УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕКОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ

МАРИЈА Н. МАГДАЛИНОВИЋ КАЛИНОВИЋ

ВАНТРЖИШНА РЕШЕЊА ЕКОЛОШКИХ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

- ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА –

Ниш, 2017.

UNIVERSITY OF NIŠ

FACULTY OF ECONOMICS

MARIJA N. MAGDALINOVIĆ KALINOVIĆ

NON-MARKET SOLUTIONS OF ENVIRONMENTAL EXTERNALITIES IN COPPER PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

- DOCTORAL DISSERTATION-

Niš, 2017.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације

Ментор: Др Снежана Радукић, ванредни професор Економског факултета Универзитета у Нишу

____

Чланови Комисије:

____

____

____

Датум одбране: ______________________________________

ИЗЈАВА МЕНТОРА О САГЛАСНОСТИ ЗА ПРЕДАЈУ
УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Овим изјављујем да сам сагласна да кандидат **Марија Н. Магдалиновић Калиновић** може да преда Референту за последипломско образовање Факултета урађену докторску дисертацију под називом: **ВАНТРЖИШНА РЕШЕЊА ЕКОЛОШКИХ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ,** ради организације њене оцене и одбране.

Ниш, 28.03.2017.год.

Снежана Радукић

Проф. др Снежана Радукић

THE STATEMENT OF THE MENTOR'S CONSENT FOR THE SUBMISSION OF THE COMPLETED DOCTORAL DISSERTATION

Hereby, I declare that I agree that the candidate **Marija N. Magdalinović Kalinović,** can submit completed doctoral dissertation entitled: **NON-MARKET SOLUTIONS OF ENVIRONMENTAL EXTERNALITIES IN COPPER PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF SERBIA** to the officer for doctoral studies at the Faculty, for the purpose of its evaluation and defense.

Niš, 28.03.2017.

Снежана Радукић

PhD Snežana Radukić, Associate Professor

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:	Др Снежана Радукић, ванредни професор Економског факултета Универзитета у Нишу
Наслов:	**Вантржишна решења еколошких екстерних ефеката у производњи бакра у Републици Србији**
Резиме:	Бакар представља један од најважнијих индустријских метала и по укупној годишњој производњи у свету налази се на трећем месту, иза гвожђа и алуминијума. И поред свега позитивног што проистиче из производње и употребе бакра, његову производњу прати и аерозагађење са многим нежељеним ефектима по животну средину, пре свега, по људско здравље, а потом инфраструктуру, пољопривредно земљиште и усеве, водотокове и екосистем. Управо се као последица таквог загађења, јављају негативни екстерни ефекти загађења животне средине који су тема и предмет истраживања у овој дисертацији. Предмет ове докторске дисертације је анализа примене одговарајућих системских вантржишних решења еколошких екстерних ефеката у области производње бакра у Републици Србији са јасним акцентом на постојање и веома штетно дејство негативних екстерних ефеката на животну средину и здравље људи на овом подручју. Основни циљ је интернализација еколошких екстерних ефеката, кроз примену вантржишних решења, која ће омогућити постизање не само друштвених, економских, већ и веома важних еколошких циљева. Комплементарност ових циљева је неминовност ка остваривању одрживог развоја не само у области производње бакра, већ и опстанка становништва на овом подручју. Примењена је научно утемељена методологија квантификације екстерних трошкова која је омогућила анализу резултата како на основу постојеће (старе) технологије производње, тако и на принципима функционисања нове технологије, која подразумева мање загађење. Упоредна анализа добијених резултата јасно потврђује неопходност сагледавања укупних друштвених трошкова у области производње бакра. Иако је сам поступак процене екстерних ефеката веома сложен и компликован због вишеструког дејства на све чиниоце животне средине, у раду се предлажу решења, односно одговарајућа методологија, чија би примена омогућила остваривање економских и еколошких циљева.
Научна област:	Економија
Научна дисциплина:	Микроекономија, Теорија и политика цена

Кључне речи:	Еколошки екстерни ефекти, интернализација екстерних ефеката,вантржишна решења,тржиште бакра, производња бакра у Републици Србији
УДК:	669.3:339.1(497.11)(043.3)
CERIF класификација:	S 180 Економија, економетрија, економска теорија, економски системи, економска политика

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	PhD Snežana Radukić, Associate Professor, University of Niš, Faculty of Economics
Title:	**Non-Market Solutions of Environmental Externalities in Copper Production in the Republic of Serbia**
Abstract:	Copper is one of the most important industrial metals and in total annual production in the world is in third place, behind iron and aluminum. Despite everything positive which comes from production and usage of copper, its production follows air pollution with negative effects to the environment, and above all, to human health, and then infrastructure, farmland and crops, waterways and ecosystems. As a result of such contamination, there are negative effects of environmental pollution which is the main subject of research in this dissertation. The subject of this doctoral dissertation is an analysis of the non-market solutions of environmental externalities of the copper production in the Republic Serbia, with a clear focus on the existence and the very harmful influence of negative external effects on the environment and the human health in this area. The main objective is to internalize environmental externalities through the use of non-market solutions, which will help in achieving not only social, economic, but also very important environmental goals. The complementarity of those goals is a necessity towards achieving sustainable development not only in the copper production, but also in the survival of the population in this area. The application of scientifically based methodology of quantification external costs will help in analyzing results based on the existing (old) manufacturing technology and the principles of functioning of the new technology, which means less pollution. Comparative analysis of the obtained results clearly confirms the necessity of overview of the total social costs of copper production. Even though the procedure of estimating external effects is a very complex and complicated due to multiple effects on all environmental factors, the dissertation proposes solutions, or rather the suitable methodology, whose application will help in achieving the economic and environmental objectives.
Scientific Field:	Economics
Scientific Discipline:	Microeconomics, Theory and Policy of Prices
Key Words:	Ecological External Effects, Internalization of External Effects, Non-Market Solutions, Copper Market, Copper Production in the Republic of Serbia
UDC:	669.3:339.1(497.11)(043.3)

CERIF Classification:	S 180 Economics, econometrics, economic theory, economic systems, economic policy
Creative Commons License Type:	**CC BY-NC-ND**

СПИСАК КОРИШЋЕНИХ СКРАЋЕНИЦА

US $	Амерички долар
USc/lbs	Америчких центи по либри (фунти)
$/t	Долара по тони
µg/m^3	Микрограма по кубном метру
µм	Микрометар
€	Еуро
€/t	Еуро по тони
€/t Cu	Еуро по тони катодног бакра
Ag	Хемијски знак за сребро
As	Хемијски знак за арсен
Au	Хемијски знак за злато
CAFÉ	*Clean Air For Europe* – Програм за чистији ваздух у Европи
Cd	Хемијски знак за кадмијум
CH_4	Метан
CO_2	Угљендиоксид
CRF	*Concentration – Response Functions* - Концентрација – Функција одговора
Cu	Хемијска ознака за бакар
DRF	*Dose – Response Functions* - Доза-Функција одговора
EC	*European Commission* - Европска комисија
EEA	*European Environment Agency* - Европска агенција за животну средину
EIA Study	*Environmental Impact Assessment Study* – Студија процене утицаја на животну средину
EMEP	*European Monitoring Evaluation Programme* – Европска евалуација Мониторинг програма
EMEP/EEA	*European Monitoring Evaluation Programme/European Environment Agency* - Европска евалуација Мониторинг програма / Европска агенција за животну средину
EMIS	*Education Management Information Systems* - Образовање и менаџмент информациони системи
ET	Екстерни трошкови
g	Грам

g/h	Грам по часу
g/t Cu	Грама по тони бакра
GDP_{EU}	*Gross domestic product* - Бруто домаћи производ у Европској унији
GDP_{RS}	*Gross domestic product* - Бруто домаћи производ у Србији
H_2O_2	Водоник пероксид
H_2SO_4	Сумпорна киселина
Hg	Хемијски знак за живу
ICSG	*International Copper Study Group* - Међународна студијска група за бакар
IER	*Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy* - Економски институт енергетике и рационалног коришћења енергије
ILZG/ICSG/INSG	*International Lead and Zinc Study Group, International Copper Study Group, International Nickel Study Group* - Међународна студијска група за олово и цинк, бакар и никл
IPA	*Impact Pathway Approach* - „Пут утицаја“
IPA Funds	*Instrument for pre-accession assistance* - инструменти Европске уније за бесповратну финансијску помоћ земљама кандидатима
ISC	*Industrial Source Complex Model* - Комплексни модел за индустријски извор
kg	Килограм
kg SO_2/t Cu	Килограм сумпордиоксида по тони бакра
kg/t Cu	Килограм по тони бакра
km	Километар
kt	Килотона (хиљаду тона)
kt/god	Килотона по години
kWh	Киловатчас
LME	*London Metal Exchange* - Лондонска берза метала
lb (Pound)	Фунта (lb = 0,45359 kg)
m	Метар
min	Минут
Mn	Хемијски знак за манган
Mt	Милион тона
N_2O	Азотоксид
ng/m^3	Нанограма по кубном метру

NH_3	Амонијак
Ni	Хемијски знак за никл
NO_x	Оксиди азота
OECD	*Organisation for Economic Cooperation and Development* - Организација за економску сарадњу и развој
OH	Хидроксид
Pb	Хемијски знак за олово
PET	Просечни екстерни трошкови
pH	Параметар код утврђивања киселости земљишта
PM_{10}	Честице прашине мање од 10 микрометара
$PM_{2,5}$	Честице прашине мање од 2,5 микрометра
ppm	*parts per million* –Делова на милион
Pt	Хемијски знак за платину
$PET_к$	Кориговани просечни екстерни трошкови
RR	Релативни ризик **(**релативна вероватноћа)
SO_2	Сумпордиоксид
SX-EW	*Solvent extraction and electrowinning* - Солвент екстракција и електролиза
t	Тона
t SO_2/t Cu	Тона сумпордиоксида по тони бакра
TSM	Total Suspended Matter - Укупно суспендоване честице у ваздуху
UNCED	*United Nations Conference on Environment and Development* – Конференција Уједињених нација о животној средини и развоју
UNCTAD	*United Nations Conference on Trade and Development* – Конференција Уједињених нација о трговини и развоју
UNFCCC	*United Nation Framework Convention on Climate Change* – Оквирна конвенција Уједињених нација о климатским променама
US – EPA	*United States Environmental Protection Agency* - Америчка Агенција за заштиту животне средине
USGS	*United States Geological Survey* - Амерички геолошки институт
WHO	*World Health Organization* - Светска здравствена организација
YOLL	*Years of Life Lost* - Године скраћеног живота

Zn	Хемијски знак за цинк
БДП	Бруто друштвени производ
ЕУ	Европска унија
КОБСОН	Конзорцијум библиотека Србије за обједнињену набавку
ЛЕАП	Локални еколошки акциони план
ПКС	Привредна комора Србије
РЗС	Републички завод за статистику
РТБ-Бор	Рударско-топионичарски басен Бор
САД	Сједињене Америчке Државе
УН	Уједињене нације

СПИСАК ТАБЕЛА

СПИСАК СЛИКА

НАУЧНИ ДОПРИНОС ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Еколошка криза, која се јавила као последица негативног утицаја индустријске производње на животну средину, створила је врло неповољне услове за живот и рад људи. Са јачањем еколошке свести очекивало се да ће ефекти саморегулације загађења од стране загађивача допринети мањем загађењу и остваривању већих позитивних ефеката у заштити животне средине. Међутим, ови ефекти су изостали. Бројни елементи животне средине су угрожени, а нарушени еколошки параметри готово да не могу да се врате у првобитно стање. Из тог разлога, неминовна је примена одговарајућих економских инструмената, односно вантржишних решења еколошких екстерних ефеката. Примена ових инструмената ће утицати на еколошка побољшања, као и на ефикаснију употребу и алокацију природних ресурса, а све са циљем постизања одрживог развоја.

У Републици Србији, један од највећих индустријских загађивача је Рударско-топионичарски басен Бор. Основна делатност Рударско-топионичарског басена Бор (РТБ-Бор) је производња бакра и племенитих метала. Производња бакра емитује врло велике количине аерозагађења због чега се Бор и околина оправдано сматрају најзагађенијим подручјем у Републици Србији и Европи. Емитована загађења резултирају бројним негативним последицама, пре свега, по јавно здравље, а затим по инфраструктуру, пољопривредне усеве и биодиверзитет. Утицаји загађења на јавно здравље илустровани су подацима медицинске статистике просечне учесталости морталитета и морбидитета становништва Општине Бор у поређењу са становништвом на подручју Борског управног округа. Негативне последице загађења, квантитативно исказане екстерним трошковима, показују да производња бакра у РТБ–Бор садашњом застарелом технологијом годинама уназад резултира вишеструко већим штетама у односу на користи. Као резултат таквог парадокса је чињеница да РТБ–Бор такве штете не плаћа. Стога је тема ове дисертације, иако са закашњењем у односу на оно што је свет већ учинио и данас чини у контроли и смањењу индустријског загађења, врло актуелна, пре свега за Бор, а потом и за Републику Србију, као земље кандидата за улазак у Европску унију.

Постављене хипотезе у дисертацији су, научно утемељеним чињеницама, доказане и потврђене на практичним примерима производње бакра у РТБ-Бор. Остварен научни допринос чине више парцијалних доприноса и решења која се тичу:

научно утемељеног приступа у процени еколошких екстерних ефеката у производњи бакра, критеријума за одређивање висине накнаде (пореза) за загађење и њене институционалне расподеле, као и функционалне намене, интернализације екстерних ефеката у производњи бакра у Републици Србији и дефинисања аналитичких и графичких модела за управљање екстерним трошковима у производњи бакра. Такође, веома је важна чињеница да се међународна трговина концентратима бакра може посматрати и као трговина аерозагађењима. Због свега тога, Република Србија мора убрзано да усаглашава прописе и еколошке стандарде са Европским законодавством у овој области, како би се смањио укупан негативни утицај по основу увоза „прљавих“ концентрата бакра.

Дакле, доприноси ове дисертације се, пре свега, односе на следеће:

1. По први пут су у Републици Србији процењени екстерни трошкови у производњи бакра, по научно утемељеној методологији *ExternE-EcoSenseWeb*, развијеној у Европској унији (ЕУ) за процену екстерних трошкова у енергетском сектору, пре свега у производњи електричне енергије из фосилних енергената. У овој дисертацији показано је да ова методологија може да се примени и за процену екстерних трошкова у производњи бакра.

2. Извршен је избор друштвено-економски ефикасног механизма контроле и регулације загађења, преко накнаде (пореза) за загађење, укључујући и методологију одређивања висине накнаде (пореза) за загађење у производњи бакра у РТБ-Бор. Ова методологија одређивања висине накнаде (пореза) за загађење је применљива и за друге врсте индустријске производње.

3. Формулисан је образложени предлог институционалне расподеле и функционалне намене накнаде за загађење у циљу санирања штетних последица. Јасно је истакнут значај и предности нове у односу на постојећу, односно стару технологију производње бакра у Бору, кроз упоредни преглед процењених екстерних трошкова у постојећој и новој технологији производње бакра.

4. Дефинисан је модел за одређивање оптималног садржаја бакра у концентрату, као механизам којим се ефикасно може управљати еколошким екстерним трошковима у металургији у циљу њиховог смањења. Овај модел, такође, се може применити и за смањење производних трошкова у производњи бакра. Истовремено, оптимални садржај бакра у концентрату максимизира приход у рударској производњи концентрата бакра, што је од посебног значаја како за извознике, тако и за увознике концентрата. Већи садржај бакра у концентрату значи за извозника сигуран пласман на инострана

тржишта и одсуство загађења (бар у фази прераде концентрата), а за увознике могућност економичније и ефикасније производње бакра са мањим загађењима у оквиру постојећих технолошких параметара. Дати општи облик модела је у дисертацији примењен на рударску производњу концентрата у РТБ-Бор, али је он примењљив и у производњи концентрата других обојених метала.

5. Имајући у виду да са растом производње добит расте линеарно, а екстерни трошкови по експоненцијалној функцији, дефинисан је општи облик аналитичког и графичког модела за одређивање горње границе оправданог раста производње бакра. Применљивост и ваљаност датог модела доказана је на примеру производње бакра у РТБ-Бор, али се исти може користити и за било који други вид индустријске производње.

6. Водећи светски произвођачи концентрата бакра имају значајне вишкове концентрата у односу на капацитете властите топионичке прераде. Мали произвођачи концентрата немају економски интерес за изградњу властитих топионичких капацитета. Дакле, и једни и други извозе концентрате, а тиме извозе загађење и екстерне трошкове који прате топионичку прераду концентрата бакра. Будући да трговина концентратима бакра у свету подлеже законима понуде и тражње, дефинисан је модел и дата теоријска анализа тржишта концентрата бакра са екстерним трошковима загађења у топионичкој преради концентрата. Другим речима, трговина концентратима бакра у свету је пример трговине индустријским аерозагађењима. Све док су користи од извоза, односно узвоза „загађења“, веће од штете коју загађење производи, односно од износа који загађивач мора да плати на име екстерних трошкова, овакво економско понашање је друштвено прихватљиво.

THE SCIENTIFIC CONTRIBUTION OF THE DOCTORAL DISSERTATION

The ecological crisis, as a result of the negative impact of industrial production on the environment, has created very unfavorable conditions for life and work of the people. With increasing environmental awareness it was expected that the effects of self-regulation of pollution by polluters will contribute less pollution and achieving major positive effects in environmental protection. However, these effects were absented. Numerous elements of the environment are threatened, and the environmental parameters had been damaged so much that they could not be returned to their original state. For this reason, implementation of appropriate economic instruments, i. e. non-market solutions of environmental externalities are necessary. The implementation of these instruments will affect on the environmental improvements, as well as the efficient use and allocation of natural resources, with the aim of achieving sustainable development.

One of the largest industrial polluters in the Republic of Serbia is *Mining and Smelting Combine Bor*. The main activity of *Mining and Smelting Combine Bor* (RTB-Bor) is the production of copper and precious metals. Copper production emits very high amounts of air pollution, and that is reason that Bor and its surroundings has been considered as the most polluted area in the Republic of Serbia and Europe. As the results of emitted pollutants, there are many negative consequences primarily to public health, and then to infrastructure, agricultural crops and biodiversity. The impacts of pollution on public health were illustrated by the data of medical statistics of average incidence of mortality and morbidity of the population in the Municipality of Bor in comparison with the population in the Bor Administrative District. The negative consequences of pollution, which are presented by amounts of external costs, show that copper production in RTB-Bor by current outdated technology is resulted in multiple major damages rather than benefits for years. Although as a result of this paradox is that RTB-Bor did not pay for damages. Therefore, although with delay in relation to what the world has done in the control and reduction of industrial pollution, the theme of this doctoral dissertation is very actual especially for Bor, as well as for the Republic of Serbia as a candidate country for the EU.

The proposed hypotheses in the dissertation are scientifically based on facts, proven and confirmed on practical examples of copper production in RTB-Bor. Scientific contribution consists of several partial contributions and solutions which concerning: science-based approach to assessment external costs in the copper production, the criteria for determining the fee (tax) for pollution and its institutional distribution as well as functional purposes, the internalization of external effects in copper production in the Republic of Serbia and defining analytical and graphical models for the management of external costs in the copper production. Also, a very important fact is that the international trade with copper concentrates can be seen as a trade of air pollution. Consequently, the Republic of Serbia has accelerated to harmonize regulations and environmental standards with European legislation in this area, in order to reduce the total negative impact from import of "dirty" copper concentrate.

So, contributions of this dissertation are primarily related to the following:

1. For the first time, the external costs in the copper production had estimated in the Republic of Serbia according to scientifically based methodology *ExternE-EcoSenseWeb*, developed in the European Union (EU) for the assessment of external costs in the energy sector, primarily in the production of electricity from fossil fuels. In this dissertation it is shown that this methodology can be applied for the assessment of external costs in the production of copper.

2. Socio-economically efficient mechanism for control and regulation of pollution has selected through fees (taxes) for the pollution, including the methodology for determining the amount of fee (tax) for the pollution in the copper production in RTB-Bor. This methodology for determining the amount of fee (tax) for the pollution is applicable to other types of industrial production.

3. It is formulated explained proposal of institutional distribution and functional purpose of pollution fee in order to remediate the harmful consequences. The importance and advantages of new vs. existing, or old technology of copper production in Bor is clearly highlighted through the comparative overview of the estimated external costs in existing and new technology of copper production.

4. The model which has been defined in function of determination the optimal content of copper in concentrate, practically is a mechanism for effectively management the environmental external costs in metallurgy in order to reduce them. This model also can be applied to reduce production costs in the copper production. At the same time, the optimal content of copper in concentrate maximizes revenue in the production of copper concentrate, which is of particular importance as well for the exporters as for the importers of copper concentrate. The higher content of copper in concentrate means secure placement on foreign markets for exporter and the absence of pollution (at least at the stage of processing of the concentrate), and on the other side, possibility for economical and efficient production of

copper with less pollution within existing technological parameters for importers. General form of the model that is applied in the dissertation is concentrated on copper production in RTB-Bor, but it is applicable in the production of concentrate of other ferrous metals too.

5. If we know that the growth of production leads to linear profit growth and exponential function of external costs growth, we could define a general form of analytical and graphical model for determining the upper limit of reasonable growth in copper production. Applicability and validity of this model was demonstrated on the example of copper production in RTB-Bor, but it can be used for any other form of industrial production.

6. The leading producers of copper concentrate in the world have significant excesses of concentrate relative to their own smelting capacity. On the other side, small producers of copper concentrate do not have an economic interest in building their own smelting capacity. So, both of these groups are not only exporters of copper concentrate, but also exporters of pollution with external costs which are following smelting of copper concentrate. In terms of that, trade of copper concentrate is defined by the laws of supply and demand, so author defined model and theoretical analysis of the copper concentrate market with external costs of pollution in smelting of concentrate. In other words, trade of copper concentrate is an example of trade of industrial air pollution in the world. As long as the benefits from export or import of "pollution" is bigger than costs from pollution, i. e. amount that the polluter must pay on behalf of external costs, this economic behavior is socially acceptable.

Изражавам захвалност:

- **Ментору, Проф. др Снежани Радукић** на врло корисним и инспиративним сугестијама и помоћи у дефинисању теме и циљева истраживања, превазилажењу недоумица, обликовању текста, подршци и изузетној сарадњи.

- **Проф. др Бобану Стојановићу**, на конструктивним сугестијама и помоћи у дефинисању теме и циљева истраживања.

- **Christian Schieberle-**u, *Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy, IER, University of Stuttgart*, на омогућеном коришћењу софтвера и корисним мишљењима о могућности примене *ExternE-EcoSenseWebV1.3* у процени екстерних трошкова у производњи бакра.

- **Проф. др Милану Трумићу,** са Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду на омогућеном претраживању преко академске Кобсон базе.

- **Мр Татјани Апостоловски-Трујић**, Институт за рударство и металургију Бор, на достављеним Извештајима о праћењу аерозагађења у Бору и тумачењу података.

- **Др Миодрагу Тодоровићу**, Завод за јавно здравље „Тимок“ Зајечар, на уступљеној статистичкој медицинској документацији о јавном здрављу становништва Борског управног округа.

- **Својој породици** на разумевању и моралној подршци.

САДРЖАЈ

ПОГЛАВЉЕ 3

ПОГЛАВЉЕ 4

ПОГЛАВЉЕ 5

У В О Д

Експоненцијални раст светске индустрије и економије у 20. веку, а нарочито након Другог светског рата, почивао је на уверењу да ће нове технологије наћи решења за нарастајуће еколошке проблеме изазване таквим развојем. Генератор убрзаног развоја била је базна индустрија, заснована на интензивној експлоатацији необновљивих природних ресурса (угаљ, нафта, обојени и црни метали). Економски раст и развој условио је погоршање еколошких проблема са јасно израженим последицама, као што су нарушавање природне равнотеже, негативан утицај на здравље људи, као и на читав живи свет. Убрзани темпо индустријализације је све брже и нерационалније исцрпљивао квалитетне необновљиве минералне ресурсе, што је у великој мери угрозило принцип одрживог развоја. Са друге стране, да би се очувао постојећи ниво раста и развоја масовно су се користили неквалитетни и сиромашни минерални ресурси и на тај начин повећавале су се количине отпада и свих врста загађења са великим последицама по људско здравље и екосистем у целини.

Несумњиво је да се светска привреда суочава са озбиљним глобалним изазовима, као што су све већи раст броја становника, убрзан економски и индустријски развој, стално растућа потреба за енергентима, појачано глобално надметање за природне ресурсе итд. Глобални еколошки проблеми, који се манифестују кроз нерационално коришћење привредних ресурса, представљају озбиљну сметњу даљем привредном развоју. Ове тенденције су нарочито изражене у неразвијеним и земљама у развоју, које зарад остваривања виших нивоа развијености својих економија значајно угрожавају животну средину. Ова питања намећу потребу да се у оцени и вредновању економског раста, поред досадашњих чисто економских, уведу и социјално-етички критеријуми.

Емисије загађујућих материја из индустрије имале су значајан утицај на угрожавање људског здравља, екосистема, пољопривредних усева и инфраструктуре на географском подручју где се обавља активност загађивача. Као последица таквог загађења појављују се додатни трошкови оштећења животне средине, који нису уграђени у трошкове произвођача, те се због тога не компензују кроз продајну цену добара на тржишту. Трошкове оштећења животне средине економисти називају *екстерним трошковима или екстерналијама.* Такав назив ових трошкова има пуно оправдање у чињеници да они не настају непосредно у производњи, већ посредно, као последица те производње. Економски и еколошки циљеви, односно политике, су комплементарне категорије, те се мора посматрати њихов синергетски ефекат при вредновању природних ресурса. То значи да је део добити неопходно уложити у заштиту животне средине и санацију оштећења исте као последице индустријског развоја. Еколошки екстерни ефекти треба да буду обавезна категорија у свим инвестиционим пројектима и економским анализама.

