KCM were performed a suite of representative modern geological explorations with economic geology explorations as principle. Surface exploration core drilling,

и квалитета угља, као доминантним. Истражно бушење вертикалних бушотина са површине терена (са континуираним језгровањем и са преко 7.400 бушотина и преко 600.000 m укупне дужине), била је главна техника истраживања. Истраживања је спроводила Геолошка служба рудника, која се као оперативна налази на активним површинским коповима, али и у седишту предузећа у Лазаревцу, као пројектна геолошка група. Најзначајни резултат је око 4,1 милијарде тона истражених ресурса лигнита у бројним истражним/експлоатационим пољима угља, уз додатне ресурсе неметаличних минералних сировина (кварцни песак, шљунак, глине, дијатомит...). Шест важних лежишта (чији је век експлоатације завршен) било је у експлоатацији површинским коповима. То су копови: „поље А“ које завршило рад крајем 50-их година XX века и коп „Тамнава – Источно Поље“ које је започело рад 1980 у XX веку а завршило рад у XXI веку, односно 2004. године; такође површински коп/лежиште „Велики Црљени“ делимично је откопано (равничарски део) до краја 2016. године, док је коп/лежиште „Поље Б“ откопано до краја 2017. године. Површински коп/лежиште „поље Ц“ углавном је откопано до краја 2023. године; Највећи и најзначајнији површински коп/лежиште лигнита „Поље Д“ завршио је свој животни век 2016. године. Површински коп „Поље Г“ је још увек у раду почетком 2024. године. Почетком 2017. године почињу радови на површинском копу „Поље Е“ и у току су радови на копу „Тамнава – Западно Поље“. На том копу теренски рударски радови су у току од 1990. године. Преостала поља (Радљево, Поље Ф) су планирана за ископавање у наредним декадама.

Остала лежишта (боље рећи рудна поља) су распрострањена по целом колубарском седиментном басену са сопственим степеном геолошке истражености. На пример, имамо лежишта која су у раним фазама геолошких истраживања, а са друге стране и добро истражена лежишта која су у експлоатацији. Последњи дефинишу економичност компаније. Резултати истраживања би се могли приказати у неколико аспеката, у природним и економским параметрима.

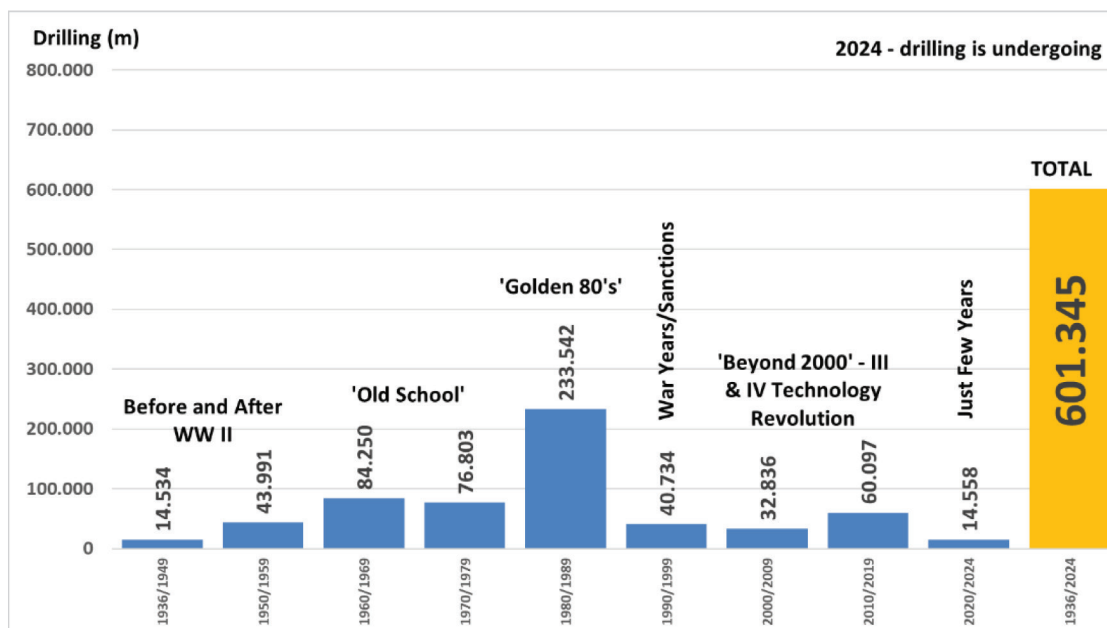
with >7,400 boreholes and >600.000 m, was major exploration method. Mentioned explorations were conducting by the KCM Geology Survey, which seat on active open pits as operative department and in enterprise headquarter in Lazarevac, as designing division. By the way, as summary, we can talk of about 4,1B tons of explored lignite resources in numerous exploration/exploitation coalfields, with additional non-metallic resources (quartz sands, gravels, clays, diatomites...). Six of important deposits were under open pit running and all of them reach its dead end. Deposits „ore Field A“ at late 50's of XX century and „Tamnava-East Field“ which star at 1980 in XX century and reach dead end at 2004. In XXI century, are examples. Also, open pit „Veliki Crljeni“ in 2016. is partially dug out, only in its flat area. Another one, open pit „Field B“ is fully mined out in 2017. Open pit „Field C“ is almost dug out at 2023. The largest and most important surface mining of lignite „Field D“ finalized its lifetime at 2016. Open pit „Field G“ is still under partially running at the early 2024. In early 2017. opening mining works start at surface mine „Field „ and full mining operations are undergoing. In open pit „Tamnava-West Field“ mining operations are undergoing since 1990 and still is ongoing. The remaining fields (Radljevo, Field F) are planned for excavation in next decades.

The other deposits (better to say ore fields) are widespread all over Kolubara sedimentary basin with its own level of geological exploration. We have deposits that are under early phases of geological exploration, and from the other side well explored deposits that are under mining operations. The last ones define economy of the company. The exploration results could report in a few aspects of view, in naturally and semi-economic parameters.