Производња бакра је грана тешке индустрије, која спада у групу већих загађивача животне средине. Она проузрокује изузетно високе негативне екстерне ефекте које произвођач, односно загађивач, не обухвата када утврђује цену коштања јединице производње. Са друге стране, бакар као метал, је одиграо кључну улогу у достигнутом не само у индустријском, већ и у технолошком и економском развоју. Бакар и производи од бакра захваљујући, пре свега, својствима које поседују (физичким, хемијским и технолошким), као и могућности рециклаже, данас представљају најкоришћенији стратешки метал.

Међутим, као што је већ наведено, производњу бакра прате и многи нежељени ефекти по животну средину. Степен оштећења животне средине, као последица производње бакра, зависи од: капацитета производње, савремености технологије у металургији, ефикасности система контроле и регулације загађења и квалитета концентрата бакра. Сви ови фактори утичу на обим загађења, а тиме и на висину еколошких екстерних трошкова, па зато представљају предмет истраживања у овој дисертацији.

Будући да нема технологије која ће загађење свести на нулти ниво, чињеница је да ће емисија загађујућих материја расти са порастом производње бакра. У таквим околностима поставља се питање произвођачима бакра: докле производња може да расте и да при томе буде економски оправдана, а друштвеној заједници, који је прихватљив ниво оштећења животне средине. За друштвену заједницу, а посебно за угрожено подручје, је подједнако важна и функционална расподела накнаде (пореза) за загађење коју плаћају загађивачи са становишта намене за које се троши.

Из свега наведеног, јасно је да постојање еколошких екстерних ефеката захтева доследнију и ригорознију примену прописа у области заштите животне средине од свих врста загађења како би се спречила даља деградација животне средине и здравља људи. Поред примене одговарајуће законске регулативе, веома је битно и дефинисање економских инструмената за интернализацију екстерних ефеката у области производње бакра. Залагањем школе еколошке економије остварен је велики успех у развијању свести о потреби редефинисања класичних економских модела, увођењем у произвођачке трошкове, поред трошкова рада и капитала, и еколошких екстерних трошкова, што је један од водећих циљева истраживања у овој дисертацији. У склопу редефинисаног економског модела анализирани су економски најефикаснији механизми за контролу и регулацију загађења и дефинисани модели за управљање еколошким екстерним трошковима у производњи бакра.

У овој дисертацији ће се истраживати ниво развоја технологије топљења концентрата бакра, са аспекта нивоа ефикасности система контроле и регулације загађења, у смислу могућности смањења емисија загађења, на основу поређења загађења и еколошких екстерних ефеката у постојећој (застарелој) и будућој савременој технологији која је у РТБ-Бор требала да проради устаљеним капацитетом 2016. године. Нова технологија није прорадила у складу са пројектованим датумом завршетка, тако да се производња пуним капацитетом са новом технологијом очекује у 2017. години.

Квалитет концентрата бакра, у контексту циља ове дисертације, анализиран је са становишта садржаја бакра и штетних примеса. Садржај бакра у концентрату двојако утиче на степен загађења. Мањи садржај бакра у концентрату, по правилу, значи више пирита, а као последица тога појављује се више сумпордиоксида и шљаке као отпада у топионичкој преради концентрата. Више сумпордиоксида значи веће аерозагађење, а тиме и већи еколошки екстерни трошкови. Више шљаке значи веће губитке бакра и веће производне трошкове у топионичкој преради. Дакле, садржај бакра у концентрату је у директној корелацији са загађењем и утиче на економију рударске и металуршке производње, те је због тога то предмет истраживања у овој дисертацији. Са становишта заштите животне средине и екстерних ефеката веома је важан и садржај штетних примеса у концентрату (олова, арсена, кадмијума, никла, живе и др.) које, зависно од ефикасности система контроле, у већој или мањој мери са димним гасовима загађују атмосферу.

У контексту односа остварене добити и насталих екстерних трошкова, произвођач концентрата бакра може да одлучи да изгради своју топионицу за топљење концентрата или да извози концентрат. Извозом концентрата бакра, произвођачи извозе и загађење које прати металуршку прераду концентрата. Трговина концентратима у свету подлеже законима понуде и тражње. Посредно, трговина концентратима значи трговину аерозагађењем које прати топионичку прераду концентрата.

Циљеви истраживања проистекли су из назива дисертације и предмета истраживања. Тема је у извесној мери мултидисциплинарна, јер су висина и структура еколошких екстерних трошкова у производњи бакра последица стања технике и технологије, с једне стране, и негативних ефеката по јавно здравље, инфаструктуру, пољопривредно земљиште, усеве и екосистем, с друге стране. Емисија и дистрибуција загађења око извора загађења, површина угроженог подручја, густина насељености и структура и намена пољопривредног земљишта предодређују врсту и квантум негативних последица по животну средину. Стога, истраживање у овој дисертацији обухвата више фаза:

1. Утврђивање врсте загађења и емисије штетних материја у постојећој - старој и будућој - новој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор.

2. Анализа литературних извора научно опште прихваћених резултата о епидемиолошким и токсиколошким истраживањима утицаја аерозагађења, која се појављују и у производњи бакра, на здравље становништва, инфраструктуру, пољопривредне усеве и екосистем у целини.

3. Анализа статистичке документације о јавном здрављу и учесталости морталитета и морбидитета становништва Општине Бор и Борског управног округа.

4. Дефинисање модела за одређивање оптималног садржаја бакра у концентрату, као механизма којим се у извесној мери може управљати еколошким екстерним трошковима у металургији бакра у циљу њиховог смањења.

5. Теоријска анализа функција остварене добити и раста трошкова загађења животне средине са порастом производње бакра и на основу тога дефинисање аналитичког и графичког модела за одређивање горње границе оправданог раста производње бакра.

6. Дефинисање модела и теоријска анализа тржишта концентрата бакра са екстерним трошковима загађења у топионичкој преради концентрата.

7. Анализа и избор друштвено-економски ефикасног механизма контроле и регулације загађења применом економских принципа у одређивању висине накнаде (пореза) за загађење у производњи бакра у РТБ-Бор.

8. Процена еколошких екстерних ефеката у производњи бакра у РТБ-Бор постојећом, застарелом и будућом, новом савременом технологијом коришћењем методологије и софтверског решења *ExternE - EcoSenseWeb V1.3.*

9. Анализа висине и структуре еколошких екстерних трошкова у производњи бакра старом и новом технологијом у РТБ-Бор.

10. Одређивање висине накнаде (пореза) за загађење у производњи бакра у РТБ-Бор.

11. Формулисање образложеног предлога институционалне расподеле и функционалне намене накнаде за загађење у циљу санирања штетних последица.

Циљ ове докторске дисертације је да укаже на могућност да се употребом одговарајућих економских инструмената могу постићи и одговарајући еколошки циљеви у области производње бакра. Прецизније, циљ је дефинисање вантржишних решења за интернализацију еколошких екстерних ефеката у области производње бакра.

Реализација циљева истраживања базира се на следећим истраживачким хипотезама:

- најефикаснији механизми за контролу загађења у производњи бакра су они који економски мотивишу компанију да улаже у систем контроле загађења све док су трошкови контроле мањи од еколошких екстерних ефеката;

- ниво емисије загађења, а тиме и висина еколошких екстерних ефеката, пре свега, зависе од нивоа развоја технологије производње бакра и степена ефикасности система контроле и регулације загађења;

- могуће је ефикасно управљање еколошким екстерним ефектима у производњи бакра преко дефинисања оптималног садржаја бакра у концентрату, при чему ће се остварити максимални приход и минимални екстерни трошкови у производњи бакра.

Вођени предметом и циљевима истраживања, а полазећи од дефинисаних хипотеза, у дисертацији су коришћене научно верификоване и опште прихваћене методе. За анализу доступних резултата мерења емисија загађења у производњи бакра у РТБ-Бор по постојећој, застарелој технологији и доступних статистичких података о јавном здрављу у Општини Бор и Борском управном округу коришћене су статистичке методе упросечавања вредности (Завод за јавно здравље ˝Тимок˝, 2009).

Имајући у виду да је у пројектима нове технологије топљења концентрата бакра у Бору, пројектована и квантифицирана само емисија сумпордиоксида (SO_2), а за остала загађења дата гаранција *(*EIA Study - *New Smelter and Sulphuric Acid Plant Project, 2010)* да ће ˝њихове концентрације бити испод граничних вредности дефинисаних прописима Републике Србије˝, емисије ових загађења биће познате тек кад нова технологија проради устаљеним капацитетом најмање годину дана. Извршена је упоредна анализа пројектованих (процењених) података о загађењу из нове и старе технологије производње бакра, као и упоредна анализа добијених резултата са праксом, односно подацима из европских топионица бакра. Основни разлог је процена позитивних (очекиваних) ефеката нове технологије са аспекта смањења емисије загађења. Методологија за процену еколошких екстерних трошкова у производњи бакра преузета је из пројекта *ExternE - Externalities of Energy, Methodology 2005 Update,* финансираног од стране Европске комисије *(European Commission - EC)* за квантификовање екстерналија у енергетском сектору (пре свега, у производњи електричне енергије из фосилних енергената), а развијеног у Економском институту енергетике и рационалног коришћења енергије Универзитета у Штутгарту (*Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER), University of Stuttgart).* У оквиру овог пројекта развијен је софтверски програм *EcoSenseWeb V1.3,* који следи ову методологију (моделира дистрибуцију загађења око извора загађења, процењује последице по здравље становништва, инфраструктуру, екосистем и израчунава укупан износ еколошких екстерних трошкова). На нашу молбу, поменути Институт нам је уступио овај програм на привремено *on-line* коришћење у научне сврхе за процену еколошких екстерних трошкова у производњи бакра у Републици Србији.

У дефинисању модела за одређивање горње границе оправданог економског раста производње бакра и модела за одређивање оптималног садржаја бакра у концентрату коришћене су математичке методе класичне диференцијалне анализе.

Текст дисертације чине: увод, шест тематски заокружених целина (поглавља), закључак и литература коришћена у изради дисертације.

У УВОДУ докторске дисертације објашњен је предмет истраживања, истраживачке хипотезе, научне методе, циљеви истраживања и научни допринос.

У првом поглављу докторске дисертације које носи назив: **ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ АСПЕКТИ АНАЛИЗЕ ЕКОЛОШКИХ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА**, дат је преглед настанка и развоја појма еколошких екстерних ефеката. У контексту анализе екстерних трошкова и њиховог негативног утицаја на економску ефикасност, сагледава се принцип Парето ефикасности и одступање стварног од идеалног стања привредног система. Анализира се у којим случајевима тржишни механизам отказује и не постиже добре резултате. Даље, појмовно је одређена генеза екстерних ефеката и дата је њихова подела. Анализа показује да је интернализација екстерних ефеката неопходна у циљу оптималне алокације ресурса и стварања услова за прихватљиво друштвено-економско пословање. Такође, у овом делу дат је приказ различитих тржишних структура, односно како екстерни ефекти утичу на формирање цена производа у различитим тржишним стањима.

У другом поглављу које носи назив: **САВРЕМЕНЕ ТЕНДЕЦИЈЕ У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА** дат је преглед развоја рударске и металуршке производње бакра, као и резерви бакра у свету и Републици Србији од 1900. године до данас, с освртом на развој технологија са малим емисијама аерозагађења. Убрзани експоненцијални раст производње и потрошње бакра по просечној годишњој стопи од 3,2% (ICSG, 2015, стр. 58) прети да угрози (исцрпи) постојеће резерве бакра у целости до 2060. године. То је црвени аларм за успоравање производње бакра из примарних ресурса путем супституције, рециклаже и производње из ванбилансних ресурса.

Што се тиче производње бакра у Републици Србији, где је РТБ-Бор једини произвођач, установљен је својеврсни парадокс. Задњих 25 година производња рапидно опада, а количина загађења драматично расте. У циљу објашњења овакве ситуације, у дисертацији се анализирају постојеће врсте и количине аерозагађења из постојеће, застареле и нове, савремене технологије топљења концентрата. На основу анализе релевантне литературе и научно опште прихваћених резултата епидемиолошких истраживања утицаја индустријских аерозагађења, која се појављују у производњи бакра, на здравље становништва, јасно се указује на високи степен ризика по здравље становништва на подручју Општине Бор. Извршена је анализа статистичке документације о јавном здрављу са становишта учесталости морталитета и морбидитета становништва Општине Бор у односу на Борски управни округ, са циљем да се јасно укаже на драстично лошије здравствено стање становништва у Општини Бор, које је у великој мери последица загађења, у односу на остало становништво Борског округа (Кладово, Неготин, Мајданпек).

У трећем поглављу које носи назив: **СИСТЕМ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ** представљена је законска регулатива Републике Србије у области заштите животне средине ради регулације загађења из производње бакра. Посебно је дат преглед законских аката који регулишу загађење животне средине као последицу производње бакра у Бору. Усаглашавање законске регулативе у области заштите животне средине у Републици Србији са регулативом Европске уније представља главни изазов али и обавезу, с обзиром на то да се очекује придруживање Србије ЕУ. Такође, анализирана је практична примена важећих прописа у овој области, односно како и у којој мери се примењују важећи прописи и које мере се предузимају у случају непоштовања истих. Дат је и преглед економских показатеља заштите животне средине. Објашњено је зашто се у пословним књигама РТБ-Бор не исказују економски показатељи заштите животне средине и које су санкције за неисказивање истих. На крају овог поглавља дат је приказ економских и фискалних инструмената у области политике заштите животне средине у Републици Србији.

У четвртом поглављу који носи назив: **ТРЖИШНИ МОДЕЛИ МАКСИМИЗАЦИЈЕ ДОБИТИ У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА** указује се на значај садржаја бакра у концентрату као кључног показатеља у економији рударске производње и у процесу остваривања одрживог развоја у производњи бакра. У том контексту, дефинисани су следећи аналитичко-графички модели: модел за одређивање оптималног садржаја бакра у концентрату и модел за одређивање горње границе оправданог раста производње бакра. Оба аналитичка модела примењива су не само у производњи бакра, већ и у производњи других обојених метала.

Пошто је бакар берзански производ његова цена се формира на берзи. Лондонска берза метала (LME - *London metal exchange*) је водећа светска берза индустријских метала, где се обавља трговина бакром и концентратима бакра. Извоз загађења преко извоза концентрата бакра представља реалну ситуацију у развијеним тржишним привредама. Трговина концентратима бакра у свету је заправо пример трговине индустријским загађењима. У том циљу, дефинисан је модел и дата теоријска анализа тржишта концентрата бакра са екстерним трошковима загађења у топионичкој преради концентрата.

У петом поглављу под називом: **ИНТЕРНАЛИЗАЦИЈА ЕКСТЕРНАЛИЈА У ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДЊЕ БАКРА** истакнут је значај интернализације екстерналија у циљу добијања реалне слике друштвених трошкова и користи од производње бакра. Регулативна функција државе у овој области представља нужност, а државни интервенционизам начин решавања проблема екстерних ефеката кроз примену економских инструмената, као што су: порези, субвенције, стандарди и преносиве дозволе за загађење. Мере државне интервенције у овој области имају своје предности и недостатке. Код одабира најефикаснијег решења, односно система контроле загађења, морају се узети у обзир и сви релевантни фактори везани за природу, односно врсту загађења.

Анализиран је појам ˝оптималног˝ загађења у контексту избора врсте накнада (пореза) као најефикаснијег механизма за контролу и регулацију загађења из производње бакра. Дата је квалитативна анализа смањења аерозагађења и екстерних трошкова увођењем нове, савремене технологије топљења концентрата у РТБ-Бор и дефинисан економски приступ у одређивању висине еколошких накнада.

Рециклажа бакра у контексту остваривања одрживог развоја у производњи бакра, указује на вишеструко позитивне, економско-развојне подстицаје. Ови ефекти се огледају кроз значајно ниже производне трошкове, значајно смањење аерозагађења и продужење века трајања примарних ресурса бакра.

У шестом поглављу под називом: ***COST-EFFECTIVENESS*** **АНАЛИЗА ЕКОЛОШКИХ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА ПРИМЕНОМ МЕТОДОЛОГИЈЕ** ***EXTERNE (EXTERNAL COST OF ENERGY)*** се први пут у Републици Србији процењују екстерни трошкови у производњи бакра применом методологије *ExternE - EcoSenseWeb.* Ради се о научно утемељеној и опште прихваћеној методологији процене екстерних трошкова у земљама чланицама Европске уније. У основи, ова методологија је предвиђена за процену екстерних трошкова у енергетском сектору, односно у производњи електричне енергије из фосилних енергената. Међутим, у овој дисертацији је доказано да се ова методологија може успешно применити и за процену екстерних трошкова у производњи бакра.

У овом делу докторске дисертације детаљним објашњењем и применом наведене методологије, а на основу података о производњи бакра у РТБ-Бор, извршена је процена екстерних трошкова на основу старе, постојеће и нове технологије у производњи бакра. Процена екстерних трошкова извршена је по дефинисаним ситуационим Сценаријима, односно процењени су екстерни трошкови у старој и новој технологији (Сценарио 0 и 1). Такође, анализирани су и хипотетички сценарији 2, 3 и 4 у којима је извршена процена екстерних трошкова у ситуацијама да нова технологија остварује емисије загађења на нивоу емисија европских топионица.

Упоредна анализа добијених резултата омогућила је доношење конкретних закључака у вези са емисијама загађења и екстерним трошковима у старој и новој технологији. На основу добијених резултата дефинисане су реалне накнаде (порез) за загађење, за све загађиваче у производњи бакра: сумпордиоксид (SO_2), суспендоване честице (честице PM_{10} и $PM_{2,5}$), арсен (As), кадмијум (Cd), никл, (Ni), олово (Pb), жива (Hg) и хром (Cr). Ова чињеница представља „искорак напред“ у односу на постојећи систем накнада за загађење у смислу да постојећа законска регулатива у Републици Србији нема, осим за сумпордиоксид (SO_2) и суспендоване честице PM_{10} и $PM_{2,5}$, утврђену висину накнаде. И на крају, уз дефинисање оптималног инструмента контроле и регулације загађења, даје се предлог могућег решења проблема загађења животне средине кроз реално утврђивање и функционалну расподелу накнаде за загађење у области производње бакра у Републици Србији.

1. ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ АСПЕКТИ АНАЛИЗЕ ЕКОЛОШКИХ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА

Бакар (Cu) као метал, у савременој индустријској производњи, представља један од најважнијих индустријских метала са масовном применом. Због својих својстава и карактеристика, представља стратешку сировину са применом у готово свим гранама индустрије. По укупној годишњој производњи у свету, бакар се данас налази на трећем месту, иза гвожђа и алуминијума (Pekka, 2014). Примарна металургија бакра је грана тешке индустрије која проузрокује велика загађења и многе нежељене ефекте по животну средину. Емисије загађујућих материја које настају у производњи бакра, озбиљно угрожавају, људско здравље, екосистем, ваздух, воду, земљиште и готово целу инфраструктуру, како на ужем тако и на ширем подручју локације производње. Као последица таквог загађења, јављају се додатни трошкови загађења, односно оштећења животне средине, који нису уграђени у трошкове произвођача бакра, те се као такви и не компензују кроз продајну цену бакра на тржишту.

1.1 НАСТАНАК И РАЗВОЈ ПОЈМА ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА

Екстерналије постоје увек када одређене групе економских субјеката, било да су предузећа или појединци, предузимају акције које имају значајан утицај на друга предузећа, односно појединце. Међутим, у том процесу деловања на друге субјекте, они не узимају у обзир свој утицај на околину, односно не надокнађују трошак штете нити добијају награду за пружање користи. Када у обављању својих активности појединци или предузећа намећу трошак другима ради се о негативним екстерналијама, односно екстерним штетама (на пример, фирме које загађују ваздух, земљиште, воду), а у случајевима да преносе корист на друге ради се о позитивним екстерналијама (на пример, воћњак и пчеле у суседству).

Постојање екстерналија, има снажан утицај на људско благостање, односно сам концепт екстерних ефеката заузима веома значајно место у економској теорији алокације ресурса, која често у случају постојања екстерних ефеката може бити неефикасна. Неефикасност тржишне алокације ресурса у случају негативних екстерналија се огледа у томе што појединци, односно предузећа, не сносе пуне трошкове које стварају, па могу предузимати прекомерну активност, а у случају позитивних екстерналија они ће активности које стварају позитивне екстерналије предузимати у смањеном обиму.

Упркос вишедеценијском коришћењу појма екстерних ефеката у економији још увек постоје контроверзе и разлике у дефинисању од стране економиста. Још увек не постоји унифицирана дефиниција која би обухватила све битне појавне облике екстерних ефеката. Сам термин "екстерна економија" наилазио је у стручној пракси на бројне, не само теоријске, већ и емпиријске разлике, које су довеле до тога да се историјски развој овог терминолошког појма може поделити на неколико временских периода.Први период започиње са увођењем овог појма у економску литературу од стране Алфреда Маршала, који први дефинише појам "екстерна економија", па све до 30-тих година XX века.

Други, обухвата период од 30-тих година, па до 1960. год. и чувеног економског чланка *Проблем друштвених трошкова* Роналда Коуза, у коме он посебно анализира штетно понашање појединих привредних субјеката (Coase, 1960). Као пример се наводи фабрика која загађује околину, а као решење, државна интервенција кроз увођење пореза, измештање фабрике ван насељеног места или забрана рада. Све ове акције од стране државе имају негативне ефекте по загађивача, односно фабрику, али оне као такве представљају легитимне акције државе у циљу остварења свеопштих друштвених циљева. Ова теорија, теорија својинских права, има потпуно другачији приступ у решавању проблема екстерних ефеката и "често се наводи као аргумент против уплитања државе у решавању проблема екстерних штета, као што су загађивање, отпад, бука итд." (Здравковић и Китановић, 2004, стр. 167).

Циљ теореме је управо да покаже да постоји механизам путем преговарања који постојећи конфликт може да реши позитивно за обе стране. "У условима савршене конкуренције приватни и друштвени трошкови су једнаки" (Coase, 1988, стр. 14). Другим речима, "на тржишту са екстерналијама, ако су права својине приписана недвосмислено и ако укључене стране могу преговарати бесплатно, онда ће стране постићи Парето-оптимални производ без обзира која страна поседује права својине" (Shotter, 2001, стр. 645). Такође, веома важна претпоставка Коузове теореме је непостојање трансакционих трошкова, јер од тога зависи да ли ће се приступити преговорима и какав ће бити њихов исход. У целини, Коузова теорема дефинише да уколико су "својинска права јасно додељена, као и да уколико су трошкови преговарања и спровођења једнаки нули, стране у конфликту ће се договорити око равнотежног обима екстерних ефеката, а тај равнотежни ниво биће оптимум са становишта друштва" (Беговић и др., 2008, стр. 339). Коузов чланак отвара обимну стручну дебату на тему екстерних трошкова и у будућем периоду откривају се и истичу и њене слабости. Пре свега, потенцира се њена примена само у случају мањих група (актера), где је број учесника довољно мали да свако може јасно препознати значај своје улоге у преговарачком поступку. Чак иако се ради о једном загађивачу (загађивање ваздуха), број оних који трпе штетне последице је велики, те ова разноликост утиче на њихову организацију, заузимање јасних и недвосмислених ставова, употребу преговарачких стратегија итд. (Oates и Baumol, 1975). Ова констатација упућује на закључак да је Коузова теорема од ограниченог значаја.

Трећи период почиње од 60-тих година двадесетог века где се екстерналије изједначавају са загађењем животне средине, државна интервенција у форми институционалних решења улази у фокус разматрања у оквиру решавања проблема екстерналија и долази до појаве великог броја теоријских концепата који ће се бавити проблемом екстерналија, односно обрачуна "необрачунљивог". "Ми ћемо рећи да постоји директна екстерналија кад год избор варијабла од стране једног субјекта (или групе субјеката) улази у циљну функцију неког другог субјекта" (Starrett, 2004, стр. 1). "Основна карактеристика екстерних ефеката је та да произведени ефекат није намерно створен, већ ненамерно или случајно као резултат неке друге законске активности" (Mishan, 1971, стр. 2). "Екстерни ефекат постоји када функција корисности (или производна функција) једног учесника (примаоца) садржи реалну променљиву чија стварна вредност зависи од понашања другог учесника (даваоца) који не узима ове ефекте свог понашања у обрачун при доношењу одлуке" (Verhoef, 1997, стр. 5).

Међутим, јасно је да још увек нема јединствене опште прихваћене дефиниције у економској литератури, као и да је питање екстерналија још увек отворено у смислу потпунијег и прецизнијег објашњења у савременим условима пословања.

На крају, можемо да кажемо да екстерни ефекти обухватају трошкове или користи који настају за трећа лица у тржишним трансакцијама, а која нису обухваћена тржишном ценом робе. Екстерни ефекти настају као последица активности једног правног субјекта, при чему се последице таквог деловања не узимају у обзир приликом формирања цена те робе. Из тог разлога, имамо нарушавање деловања "невидљиве руке" тржишта, јер тржишне цене не рефлектују пуне друштвене трошкове, те тако и неће бити услова за обезбеђење Парето ефикасности. Према томе, процена екстерних ефеката би омогућила превазилажење проблема тржишне дисторзије и стварање услова за постизање Парето ефикасности.

1.2 ПАРЕТО ОПТИМУМ И КОНКУРЕНТНА РАВНОТЕЖА

Економија благостања је економска теорија која настаје у 20-тим годинама XX века, и у фокусу изучавања је максимизација укупног друштвеног бластостања. За творца ове теорије сматра се Артур Пигу (Arthur Pigou). Темељи ове теорије почивају на концепту Парето оптималности. "Алокације ресурса при којима нико не може бити богатији без чињења другог сиромашнијим назване су Парето-ефикасне (или Парето-оптималне) алокације по великом италијанском економисти - социологу Вилфреду Парету (1848-1923)" (Stiglitz, 1988, стр. 63).