For the most part were performed by core drilling, with vertical boreholes from the surface. Exploration drilling regularly monitored and other geological works, such as a detailed geological mapping and sampling of core, hydrogeological and geotechnical research/testing, mineralogical and petrographic examination of coal and accompanying sediments. Modern detailed geological exploration begins

Највећим делом изведено је бушење са језгро-вањем, вертикалним бушотинама са површине терена. Истражно бушење редовно прате и други геолошки радови, као што су детаљно геолошко картирање и узорковање језгра, хидрогеолошка и геотехничка истраживања/испитивања, минералозна и петрографска испитивања угља и пратећих седимената. Савремена детаљна геолошка истраживања почињу 1936. бушењем 17 истражних бушотина. Бушотине су се углавном налазиле у атару села Вреоци, на простору који је данас познат као лежиште и површинско коп „поље Д“. Истраживања су настављена до данас. Једини прекид био је током Другог светског рата, крајем 1945. године избушена је наредна 18. бушотина. Током ових 88 година рада, у складу са развојем науке и технологије, примењиване су различите методе детаљних геолошких истраживања. Са календарске тачке гледишта, геолошка истраживања се такође могу поделити на деценије (слика 8).

in 1936. by drilling 17 exploratory holes. The holes were mostly located in the area of the village Vreoci, in the area known today as the deposit and surface mine „field D“. Research has continued to the present day. The only interruption was during WW II, in late 1945. was drilled the next 18th hole. During these 88 years of work, in accordance with the development of science and technology, various methods of detailed geological research were applied. From a calendar point of view, geological surveys can also be divided into decades (Figure 8).



Слика 8, Преиледни приказ обима истражної бушења у Колубарском Угљоносном Басену, по декадама, за период 1936-2024.

Figure 8, Outline of exploration drilling in the Kolubara Coal Basin, by decades, for the period 1936.-2024.

ИСТРАЖНО БУШЕЊЕ У XX ВЕКУ

Из приказа на слици 8 уочава се да је у почетним годинама истраживања обим бушења био мањи, на пример свега 14.000 m до краја

XX CENTURY DRILLING

It can be seen that in the initial years of exploration, the volume of drilling was smaller, for example only 14.000 m by the end of the 40s of

40-их година 20-тог века. До краја 70-тих година 20-тог века бушило се интензивно у већем броју истражних поља. Такозвана „стара школа“ геолога извела је преко 160.000 m бушења уз све пратеће геолошке радове (картирање језгра, опробавање, израда документације...). Најзначајније су 80-те године 20 века када је избушено рекордних 233.000 m бушења и тај период је назван „златне године“ за геологију на овом руднику. Могло би се рећи да тада некако и престаје основно геолошко истраживање угља те да су слојеви угља дефинисани како просторно, тако и по дубини. Већ почетком 90-тих година прелази се у фазу експлоатационих (рудничко-геолошких) истраживања и тај вид геолошких истраживања траје до данашњих дана. Нажалост рат у бившој Југославији и санкције према Србији успориле су ритам бушења и током 90-тих избушило се колико се могло, односно 40.000 m бушења.

ИСТРАЖНО БУШЕЊЕ У XXI ВЕКУ

„После 2000“ улазимо у 21 век. Истраживања су фокусирана на простор у активним површинским коповима, а то су типична експлоатациона истраживања која се изводе у циљу бољег дефинисања дубине и дебљине угљених слојева, њихове раслојености и одређивању квалитета. Свет улази у III-ћу а такође и у IV-ту технолошку револуцију. У руднику Колубара повећана пажња се посвећује хидрогеолошким и геотехничким истраживањима, истраживањима неметалличних минералних сировина, еколошким и технолошким карактеристикама линита. У првих 20 година 21-вог века избушено је око 93.000 m бушења уз пратеће геолошке радове. Након 2020. године изводе се убрзана геолошка истраживања са циљем припреме квалитетне геолошке документације за рад на проширењу површинских копова и отварању нових. Ови геолошки истражни радови су у току и трајаће наредних неколико година. Повећан је обим лабораторијских испитивања, буши се са савременијим бушаћим гарнитурама. За те прве три године (2021 –почетак 2024) избушено је око 15.000 m.

the XX century. The so-called „old school“ of geologists during 60s and 70s performed over 160.000 m of drilling along with all accompanying geological works (core mapping, testing, documentation preparation...). The most significant are the 80s of the XX century when a record 233.000 m of drilling was drilled and that period was called the “golden years” for geology at this mine. It could be said that then the basic geological exploration of coal somehow ends and that the coal layers are defined both spatially and in depth. At the beginning of the 1990s, the phase of exploitation (mining-geological) research began, and this type of geological research continues to this day. Unfortunately, the war in the former Yugoslavia and the sanctions against Serbia slowed down the pace of drilling, and during the 90s, as much as possible was drilled, that is, 40.000 m of drilling.

XXI CENTURY DRILLING

„Beyond 2000“ we enter the XXI century. The research is focused on the area in active surface mines, it is typical exploitation research that is carried out in order to better define the depth and thickness of the coal layers, their stratification and quality determination. The world is entering the III and IV technological revolution. In the KCM, increased attention is paid to hydrogeological and geotechnical exploration, exploration of non-metallic mineral raw materials, ecological and technological characteristics of lignite. In the first 20 years of the XXI century, about 93.000 m of drilling was drilled with accompanying geological works. After 2020, accelerated geological exploration is being carried out with the aim of preparing high-quality geological documentation for work on the expansion of surface mines and the opening of new ones. These geological exploration works are ongoing and will continue for the next few years. The scope of laboratory tests has been increased, drilling is done with better quality drilling sets. In those first three years (2021 – early 2024) about 15.000 m were drilled.

ИСТРАЖНО БУШЕЊЕ У XX И XXI ВЕКУ

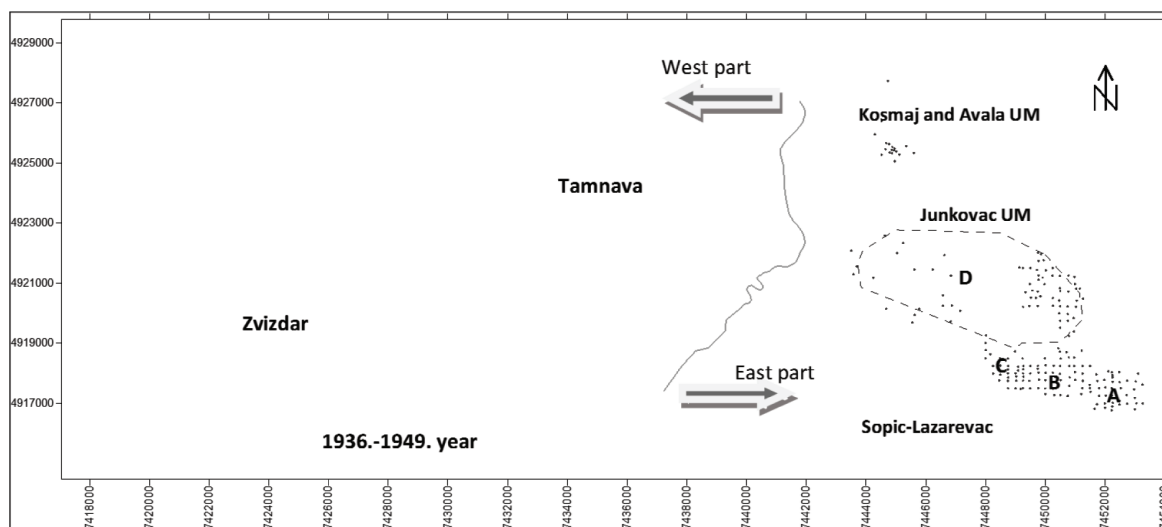
Може се констатовати да је после 32.000 геолошких дана избушено 600.000 m, а да су геолози Колубаре додавали по једну нову истражну бушотину на свака 4 дана. Тиме се повећавао обим фондовске геолошке документације.

Почетни период примењених детаљних геолошких истраживања био је од 1936. до 1949. године (207 бушотина са 14.500 m бушења (слика 9)) и био је уводни за целокупну геологију Колубарског Басена. Након овог периода, Рудник лигнита Колубара почиње свој успешан радни век.

XX-XXI CENTURY DRILLING

The conclusion is that after 32.000 geological days, that 600.000 m of drilling was drilled, and that KCM geologists added one new exploratory borehole every 4 days. Thus, the scope of the fund geological documentation was increasing.

The initial period of detailed geological surveys applied was from 1936 to 1949 and was most significant for the entire geology of the Kolubara Basin. After this period the Kolubara Lignite Mine begins its successful working life. During this period, 207 holes were drilled with 14.500 m of drilling (Figure 9).



Слика 9, Колубарски Угљоносни Басен истражне бушотине за период 1936-1949. – источни гео, у пољима „А“, „Б“, „Ц“ и „Д“; у мањој мери око јама „Космај“ и „Авала“; црне тачкице – истражне бушотине, црна крива линија – река Колубара

Figure 9, Kolubara Coal Basin Boreholes from 1936-1949. – Eastern part in the fields „A“, „B“, „C“ and „D“; partly around the „Kosmaj“ and „Avala“ UM; black dots – drill holes, black curved line – Kolubara River

Током ових почетних година, одвија се једино подземна експлоатација, а површински копови су у фази развоја/пројектовања. Подземна експлоатација обављала се у 12 рударских окана, како у источном тако и у западном делу басена. Потрошња угља је била скромна, као и његова производња. Прва Термоелектрана у Србији „Колубара А“, отворена 1936. године, у селу Велики Црљени, је захтевала значајније количине лигнита и праћење његовог квалитета. Ова потражња за лигнитом је, супротно претходним годинама, наметнула почетак оз-

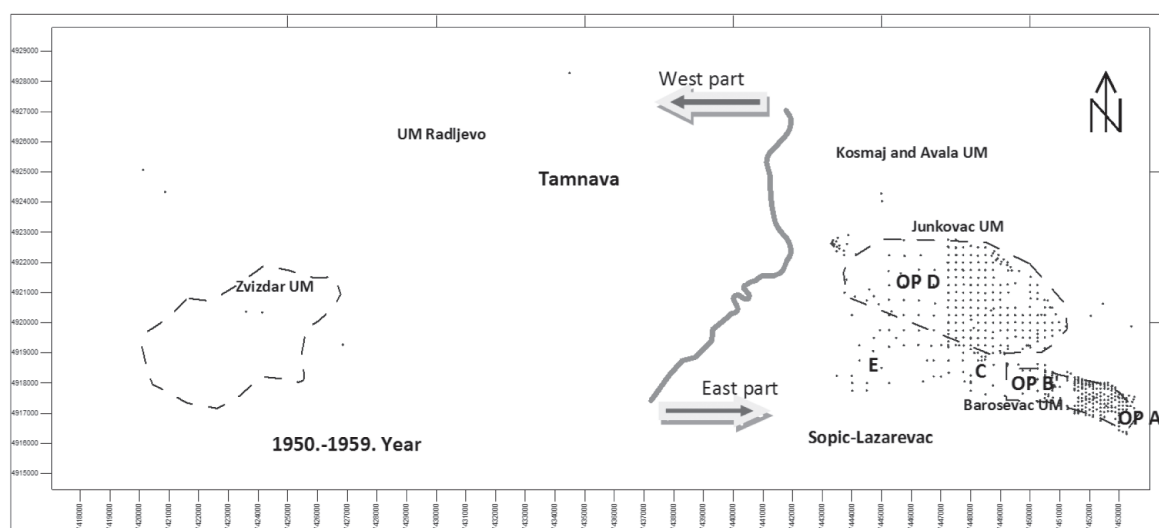
During these initial years, only underground mining takes place, surface mines are in the development/design stage. Underground exploitation was carried out in 12 mining shafts, both in the eastern and western parts of the basin. Coal consumption was modest, as was its production. The first thermal power plant in Serbia, „Kolubara A“, opened in 1936, in the village of Veliki Crljeni, required significant quantities of lignite and monitoring of its quality. This demand for lignite, contrary to previous years, forced the beginning of more serious geological research. After the WW II, very

биљнијих геолошких истраживања. После Другог светског рата, веома брзо, 1950. године, отворен је и први површински коп на угљу у Србији/Југославији „Поље А“.

Период од 1950. до 1959. године значајан је због отварања првих површинских копова лигнита у Србији (површински коп „Поље А“ 1950. године). Током ове деценије избушено је 545 бушотина са 44.000 m бушења (Слика 10). Започете су припреме за отварање још два површинска копа – „Д“ и „Б“, а оба су отворена почетком 60-их година XX века.

quickly, in 1950, the first surface coal mine in Serbia/Yugoslavia, „Field A“, was opened.

The period from 1950. to 1959. is significant for the opening of the first lignite surface mines in Serbia (open pit „Field A“ in 1950.). During this decade, 545 boreholes were drilled with 44,000 m of drilling (Figure 10). There were preparations for opening two additional open pits „D“ and „B“, both in early 60s.