Парето-ефикасност или Паретов оптимум, представља ситуацију у којој није могуће побољшати производњу или потрошњу тако да се повећа задовољство једне особе, без смањења задовољства друге особе. Према томе, ефикасно, односно оптимално стање је оно стање у коме се нико не може довести у бољи положај без да се неко други не доведе у гори. Човек као рационално биће у свом свакодневном понашању следи своје личне интересе и жели да оствари личне циљеве. У остваривању приватних интереса и циљева сваки појединац користи своја ограничена средства, односно одређене ресурсе и жели да постигне максималне резултате са минималним улагањима. Наиме, у случају појединца који одлучује колико ће одређене робе купити, изједначаваће маргиналну корист коју има од потрошње додатне јединице добра са маргиналним трошковима које му та куповина добра изискује. У случају фирми, када се одлучује о томе колико робе произвести и продати, изједначаваће се цена коју остварује на тржишту са маргиналним трошком од производње додатне јединице производа. То заправо значи да је људско понашање крајње рационално и у складу са дефинисаним системом вредности, односно алтернативама које му доносе највише користи. Привреда је ефикасна кад остварује Парето ефикасност, односно у условима потпуне конкуренције, када су маргиналне користи једнаке маргиналним трошковима. У том смислу у економској литератури прва и друга фундаментална теорема економије благостања доносе аргументацију која потврђује ставове да конкурентна тржишта воде ка економској ефикасности (Стојановић, 2012).

Прва фундаментална теорема економије благостања, тврди да под одређеним условима, конкурентно тржиште увек води до тржишта које је Парето-ефикасно. Сматра се да је економија Парето-оптимална, ако и само ако, нико не може да буде богатији без чињења другог сиромашнијим. Ефикасна економија се креће по криви могућих корисности. Крива могућих корисности је "крива која показује максимални ниво корисности коју један појединац може постићи, при датом нивоу корисности који је постигао други" (Васић, 2004, стр. 42). Прва теорема не узима у обзир дистрибуцију прихода.

Према другој теорији економије благостања, "у конкурентној економији може се постићи свака тачка на криви могућих корисности, уз услов правилне дистрибуције ресурса" (Васић, 2004, стр. 42). Полази се од тога да, уолико дистрибуција прихода коју ствара конкурентно тржиште није адекватна, Парето-оптимум је могуће постићи интервенцијом у иницијалну расподелу ресурса, а затим дозволити слободно деловање тржишта у циљу остваривања Парето ефикасне алокације ресурса. Ова теорема не напушта тржишни механизам, већ напротив, пружа оправдање за његово деловање.

Неопходно је испунити три услова да би се постигла Парето-ефикасност и то:

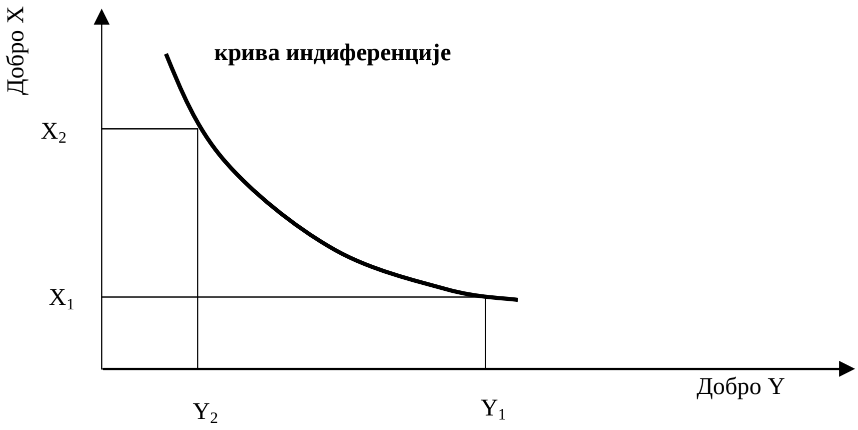
а) ефикасност размене,

б) ефикасност производње и

ц) ефикасност комбинације производа.

Ефикасност размене (ефикасност потрошача) подразумева такву расподелу произведених добара у друштву да нико не може да буде на добитку ако неко други није на губитку. Значи, трговина не омогућује да обе стране буду на добитку. Из тог разлога, основни услов ефикасности размене је једнакост индивидуалних маргиналних стопа супституције између два добра. Маргинална стопа супституције је количина добра које је појединац спреман да се одрекне у размени за јединицу другог добра. Пошто се у конкурентној привреди, сви потрошачи сусрећу са истим ценама, свако од њих одређује своју граничну стопу супституције једнаку односу цена, гранична стопа супституције је за све њих једнака.

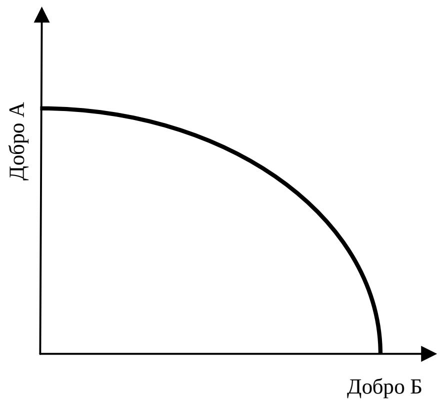
Крива индиферентности (Слика1.1) представља различите комбинације добара према којима је појединац индиферентан, односно пружају му исти степен корисности. Истовремено ова крива показује количину једног добра којег је појединац спреман да се одрекне у замену за јединицу другог добра. Нагиб ове криве представља граничну стопу суптитуције.



Извор: Васић, 2004, стр. 47

Слика 1.1 Крива индиферентности

Ефикасност производње (конкурентна равнотежа на тржишту инпута) се постиже када привреда са расположивим ресурсима и при датој технологији производње, не може да производи већу количину једног производа, а да не смањи производњу другог производа. Конкурентна равнотежа на тржишту инпута се успоставља јер сваки произвођач, одабира инпуте тако да однос цена инпута буде једнак маргиниалној стопи техничке супституције. Привреда функционише дуж криве производних могућности (Слика 1.2), односно криве која показује максимални обим производње две групе производа при датим ресурсима и датој технологији.



Извор: Стојановић, 2012, стр. 19

Слика 1.2 Крива производних могућности

Ова ефикасност подразумева да све фирме имају исту граничну стопу техничке супституције између било која два инпута. На конкурентним тржиштима, све фирме се сусрећу са истим ценама тако да ће имати исту маргиналну стопу суптитуције између инпута. Гранична стопа техничке супституције показује количину једног инпута потребног да се надокнади смањење другог инпута за једну јединицу. У циљу објашњења ове ефикасности користе се изокванте и изотрошковне линије. Изотрошковна линија представља различите комбинације инпута чији је трошак за фирму исти. Изокванта представља различите комбинације инпута потребних за производњу исте количине производа. Нагиб изокванте представља граничну стопу техничке супституције.

Ефикасност комбинације производа (конкурентна равнотежа на тржишту аутпута) заснива се на једнакости граничне стопе трансформације и граничне стопе супституције појединца. Гранична стопа трансформације показује, колико додатних јединица једног добра можемо да добијемо ако производњу другог смањимо за јединицу, док гранична стопа супституције показује, количину једног производа које је појединац спреман да се одрекне у замену за јединицу другог производа. Да би се изабрала најбоља комбинација производње добара треба узети у обзир техниче могућности производње, дати ниво технологије и преференције потрошача.

Дуго је у економској литератури сматрано да ће конкуренција управо утицати на појединце да ће у поступку остваривања својих личних циљева утицати и на остваривање јавног интереса путем "невидљиве руке". Међутим, такође су евидентни случајеви несавршеног дејства тржишта у којима се као последице јављају незапосленост, инфлација, макроекономска неравнотежа, прекомерно загађење итд. Проблем унапређења друштвеног благостања и постизања Парето ефикасности могао би бити превазиђен путем метода интернализације, односно адекватног вредновања и процене екстерних трошкова

1.3 ГРАНЕ И ОБЛАСТИ ГДЕ ТРЖИШНИ МЕХАНИЗАМ ОТКАЗУЈЕ

У стварности тржиште је далеко од свог идеалног стања, односно стања савршене конкуренције. Наиме, тржиште је склоно ка испољавању одређених несавршености односно грешака, тако да у суштини представља веома динамичан и нестабилан систем. Последице оваквог стања су: нестабилан темпо привредног раста, циклични карактер привредног развоја, недовољно коришћење расположивих ресурса, незапосленост, инфлација, прекомерно загађење итд.

Наиме, постоји шест важних услова који указују на неавршености тржишта и неостваривање Парето ефикасности и то су (Васић, 2004, стр. 48.):

1. непотпуна (несавршена) конкуренција;
2. јавна добра;
3. екстерни ефекти;
4. несавршене информације;
5. непотпуна тржишта и
6. незапосленост и други макроекономски поремећаји (инфлација, макроекономска неравнотежа итд.).

1. Непотпуна конкуренција је одступање од модела савршене конкуренције и долази због присуства несавршеног конкурента (монопола или олигопола), чија тржишна моћ води ка формирању цена које су веће од цена које би се формирале у условима савршене конкуренције. Основне врсте несавршене конкуренције су: монопол (монопсон), олигопол (олигопсон) и монополистичка конкуренција. Несавршена конкуренција води ка неефикасности привреде. У условима непотпуне конкуренције, предузећа остварују додатне приходе од продаје додатне јединице производа - гранични приход је једнак граничним трошковима. Држава настоји да ове несавршености отклони путем одговарајућих антимонополских закона, као и другим мерама.

2. Јавна добра су добра, односно услуге, чије су користи доступне целој друштвеној заједници, без обзира да ли појединци желе или не желе да користе то добро или услугу. Јавна добра, односно услуге, тржиште неће или не може да обезбеди, а користе их сви грађани. Основне карактеристике јавних добара су: истовремена и бесплатна расположивост за више корисника, немогућност искључења појединца из употребе јавног добра и једнакост потрошње за све кориснике. За разлику од тржишних добара, јавна добра се не могу купити на тржишту, већ се јављају као израз општих потреба човека нпр. школе, болнице, паркови, путеви, јавно осветљење итд. У свим овим случајевима тржиште не може бити инструмент ефикасне алокације, те су потребна нетржишна решења, односно интервенција државе.

3. Екстерни ефекти постоје када акције појединаца или група утичу на благостање или штету других појединаца или група без њихове воље, односно сагласности. Екстерналије могу бити позитивне или негативне, што зависи од тога да ли доносе користи или штете другим субјектима.

Негативне екстерналије, односно екстерне дисекономије, представљају негативан утицај на друге у смислу повећања њихових трошкова. Позитивне екстерналије или екстерне економије доносе користи другим лицима без накнаде.

Негативне екстерналије се углавном вежу за трошкове загађења животне средине и утицај на целокупну животну и друштвену заједницу. У основи, екстерналије представљају сукоб појединачног и јавног интереса, односно одступање од оптималне алокације ресурса. Последице које се јављају услед постојања екстерних ефеката су прекомерна производња у случају негативних екстерних ефеката, односно недовољна понуда добара која стварају позитивне екстерне ефекте. Како екстерни ефекти нису обухваћени тржишном ценом производа, отвара се простор за деловање државе која путем предузимања одређених мера и интервенција настоји да отклони настале несавршености на тржишту путем прописивања корективних пореза, ограничењем или забраном делатности.

4. Несавршене информације. За разлику од савршених тржишта где учесници у размени поседују потпуне, савршене информације о производу у смислу квалитета, цене, евентуалних опасности које су везане за куповину, односно продају робе/услуге, у стварности то није баш тако. Заправо, у стварности имамо ситуацију да учесници у размени располажу асиметричним информацијама, односно купци немају потпуне тржишне информације, док продавци често немају потпуне податке о преференцијама потрошача. Зато држава настоји да својом интервенцијом обезбеди једнаке тржишне информације прописивањем одређених стандарда.

5. Непотпуна тржишта су тржишта која нису у стању да обезбеде одређени производ или услугу, чак и кад су трошкови њиховог обезбеђења мањи од износа који су појединци спремни да плате. То су тржиште осигурања, капитала, као и комплементарна тржишта. Отклањање ове несавршености захтева интервенцију државе.

6. Најпрепознатљивији облик несавршености тржишта представља незапосленост, као и остали макроекономски поремећаји, где држава настоји да одговарајућим мерама фискалне и монетарне политике отклони дате несавршености.

Свако одступање од модела савршене конкуренције, истовремено значи и постојање субоптималне алокације ресурса, односно постојање одступања од равнотеже схваћене у Паретовом смислу. Иако само теоријски модел, концепт савршеног тржишта нам омогућава да сагледамо природу самог тржишта, као и да констатујемо да је данас у економији реалност несавршено тржиште. Управо такво стање упућује на значај и улогу државе у постизању друштвене и економске ефикасности и то путем њеног деловања кроз основне функције државе у модерној тржишној привреди и то: успоставља правни систем, врши алокативну, регулациону, стабилизациону, редистрибутивну и социјалну, као и развојну функцију у модерној тржишној привреди.

1.4 ПОЈАМ И ВРСТЕ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА

"Производња, односно потрошња одређених врста добара може довести до појаве екстерних ефеката које тржиште неће регистровати" (Здравковић и Китановић, 2004, стр. 164). Екстерналије настају у случају када активност појединца или фирме утиче на друге појединце или фирме у смислу да им намеће трошак, односно доноси корист, али трошак не надокнађује нити прикупља награду за обезбеђивање користи. Екстерналија представља трошак или корист коју сноси један субјект као резултат акције коју је предузео други субјект. Екстерналије могу бити: позитивне и негативне.

У случају да активности појединца или фирме преносе корист на друге појединце, односно фирме, говоримо о позитивним екстерналијама. Примери позитивних екстерналија су: јавна добра, напредак у науци и истраживању, пример воћњака и пчелињака у суседству, образовање итд.

У случају када активности појединца или фирме намећу трошак другима, говоримо о негативним екстерналијама или екстерним штетама. Пример за то су: загађење ваздуха, воде, земљишта, бука, загушење саобраћаја, удисање дуванског дима од стране непушача итд. Када говоримо о екстерналијама углавном говоримо о негативним екстерналијама о којима држава данас далеко више брине него о позитивним екстерналијама.

У ситуацијама када се испољавају екстерналије, тржишна алокација ресурса је неефикасна из разлога што појединци који стварају трошкове не сносе пуне трошкове, односно они који стварају користи не уживају награду за створене користи. У таквој ситуацији, субјекти који не сносе трошкове предузимаће прекомерне активности, а субјекти који стварају користи недовољне активности, односно активности у сувише малим обимима. На тај начин се отвара простор за деловање државе у смислу да се путем одговарајућих мера омогући интернализација екстерних ефеката, односно њихово укључивање у тржишну цену производа. Интернализација екстерних ефеката омогућава пренос екстерних трошкова на загађивача, путем поштовања принципа "загађивач плаћа".

Интернализација екстерних ефеката као интервенција државе у циљу отклањања тржишних несавршености би навела учеснике на тржишту да преузму трошкове негативних екстерних ефеката, односно да се подстакну субјекти у циљу стварања већих друштвених користи.

Према природи настанка, екстерналије можемо поделити и на оне које стварају произвођачи и оне које стварају потрошачи. Затим, према распрострањености можемо их поделити на локалне, регионалне итд. Од значаја су, такође, и екстерналије које се односе на коришћење заједничког ресурса (нпр. повећање броја бушотина у једном нафтном басену). Најчешћи пример негативних екстерних ефеката су управо трошкови загађења животне средине.

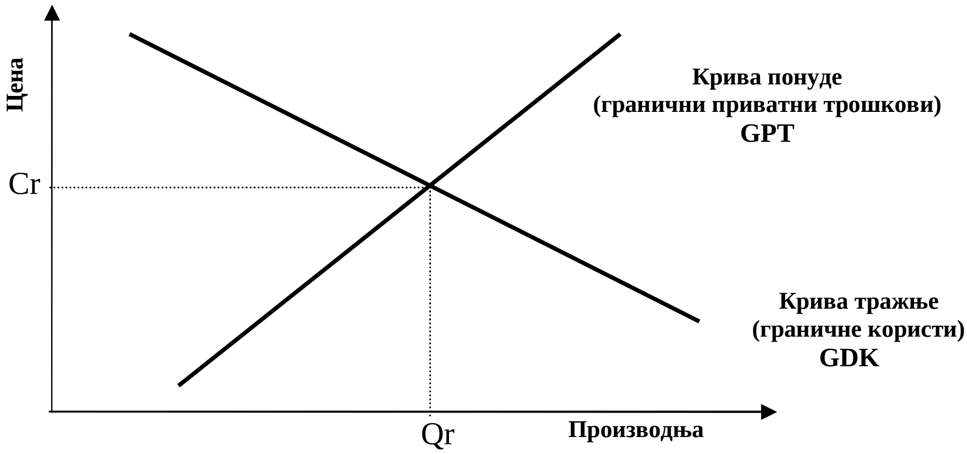
1.5 УТИЦАЈ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА НА ФОРМИРАЊЕ ЦЕНА ПРОИЗВОДА И УСЛУГА

Постојање екстерних ефеката значи да у производњи и размени , поред учесника и трећа страна сноси одређену штету или ужива корист, у зависности од тога да ли је у питању позитивна или негативна екстерналија**.** У таквим условима настаје тржишни недостатак, јер тржишне цене не рефлектују пуне друштвене трошкове или користи.

Да бисмо се бавили анализом последица негативних екстерних ефеката, пажњу морамо да усмеримо на концепт друштвених користи и трошкова. Друштвени трошкови обухватају приватне трошкове произвођача и екстерне трошкове наметнуте другима. Екстерни трошкови у овом случају не падају на терет произвођача, већ падају на терет трећих лица, односно лица која не учествују у размени**.**

У случају постојања екстерних трошкова, тржишне цене неће одражавати право тржишно стање, јер произвођачи вођени сопственим интересима трошкове своде на своје приватне трошкове који нису прави показатељ укупних друштвених трошкова. Како су њихови гранични трошкови производње мањи, они производе веће количине добара, односно остварују обим производње који није оптималан са становишта друштвене заједнице. Према томе, гранични друштвени трошкови представљају збир граничних приватних трошкова GPT и граничних екстерних трошкова GET, те као такви представљају укупне граничне трошкове GDT које друштво сноси да би се произвела једна додатна јединица производа (GDT=GPT+GET).

Према томе оптималан обим производње заснован је на принципу изједначавања граничних друштвених користи GDK и граничних друштвених трошкова GDT.

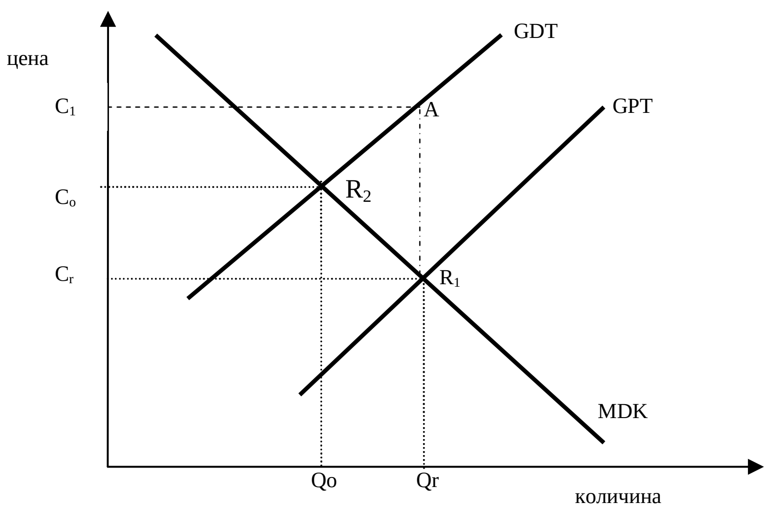


Извор: Васић, 2004, стр. 78

Слика 1.3 Тржишна равнотежа у случају одсуства екстерних ефеката

На Слици 1.3 приказане су криве понуде и тражње. Крива понуде одражава граничне трошкове производње додатне јединице производа, док крива тражње представља спремност купца да плати одређену јединицу робе, односно одражава индивидуалне користи од производње додатне јединице производа. У одсуству екстерних ефеката, у пресеку две криве (GDK=GPT) успоставља се тржишна равнотежа која је ефикасна и друштвено оптимална, при датом оптималном нивоу производње Qr и равнотежној цени Cr. У случају кад постоје екстерни ефекти а произвођач их не узима у обзир, не улазе у калкулацију цена, нити утичу на обим производње, овај ниво производње није оптималан са становишта друштва и не представља ефикасно решење.

Међутим, уведимо сада у анализу негативне екстерне ефекте (Слика 1.4).



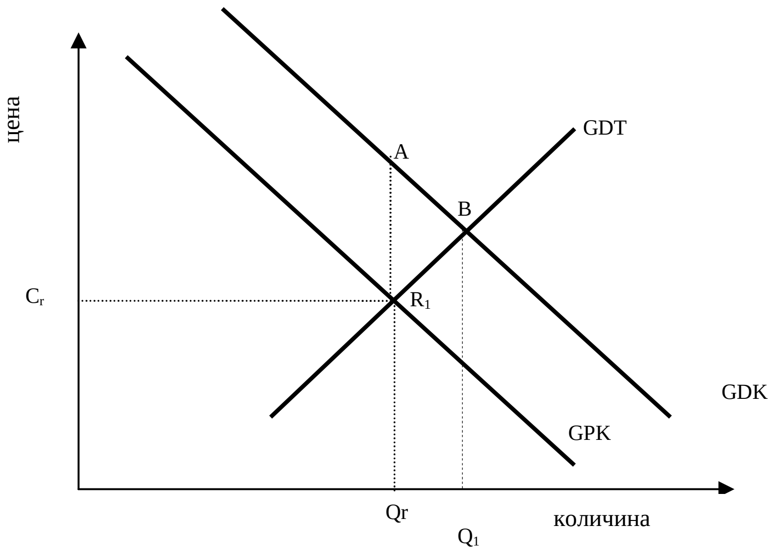
Извор: Васић, 2004, стр. 51

Слика 1.4 Тржишна равнотежа у случају постојања негативних екстерних ефеката

Ако посматрамо једну индустријску грану, нпр. производњу бакра, негативни екстерни ефекти се везују за трошкове загађења животне средине. Разлика између C_r и C_1 представља гранични екстерни трошак, а укупан износ екстерних трошкова представљен је површином $C_rC_1AR_1$. Друштвени трошак конкурентног тржишта представљен је површином AR_1R_2. Крива граничних друштвених трошкова GDT представља збир граничних приватних GPT и граничних екстерних трошкова GET, те се налази на вишем нивоу у односу на криву која представља производне трошкове. Максимизација друштвеног благостања која узима у обзир и негативне екстерне ефекте, сада se успоставља у пресеку крива граничних друштвених трошкова и граничних друштвених користи (GDK=GDT), односно друштвено оптимални обим производње се успоставља на нивоу Qo, а ниво оптималне цене на Co. Увођење екстерних трошкова помера равнотежу из тачке R_1 у нови друштвени оптимум, тачку R_2. То за последицу има мањи обим понуде и већу цену.

Увођење екстерних трошкова (трошкови оштећења животне средине) у анализу модела понуде и тражње има недвосмислено јасан и оправдан економски смисао. Прво, из разлога што екстерни трошкови заиста постоје, а друго, што мања производња резултира мањим загађењем. Што се тиче цене, она сада реално исказује трошкове производње, односно обухвата и екстерне трошкове, а што се тиче концепта одрживог развоја, мања производња води ка реалнијем и споријем исцрпљивању примарних резерви руде бакра.

Позитивни екстерни ефекти постоје онда када активности једног субјекта доносе корист другим лицима, али се те користи не могу наплатити кроз тржишне механизме. Граничне екстерне користи су користи које уживају трећа лица на основу јединице производње. Претпоставимо сада да се јављају позитивни екстерни ефекти, односно екстерне користи (Слика 1.5). Граничне друштвене користи GDK представљају збир граничних приватних користи GPK и граничних екстерних користи GEK. Крива GDK је изнад криве граничних приватних користи, што значи да GDK превазилазе GPK. Друштвене користи које су изгубљене представљене су површином ABR_1. Из тог разлога, максимизација друштвеног благостања и постизање ефикасности захтева повећање обима производње, са нивоа Q_r на Q_1.



Извор: Здравковић и Китановић, 2004, стр. 170

Слика 1.5 Тржишна равнотежа у случају постојања позитивних екстерних ефеката

У случају постојања екстерних ефеката (позитивних или негативних), тржишне цене не одражавају пуне друштвене трошкове или користи, те спонтано деловање тржишног механизма неће довести до друштвено-оптималног решења. Из тог разлога неопходно је интернализовати (укључити) екстерне ефекте у обрачун цена добара и услуга, у циљу остваривања друштвеног оптимума и максимизације друштвеног благостања.

2. САВРЕМЕНЕ ТЕНДЕЦИЈЕ У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА

Бакар као хемијски елемент има ознаку Cu, која потиче од његовог латинског назива – *Cuprum*. Овај назив води порекло од речи *cyprium aes*, што значи кипарски метал. Људи су знали за бакар још у праисторијско доба, па се и доба у људској историји назива *бакарним добом*. Најстарији докази коришћења бакра потичу из 8.000. год. п.н.е. из Турске. До 3.800. год. п.н.е. рударење и употреба бакра проширила се по целом Медитерану и обалама Атлантика. Нека од већих старих налазишта руде и самородног бакра налазила су се око великих језера на граници САД-а и Канаде, где су пронађени комади самородног бакра тежине и до 100 kg (Јањић и Ристић, 1995).

Средњи садржај Cu у земљиној кори је 55 ppm *(engl. parts per million).* У природи се ретко јавља у самородном облику, већ у виду различитих минерала. Индустријски значајни минерали бакра који се појављују у рудама приказани су у Табели 2.1. Чист бакар је мек метал црвенкасто-браон боје, врло велике топлотне и електричне проводљивости. На ваздуху не подлеже корозији, али се дугим стајањем превлачи зеленом патином базних соли бакра.

Извор: Званични интернет сајт Рударско- топионичарског басена Бор

Слика 2.1 Катоде бакра из РТБ-Бор

Бакар је метал од стратешког значаја. У природи је познато преко 160 минерала бакра. Међутим, индустријски значај има свега десетак минерала приказаних, који се појављују у у већини руда у свету (Табела 2.1).

Табела 2.1 - Индустријски значајни минерали бакра

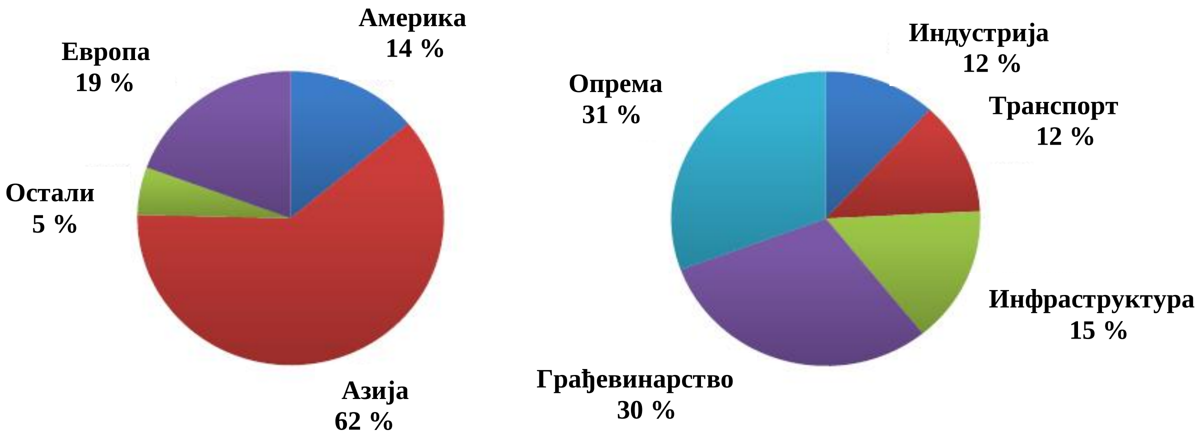
	Минерали	Хемијска формула	Садржај бакра (%)
Сулфиди	Халкозин	Cu_2S	79,4
	Ковелин	CuS	66,4
	Борнит	Cu_3FeS_3	55,5
	Халкопирит	$CuFeS_2$	34,5
Сулфосоли	Тетраедрит	$(As)(Cu_2S{\cdot}FeS)_4{\cdot}As_2S_3$	30-55
	Енаргит	$3Cu_2S{\cdot}As_2S_3$	36-48
Оксиди	Куприт	Cu_2O	88,8
	Тенорит	CuO	79,8
Карбонати	Малахит	$CuCO_3{\cdot}Cu(OH)_2$	57,4
	Азурит	$2CuCO_3{\cdot}Cu(OH)_2$	55,2

Извор: Јањић и Ристић, 1995, стр. 80

У зависности од врсте минерала који доминирају у руди, руде бакра се деле на: сулфидне, оксидне и карбонатне. Око 75% светске производње бакра добија се из сулфидних руда које се могу прерадити у флотацији у циљу добијања концентрата бакра, на економски исплатив начин. Оксидне и карбонатне руде не могу се прерадити у флотацији ради добијања концентрата бакра, већ се подвргавају лужењу сумпорном киселином и солвент екстракцији и електролитичкој рафинацији (SX-EW)[1] ради добијања катода бакра.

Бакар се користи у великом броју производа намењених индустрији, инфраструктури и широкој потрошњи. Нема индустријске гране, почев од пољопривреде до најсавременијих индустрија, у којима се не користе производи од бакра или на бази бакра. Структура потрошње бакра по регионима и привредним секторима у 2014. год. приказана је на Слици 2.2 (ICSG, 2015,World Copper Factbook, стр. 50).

[1] Међународна скраћеница у литератури за: Solvent extraction and electrowinning (солвент екстракција и електролиза)



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 50

Слика 2.2 Структура потрошње бакра по регионима и привредним секторима у 2014. год.

Данас се преко 60% произведеног бакра у свету троши у грађевинарству (30%) и електроиндустрији за израду машина и уређаја (31%). Највећи део годишње производње бакра у свету троши се у Азији (62%), због убрзаног индустријског развоја Кине и Индије. Потрошња бакра је у директној корелацији са степеном индустријског и економског развоја и бројем становника земље. При томе, потрошња бакра по становнику расте са порастом бруто домаћег производа. Значајније промене у структури потрошње бакра по регионима и привредним секторима настају у релативно дужим периодима (5-10 год).

2.1 ПРОИЗВОДЊА БАКРА У СВЕТУ СА ОСВРТОМ НА ИНТЕНЗИВНУ ПРОИЗВОДЊУ У XX ВЕКУ

Производња бакра из примарних сировина (руда) генерално обухвата две технолошки различите и заокружене фазе (Цветановић, 2005):

1. рударска производња која обухвата откопавање руде и њену примарну прераду у флотацији ради добијања концентрата бакра задовољавајућег квалитета или лужење и солвент екстракцију ради обогаћивања раствора који иде директно у електролитичку рафинацију и

2. металуршка прерада концентрата која обухвата топљење концентрата и пирометалуршку рафинацију ради добијања анода, које иду у електролизу где се добија коначни производ – катода бакра.

2.1.1 Рударска производња бакра

Рударску производњу бакра у свету прате следеће карактеристике (Цветановић 2005):

- континуирани пад садржаја бакра у рудама које се експлоатишу;
- све сложенији рударско – геолошки услови експлоатације руда бакра и
- континуирани раст производње лужењем и солвент екстракцијом (SX-EW).

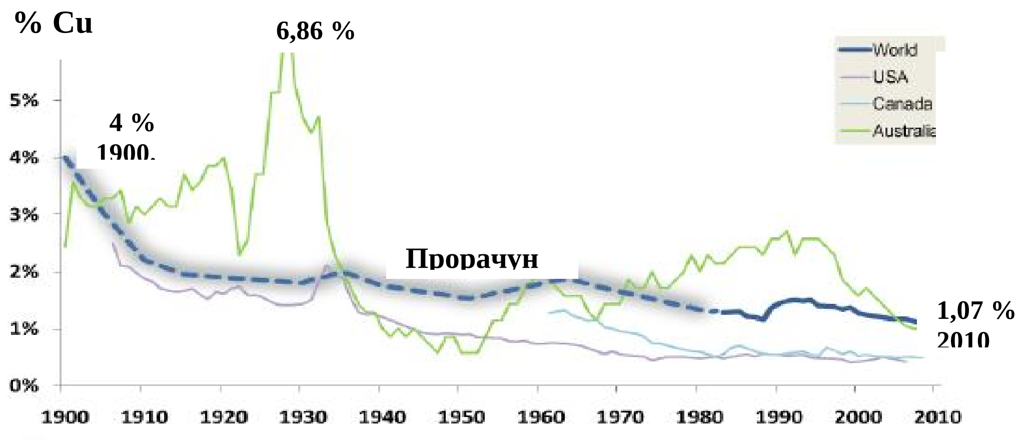
Богатије руде бакра у свету су знатним делом већ потрошене, а у ново-пронађеним лежиштима садржај бакра је све мањи. То повећава граничне трошкове производње и масу флотацијске јаловине (отпада) по јединици масе произведеног бакра. Већа маса јаловине, за исту производњу бакра, изазива и веће загађење животне средине, а тиме и веће еколошке екстерне трошкове.

Око 75% светске производње бакра данас потиче са површинских копова, а 25% из подземног откопавања (рударских јама). Начин откопавања предодређује дубина лежишта и садржај бакра у руди. При данашњим производним трошковима, доњи гранични садржај бакра у руди за економски рентабилну производњу подземном експлоатацијом износи 1,2-2,0%, а код површинске експлоатације 0,5%. Ако у руди има и других економски вредних пратећих елемената, као што су: молибден, злато, сребро, платински метали и ренијум, доњи гранични садржај бакра[2] се снижава и до 0,3% (Copper Investing News, Base metals Update: Focus on Costs and Capital, 2012, 2013, 2014, 2015).

Садржај бакра у рудама које се данас експлоатишу у свету креће се од 0,3-2,5% (просечно око 1.1% - Слика 2.3). Око 60% производње потиче из тзв. порфирских руда, у којима је садржај бакра 0,3–1%, а 15% из богатијих руда (више од 1,2%). Око 14% светске производње бакра потиче из руда у којима бакар, по вредности, није водећи производ (олово-цинкове и никлоносне руде).

Просечни садржај бакра у рудама у свету континуирано опада што се приказује на Слици 2.3 (Pekka, 2014). За 110 година опао је за 3,6 пута, од 4% Cu (1900) на око 1,1% Cu (2010). Са становишта садржаја бакра у руди, најповољнију позицију данас има Аустралија, јер експлоатише руде са просечним садржајем бакра од око 1%, што је на нивоу светског просека. Просечни садржаји бакра у рудама САД-а и Канаде су значајно нижи и износе 0,6-0,7% Cu.

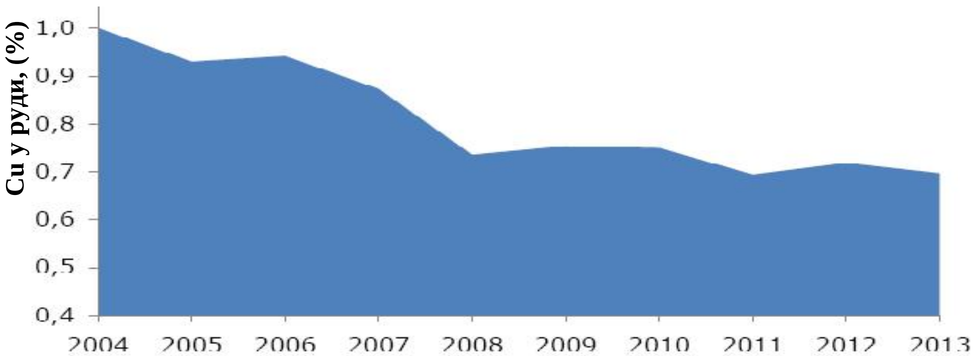
[2] Доњи гранични садржај бакра у руди је минимални садржај бакра у руди при којем је производња бакра економски исплатива.



Извор: Pekka, 2014, стр. 22

Слика 2.3 Просечни садржај бакра у рудама у свету

У Чилеу, који данас има 1/3 светске производње, садржај бакра релативно брзо опада (Слика 2.4). Од 2004. године, када је износио око 1%, 2013. године је опао на око 0,7%, са прогнозом да на том нивоу остане све до 2025. године. Процене су да ће у 21. веку просечни садржај бакра у рудама у свету бити испод 0,6% (Cantallops, 2014).



Извор: Cantallops, 2014, стр. 51

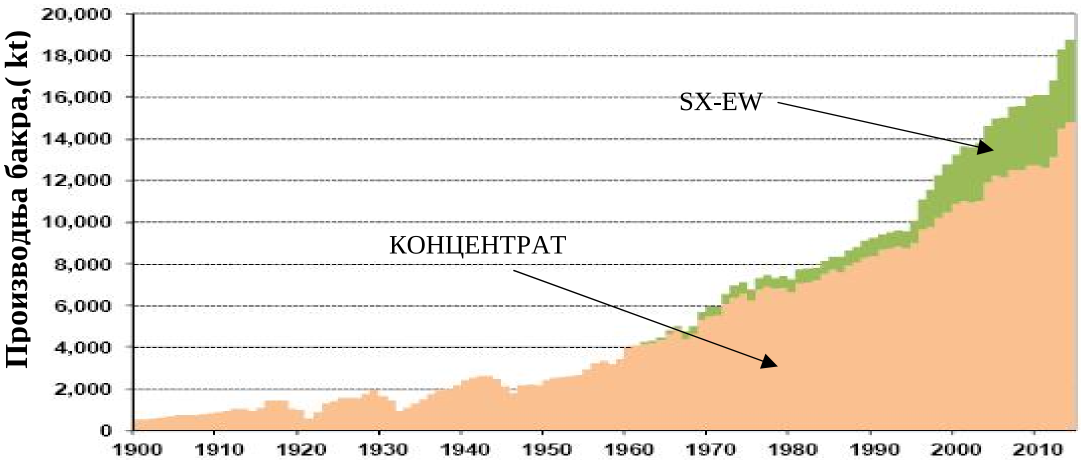
Слика 2.4 Просечни садржај бакра у рудама које се експлоатишу у Чилеу

У односу на свет, Република Србија је у врло неповољном положају, јер експлоатише руде са просечним садржајем бакра 0,30% (Јенић, 2011). Овај садржај је око 3,6 пута мањи од светског просека (1,07/0,30=3,6), а око 2 пута мањи од водећих произвођача у свету (0,6/0,3=2), као што су Чиле, САД, Канада, Перу ~ 0,6% Cu – Слике 2.3 и 2.4. Врло лоше руде бакра су оне у којима се појављује минерал енаргит, будући да је он носиоц арсена (As) који је канцероген. Из истих разлога, неповољне су и руде бакра у којима има минерала олова (Pb), цинка (Zn), живе (Hg), никла (Ni) и још неких тешких метала, који су, такође, врло штетни по животну средину (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

Све руде бакра се данас подвргавају примарној преради флотацијом ради добијања концентрата бакра. Савремене технологије топљења захтевају концентрате у којима има више од 20% Cu. Овакав захтев проистиче пре свега, из технолошких ограничења из којих произилазе и економска а посебно еколошка ограничења. Из порфирских халкопиритних руда производе се концентрати са до 25% Cu. Из богатих халкозин-ковелин руда производе се концентрати са 35-40% Cu (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

Светска рударска производња бакра од 0,5 Mt у 1900. години, просечном годишњом стопом раста од 3,2%, нарасла је на 18,7 Mt у 2014. години (Слика 2.5 и Табела 2.1). Раст рудничке производње је нарочито наглашен након Другог светског рата а омогућен је развојем машина све већих капацитета за експлоатацију и флотацијску прераду све сиромашнијих руда, чиме је значајно повећана продуктивност и реално снижени трошкови производње (Цветановић, 2005). Дугорочно, овај развој је имао континуиран раст, што је са растом цене бакра омогућило експлоатацију све сиромашнијих руда.

Почетком 60-тих година прошлог века започиње и производња бакра SX-EW технологијом (Слика 2.5). Управо тада се у свету појављују знатне количине коповске јаловине и ванбилансних оксидних руда из новоотворених рудника, које су погодне за прераду овом технологијом. У то време, већ све израженији проблем пласмана сумпорне киселине из производње бакра из концентрата се значајно ублажава, јер се сумпорна киселина користи за растварање минерала бакра у SX-EW технологији.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 11

Слика 2.5 Светска рударска производња бакра

Табела 2.2 Производња и потрошња бакра у свету у периоду 1900-2014. год.

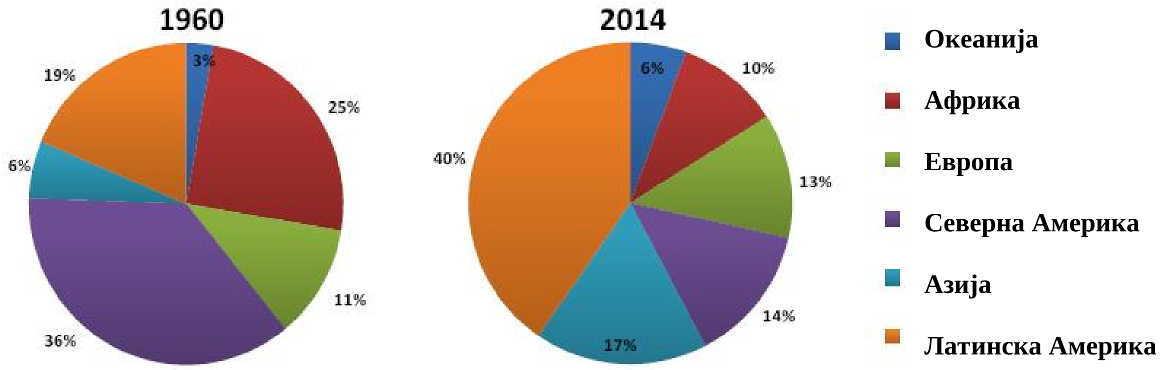
Година	Рударска производња*		Производња рафинисаног бакра**		Потрошња рафинисаног бакра	
	у 000 t	Годишња стопа раста (%)	у 000 t	Годишња стопа раста (%)	у 000 t	Годишња стопа раста (%)
1900.	500		535			
1910.	872	5,7	890	5,8		
1920.	967	1,0	946	0,6		
1930.	1.596	5,1	1.578	5,2		
1940.	2.397	4,1	2.582	5,0		
1950.	2.525	0,5	3.187	2,1		
1960.	3.924	4.5	4.998	4,6		
1970.	5.900	4,2	7.592	4,3		
1980.	7.230	2,0	9.261	2,0		
1990.	9.226	2,5	10.804	1,5		
2000	13.206	3,4	14.793	1,5	15.112	
2001	13.633	3.2	15.638	5,7	14.928	-1,2
2002	13.577	-0,4	15.354	-1,8	15.123	1,3
2003	13.757	1,3	15.272	-0,5	15.626	3,3
2004	14.592	6,1	15.918	4,2	16.738	7,1
2005	14.923	2,3	16.572	4,1	16.554	-1,0
2006	14.984	0,4	17.291	4,3	16.924	2,2
2007	15.516	3,5	17.903	3,5	18.039	6,6
2008	15.571	0,3	18.214	1,7	17.888	-0,8
2009	15.950	2,4	18.249	0,2	17.894	0,0
2010	16.038	0,5	18.986	4,0	19.129	6,9
2011	16.053	0,1	19.596	3,2	19.697	3,0
2012	16.700	4,0	20.137	2,8	20.387	3,5
2013	18.272	9,4	21.043	4,5	21.370	4,8
2014	18.715	2,4	22.479	6,8	22.856	6,9

Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 58

* Укључује и производњу лужењем, солвент екстракцијом и електролизом (SX-EW)

** Укључује и производњу из рециклаже

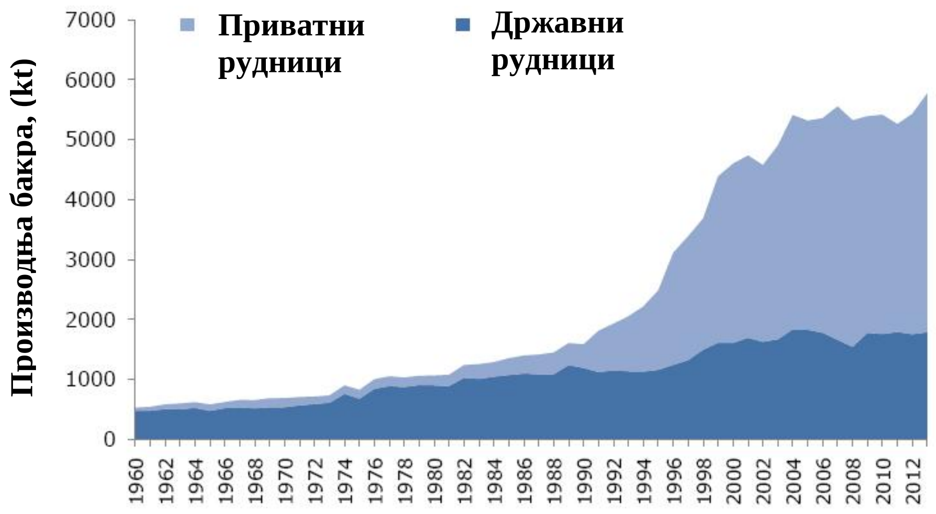
Развој рударске производње бакра у свету је у протеклих 50 година довео до великих промена у структури регионалног распореда те производње (Слика 2.6). Највећи пораст остварен је у Латинској Америци са 19% 1960. на 40% 2014. године. У тој производњи Чиле учествује са преко 75%. Иза Латинске Америке следи Азија са 6% 1960. на 17% у 2014. години.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 12

Слика 2.6 Структура рударске производње бакра по регионима

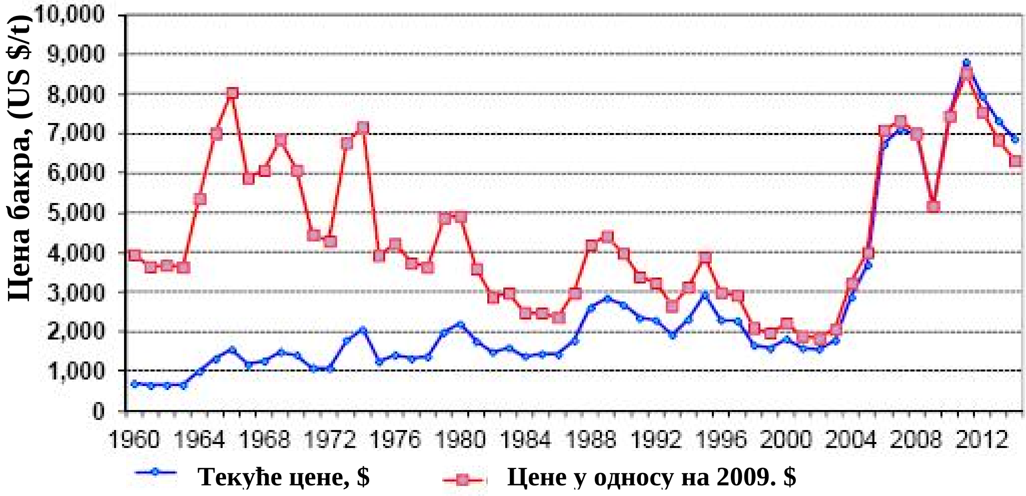
У том периоду је посебно карактеристичан бржи развој рударске производње бакра у земљама у развоју. То је нарочито изражено у периоду ниске цене бакра на тржишту (1975-2004), јер су земље у развоју располагале богатијим лежиштима из којих се бакар добијао уз ниже трошкове производње по једној тони бакра. Томе је, свакако, допринела и приватизација рудника у Чилеу (Слика 2.7), будући да се нагли скок рударске производње поклапа са наглим скоком учешћа приватних рудника у укупној производњи.



Извор: Cantallops, 2014, стр. 41

Слика 2.7 Рударска производња бакра у Чилеу

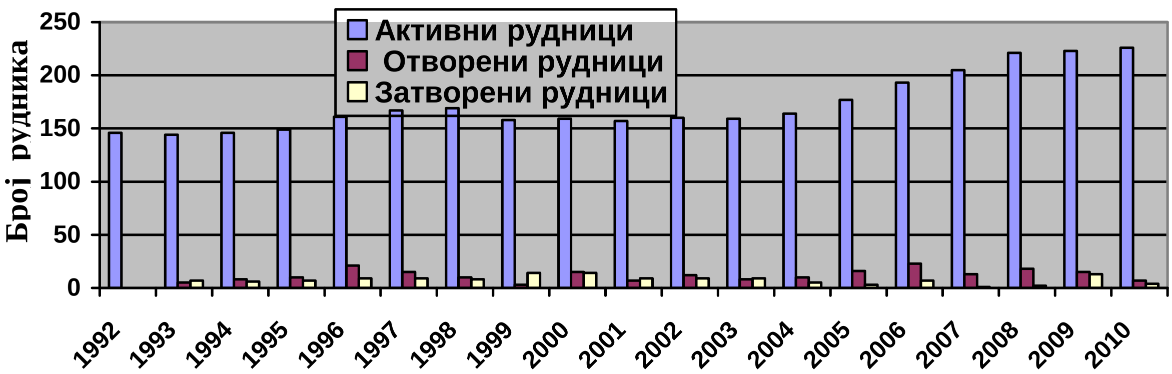
У периоду од 1990-2003. год. тржишне цене бакра биле су врло ниске (до 2.000$/t). Тада су многи мањи произвођачи, поготову они са сиромашнијом рудом, обуставили производњу. То је смањило понуду бакра на тржишту и почетком 2004. настаје значајнији стални раст цене бакра (ICSG, 2015, The World Copper Factbook) (Слика 2.8).



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 36

Слика 2.8 Просечне цене бакра на Лондонској берзи

За десет година (децембар 2011./децембар 2001.) цена бакра на берзи метала у Лондону (LME) је повећана за 6,2 пута (8.800/1.430=6,2). Након 2011. год. настаје период континуираног осетног пада цене, да би иста крајем новембра 2015. год. износила свега 4.540$/t, што је у односу на децембар 2011. год. мање за 1,9 пута.



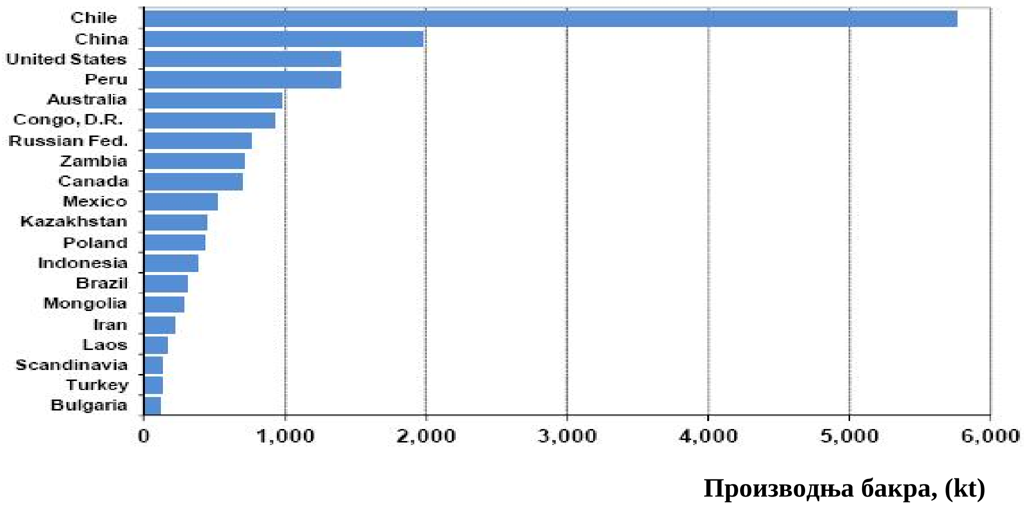
Извор: Приказ аутора на основу података Aguirregabiria и Luengo, 2014, стр. 20-22

Слика 2.9 Активни, отворени и затворени рудници бакра у свету[3]

[3] Обухваћени су велики рудници који у периоду 1992-2010. године чине преко 85% светске годишње рударске производње бакра.