Слика 10, Колубарски Угљоносни Басен, истражне бушотине за период 1950-1959. – источни део у пољима „А“, „Б“, „Ц“ и „Д“; црне тачкице – истражне бушотине, црна крива линија – река Колубара

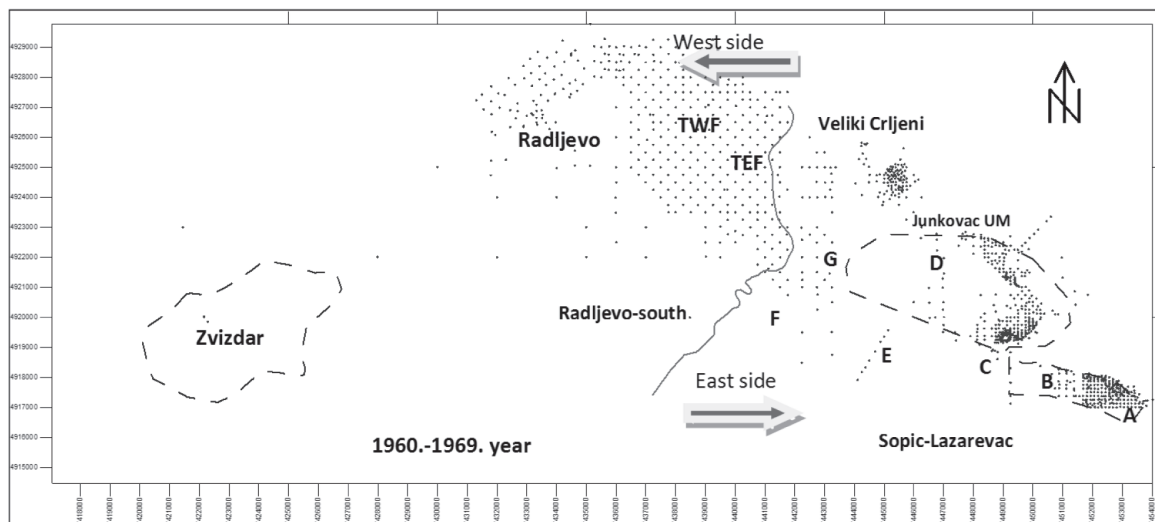
Figure 10, Kolubara Coal Basin drill holes from 1950-1959. – eastern part, in the fields „A“, „B“, „C“ and „D“; black dots – drill holes, black curved line – Kolubara River

Изузетно значајан период за геолошка истраживања био је између 1960. и 1969. године, када су истраживања такође по први пут прешла у западни део басена (поља „Радљево“ и „Тамнава“). Иако су у том западном делу басена биле у функцији две активне јаме угља („Звиздар“ и „Радљево“), озбиљна геолошка истраживања на том подручју (површине више од 100 km²) почела су тек почетком 60-их година XX века. Компанија разматра отварање нових површинских копова и на том подручју. У овом периоду избушено је 1.269 бушотина са 84.250 m бушења (Слика 11). Током 70-тих година настављају се геолошка истраживања на целом простору Колубарског Басена, у скоро подједнакој мери како у

An extremely significant period for geological exploration was between 1960. and 1969., when the exploration also for the first time moved to the western part of the basin (the fields „Radljevo“, „Tamnava“). Although two active underground coal pits „Zvizdar“ and „Radljevo“ were in operation in that Western part of the basin, serious geological research in that area (area of more than 100 km²) began only at the beginning of the 60s of XX century. The company is considering opening new surface mines in that area as well. During this period, 1.269 boreholes were drilled with 84.250 m of drilling (Figure 11). During the 1970s, geological explorations continued throughout the Kolubara Coal Basin, almost equally in the eastern and western parts of the area. Intensive drilling

источном, тако и у западном делу области. Интензивно се буши у зони отварања будућег површинског копа „Тамнава-Источно Поље“. Тај површински коп је отворен 1980. године.

is underway in the opening zone of the future surface mine „Tamnava-East Field“. That surface mine was opened in 1980.



Слика 11, Колубарски Угљоносни Басен, истражне бушотине за период 1960-1969. – источни део басена, у пољима „Б“, „Ц“, „Д“, „Е“, „Ф“, „Г“; у значајној мери око јама „Космај“ и „Авала“; у западном делу басена велики обим бушења у пољима „Тамнава-Источно и Западно поље“, „Радљево“, црне тачкице – истражне бушотине, црна крива линија – река Колубара

Figure 11, Kolubara Coal Basin, drill holes from 1960-1969. year, the eastern part – in the fields „B“, „C“, „D“, „E“, „F“, „G“, significant around the „Kosmaj“ and „Avala“ UM; in the western part – in the fields Radljevo, Tamnava West and East Field (TWF, TEF), t; black dots – drill holes, black curved line – Kolubara River

Најзначајнији период за геолошка истраживања у Колубарском Басену био је од 1980. до 1989. године. На основу обима истраживања назван је и „Златно Доба“ геологије. У овом периоду избушено је 2.287 бушотина са 233.000 m (Слика 12). Буши се у целом басену, комбинујући класична истражна бушења везана за истраживање дистрибуције угља са експлоатационим рударско-геолошким бушењем на активним површинским коповима.

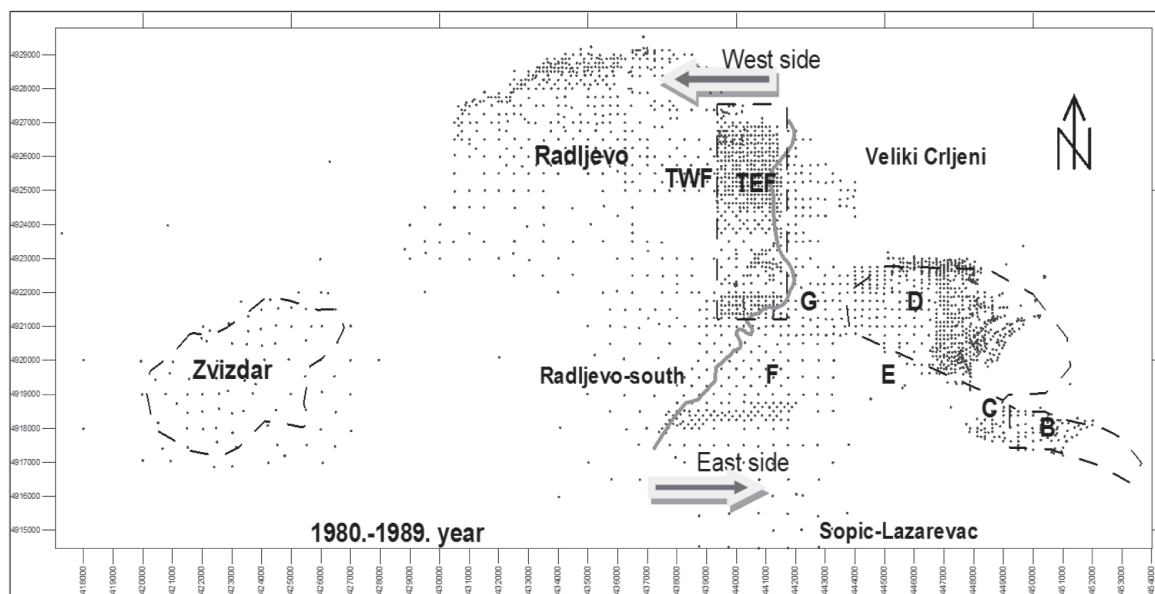
Од 1990. до 2024. године фокус је био на погушћењу мреже истражних бушотина и оперативним рударско-геолошким истраживањима. Обим истражног бушења се постепено повећава, при чему се значајна пажња поклања повећању броја лабораторијских анализа на угљ.