Са наглим скоком цене бакра након 2004. год., нагло се повећава број активних рудника бакра у свету (Слика 2.9). У периоду 1999-2004. год. број активних рудника био је око 160, да би се након тога рапидно повећавао и за четири године достигао цифру од 221 у 2008. год., односно 226 у 2010. год. За само четири године отворено је чак 70 нових рудника, а затворено свега 13 (Aguirregabiria и Luengo, 2014). То се у доброј мери поклапа и са порастом учешћа приватног капитала у рударским инвестицијама у многим земљама.

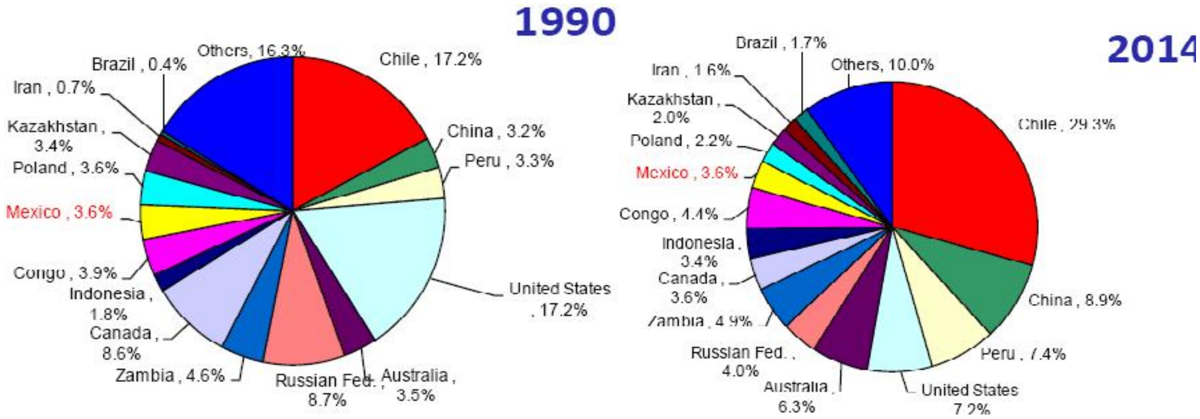
Међу пет земаља водећих рударских произвођача бакра у свету 2014. године (Слика 2.10), на високом првом месту је Чиле, који учествује са 29,3%. У односу на Кину која је највећи потрошач бакра у свету, Чиле има већу рударску производњу за око 2,8 пута.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 36

Слика 2.10 Двадесет земаља са највећом рударском производњом бакра 2014. год.

Пет водећих земаља (Чиле, Кина, Перу, САД и Аустралија) у 2014. години имало је око 59% светске рударске производње бакра. У периоду 1990-2014. год. (Слика 2.11) највећи раст рударске производње имале су следеће земље: Кина (5,6 пута) и Перу (4,6 пута), а затим следе Чиле и Аустралија са 3,6 пута. Једино је у САД-у смањена производња за 20%.



Извор: UNCTAD, 2013, Review and Outlook for Copper, стр. 13

Слика 2.11 Учешће водећих земаља у рударској производњи бакра у свету

Рудник са највећим капацитетом производње у свету је Ескондида (1,205Mt/год.) у Чилеу (Табела 2.3). Од двадесет највећих рудника у свету, осам је у Чилеу са око 16% светске производње бакра.

Табела 2.3 Рудници бакра у свету са највећим капацитетом у 2015. год.

Ранг	Рудник	Земља	Извор	Капацитет (t/год.)
1	Escondida	Чиле	Концентрат и SX-EW	1.205.000
2	Grasberg	Индонезија	Концентрат	780.000
3	Morenci	САД	Концентрат и SX-EW	520.000
4	Los Bronces	Чиле	Концентрат и SX-EW	462.000
5	Collahuasi	Чиле	Концентрат и SX-EW	450.000
5	Antamina	Перу	Концентрат	450.000
7	Norilsk/Talnakh Mills	Русија	Концентрат и SX-EW	430.000
8	El Teniente	Чиле	Концентрат и SX-EW	422.000
9	Los Pelambres	Чиле	Концентрат	420.000
10	Radomiro Tomic	Чиле	Концентрат	400.000
11	Chucucamata	Чиле	SX-EW	360.000
12	Buenavista del Cobre	Мексико	Концентрат	300.000
13	Kansanshi	Замбија	Концентрат и SX-EW	285.000
14	Batu Hijau	Индонезија	Концентрат	280.000
14	Bingham Canyon	САД	Концентрат	280.000
16	Andina	Чиле	Концентрат	250.000
17	Kamoto	Конго	Концентрат	245.000
18	Cemo Verde II (Sulphide)	Перу	Концентрат и SX-EW	240.000
19	Olympic Dam	Аустралија	Концентрат и SX-EW	225.000
20	Mina Ministro Hales	Чиле	Концентрат	220.000

Извор: Приказ аутора на основу података ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 15

Примећујемо да од двадесет највећих рудника бакра у свету, десет имају производњу SX-EW технологијом. То је њихова значајна предност, јер је бакар добијен SX-EW технологијом и до 50% јефтинији од бакра добијеног из концентрата. Друга предност ове технологије је мало загађење животне средине, јер нема јаловине, шљаке, сумпордиоксида и тешких метала. Лужењем коповских јаловишта раствором сумпорне киселине, минерали бакра се растварају и бакар преводи у раствор. Раствор се солвент екстракцијом обогаћује и иде у електролитичку рафинацију где се добијају катоде бакра (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

Табела 2.4 Највећи рударски произвођачи бакра SX-EW технологијом

Земља/технологија		**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2013**	**2014**
Чиле	Концентрат, (Mt)	3,72	3,36	3,28	3.33		
	SX-EW, (Mt)	1,83	1,97	2,11	2.09		
	Укупно, (Mt)	5,56	5,33	5,39	5.42		
	% из SX-EW	**32,9**	**37,0**	**39,1**	**38,6**		
САД	Концентрат, (Mt)	0,69	0,83	0,73	0,70		
	SX-EW, (Mt)	0,50	0,51	0,47	0,43		
	Укупно, (Mt)	1,19	1,33	1,20	1,13		
	% из SX-EW	**42,0**	**38,3**	**39,2**	**38,0**		
Перу	Концентрат, (Mt)	1,02	1,11	1,11	1,09		
	SX-EW, (Mt)	0,17	0,16	0,16	0,15		
	Укупно, (Mt)	1,19	1,27	1,28	1,25		
	% из SX-EW	**14,3**	**12,6**	**15,5**	**12,0**		
Замбија	Концентрат, (Mt)	0,34	0,37	0,50	0,54		
	SX-EW, (Mt)	0,17	0,16	0,14	0,15		
	Укупно, (Mt)	0,51	0,53	0,64	0,69		
	% из SX-EW	**33,3**	**30,2**	**21,9**	**21,7**		
ДР Конго	Концентрат, (Mt)	0,09	0,16	0,15	0,10		
	SX-EW, (Mt)	0,05	0,05	0,15	0,24		
	Укупно, (Mt)	0,14	0,21	0,30	0,34		
	% из SX-EW	**35,7**	**23,8**	**50,0**	**70,6**		
СВЕТ	Концентрат, (Mt)	12,49	12,44	12,64	12,67	14,6	14,8
	SX-EW, (Mt)	2,99	3,09	3,26	3,32	3,7	3,9
	Укупно, (Mt)	15,48	15,53	15,90	15,99	18,3	18,7
	% из SX-EW	**19,3**	**19,9**	**20,5**	**20,8**	**20,2**	**20,8**

Извор: Приказ аутора на основу података ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 12-13

Лужење је економски исплативо само на оксидним, карбонатним и мешаним оксидо-сулфидним ванбилансним рудама бакра, које се током експлоатације депонују на коповска јаловишта. Ове руде не би било економски оправдано прерадити поступком флотације у циљу добијања концентрата, јер су искоришћења бакра врло ниска. Из овога је јасна значајна улога SX-EW технологије у одрживом развоју производње бакра. За количине бакра произведених SX-EW технологијом, смањује се потрошња примарних резерви руда бакра, чиме се продужује век њиховог трајања и истовремено смањује загађење животне средине (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

Производња бакра лужењем и солвент екстракцијом (SX-EW) је почев од 1960. год., у сталном порасту. Бакар добијен лужењем је у светској производњи рафинисаног бакра 1960. год. учествовао са свега 1%, док је то учешће у 2014. год. нарасло на око 21% (Слика 2.5 и Табела 2.4). Ако се овом проценту дода и проценат бакра из рециклаже (око 21% - Слика 2.13 и Табела 2.6) закључујемо да се око 40% бакра данас у свету не производи из концентрата добијеног из примарних резерви. То је велики допринос одрживом развоју, односно рационалној експлоатацији расположивих резерви руда бакра. Истовремено, то је и допринос смањењу загађења животне средине, јер се пирометалургија концентрата, као највећи загађивач, искључује из процеса добијања бакра.

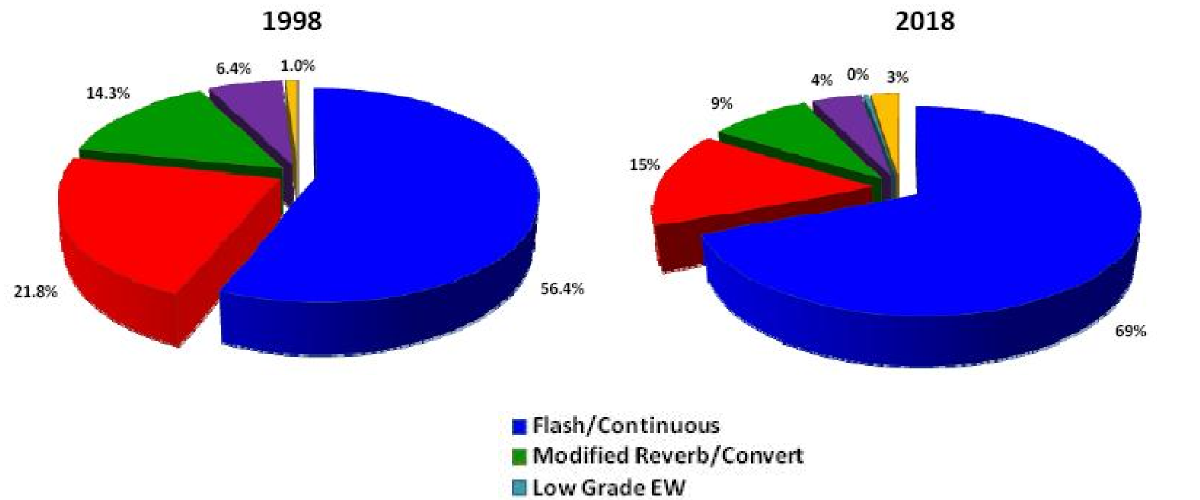
Лужење решава још један велики проблем произвођача који имају своју топионичку прераду концентрата. Наиме, топионичку прераду прати велика количина сумпорне киселине које на тржишту најчешће има у вишку и цена јој је мала. Дешава се да је произвођачи нуде и бесплатно, да би ослободили складишне капацитете и омогућили несметану топионичку прераду концентрата.

У противном, морали би да обуставе производњу киселине и сумпордиоксид из пирометалургије, испуштају у атмосферу. То би довело до недопустивог аерозагађења са високим трошковима загађења или до обустављања рада топионице. Код произвођача који имају лужење, овај проблем је много мањи, јер киселину користе за лужење својих ванбилансних руда. Дакле, лужење посредно решава и проблем аерозагађења у пирометалургији.

2.1.2 Металуршка производња бакра

"Почетком 70-тих година прошлог века долази до све израженијег јавног испољавања захтева за заштиту животне средине, најпре у развијеним земљама, а нешто касније и у земљама у развоју. Уводе се све ригорознији и обавезујући стандарди, посебно у металургији бакра, који повећавају и онако високе трошкове производње из све сиромашнијих лежишта" (Цветановић, 2005, стр. 94). Наметнути еколошки захтеви условили су замену постојећих технологија у металургији увођењем нових аутогених технологија топљења концентрата (*Flash Continuous*) - Слика 2.12.

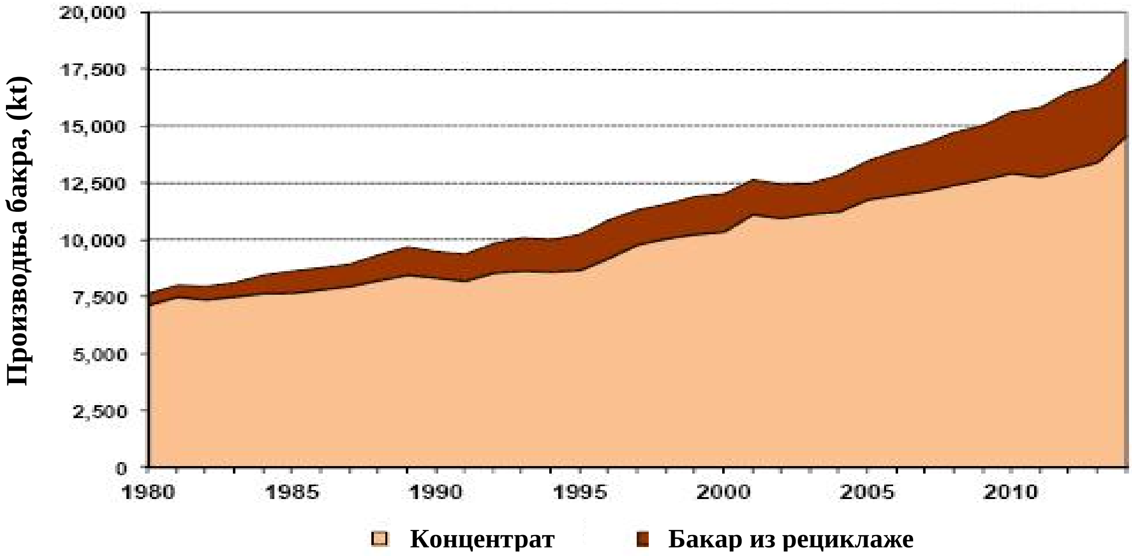
Према подацима *International Cooper Study Group (ICSG)* до 1995. год., изграђене су 43 нове топионице, од чега 34 по *Outocитри Flash* технологији која доминира данас у свету. Таква технологија се управо уводи и у РТБ-Бор. Технологије аутогеног топљења су 1998. год. достигле учешће од око 56%, а 2014. год. око 69% у укупним светским капацитетима за топљење концентрата. Очекује се да овај удео остане на истом нивоу све до 2018. год. (ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 18).



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 18

Слика 2.12 Учешће појединих технологија у капацитетима топљења у свету

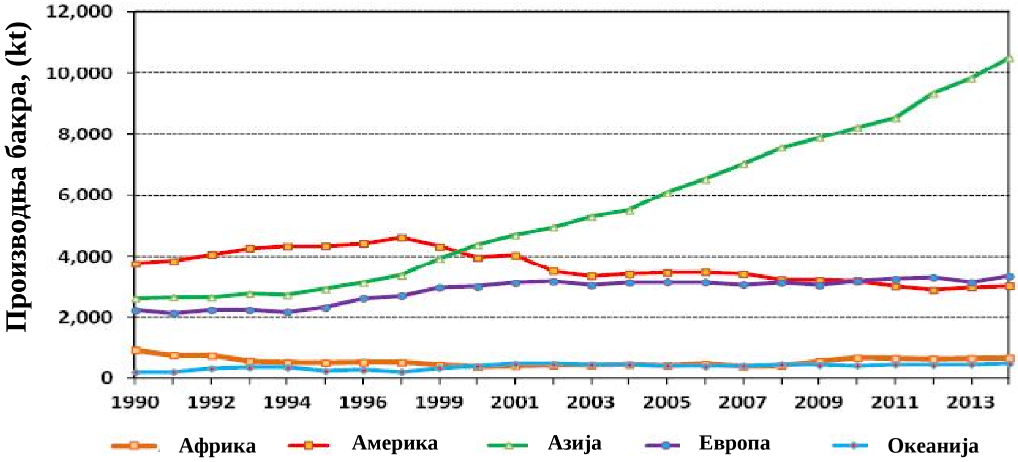
Улагања у екологију су имала и велики развојни карактер, јер су натерала произвођаче на широку акцију за смањење оперативних трошкова производње бакра. Анализе показују да су до 1985. год. трошкови у металургији смањени за око 21%, а у рударству за око 33%. Овако велико смањење производних трошкова остварено је првенствено применом високопродуктивне опреме у рударству и увођењем аутогених процеса топљења у металургији, који су енергетски много ефикаснији (Цветановић, 2005). Светска топионичка производња бакра у свету у периоду 1980-2014. год., прати рударску производњу бакра из концентрата и производњу бакра из рециклаже (Слика 2.13). У 2014. год. топионичка производња бакра у свету износила је око 18 Mt. Од тога око 14,8 Mt је произведено из концентрата, а око 3,2 Mt из рециклаже. Бакар произведен SX-EW технологијом је концентрисан у раствору и не појављује се у топионичкој производњи. Он иде на електролитичку рафинацију у електролизу и појављује се на крају у билансу произведеног катодног бакра.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр.17

Слика 2.13 Светска топионичка производња бакра

Након 1990. год., развој топионичке производње бакра не прати развој рударске производње по регионима (Слика 2.14).

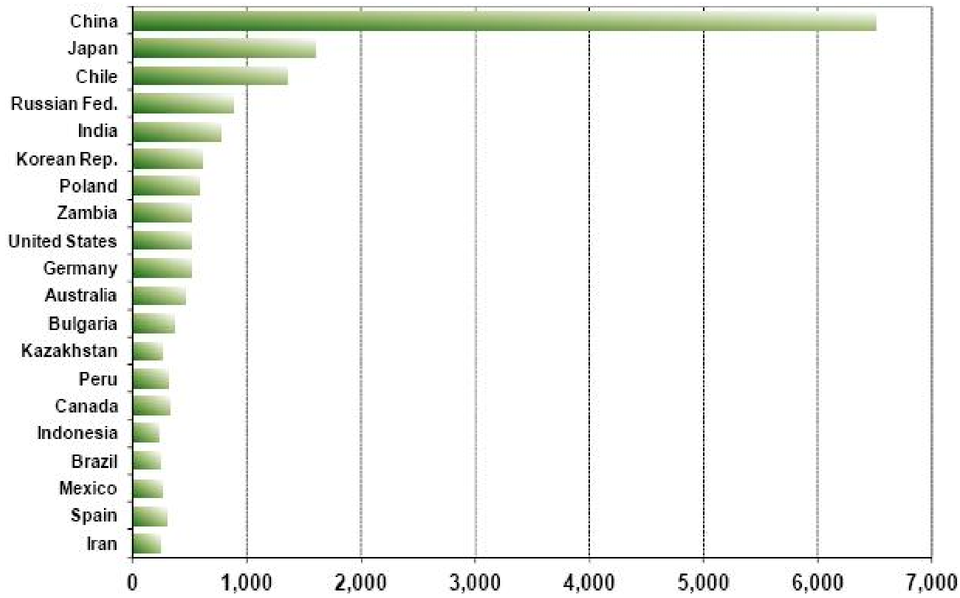


Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 17

Слика 2.14 Топионичка производња бакра по регионима

На Слици 2.14 уочава се да је највећи пораст рударске производње остварен у Латинској Америци, док је највећи раст топионичке производње и производње рафинисаног бакра остварен у Азији, што је резултат великог увоза концентрата из других региона. У истом периоду, производња бакра у европским топионицама је порасла за око 41%, што је знатно више од раста рударске производње од око 25%.

По рударској производњи бакра од око 1.9Mt, Кина се 2014. год. налази на другом месту у свету, а по топионичкој производњи од око 6,5Mt заузима прво место (Слика 2.15).



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 20

Слика 2.15 Двадесет земаља са највећом топионичком производњом бакра 2014. год.

На претходној Слици 2.15 уочава се јасна доминација Кине у топионичкој производњи али оно што је карактеристично то је да, Кина око 71% своје производње анодног бакра базира на увозним концентратима. Јапан нема рударску производњу, а у топионичкој производњи бакра налази се на другом месту са око 1.6Mt. То је резултат великог увоза концентрата јефтиним прекоморским транспортом. Три земље: Кина, Јапан и Чиле, располажу са око 51% светских капацитета топљења концентрата бакра.

Од двадесет топионица бакра са највећим капацитетом у свету, чак се седам налазе у Кини (Табела 2.5). Од тога, шест их је са савременом *Flash* технологијом, а свега три са застарелом технологијом каква је и у РТБ-Бор.

Табела 2.5 Двадесет топионица са највећим капацитетом у свету 2015. год.

Ранг	Топионица	Земља	Технологија	Капацитет, (t)
1	Guixi	Кина	Outokumpu Flash	900.000
2	Birla Copper	Индија	Outoku. Flash, Ausmelt, Mitsubishi	500.000
3	Besshi/Ehime	Јapan	Outokumpu Flash	450.000
3	Saganoseki/Qita	Јапан	Outokumpu Flash	450.000
3	Hamburg	Немачка	Outokumpu, Contimelt, Electric	450.000
6	Fangchenggarg	Кина	Flash Smelter	400.000
6	Jinchuan	Кина	Reverberatory/Kaldo Converter	400.000
6	Jinguan	Кина	Flash Smelter	400.000
6	Xiangguang	Кина	Outokumpu Flash	400.000
6	Sterlite Smelter	Индија	Isasmelt Process	400.000
6	Norilsk (Ni-Cu)	Русија	Reverberatory, Elektric, Vanyukov	400.000
12	El Teniente	Чиле	Reverberatory/ Teniente Converter	370.000
13	Pirdop	Бугарска	Outokumpu Flash	360.000
13	Ilo Smelter	Перу	Isasmelt Process	360.000
15	Onahama/Fukushima	Чиле	Mitsubishi/ Reverberatory	354.000
16	Jiniong	Кина	Flash Smelter	350.000
16	Junnan	Кина	Isasmelt Process	350.000
16	Codelko Norte	Чиле	Outokumpu/Teniente Converter	350.000
19	Naoshima/Kagawa	Јапан	Mitsubishi Continuous	342.000
20	Huelva	Шпанија	Outokumpu Flash	320.000

Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 15

Чиле има рударску производњу од око 3,2 Mt бакра у концентрату, а топионичка производња износи свега око 1,4 Mt. То значи да око 1,8 Mt бакра у концентратима извози. Слична је ситуација и са Перуом, Аустралијом, Индонезијом итд. (Табела 2.6). Логично се намеће питање зашто велики произвођачи концентрата нису изградили своје топионице. Одговор лежи у загађењу животне средине и великом проблему пласмана сумпорне киселине, која је нус производ у пирометалургији. Извозом концентрата они заправо, извозе и загађење које прати топионичку прераду концентрата.

Извоз концентрата великих произвођача из западних земаља у Азију (Слика 2.16) је свакако, и последица све ригорознијих стандарда у области заштите животне средине у западним земљама.

Већи извозници концентрата, 2014
1. Чиле
2. Перу
3. Аустралија
4. Канада
5. САД
6. Монголија
7. Бразил
8. Шпанија
9. Мексико
10. Индонезија

Већи увозници концентрата, 2014.
1.Кина
2. Јапан
3. Индија
4 Шпанија
5.Реп. Кореја
6. Немачка
7. Бугарска
8. Бразил
9. Русија
10. Финска

Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 32

Слика 2.16 Токови и земље извозници – увозници концентрата бакра

Такав закључак недвосмислено потврђује извештај Министарства рударства Чилеа у коме, између осталог, стоји: ˝Према проценама *Ignacio Morena*, подсекретара Министарства рударства, од марта 2015, топионице бакра у Чилеу нису конкурентне и не дају довољно подстицаја власницима за нова улагања. То је последица великих неопходних улагања у циљу усаглашавања са OECD прописима, који се односе на загађења и високих директних трошкова производње (35-40 центи по фунти концентрата у Чилеу, наспрам испод 20 центи по фунти концентрата у кинеским и јапанским топионицама)˝ (EMIS, 2015, Copper Mining and Processing Sector Chile, стр. 30). О питањима економских ефеката извоза концентрата, а тиме и извоза загађења детаљније ће бити речи у поглављу 4.6.

Табела 2.6 Највећи извозници-увозници концентрата бакра у 2011. год.

Земља извозник	**Производња бакра у концентрату (Mt)**	**Прерада бакра из концентрата (Mt)**	**Извоз бакра у концентрату (Mt)**	**Извоз (%)**
Чиле	3,22	1,36	1,86	57,8
Перу	1,09	0,30	0,79	72,5
Аустралија	0,91	0,44	0,47	51,6
Индонезија	0,54	0,28	0,26	48,1
Кина	1,27	3,08	1,81	58,8
Јапан	0,0	1,17	1,17	100,0
Индија	0,03	0,67	0,64	95,5
Немачка	0,0	0,34	0,34	100,0

Извор: Приказ аутора на основу података ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 32 и ICSG, 2012, Copper Bulletin, стр. 12-13

Топионичка производња бакра из рециклаже (секундарни бакар) је од 1980. године у сталном порасту (Табела 2.7), по просечној годишњој стопи од 5,7%, што је 2,6 пута брже од просечне годишње стопе раста производње бакра из концентрата (3%). У 2014. год. учешће бакра из рециклаже у топионичкој производњи бакра у свету износи око 21% . Периоди у којима је цена бакра на тржишту опадала, увек су били пропраћени већом стопом раста производње бакра из рециклаже, јер је ова производња значајно јефтинија од производње бакра из концентрата. Генерално, учешће бакра из рециклаже је мање у слабо развијеним и земљама у развоју, а веће у високо развијеним земљама. Постоји доста јака корелација између учешћа бакра из рециклаже, с једне стране, и потрошње бакра по становнику и расположивих резерви, с друге стране. Учешће рециклаже је највеће у високо развијеним земљама, поготово у оним које немају много резерви бакра и обрнуто. Примера ради, учешће бакра из рециклаже у Словачкој, Аустрији и Белгији је 100% (око 270 kt), Немачкој 36% итд. Насупрот њима су: Турска (17%), Бугарска (7%), Мексико (4%), Србија (мање од 3%) и земље велики произвођачи концентрата бакра (Чиле, Индонезија, Перу, Казакстан) који имају занемарљиву производњу бакра из рециклаже (ICSG, 2012, Copper Bulletin).

Табела 2.7 Учешће бакра из рециклаже у топионичкој производњи у свету 1980-2014. год.

	1980*	**2008****	**2009****	**2010****	**2011****	**2014***	**Прос. год. стопа раста (%)**
Концентрат	6,90	12,39	12,57	12,95	12,73	14,80	2,2
Рециклажа	0,60	2,35	2,39	2,71	3,08	3,90	5,7
Укупно	7,50	14,74	14,96	15,66	15,81	18,70	2,7
Рециклажа,(%)	**8,0**	**15,9**	**16,0**	**17,3**	**19,5**	**20,8**	

*Извор: Приказ аутора на основу података * ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 17 и ** ICSG, 2012, Copper Bulletin, стр. 14*

Бакар је 100% рециклабилан метал. Применом одговарајуће формуле[4] (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012) долазимо до закључка да је, за период 1900-2014. године из земљине коре извађено око 650 Mt бакра, а рециклирано

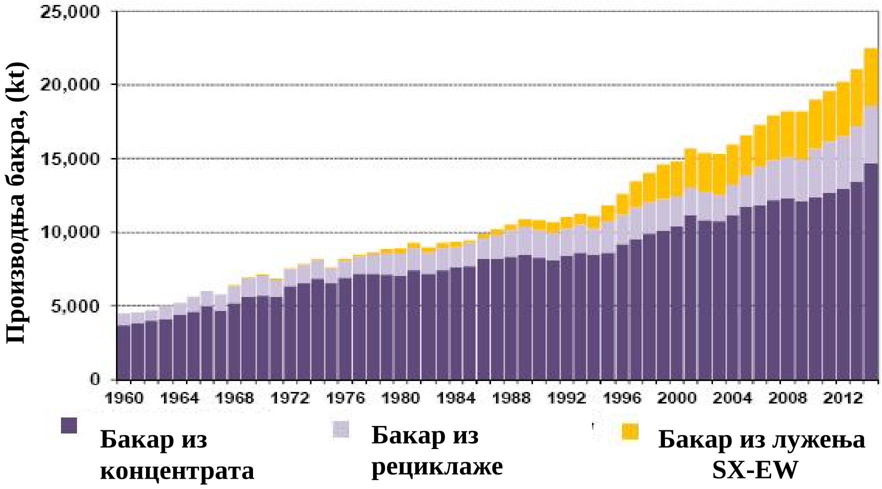
[4] Прорачун извађених количина (Q) бакра из земљине коре у периоду 1900-2014. обављен је по формули: $Q=Q_1(p^n-1)/(p-1)$ (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012, стр. 37), где је: Q_1 - производња бакра у 1900. години (Q_{1900}=0,5Mt); n – број година (n=114); p - просечна годишња стопа раста производње бакра из концентрата у периоду 1900-2014. (p=1,034); Прорачун рециклираних количина (Q_r) бакра у периоду 1960-2014. обављен је по формули: $Q_r=Q_1(p^n-1)/(p-1)$ (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012, стр. 37), где је: Q_1 - производња бакра из рециклаже у 1960. години (Q_{1960}=0,195 Mt); n – број година (n=54); p - просечна годишња стопа раста производње бакра из рециклаже у периоду 1960-2014. (p=1,057).

свега око 65 Mt (око 10%). Дакле, око 90% произведеног бакра до данас још увек је у употреби.

Производња бакра из рециклаже има изузетан значај са становишта заштите животне средине и одрживог развоја производње бакра. Смањује се потрошња примарних резерви бакра за количине бакра произведених из рециклаже, чиме се продужује век њиховог трајања и истовремено смањује загађење животне средине изазвано топионичком прерадом концентрата.

Производња катодног бакра је већа од топионичке производње за количине бакра добијене лужењем и солвент екстракцијом (SX-EW) - Слика 2.17. Са Слике 2.17 је уочљиво да је раст производње бакра из рециклаже и из SX-EW технологије, након 2000. год. знатно бржи од раста производње из концентрата. То је добро, јер се штеде примарне резерве бакра.

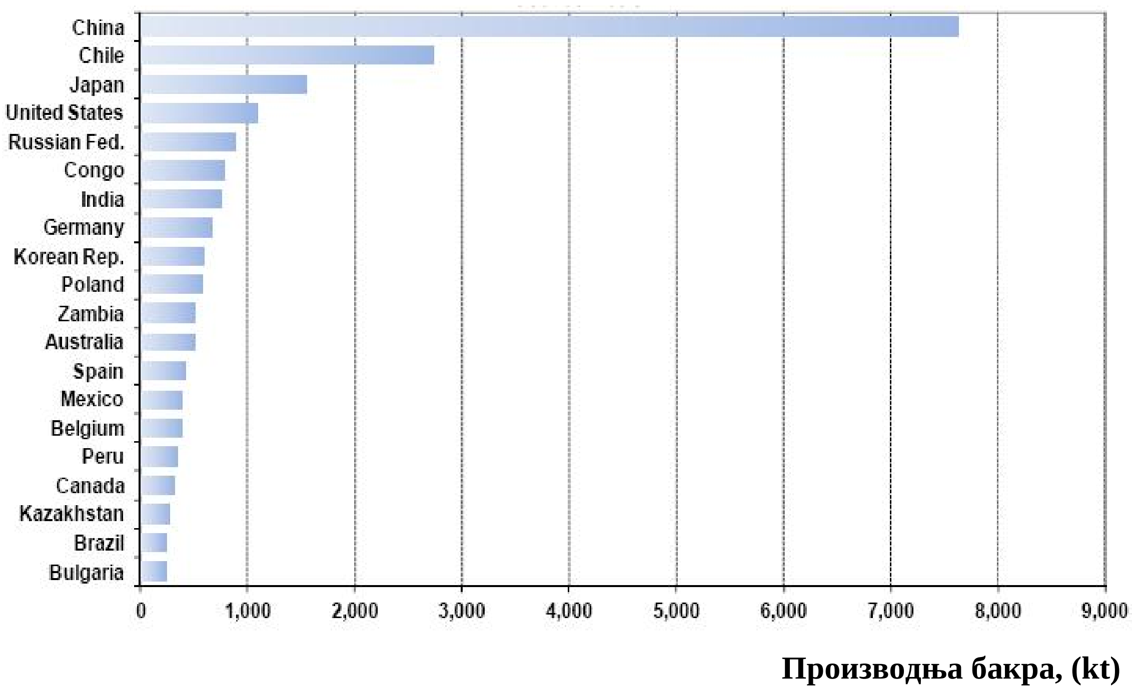
У производњи катодног бакра, прва три места у свету заузимају Кина, Чиле и Јапан, са око 54% светске производње 2014. год. (око 12 Mt) - Слика 2.18. То је очекивано, будући да топионичке капацитете, у великој мери, прате капацитети за електролитичку рафинацију. У свету се мали део бакра извози у виду анода.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 22

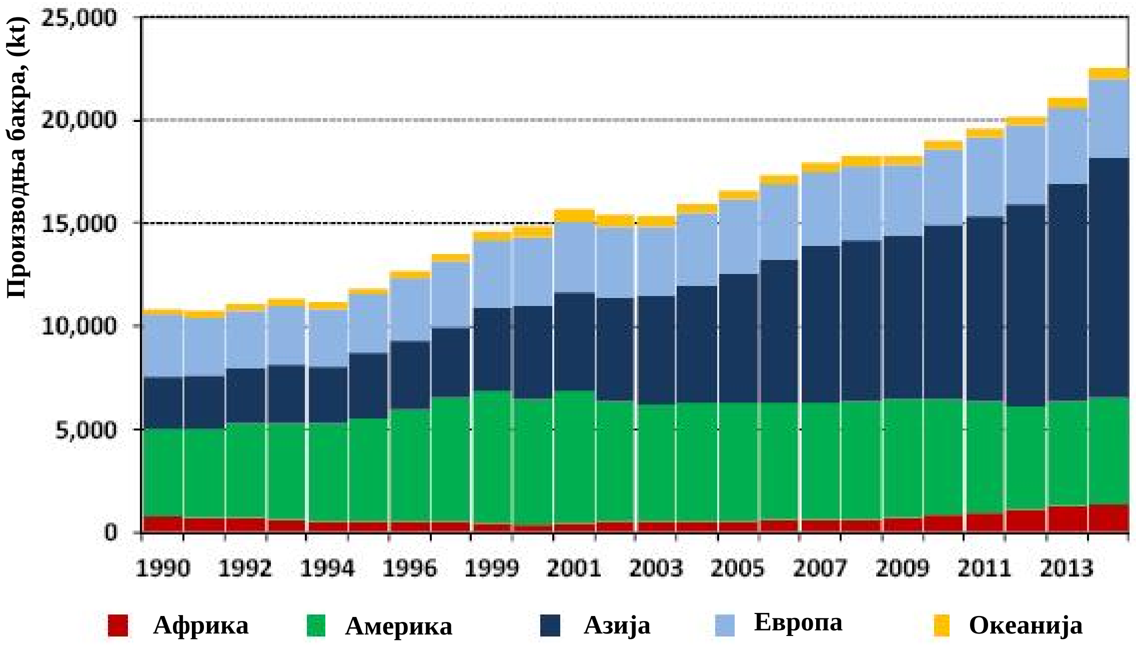
Слика 2.17 Светска производња катодног бакра

У последње 24 године, једини велики пораст производње катодног бакра од око четири пута био је у Азији (Слика 2.19), где је производња са око 2,5 Mt 1990. порасла на око 11,65 Mt 2014. год. У том порасту, највећи удео има Кина која је своју производњу повећала са 0,6 Mt на 6,7 Mt, што је повећање од 11 пута. Од 5 највећих електролиза у свету, четири се налазе у Кини (ICSG, 2015 World Copper Factbook).



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 25

Слика 2.18 Двадесет земаља са највећом производњом катодног бакра у 2014. год.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 24

Слика 2.19 Производња катодног бакра по регионима

Слика 2.19 јасно упућује на закључак да је после 2000. год. највећи део повећане производње катодног бакра проистекла из новоизграђених капацитета у

Азији, а незнатно из Африке. Европа и Океанија, из године у годину, имају готово исту производњу, док Америка бележи благи пад производње катодног бакра.

2.1.3 Резерве бакра у свету

У прошлости је проналажење нових резерви бакра било веће од њихове потрошње. У периоду 2004-2014. год. потрошено је 178 Mt бакра, а резерве су увећане за 230 Mt (ICSG, 2015, World Copper Factbook). У периоду 1930-2014. год. у сваком тренутку расположиве резерве су обезбеђивале производњу у наредних око 25 година (Табела 2.8).

Табела 2.8 Резерве, рударска производња бакра из концентрата и век експлоатације резерви

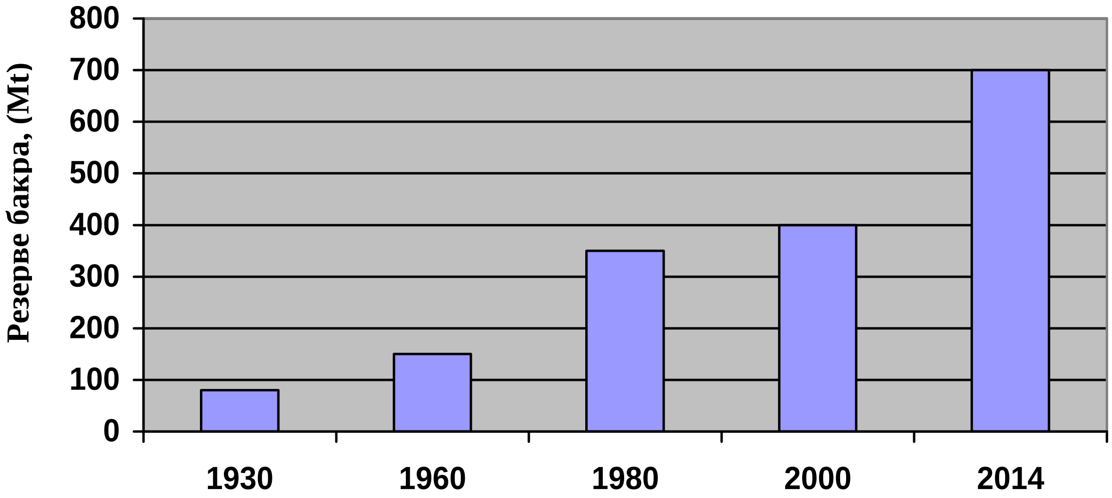
Године	**Резерве бакра**		**Рударска производња из концентрата**		**Век експлоа-тације резерви (год.)**[5]
	Mt	Просечна годишња стопа раста (%)	Mt	Просечна годишња стопа раста (%)	
1930	80*		1,6**		
1960	150*	2,1	3,9**	3,0	21
1980	350*	4,3	7,0***	3,0	26
2000	460*	1,4	10,7***	2,1	25
2014	700*	3,0	14,8***	2,3	27
1930-2014		**2,6**		**2,7**	

*Извор: Приказ аутора на основу података: * USGS, 2015, Mineral Commodity: Summaries 2015, стр. 49; **Табела 2.2; *** Слика 2.13*

Просечна годишња стопа раста резерви била је око 2,6%, док је док је просечна годишња стопа раста производње бакра из концентрата износила 2,7%. Са становишта одрживог раста производње бакра то није добро, јер се резерве троше брже него што се обнављају новим. За одрживи развој производње бакра, пожељно је да стопа раста резерви буде једнака или већа од стопе раста производње.

[5] Прорачун из једначине: $Q(p^n–1)/(p-1)=RI \rightarrow n=\{ln[1+RI(p-1)/Q\}/lnp$ (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012, стр. 37), где је: Q – производња у првој години (Q_{2014} = 14,8 Mt); p – просечна годишња стопа раста производње, (дел. јед.); n – век експлоатације расположивих резерви, (god); R – расположиве резерве, (Mt); I – искоришћење бакра у експлоатацији и флотацији (I = 0,9 x 0,85 = 0,765).

Према подацима *United States Geological Survey* (USGS 2015, *Mineral Commodity: Summaries 2015*) објављених 2015. године, резерве бакра у свету 2014. год. износе 700 Mt (Слика 2.20).

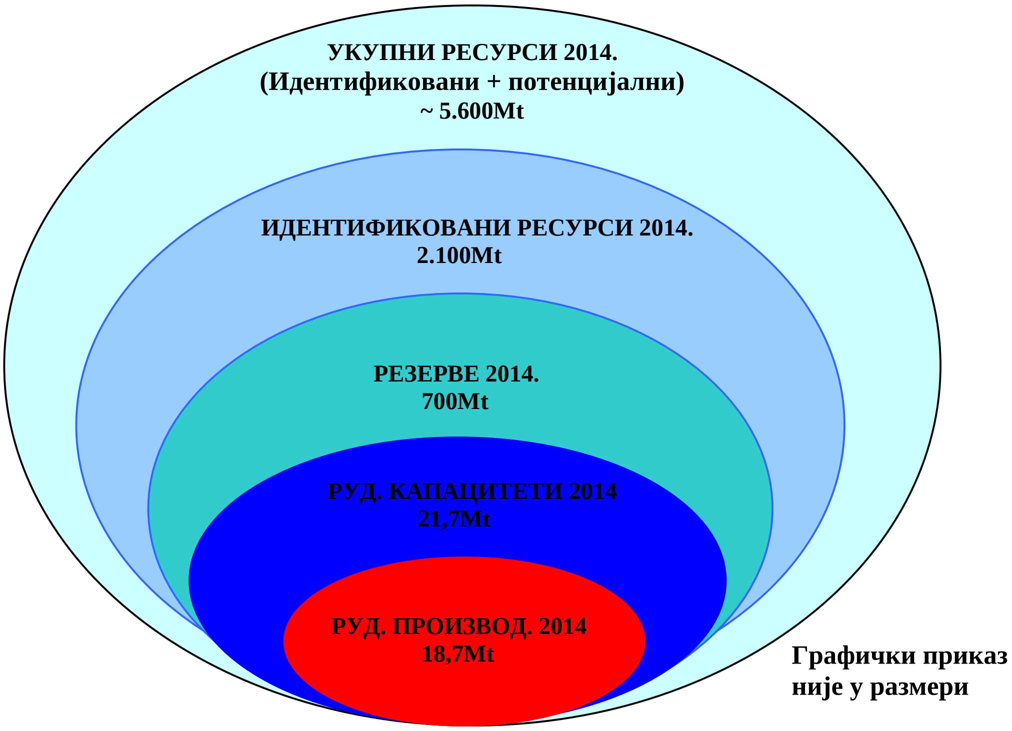


Извор: USGS, 2015, Mineral Commodity: Summaries 2015, стр. 49

Слика 2.20 Резерве бакра у свету

На Слици 2.21 дат је графички приказ резерви и ресурса бакра у свету 2014. год. Идентификовани ресурси бакра износе око 2.100 Mt. Резерве су део идентификованих ресурса који чине активни рудници и ресурси који су, по садржају бакра и пратећих метала, количинама и условима откопавања, исплативи за садашњу експлоатацију. Потенцијални - неистражени ресурси износе око 3.500 Mt.

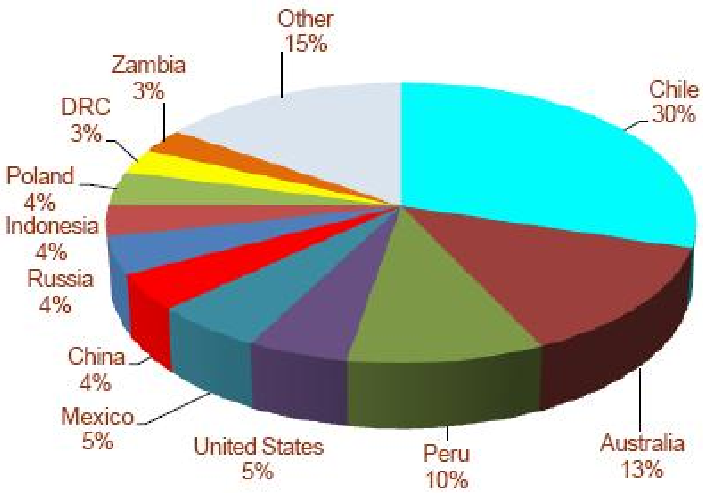
Потенцијални - неистражени ресурси су прелиминарним геолошким методама са копна и из ваздуха непоуздано идентификована лежишта на копну, са процењеним количинама, квалитетом и дубином, без лежишта бакра на дну мора и океана и масивних сулфида на копну и под морима и океанима. Укупни ресурси бакра (идентификовани + потенцијални), према подацима из 2014. год., износе око 5.600 Mt (ICSG, 2015, World Copper Factbook).



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 9

Слика 2.21 Резерве и ресурси бакра у свету 2014. год.

Структура учешћа водећих земаља у светским резервама бакра приказана је на Слици 2.22. Три земље: Чиле, Аустралија и Перу располажу са 53% светских резерви бакра.

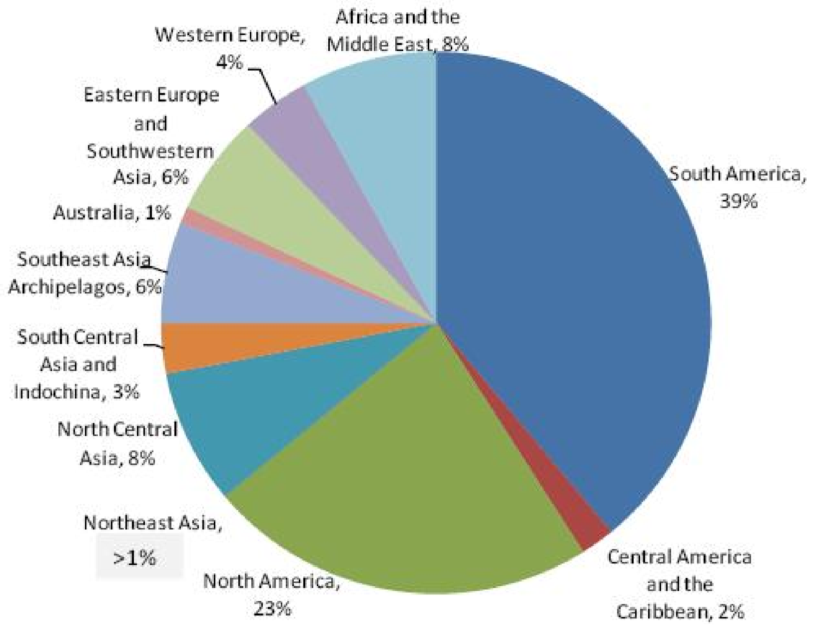


Извор: ILZG/ICSG/INSG, 2015, Review and Outlook for Copper, стр. 8

Слика 2.22 Структура учешћа водећих земаља у светским резервама бакра у 2014. год.

Једино Чиле у 2014. год. има учешће у рударској производњи у свету од 29,3%, што је сразмерно свом учешћу у светским резервама (30%). Своје резерве најбрже троши Кина, јер је њено учешће у светској производњи 8,9%, а у светским резервама 4%. Веће учешће у производњи у односу на учешће у резервама имају САД, Конго и Замбија, а мање: Аустралија, Перу, Индонезија, Мексико и Пољска (Слика 2.22 и Слика 2.10).

Глобална дистрибуција идентификованих ресурса бакра у свету приказана је на Слици 2.23. Идентификовани ресурси у износу од око 1.400 Mt обухватају лежишта бакра са реалним изгледима да у будућности буду економски исплатива за експлоатацију. Водећи регион је Јужна Америка са учешћем од 39%, а следе Северна Америка и Азија са по 23% . Дакле, у даљој будућности, водећи рударски произвођачи бакра налазиће се у овим регионима. Аустралија, која је данас друга по резервама у свету (13% ~90Mt), у идентификованим ресурсима учествује са свега 1%.



Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 8

Слика 2.23 Глобални распоред идентификованих ресурса бакра

Претпоставимо да ће у догледној будућности истраживањем око 70% идентификованих ресурса прећи у категорију резерви (око 1.000 Mt), што са резервама из 2014. год. чини укупно 1.700 Mt (ICSG, 2015, World Copper Factbook).

Табела 2.9 Век експлоатације процењених резерви бакра

Просечна годишња стопа раста производње из концентрата, p (%)	**Век експлоатације резерви, n (год.)**[6]	
	Садашње резерве R_1 = 700 Mt	**Претпостављене будуће резерве $R_2 = R_1$+ 70% идентификованих ресурса = 1.700 Mt**
2,7 (1930-2014)	26	46
1,5	29	56
0,5	33	73
0,0	47	115

Извор: Прорачун аутора

Из Табеле 2.9 јасно се уочава да при просечној годишњој стопи раста рударске производње бакра у концентрату од 2,7% (Табела 2.8) ове резерве обезбеђују век експлоатације од 46 година (Табела 2.9). Садашње резерве (700 Mt) потрошиће се за око 26 година, а претпостављене будуће од 1.000 Mt потрошиће се за наредних свега 20 година.

Другим речима, данас процењене резерве бакра на копну биће потпуно исцрпљене око 2060. год. То је веома кратак век, који ће задовољити потребе свега шест радно активних генерација. Оптимисти, којих је све мање, на ово би одговорили чињеницом да ће у наредних 40 година бити пронађене нове додатне резерве бакра. То је свакако тачно, али се не могу очекивати спектакуларни резултати, јер су садашње процене резултат најсавременијих геолошких метода идентификације ресурса бакра на копну (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

Брзо исцрпљивање процењених резерви бакра је забрињавајуће за произвођаче и потрошаче бакра. То је ˝црвени аларм˝ у прилог штедњи бакра из примарних резерви путем супституције другим материјалима (нарочито у грађевинарству где се данас троши око 30% бакра) и подстицаја бржег развоја производње бакра из рециклаже. Једини дугорочно сигуран пут ка продужењу века експлоатације расположивих примарних резерви бакра је смањен раст производње из концентрата, на рачун супституције и рециклаже (Магдалиновић и др., 2007). То врло јасно одсликавају резултати прорачуна приказани у Табели 2.9. Већу производњу из рециклаже увек

[6] Прорачун из једначине: $Q(p^n - 1)/(p - 1) = RI \rightarrow n = \{\log[1+RI(p-1)/Q\}$ (Магдалиновић и , Магдалиновић Калиновић, 2012, стр. 37), где је: Q – производња у првој години (Q_{2014} = 14,8 Mt); p – просечна годишња стопа раста производње, (дел. јед.); n – век експлоатације расположивих резерви, (god); R – расположиве резерве, (Mt); I – искоришћење бакра у експлоатацији и флотацији (I = 0,9 x 0,85 = 0,765).