Прошло је 88 година геолошких истраживања. Почело је ручним – сондажним гарнитурама, а у употреби су били и други

The most significant period for geological exploration at the KCM was from 1980 to 1989. Based on the scope of the research, it was also called the “golden age” of geology. During this period, 2,287 boreholes were drilled with 233,000 m of drilling (Figure 12). It is drilled throughout the basin, combining classic exploratory drilling related to the exploration of coal distribution with exploitative mining-geological drilling in running open pits.

From 1990. to 2024., the focus was on the densification of the exploration boreholes grid and operational mine-geological surveys. The volume of exploratory drilling is gradually increasing, with considerable attention being paid to increasing the number of coal tests taken.

There have been 88 years of geological exploration past. It began with drilling with a shotgun, various technological types of drilling sets were in use, at the beginning of the III

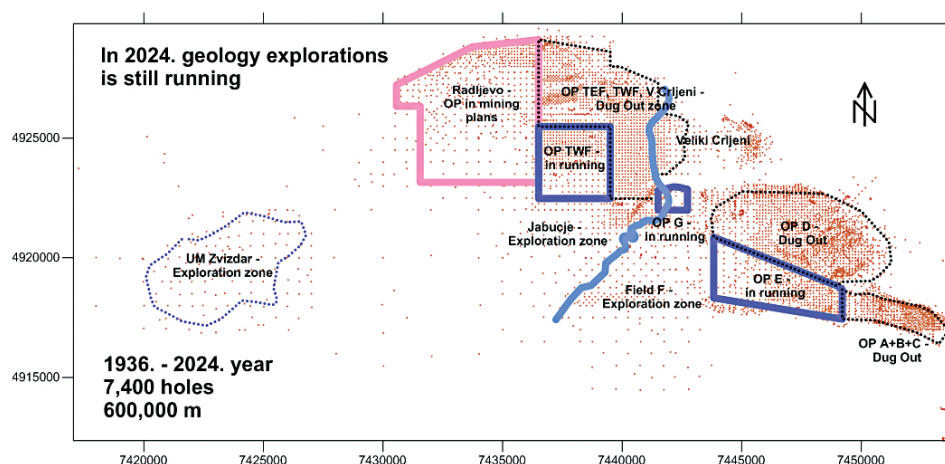


Слика 12, Колубарски Уљоносни Басен, истражне бушојине за период 1980-1989. – источни део басена, у пољима „Б“, „Ц“, „Д“, „Е“, „Ф“, „Г“, „Велики Црљени“; у западном делу басена велики обим бушења у пољима „Тамнава-Источно и Западно поље“, „Радљево“; значајно бушење у области око јаме „Звиздар“; црне тачкице – истражне бушојине, црна крива линија – река Колубара

Figure 12, Kolubara Coal Basin, holes from 1980-1989. year, the eastern part – in the fields „B“, „C“, „D“, „E“, „F“, „G“, Veliki Crljeni; in the western part – the fields „Tamnava-West“ and „Tamnava-East“, „Radljevo“, in high scope around the closed Zvizdar UM; black dots – drill holes, black curved line – Kolubara River

технолошки типови гарнитура за бушење. Почетком трећег миленијума у току је трећа, па чак и четврта светска технолошка револуција. Користе се најсавременије гарнитуре за бушење. У протеклих 32.000 геолошких дана на Колубарски површинским коповима је ископано 1,1 милијар-

millennium, the third and, sometimes, the fourth world technological revolution were underway, using the most modern drilling sets. In the past 32.000 geological days, 1.1 billion tons of coal were excavated at the Kolubara lignite mine, 7.400 exploratory boreholes were drilled, and every 4 days one



Слика 13, Све бушојине из периода 1936/2024. године у Колубарском Уљоносном Басену; укупно 7.400 бушојина, односно 600.000 т бушења; плава крива линија – река Колубара

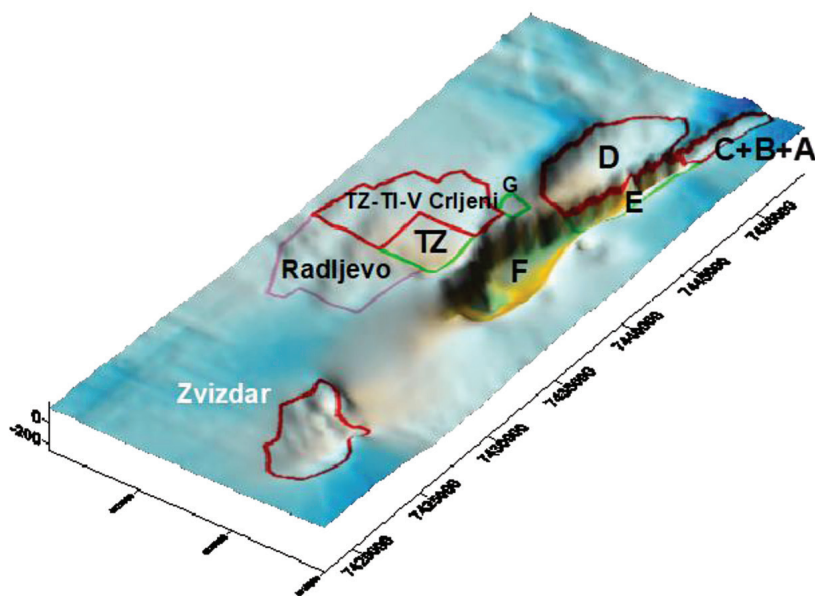
Figure 13, Kolubara Coal Basin, all drill holes from 1936. up to early 2024. year; in total 7.400 boreholes, and 600.000 m of core drilling; blue curved line – Kolubara River

ду тона угља, избушено је 7.400 истражних бушотина, а на свака 4 дана укупним геолошким подацима Колубарског басена додавана је по једна нова бушотина. У овом периоду избушено је укупно 600.000 метара бушотине (Слика 13).

Просторно, истражне бушотине су позициониране у најпродуктивнијем делу Колубарског угљоносног Басена. Морфологија подине слоја главног угљеног слоја може се сагледати са великом тачношћу (слика 14).

new hole was added to the total geological database of the Kolubara basin. A total of 600.000 meters of drilling were drilled during this period (Figure 13).

Spatially, these exploration boreholes are positioned throughout the most productive part of the Kolubara Coal Basin. The morphology of the floor layer of the main coal bed can be seen with great accuracy (Figure 14).



Слика 14, Заротирирани 3Д приказ године главне угљене слоја у Колубарском угљоносном басену, хоризонтална размера 1:6.000, вертикална размера 1:1.000; црвено – ископана лежишта/копови А, Б, Ц, Д, Тамнава-Источно поље, и северни део која Тамнава Западно поље, као и део лежишта Велики Црљени; зелено – копови у раду Е, Г, јужни део Тамнава-Западно поље; розе – планирани коп Радљево; црвена фигура лево – лежиште Звиздар

Figure 14, Rotated 3D view of the floor of the main coal seam in the Kolubara coal basin, horizontal scale 1:6,000, vertical scale 1:1,000; red – Dug out beds/mines A, B, C, D, Tamnava-East field and the northern part of the Tamnava-West field mine, as well as part of the Veliki Crljeni deposit; light green – mines in operation C, E, G, part of the Tamnava West field mine – south parts; light violet surface mine Radljevo; red figure bottom left – Zvizdar deposit

Коначно, након свих ових година и бројних геолошких података (са више од 35.000 појединачних лабораторијских анализа угља, са преко 500.000 појединачних лабораторијских мерења, и бројним осталим лабораторијским резултатима/одредбама); са геолошком базом података о бушењу и лабораторијским резултатима; а након компјутерског моделовања могу се знатно поузданије моделовати морфолошке карактеристике угљених слојева

Finally, after all these years and numerous geological data (more than 35.000 individual laboratory coal analyses, with over 500.000 individual laboratory assaying, and numerous other laboratory determinations); with the geological database of drilling and laboratory; and after computer modeling, the morphological characteristics of the coal seams of the Kolubara Coal Basin can be modeled much more reliably. The presence of a depression in

Колубарског угљоносног басена. Уочава се присуство депресије у јужном делу Колубарског угљоносног басена, са најдубљим нивоом подине у „пољу Ф“ на -280 м.п.в., односно на 400 м од површине терена. Површински копови су започели са радом пре много година у најповољнијем делу басена, тамо где су угљени слојеви велике дебљине, мање раслојени јаловином и налазе се близу површине терена. Током декада рада површинских копова, изишло се из најповољнијих зона, а тренутно се експлоатација одвија у раслојеним и дубоко залежућим деловима лежишта, са све сложенијим условима за површинску експлоатацију. Овакви отежани геолошко-рударски услови захтевају убрзавање и повећање обима геолошких истраживања и испитивања, првенствено истражног бушења и одређивања квалитета угља, тако да се сада изводе додатна обимна комплетна и комплексна геолошка истраживања.

ЗАКЉУЧАК

Данас, у предузећу Рудник Угља „Колубара“, укупно ради око 50 геолога са Рударско-Геолошког Факултета Београдског Универзитета који су распоређени у Геолошким одељењима на површинским коповима (оперативна рудничка геологија) и Геолошком одељењу за пројектовање (Пројектни биро „Колубара-Пројект“). Такође, у последњих 88 година многобројни геолошки претходници (из самог предузећа, као и са Геолошког Факултета Универзитета у Београду, ГеоИнститута и ГеоЗавода, оба Београд и др. ...) уложили су изузетан научни и стручни напор да пројектују, истраже и моделирају ово огромно налазиште лигнита. Упоредо са тим, обављају се и обимни додатни геолошки радови (геотехника, хидрогеологија, геоекологија, ...) који су у вези са експлоатацијом површинских копова угља. Сви геолошки истражни и експлоатациони радови су у току и биће убрзани.

the southern part of the Kolubara Coal Basin is observed, with the deepest subsoil level in „field F“ at -280 m.s.l., i.e. at 400 m from the surface of the terrain. Surface mines started working many years ago in the most favorable part of the area, where the coal layers are very thick, not layered with tailings and are located close to the surface of the terrain. During the decades of operation of surface mines, the most favorable zones were left, currently exploitation takes place in layered and deep-lying parts of deposits, which complicates and increases the problems related to surface exploitation. Such difficult geological-mining conditions require speeding up and increasing the scope of geological research/examination, primarily exploratory drilling and determination of coal quality, so that additional large-scale of complete and complex geological research is now being carried out.

CONCLUSIONS

Today, in the company KCM, a total of 50 geologists from the Faculty of Mining and Geology of the University of Belgrade are employed, who are assigned to the Geological Departments at surface mines (operational mine geology) and the Geological Design Department (Project Office “Kolubara-Project”). Also, in the last 88 years, numerous geological predecessors (from the company itself, as well as from the Faculty of Geology of the University of Belgrade, GeoInstitute and GeoZavod, both Belgrade and others...) have made an extraordinary scientific and professional effort to design, explore and model this huge lignite site. At the same time, extensive additional geological works (geotechnics, hydrogeology, geoecology, etc.) related to the exploitation of surface coal mines are carried out. All geological exploration and exploitation works are ongoing and will be accelerated.