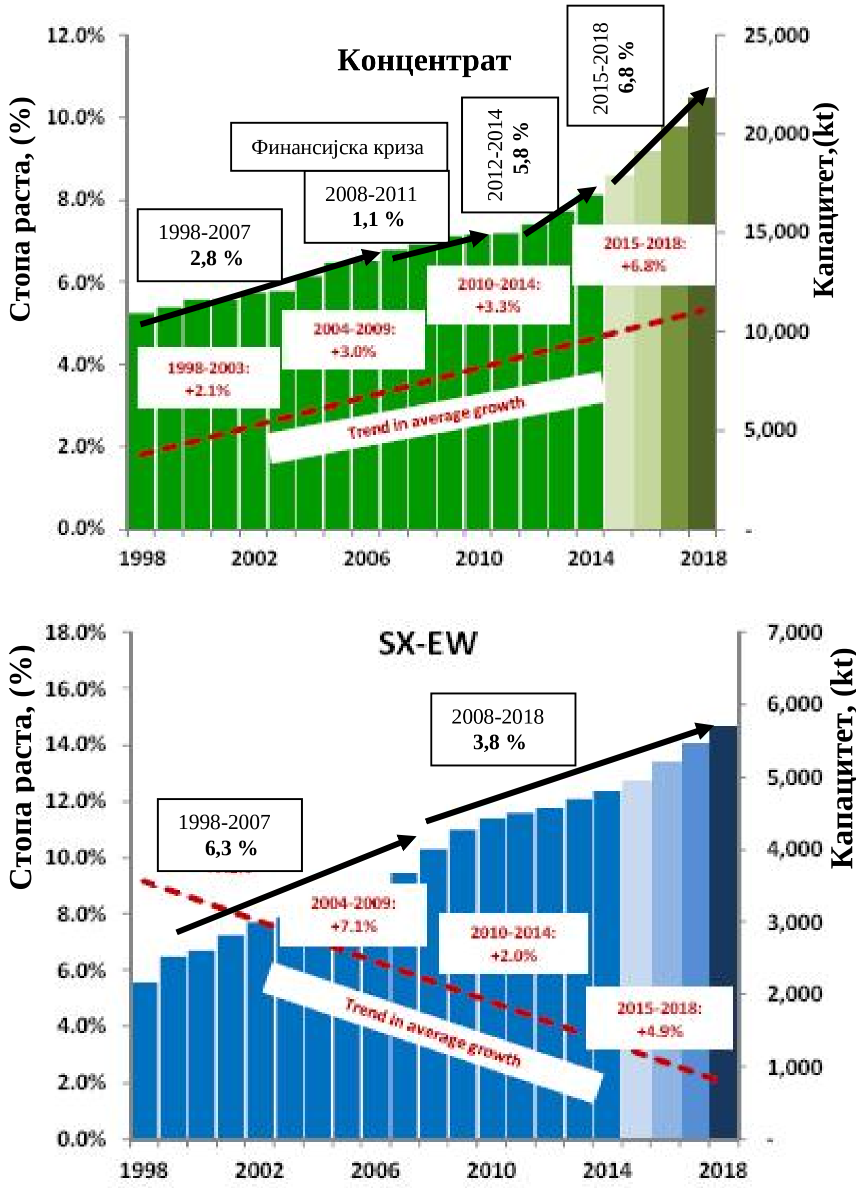
подстиче пад цена бакра (Магдалиновић Калиновић и Магдалиновић, 2010). Већој рециклажи у будућности иде у прилог и чињеница да је све већи број уређаја и апарата у којима се уграђује бакар, а имају ограничени рок употребе без поправке (замењују се новим).

И поред могућности које човечанству стоје на располагању да би успорило трошење расположивих примарних ресурса бакра, једног дана, након 100, 200,..., n година биће исцрпљени примарни ресурси. Исто ће се десити и са осталим металима и фосилним енергентима. Дакле, једног дана у будућности нестаће рударство каквог данас имамо. Тамо где се потребе за бакром не могу субституисати намириће се бакром из рециклаже (Tilton, 2007). Тада ће нови ˝рудници˝ – извори бакра бити домаћинства, индустрија, транспорт, одлагалишта комуналног отпада и др.

2.1.4 Очекивани развој капацитета за производњу бакра у свету до 2018. године

Развој рударских капацитета за производњу бакра директно зависи од цене бакра, али са фазним временским помаком унапред за 3-5 година. Временски помак представља период потребан за пројектовање, изградњу постројења и отварање новог рудника.

У периоду 1998-2014. год. (Слика 2.24) према просечној годишњој стопи раста рударских капацитета за производњу концентрата (2,8%) могу се издвојити три карактеристична периода: период ниских цена бакра (1998-2007. - 1.500 ÷ 3.000$/t) са стопом раста од 2,8%; период светске економске кризе (2008-2011) са високим ценама бакра (изнад 7.000$/t), у коме је стопа раста капацитета опала на свега 1,1% и период (2012-2014) са високом стопом раста рударских капацитета од 5,8%. У периоду 2015-2018. год. очекује се стопа раста рударских капацитета од 6,8%. То ће бити резултат повећаних инвестиција у рударске капацитете за производњу бакра у претходном периоду (2007-2013), када су цене бакра на тржишту биле високе. Насупрот расту рударских капацитета за производњу концентрата, капацитети за производњу бакра SX-EW технологијом у истом периоду имају опадајући тренд раста (Слика 2.24).

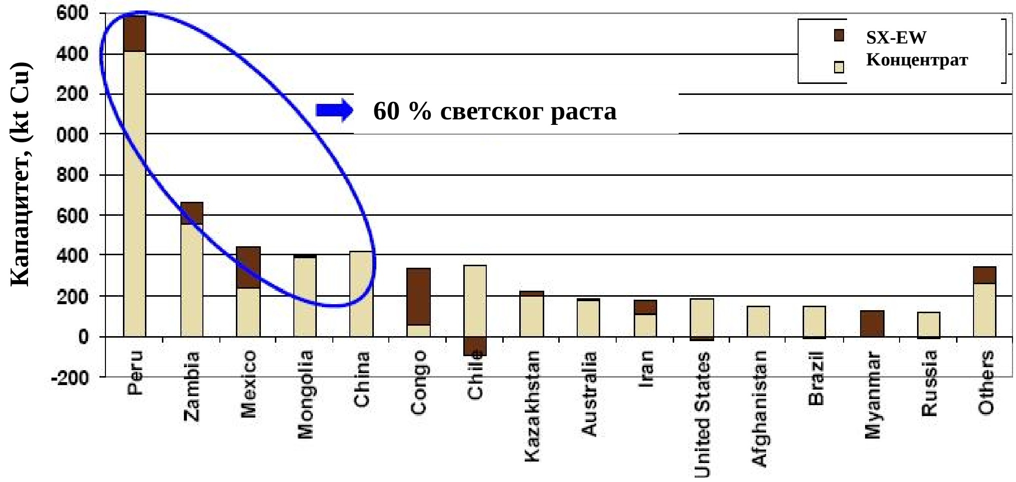


Извор: ICSG, 2015, World Copper Factbook, стр. 14

Слика 2.24 Тренд развоја рударских капацитета бакра у свету за период 1998-2018. год.

Највећа просечна годишња стопа раста ових капацитета (6,3%) била је у пероду ниских цена бакра (1998–2007) (Слика 2.24). То је очекивано, јер је производња бакра SX-EW технологијом значајно јефтинија. Недостатак ове технологије је тај да се не може применити на свим ресурсима бакра. То је један од главних разлога што је стопа раста ових капацитета у периоду 2008-2018. год. значајно мања (3,8 %). На крају треба истаћи и то да се, са успоренијим растом производње концентрата бакра из примарних резерви, неминовно успорава и раст производње бакра SX-EW технологијом. Ово због тога што су сировине за производњу бакра SX-EW технологијом управо коповска јаловишта и ванбилансни делови руде, који прате рударску производњу бакра из примарних резерви.

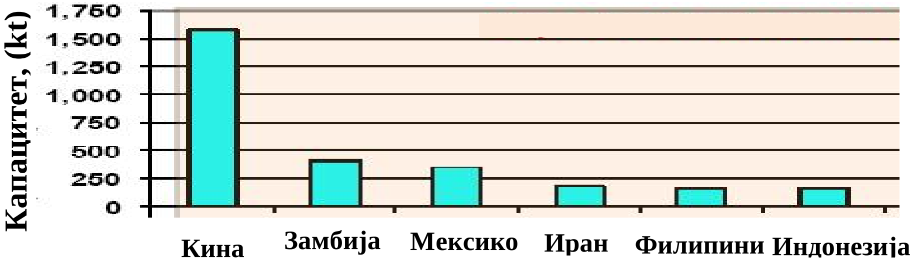
На основу података о новим рудницима који су сада у изградњи и отварању, очекује се да просечна годишња стопа раста рударских капацитета у периоду 2015 – 2018. год. буде чак 6,8%. Чиле ће и даље задржати водећу позицију у рударској производњи бакра, али ће највећи допринос расту капацитета дати Перу (Слика 2.25). Високе стопе раста капацитета након 2012. год. су последица високе цене бакра у периоду 2007–2013. година (изнад 7.000 US$/t). - Слика 2.6. У периодима високих цена бакра у прошлости су увек расле инвестиције у изградњу и отварање нових рудника. То се десило и у овом задњем периоду, али се производни ефекат повећаних инвестиција појављује за 3-5 наредних година. У целом периоду од 1998 – 2018. год. присутан је растући тренд рударских капацитета за производњу концентрата.



Извор: ILZG/ICSG/INSG, 2015, Review and Outlook for Copper, стр.21

Слика 2.25 Капацитети рудника, у водећим земљама-произвођачима бакра, који ће започети производњу у периоду 2014-2018. год.

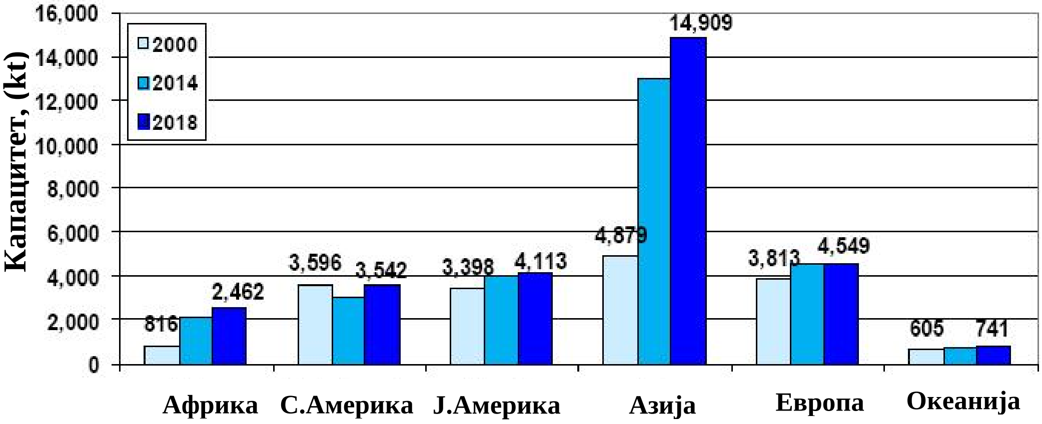
У периоду 2015-2018. год. Кина ће остати водећа земља у повећању топионичких капацитета (Слика 2.26). За њом следе: Замбија, Мексико, Иран, Филипини и Индонезија.



Извор: ILZG/ICSG/INSG, 2015, Review and Outlook for Copper, стр. 24

Слика 2.26 Већи топионички капацитети у свету који ће бити завршени у периоду 2015-2018. год.

Највећи пораст нових капацитета за производњу катодног бакра очекује се у Азији (49% од укупних очекиваних светских капацитета у 2018. год.) – Слика 2.27. То је очекивано, јер у највећем броју случајева ови капацитети прате развој топионичких капацитета.



Извор: ILZG/ICSG/INSG, 2015, Review and Outlook for Copper, стр. 25

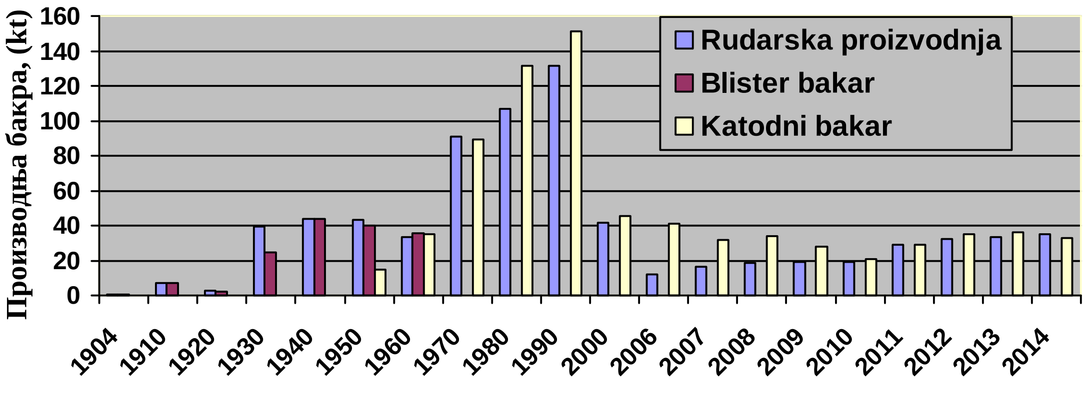
Слика 2.27 Капацитети за производњу катодног бакра по регионима

Годишња производња бакра у свету у периоду 1990-2014. год., изузимајући кратке периоде након Првог и Другог светског рата и Светске економске кризе тридесетих година прошлог века, имала је континуирани раст, са просечном годишњом стопом раста од 3,2%. Упоредо са производњом, геолошким истраживањима континуирано су откриване нове примарне резерве бакра, које су увек обезбеђивале производњу за наредних око 25 година.

Шездесетих година прошлог века, потребе за бакром у свету се значајније покривају производњом бакра из рециклаже а средином седамдесетих и производњом из SX-EW технологија. Данас, потребе за бакром у свету се нешто више од 40% задовољавају из ових извора. Судећи по томе, човечанство се врло одговорно односи према расположивим примарним резервама бакра у свету. Посредно се тиме даје и велики допринос заштити животне средине, будући да су емисије загађења из ових технологија ˝безначајне˝ у поређењу са емисијама из технологија производње бакра из концентрата. Успорено трошење примарних резерви бакра путем рециклаже, супституције и производње SX-EW технологијом, представља индикатор великог доприноса одрживом развоју производње из необновљивих минералних ресурса у свету из кога проистиче и велики позитиван економски и социјални значај (Lawn, 2003; Harris и др., 2001; Драшковић, 1998). Очекивани раст нових капацитета за производњу бакра из концентрата у периоду 2015-2018. год. од око 6,8% годишње, је највећи од 1900. год. до данас. Када ти капацитети започну производњу није реално очекивати да се на даље одржи тако велика годишња стопа раста нових капацитета. У прилог оваквом очекивању иде и чињеница да је у периоду 2010-2014. год. просечна годишња стопа раста нових капацитета била 5,8%, а просечна годишња стопа раста производње бакра из концентрата 4,1%. То је већ довело до смањења искоришћености расположивих капацитета, а до 2018. год. они ће се још више смањити. Коначно, будућу производњу бакра определиће, пре свега, тражња, трошкови производње и цена на тржишту.

2.2 ПРОИЗВОДЊА БАКРА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Производња бакра у Републици Србији започела је у Бору 1903. год., када је београдски индустријалац Ђорђе Вајферт добио концесију за отварање рудника. До 1930. год. богата руда са 15-20% бакра топила се у топионици. Тада је садржај бакра у руди опао на око 6% и приступило се изградњи флотације за производњу концентрата бакра.

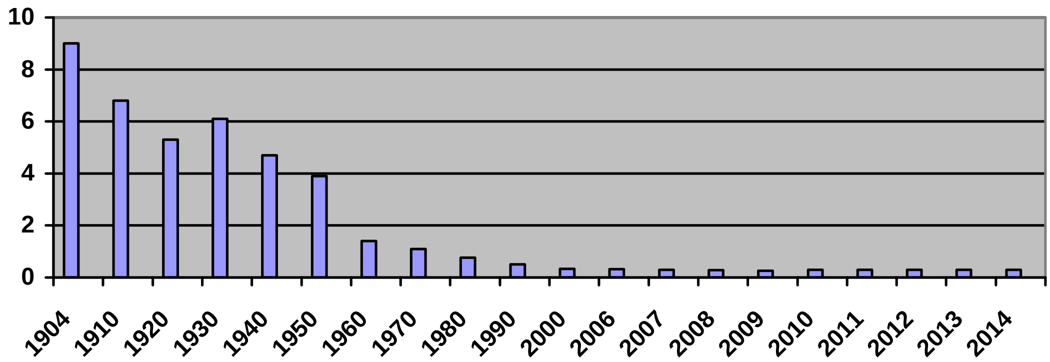


Извор: Приказ аутора на основу података из Табеле 2.10 у овој дисертацији

Слика 2.28 Производња бакра у РТБ-Бор

Након Другог светског рата постројења су ревитализована и од 1960-1990. год. производња бакра стално расте (Слика 2.28), упркос драстичном опадању садржаја бакра у руди са 1,4% на 0,50% (Слика 2.29). То је остварено отварањем рудника бакра са површинским откопавањем у Мајданпеку 1961. год. и Велики Кривељ 1983. год

И поред опадања садржаја бакра у руди (Слика 2.29) раст производње у периоду 1960-1990. год. остварен је већим капацитетима експлоатације и прераде руде у новоотвореним рудницима у Мајданпеку и Великом Кривељу. Технологије површинског откопавања и флотацијске прераде руде у време њиховог пуштања у рад, нису заостајале за технологијама у свету.



Извор: Приказ аутора на основу података из Табеле 2.10 у овој дисертацији

Слика 2.29 Просечни садржај бакра у рудама РТБ-а Бор

Република Србија је до пре 25 година, са производњом катодног бакра од око 120 kt из сопствених и око 30 kt из увозних концентрата и рециклираног бакра, била значајан светски произвођач (1,4%). Данас је производња сведена на свега око 33 kt (Табела 2.10). Разлози за такав пад производње су: дотрајалост опреме и постројења, преполовљен садржај бакра у руди, погоршани природни услови експлоатације и вишедеценијски застој инвестиција у истраживање и увођење нових технологија у рудницима и топионици.

Након 1990. год., када је производња била највећа (151,4 kt) следе санкције, даљи пад садржаја бакра у руди, недовољна истраживања и инвестиције у нову опрему и технологије, што резултира константним падом производње, која је у 2006. год. износила свега 12 kt бакра у рударској производњи и око 41kt катодног бакра. Томе је највише допринео драстичан пад производње у Мајданпеку, који је до тада давао око 60% прозводње бакра у РТБ-Бор. Иако је 1993. год. отворен још један нови површински коп у руднику Церово (Мали Кривељ), али капацитета свега 2,5 Mt сиромашне руде (око 0,3% Cu), пад производње није заустављен. Србија има безначајну рециклажу бакра. То је разумљиво јер је мала земља са малом потрошњом бакра по становнику.

Табела 2.10 Производња бакра у РТБ-Бор у периоду 1904–2014. год.

Година	**Просечни садржај бакра у руди (%)**	**Рудничка производња бакра (kt)**	**Производња блистер бакра[7] (kt)**	**Производња катодног бакра (kt)**
1904	9,00	0,49	0,47	
1910	6,81	7,35	7,00	
1920	5,30	2,60	2,44	
1930	6,06	39,31	24,46	
1940	4,74	44,04	43,65	
1950	3,88	43,29	40,08	14,67
1960	1,40	33,28	35,73	35,05
1970	1,12	90,72		89,29
1980	'0,76	106,71		131,29
1990	0,50	131,27		151,40
1991	047	121,33		133,78
1992	0,42	98,19		114,76
1993	0,37	67,80		51,18
1994	0,48	84,85		72,15
1995	0,41	87,64		77,45
1996	0,41	81,68		104,00
1997	0,42	86,68		106,58
1998	0,42	84,36		94,40
1999	0,39	62,26		50,02
2000	0,33	41,77		45,63
2005	0,32	25,00		30,00
2006*	0,32	12,00		41,00
2007*	0,30	16,50		31,60
2008*	0,28	18,80		33,80
2009*	0,26	19,00		28,00
2010*	0,30	19.00		21,00
2011*	0,30	29,00		29,30
2012**	0,30	32,20		35,00
2013**	0,30	33,50		36,00
2014**	0,30	35,00		32,50

*Извор: Приказ аутора на основу података Цветановић, 2005, стр. 142-157; * ICSG, 2012, Copper Bulletin, стр. 12 и стр. 14; ** РЗС, 2013, Статистички годишњак Републике Србије 2013., РЗС, 2014, Статистички годишњак Републике Србије 2014., РЗС, 2015, Статистички годишњак Републике Србије 2015.*

Након 2006. год., ревитализацијом постојеће опреме а у 2010. год. и куповином нове опреме, рударска производња је у благом порасту. Исте године донета је одлука о увођењу *Outocumpu Flash* технологије топљења концентрата капацитета 80 kt бакра,

[7] Блистер бакар је анодни бакар који се добија у топионици. Његов квалитет (чистоћа 98,5-99,5% Cu) није задовољавајући и зато се даље прерађује у електролизи, где се добија катодни бакар са 99,99% Cu.

која је требала бити пуштена у рад крајем 2013. год. Њена реализација је каснила две године и пуштање у пробни рад извршено је крајем децембра 2015. год., али до данас још увек није прорадила устаљеним пуним пројектованим капацитетом. Ово због тога што нису изграђена неопходна пратећа постројења: флотација шљаке и фабрика за пречишћавање отпадних технолошких вода.

Програм изградње нове технологије топљења пропраћен је одговарајућим програмом развоја рударске производње бакра у концентрату (Табела 2.11). Међутим, план развоја рударске производње бакра у концентрату се не остварује ни по количини концентрата, ни по садржају бакра у концентрату. Не остварује се ни план увоза концентрата, поред осталог, и зато што га нема на тржишту.

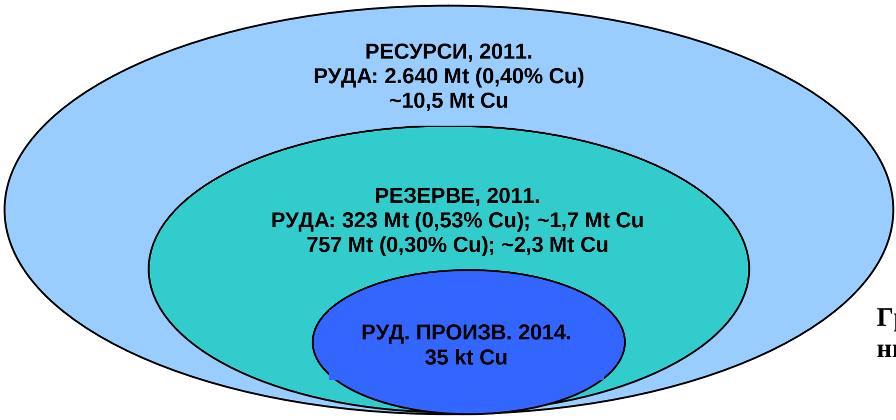
Табела 2.11 План производње бакра из концентрата у РТБ-Бор у периоду 2010-2020. год.

Година	**Суви концентрат (t)**	**Садржај бакра у концентрату, (%)**	**Бакар у концентрату, (t)**	**Напомена**
2010	259.413	15.69	40.692	Донета одлука о изградњи нове технологије
2013	287.413	18.86	54.217	Планирано пуштање у пробни рад
2016	284.705	20.49	58.350	Пуштање у пробни рад, без флотације шљаке и пречишћавања отп. вода
2020	293.182	20.64	60.500	Достизање максималне производње бакра у домаћим концентратима

Извор: EIA Study, 2010, стр. 35

Ресурси бакра на подручју Бора и Мајданпека износе око 10,5Mt (0,5% светских ресурса) у рудама са око 0,4% Cu (Слика 2.30). Резерве бакра износе око 4 Mt (0,6% светских резерви) (Јенић, 2011). Око 42% резерви са око 0,53% Cu је на већим дубинама, чија је експлоатација могућа подземним откопавањем, а 58% у резервама са 0,3% Cu, чија је експлоатација могућа површинским откопавањем[8].

[8] У свету се резервама сматрају руде са садржајем бакра преко 1,2% Cu за подземну експлоатацију (у РТБ-Бор преко 0,5% Cu) и руде са преко 0,5% Cu за површинску експлоатацију (у РТБ-Бор преко 0,3%).



Извор: Приказ аутора на основу података Јенић, 2011, стр. 26-27;РЗС, 2014, Статистички годишњак за 2014

Слика 2.30 Резерве и ресурси бакра у РТБ-Бор у 2011. год.

Планирано је да се производња у новој технологији топљења обезбеди 75% из сопствених концентрата, а 25% из увоза. Након 2017. год. у РТБ-Бор планирана је само рударска производња бакра површинском експлоатацијом. Расположиве резерве за површинску експлоатацију обезбеђују производњу у наредних 45 година (Јенић, 2011).

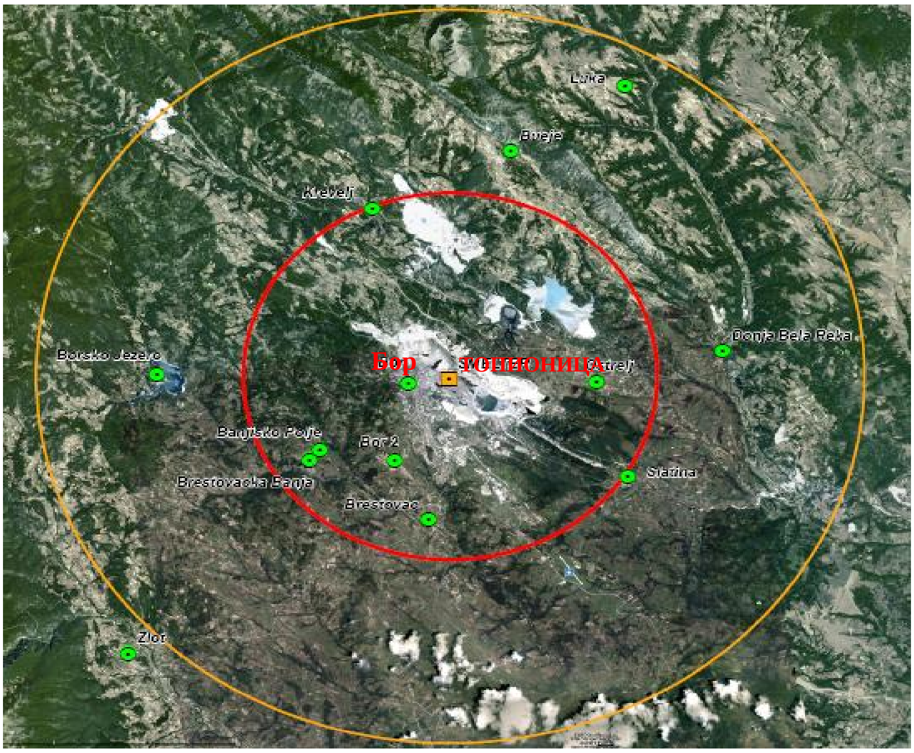
2.3 ПРОИЗВОДЊА БАКРА КАО ВЕЛИКИ ЗАГАЂИВАЧ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Доступна документација о загађењу у Бору и околини, као последица рударства и металургије бакра, указује да је ово једно од најзагађенијих подручја у Републици Србији и Европи. Од укупне површине Општине Бор (856 km^2), 86% је изложено сталном или повременом аерозагађењу. Од око 50.000 становника општине, 40.000 је у кругу од 5 km од извора загађења (црвени круг на Слици 2.32). Жути круг пречника око 15 km обухвата преко 90% становништва општине Бор које је изложено загађењу. Гасови из металургије бакра испуштају се у атмосферу кроз два димњака висине 120 m и 150 m (Слика 2.31).