[

ЛИТЕРАТУРА / LITERATURE

- [1] Vučković B., Nešić D., Bogdanović V., Ilić Z.: Sustainable Development in Kolubara Coal Mines, Serbia – Non Metallic Resources as a Significant Additional Coal Open Pit's Income (Possible \$ Scenario) – VII International Brown Coal Mining Congress, 13-17 April, Belchatow, Poland, 2011., pp. 727-734
- [2] Vučković B., Nešić D.: Beyond 2010, Sustainable Development in Kolubara Coal Mines, Serbia – SGEM 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 20-25 June, Albena, Bulgaria, 2011., pp. 727-734
- [3] Vučković B., Nešić D., Anđelković N., Radovanović B., Ranković A., 2012: Analysis of the geological exploration of the ore fields of the Kolubara coal basin, Serbia – 3rd Symposium with International Participation «Mining 2012», 07-10. May 2012., Zlatibor Mt, 2012, pp. 99-107.
- [4] Vučković B., Nešić D., Anđelković N.: Geological Exploration Investments – What Does it Worth? (Review of Kolubara Coal Mines, Serbia) – SGEM 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 17-23 June, Albena, Bulgaria, 2012., pp. 593-602.
- [5] Vučković B.: Geological exploration of coal in the field "G", Kolubara Coal Basin – previous and planned, with a special focus on sulfur – X Conference with international participation, Environmental protection and sustainable development "Energy and Mining 2014", 11-13. March 2014., Tara Mt, Srbija, 2014, pp. 403-415.
- [6] Vučković B., Radosavljević S., Ignjatović M., Bakić V.: Investments in Geology Explorations – Results (Review of the Kolubara Coal Mines, Serbia) – 47th IOC, International October Conference on Mining and Metallurgy, 04-06 October, Bor Lake, Bor, Serbia, 2015., pp. 41-44.
- [7] Vučković B., Simić Z., Stevanović-Petrović N., Radovanović B.: Geological and Exploitation reserves of coal deposit Veliki Crljeni, Kolubara Coal Basin – a view of exploitation in the period of exploitation – VI International Conference "COAL 2015", 14-17. October 2015., Zlatibor Mt, Srbija, 2015, pp. 459-466.
- [8] Vučković B., Stojković H., Ignjatović M., Šubaranović T., Rakijaš M.: Comparison of Kolubara lignite value (with selected natural and artificial materials) – natural indicators – 13th International Symposium Continuous Surface Mining "ISCSM 2016", 11-14. Sept. 2016, Belgrade, Serbia, 2016, pp. 657-673. ISBN: 978-86-83497-23-2
- [9] Vučković B., Baćanac V., Bakić V.: Operating costs of geological surveys in selected deposits of lignite – Mining Basin Kolubara, Serbia – 1st International Symposium "Investments, New Technologies In Mining And Sustainable Development 2016", 24-25. November 2016., Sabac, Srbija, 2016, pp. 79-87, ISBN: 978-86-80464-04-6
- [10] Vučković B., Dimitrijević B.: Investments in geological exploration and affectation on mining operating cash costs at lignite open pits Kolubara (Lazarevac), Serbia – 14th International Symposium Continuous Surface Mining "ISCSM 2018", 23-26. Sept. 2018, Thessalonica, Greece, book of abstracts, 2018.
- [11] Vučković B., Dimitrijević B., Radovanović B., Simić Z., Stojković H.: Geological explorations of lignite on the "E field" and affectation on mining operations designing, Mining Basin Kolubara, Serbia – 13th International Conference of Surface Mining OMC 2018, 17-20 Oct. 2018, Zlatibor mt, Serbia, 2018.
- [12] Vučković B., Dimitrijević B., Ilić S.: Geology exploration costs and operating cash costs at Kolubara lignite open pits, Serbia; (Selected deposit review) – II International Symposium Mining and Geology Today, 04 Dec 2018, Belgrade, Serbia, Proceedings, 2018, pp. 102-114, ISBN: 978-86-82673-14-9
- [13] Vučković B., 2019: 4 Milijarde tona uglja – 85 Godina rada geologa Kolubare – XV Sajam Energetike, Beogradski Sajam, 03-05. Oktobar 2019., Beograd, Predavanje po pozivu, 2019.
- [14] Vučković B., Životić D., Radovanović B., Stojković H., 2019: 85 godina geoloških istraživanja lignita u Kolubarskom ugljonosnom basenu, dekada rada i rezultati, pregledni prikaz – 9th International Conference "COAL 2019", 23-26. October 2019., Zlatibor, Serbia, 2019, pp. 445-459, ISBN: 978-86-83497-24-9
- [15] Vučković B.: Evaluation of coal quality parameters of the Kolubara Coal Basin – Geology Faculty, Belgrade University, 2020.
- [16] Vučković B. Periodi geoloških istraživanja lignita Kolubarskog Ugljonosnog Basena – ostvareni prirodni pokazatelji i pravci daljih aktivnosti – XII Simpozijum sa

- међународним учешћем "RUDARSTVO 2021", 01-04. Jun 2021., Vrnjačka Banja, Serbia, 2021, pp. 140-162, ISBN: 978-86-80420-24-0
- [17] Vučković B., Radovanović B., Životić D.: Tehnološke karakteristike lignita Kolubarskog Ugljonosnog Basena, Srbija – XIV Simpozijum sa međunarodnim učешћem "RUDARSTVO 2022", 23-26. Maj 2022., Vrnjačka Banja, Serbia, 2022, pp. 140-162, ISBN: 978-86-80420-24-0
- [18] Anđelković N., Vučković B., i dr.: Elaborat o rezervama uglja polja "F", stanje 31.12.2009. godine – PD RB "Kolubara", Ogranak "Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2010.
- [19] Babić M., Vučković B., i dr.: Elaborat o rezervama uglja istražnog polja "E", stanje 31.12.2006. godine, PD RB Kolubara, Lazarevac – PD RB "Kolubara", Ogranak "Površinski kopovi Baroševac" i "Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2008.
- [20] Blečić N., Kondžulović R., Vučković B., Terzić B.: Projekat detaljnih geoloških istraživanja uglja ležišta Tamnava-Zapadno polje – RGF Beograd i JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2004.
- [21] Bogdanović V., Vučković B., i dr.: Studija istražnih radova na lokaciji "Istočna Kipa" u cilju utvrđivanja tehnо-ekonomskih uslova za otkopavanje – PD RB "Kolubara", Ogranak "Projekt", RJ Geološko projektovanje, RGF Beograd, Lazarevac, 2007.
- [22] Ilić Z., Vučković B., i dr.: Dopunski rudarski projekat eksploatacije ležišta Tamnava-Istočno polje do kraja eksploatacije, JP RB Kolubara, Lazarevac – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2003.
- [23] Ilić Z., Vučković B., i dr. Dopunski rudarski projekat eksploatacije uglja ležišta Tamnava-Zapadno polje, JP RB Kolubara, Lazarevac – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2004.
- [24] Ilić Z., Vučković B., i dr.: Studija izbor ograničenja i otvaranja površinskog kopa "Južno Polje" u kolubarskom ugljonosnom basenu – PD RB "Kolubara", Ogranak "Projekt", RJ Geološko projektovanje, RGF Beograd, Lazarevac, 2007.
- [25] Jevtić B., Vučković B., i dr.: Studija izbor ograničenja i otvaranja površinskog kopa "polje E" za kapacitet od 12 miliona tona uglja godišnje – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2005.
- [26] Kitanović Z., Vučković B., i dr.: Elaborat o rezervama uglja ležišta Tamnava-Zapadno polje, stanje 31.12.2004. godine, JP RB Kolubara, Lazarevac – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Površinski kopovi", Baroševac i DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2005.
- [27] Kitanović B., Terzić B., Vučković B. i dr.: Idejni projekat sa studijom opravdanosti proširenja granica površinskog kopa "polje D" – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2005.
- [28] Kitanović B., Vučković B.: Idejni program sa studijom opravdanosti otvaranja i izgradnje površinskog kopa "polje E" – PD RB "Kolubara", DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2007.
- [29] Krstić V., Simić Ž., Vučković B., i dr.: Tehnički rudarski projekat otkopavanja otkrivke i uglja u južnoj kosini površinskog kopa polje "D" – PD RB "Kolubara", Ogranak "Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2015.
- [30] Krstić V., Vučković B.: Studija izvodljivosti eksploatacije ležišta polje "E" – Ogranak RB "Kolubara", Organizaciona celina "Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, 2018.
- [31] Kulić Z., Vučković B.: Glavni rudarski projekat Površinskog kopa polje "E" – Ogranak RB "Kolubara", Organizaciona celina "Projekt", RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, 2018.
- [32] Marinković I., Petronijević Lj., Vučković B., i dr.: Elaborat o rezervama uglja polja F, stanje 31.12.2002. godine, JP RB Kolubara, Lazarevac – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Površinski kopovi", Baroševac i DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2004.
- [33] Mičić P., Vučković B., i dr.: Elaborat o rezervama uglja ležišta Tamnava-Istočno polje, stanje 31.12.2003. godine, JP RB Kolubara, Lazarevac – JP RB "Kolubara", DP "Kolubara-Površinski kopovi", Baroševac i DP "Kolubara-Projekt", RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2004.
- [34] Nešić D., Nešić G., Terzić B., Vučković B. i dr.: Glavni rudarski projekat površinskog kopa

- “Veliki Crljeni” – JP RB “Kolubara”, DP “Kolubara-Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2005.
- [35] Nešić D., Spasić A., Vučković B.: Idejni projekat sa Studijom opravdanosti eksploatacije PK “polje C” sa otkopavanjem odlagališta “Istočna Kipa” – PD RB “Kolubara”, “Kolubara-Projekt”, RJ Geološko projektovanje, RGF Beograd, 2008.
- [36] Petronijević Lj., Marinković I., Vučković B., i dr.: Elaborat o rezervama uglja ležišta Veliki Crljeni, JP RB Kolubara, Lazarevac, stanje 31.12.2002. godine – JP RB Kolubara, DP Kolubara-Projekt, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2003.
- [37] Radovanović J., Spasić A., Vučković B., i dr.: Glavni rudarski projekat proširenja površinskog kopa “polje C” – JP EPS, PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2009.
- [38] Radovanović B., Vučković B., i dr.: Elaborat o resursima i rezervama uglja polje “D”, kolubarski ugljonosni basen, stanje 31.12.2014. godine – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2016.
- [39] Radovanović B., Vučković B., i dr.: Projekat istraživanja ležišta “Zvizdar” izvođenjem primenjenih – stadijum detaljnih geoloških istraživanja – JP EPS, Ogranak PD RB “Kolubara”, Organizaciona celina “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2018.
- [40] Sabov D., Vučković B., i dr.: Idejni projekat otvaranja i izgradnje površinskog kopa “Polje G” – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Rudarsko i Geološko projektovanje, RGF Beograd, 2011.
- [41] Sabov D., Vučković B., i dr.: Dopunski rudarski projekat eksploatacije uglja ležišta “Tamnava-Zapadno polje”, PD RB Kolubara, Lazarevac – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2013.
- [42] Sabov D., Vučković B., i dr.: Glavni rudarski projekat površinskog kopa “polje G” – JP EPS, PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2014.
- [43] Sabov D., Vučković B., i dr.: Studija izvodljivosti eksploatacije otkrivke i uglja na površinskom kopu polje G – JP EPS, PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2014.
- [44] Simić Ž., Vučković B., i dr.: Dopunski rudarski projekat površinskog kopa polje “C”, RB Kolubara, Lazarevac – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2014.
- [45] Simić Ž., Vučković B., i dr.: Dopunski rudarski projekat proširenja površinskog kopa “Veliki Crljeni”, RB Kolubara, Lazarevac – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, RJ Rudarsko projektovanje, Lazarevac, 2015.
- [46] Vučković B., Radovanović B., Bogdanović V., Buhač D.: Projekat geoloških istraživanja uglja “polja E” – JP RB “Kolubara”, DP “Kolubara-Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2006.
- [47] Vučković B., Radovanović B., Bogdanović V., Bukvić B.: Projekat geoloških istraživanja uglja ležišta “polje Radljevo” kolubarski ugljonosni basen – JP EPS, PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2009.
- [48] Vučković B., Radovanović B.: Elaborat o rezervama uglja polja “Veliki Crljeni”, stanje 31.12.2008. godine – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2009.
- [49] Vučković B., Radovanović B. i dr.: Elaborat o resursima i rezervama uglja polje “Veliki Crljeni”, kolubarski ugljonosni basen, stanje 31.12.2014. godine – PD RB “Kolubara”, Ogranak “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2015.
- [50] Vučković B.: Projekat primenjenih geoloških istraživanja dela južne kosine PK “Polje E” za potrebe projektovanja i izgradnje TC Zeoke VIII – Ogranak RB “Kolubara”, OC “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2023.
- [51] Vučković B.: Projekat primenjenih geoloških istraživanja uglja ležišta “Polje E” – Ogranak RB “Kolubara”, OC “Projekt”, RJ Geološko projektovanje, Lazarevac, 2023.
- [52] EPS, Kolubara Coal Mines, Technical & Designing Documents
- [53] EPS, Designing Division “Project”, Technical & Designing Documents
- [54] www.EPS.co.rs