Извор: Веб портал града Бора

Слика 2.31 Бор испод димњака, поред површинског копа и рудничких одлагалишта

Рударење у протеклих 110 година условило је видне промене микрорељефа и климе. Промењена је ружа ветрова и повећан број дана без ветра. То је довело до пораста загађености ваздуха, јер је смањено природно проветравање. Два велика површинска копа (Бор и Велики Кривељ) заузимају око 1.800 ha. Површински коп Бор, са индустријским објектима металургије бакра налази се непосредно уз град, а површински коп Велики Кривељ је удаљен око 5 km (Слика 2.33).



Извор: EIA Study, 2010, стр. 57

Слика 2.32 Подручје око Бора које је највише изложено загађењу

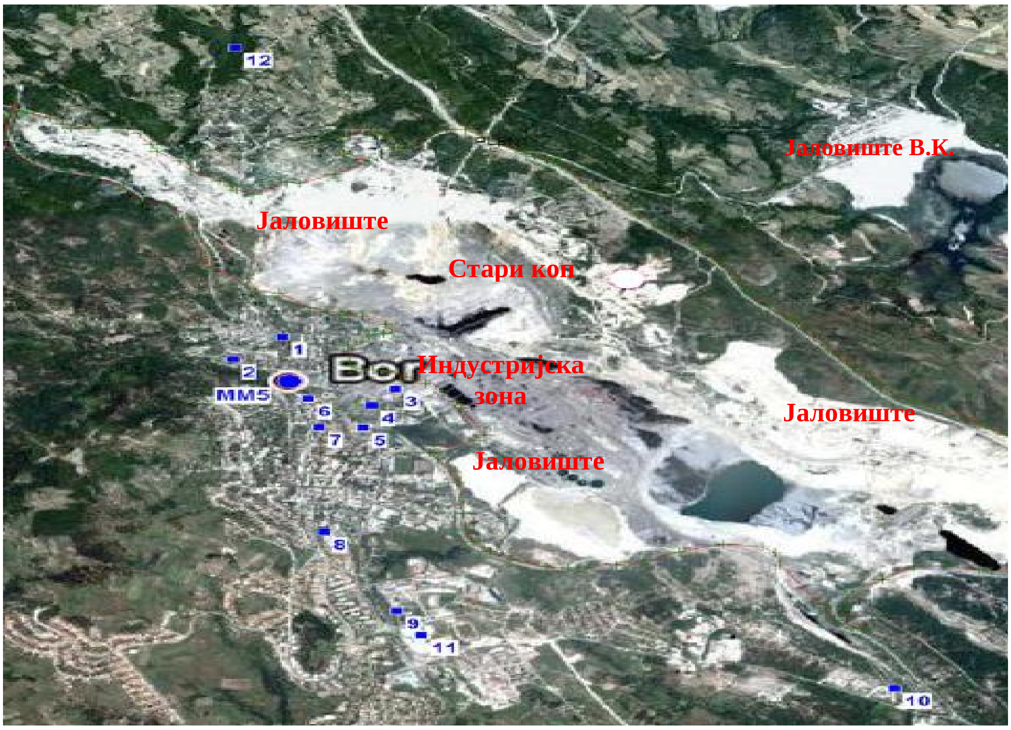
Површински коп Велики Кривељ већ две деценије чини окосницу производње бакра у РТБ-Бор. Преко 75% производње потиче из овог рудника. Међутим, делови лежишта на овом копу који се експлоатишу задњих неколико година су са врло ниским садржајем бакра (0,2-0,25%), што неминовно мора да узрокује губитке у РТБ-Бор.

Извор: Веб портал града Бора

Слика 2.33 Површински коп Велики Кривељ

Мониторинг квалитета ваздуха над Бором врши се од 1976. године, а од 2004. савременом опремом на четири стационарне аутоматске мерне станице (узорковање и мерење на 15 min.) у градском и приградском подручју (Градски парк, Институт, Југопетрол, Брезоник) у преовлађујућем правцу ветрова и пружања града северозапад – југоисток. Поред ових локација, периодично се врше мерења квалитета ваздуха још на три локације у граду (Болница, Нови градски центар и 9. бригаде) и у три приградска насеља (Оштрељ, Кривељ и Језеро). У односу на извор загађења, преовлађујући ветрови су из правца северозапада, што је повољно јер односе загађење из главних урбаних зона. У кишним периодима дувају ветрови из правца истока и југоистока. Слаби ветрови који су током 50% дана у години и ветрови промењљивог правца су најчешћи узрок локалних високих концентрација загађења ваздуха изнад града (План квалитета ваздуха за агломерацију Бор, 2012).

Имајући у виду да је Градски центар удаљен свега 500 m од металуршког комплекса и број рецептора који су дневно изложени загађењу, у пројектима нове технологије предвиђено је 12 мерних станица за аутоматску контролу квалитета ваздуха (Слика 2.34).



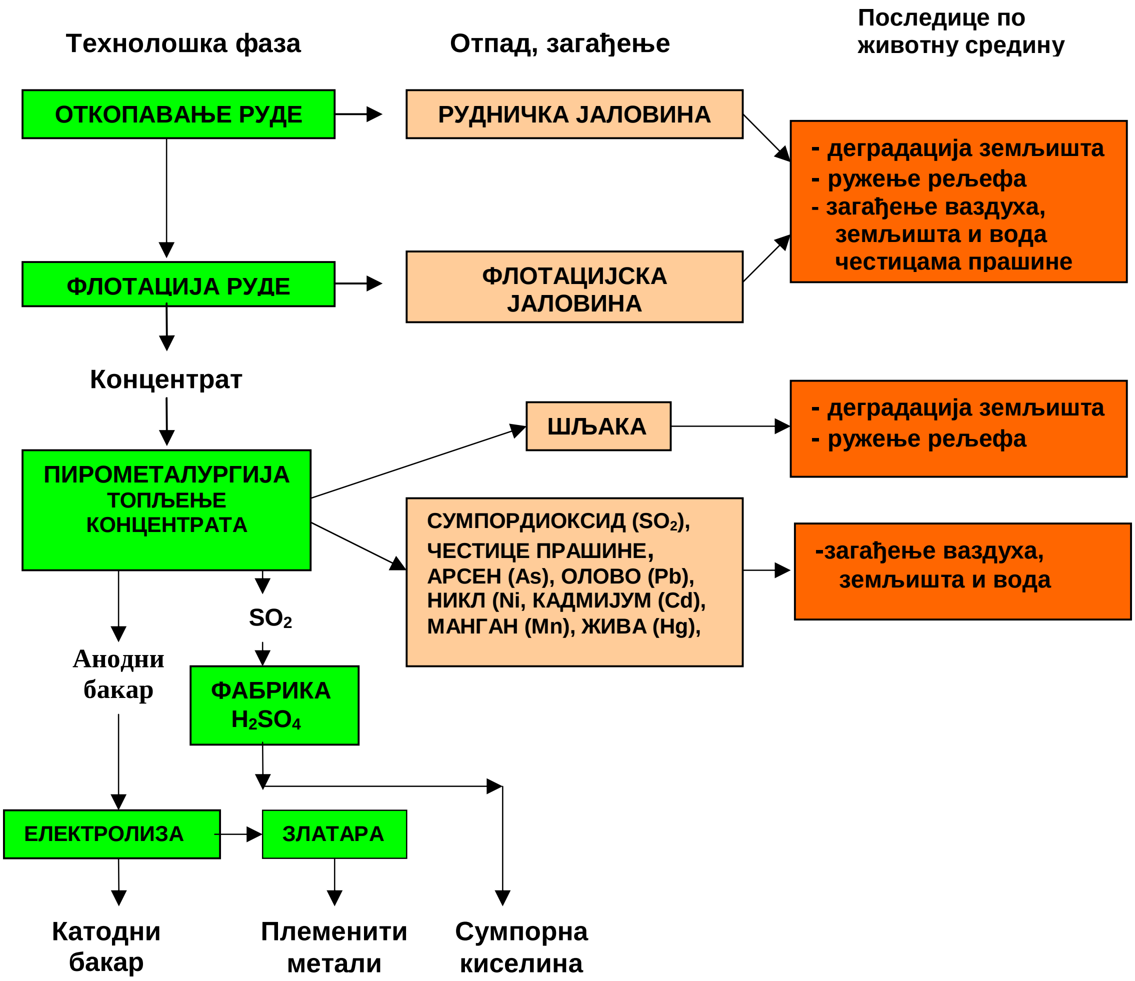
Извор: EIA Study, 2010, стр. 2

Слика 2.34 Локације аутоматских мерних станица квалитета ваздуха

Градско подручје Бора је највише угрожено од загађења из производње бакра у РТБ-Бор. У овом подручју живи 4/5 становништва општине Бор. Загађењима су угрожена и већина сеоских подручја, а највише она која су близу рудника и топионице и она која се налазе на правцима дувања ветрова (југо-исток и северо-запад).

2.3.1 Врсте отпада и загађења у производњи бакра

У технолошком процесу производње катодног бакра, почев од откопавања руде до металуршке прераде концентрата, у појединим технолошким фаза процеса појављују се различите врсте отпада и загађења са различитим негативним последицама по животну средину (Слика 2.35). Те последице се огледају кроз деградацију земљишта, ружење рељефа, загађење ваздуха, воде и земљишта а манифестују кроз негативан утицај на здравље људи, екосистем, пољопривредне усеве и инфраструктуру.



Извор: Приказ аутора на основу описа технологије производње бакра из: Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2010, стр. 26-34; Davenport и др., 2002, стр. 1-4

Слика 2.35 Технолошке фазе у производњи бакра у РТБ-Бор, отпади и загађења

У Рударско-топионичарском басену Бор – јединoм произвођачу бакра у Републици Србији, у топионици бакра у Бору топе се концентрати који се производе у активним рудницима у Бору, Великом Кривељу, Церову и Мајданпеку, мала количина концентрата бакра из рудника олова и цинка Рудник и увозни концентрати бакра.

За производњу једне тоне катодног бакра из рудника у саставу РТБ-Бор треба откопати и депоновати око 770 t рудничке јаловине и око 450 t руде коју треба прерадити у флотацији да би се добило око 5 t концентрата, чијим се топљењем у металургији и рафинацијом добија једна тона катодног бакра. Овако изузетно велике количине руде и рудничке јаловине (међу највишим у свету) су последица ниског садржаја бакра у руди и велике дубине на којој се налази руда. Само то, довољно говори у каквом се неповољном положају у односу на свет налази производња бакра у

РТБ-Бор. Поред бакра као основног метала, у металургији бакра у Бору се као нус производи добијају племенити метали: злато (Au), сребро (Ag), платина (Pt) и сумпорна киселина (H_2SO_4).

Штете и загађења проузрокована рударском производњом су далеко мања од штета и загађења проузрокована металуршком прерадом концентрата у циљу добијања катодног бакра. Увидом у публиковане резултате о загађењима у европским топионицама, закључује се да металургија бакра проузрокује изразито веће загађење животне средине и по здравље људи, екосистем и инфраструктуру са тежим и далекосежнијим последицама (Bertram и др., 2003; Euqster, 2008).

Загађење ваздуха има најдиректнији и најзначајнији утицај на људско здравље и зато се то највише истраживало и још истражује. Таква истраживања су посебно интензивирана током 90-тих година прошлог века у Европи и САД-у, а подстакнута и преузетим обавезама које проистичу из Стратегије одрживог развоја, усвојене на Конференцији УН о животној средини и развоју (Рио де Жанеиро, 1992)[9] и Кјото протоколом (Kyoto Protocol) о смањењу емисија загађења у атмосферу[10].

Реализовано је на десетине великих интернационалних и регионалних епидемиолошких истраживачких студија дистрибуције аерозагађења и утицаја на здравље становништва да би се дефинисала корелација између концентрације појединих загађујућих материја и последица по људско здравље. Велики број истраживачких студија посвећен је аерозагађењима из термоелектрана и топлана на фосилна горива (угаљ, нафта, гас) и нуклеарних електрана, транспорта (друмски, ваздушни, водени и железнички), хемијске индустрије и индустрије производње и прераде метала и неметала, пољопривреде, домаћинстава (све врсте пећи за грејање) и пешчаних олуја. Све су то велики мултидисциплинарни пројекти, који су трајали годинама па и деценијама, реализовани од великих мултидисцилинарних тимова истраживача (инжењера, еколога, лекара и економиста) и финансирани од Светске здравствене организације из државних фондова а у Европи из фондова Европске уније.

---

[9] United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, 1992

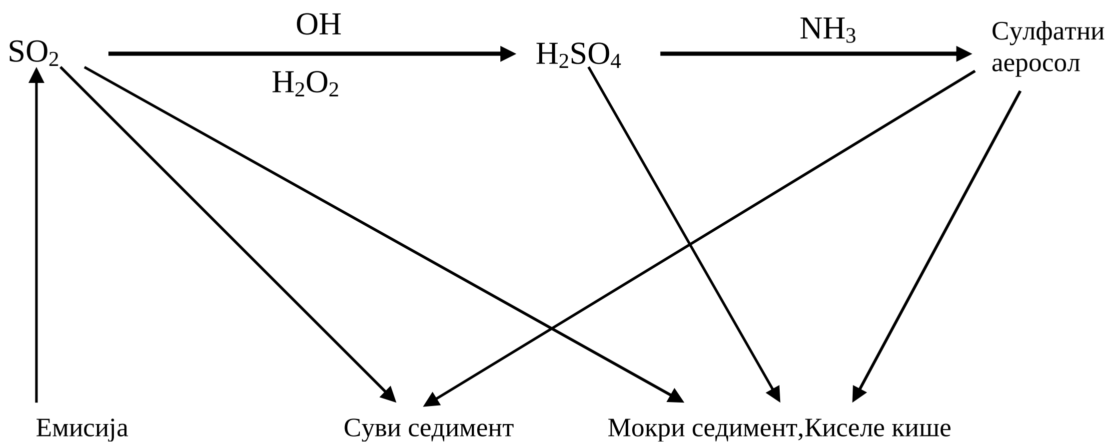
[10] Кјото протокол је протокол који је додатак *United Nation Framework Convention on Climate Change (UNFCCC),* тј. Конвенцији Уједињених Нација о климатским променама, као међународног еколошког споразума усмереног на смањење концентрације штетних гасова који изазивају ефекат стаклене баште у атмосфери у циљу спречавања критичних климатских промена на Земљи. Усвојен је 11. децембра 1997. године у Кјоту, у Јапану, а ступио је на снагу 16. фебруара 2005. године. Протокол предвиђа смањење емисије шест гасова који изазивају ефекат стаклене баште и то: угљен-диоксид, метан, азот-диоксид, флуороугљенводоник, перфлуороугљенводоник и хексафлуорид. До данас га је прихватило више од 150 земаља укључујући и Републику Србију, која је ратификовала Кјото протокол у септембру 2007. године и налази се у групи земаља у развоју (не - Анекс I земље).

Сводни или интегрални резултати таквих истраживања публиковани су и доступни за *on-line* коришћење на сајтовима тих организација и институција.

Металургија бакра је велики загађивач ваздуха, водотокова и земљишта, загађујућим материјама која потичу из концентрата бакра. Према подацима за европске топионице бакра, емисије загађујућих материја у атмосферу чине преко 98% укупног загађења ваздуха , водотокова и земљишта (Eugster, 2008).

Основне загађујуће материје из металургије бакра су сумпордиоксид (SO_2) и честице прашине мање од 10 μм и 2,5 μм (PM_{10} и $PM_{2,5,}$) које су носиоци тешких метала: олово (Pb), арсен (As), кадмијум (Cd) и никл (Ni), а у зависности од хемијског састава концентрата могу да се појаве и: жива (Hg), цинк (Zn) и манган (Mn) (EMEP/EEA, 2009). Ово су примарне загађујуће материје, за разлику од секундарних (капљице сумпорне и сумпорасте киселине и сулфатни аеросоли), које настају реакцијама сумпордиоксида са влагом из ваздуха (Слика 2.36) (Bickel и Friedrich, 2005).

Честице PM_{10} и $PM_{2,5}$ представљају мешавину чврстих честица и капљица секундарних загађивача. Хемијски састав чврстих честица се разликује од извора до извора, али је углавном за све заједничко да садрже: натријум (Na), калијум (K), калцијум (Ca) и тешке метале: олово (Pb), арсен (As), кадмијум (Cd), никл (Ni), жива (Hg), цинк (Zn) и манган (Mn). У зависности од њихове крупноће, оне бивају ношене ваздушним струјама и до великих удаљености од извора загађења.

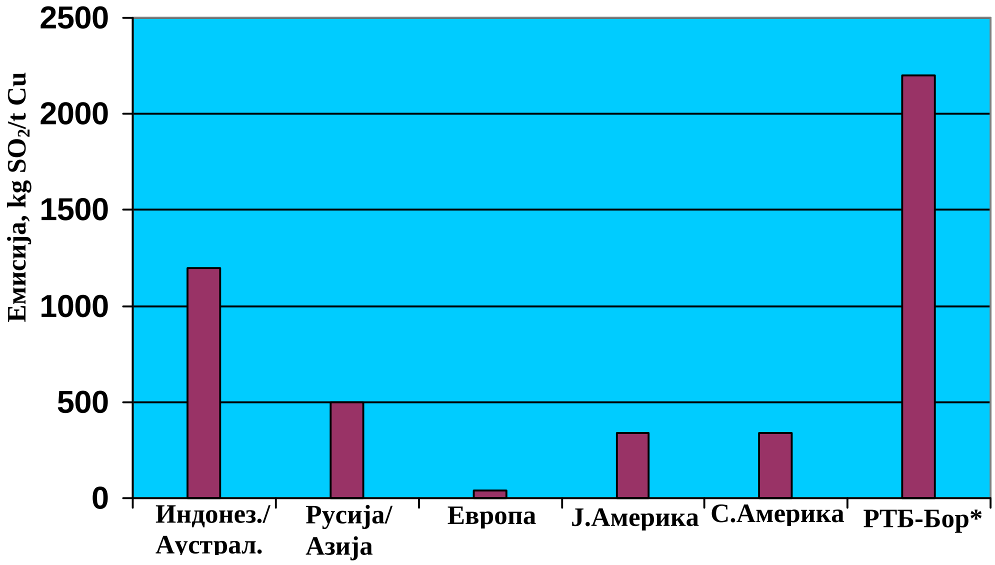


Извор: Bickel и Friedrich, 2005, стр. 58

Слика 2.36 Хемијске реакције сумпордиоксида (SO_2) са влагом из ваздуха и стварање секундарних загађивача земљишта и вода

Анализе Светске здравствене организације *(World Health Organization - WHO)* показују да аерозагађење овим честицама, чак и у трајању од само неколико часова, а посебно честицама $PM_{2,5}$, утиче на здравље већине становништва Европе, што је довело до широког спектра акутних и хроничних здравствених проблема. То је довело до смањења очекиваног животног века од око 8,6 месеци, у просеку за 25 земаља Европске уније (WHO, 2006). Од величине ових честица зависи даљина њиховог транспорта ваздушним струјама и могућност да се удахну у респираторни систем. Крупније честице $PM_{2,5-10}$ (2,5-10 μm) таложе се релативно брзо и транспортују до 10 km. Фине честице $PM_{2,5}$, а поготово најфиније (мање од 1 μm) остају у атмосфери дуже и транспортују се на раздаљинама и до 1.000 km од извора загађења.

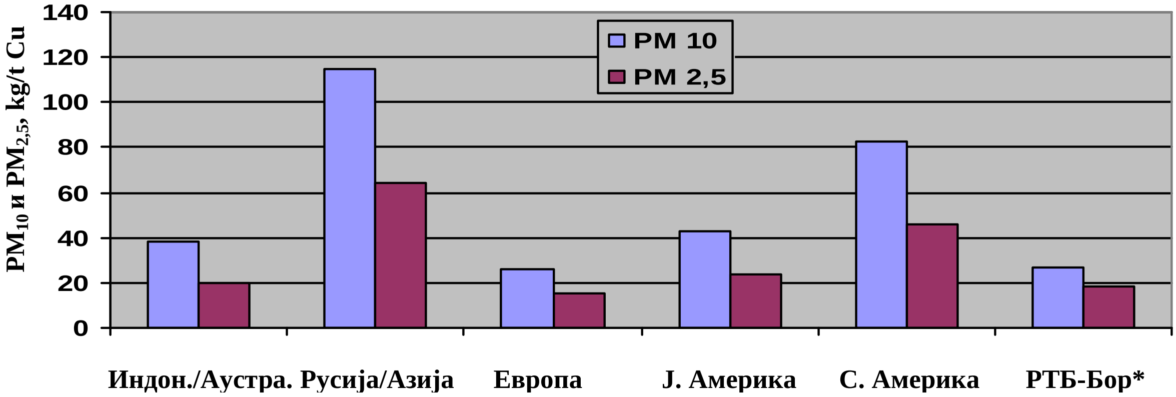
Подаци о емисијама загађујућих материја из већине топионица бакра у Европи показују њихову сталну тенденцију опадања у периоду од 1990. год. до данас. Све ригорознији еколошки прописи и технолошка побољшања у процесима производње бакра довели су до изузетног смањења загађења (Слика 2.37 и Слика 2.38).



Извор: Приказ аутора на основу података Eugster, 2008, стр. 38; подаци за РТБ-Бор из EIA Study, 2010, стр. 4-5(Табеле 4.2.1 и 4.2.3)*

Слика 2.37 Емисије сумпордиоксида (SO_2) по регионима у свету и у РТБ-Бор

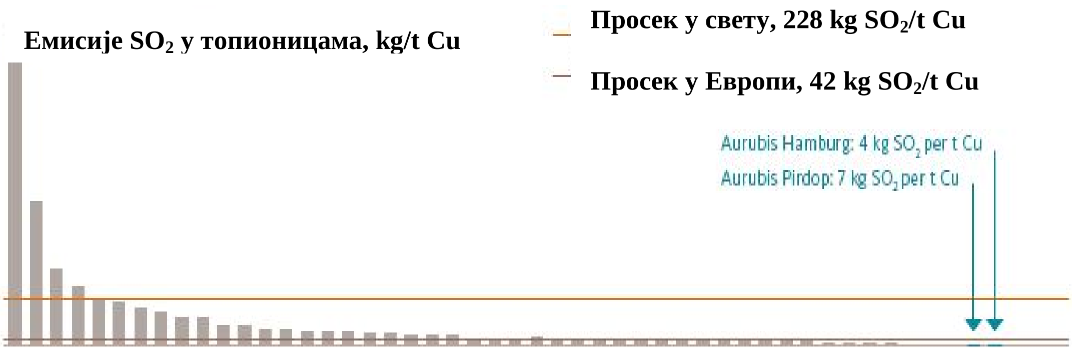
Слика 2.37 илуструје емисије сумпордиоксида (SO_2) по регионима у свету и РТБ-Бор. Емисија сумпордиоксида у Европи је смањена на свега 42 kg/t Cu, што је око 8 пута мање него у Америци, око 12 пута мање него у Русији и Азији и чак 52 пута мање од емисија SO_2 у РТБ-Бор.



Извор: Приказ аутора на основу података Eugster, 2008, стр. 38; подаци за РТБ-Бор из Плана квалитета ваздуха за агломерацију Бор,2012, стр. 56-58*

Слика 2.38 Емисије честица PM_{10} и $PM_{2,5}$ по регионима у свету и у РТБ-Бор

На слици 2.38 приказана је емисија честица PM_{10} и $PM_{2,5}$ по регионима у свету и у РТБ-Бор, где се јасно уочава да се РТБ-Бор по емисији ових честица налази нешто мало изнад европског просека.

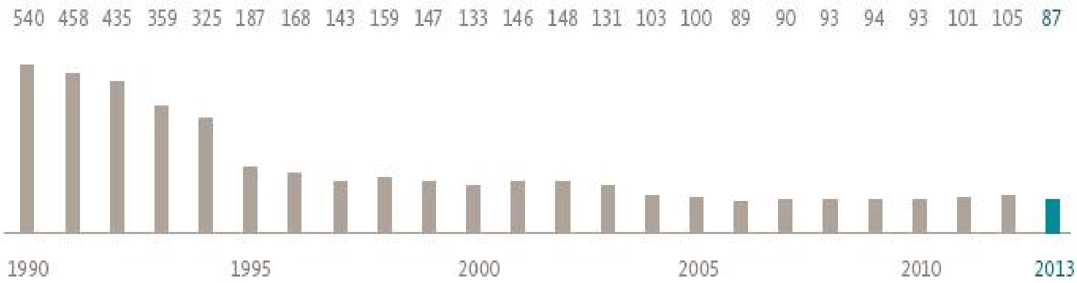


Извор: Aurubis AG, 2014, Consolidated Aurubis AG Environmental Statement Hamburg and Lünen Sites, стр. 20

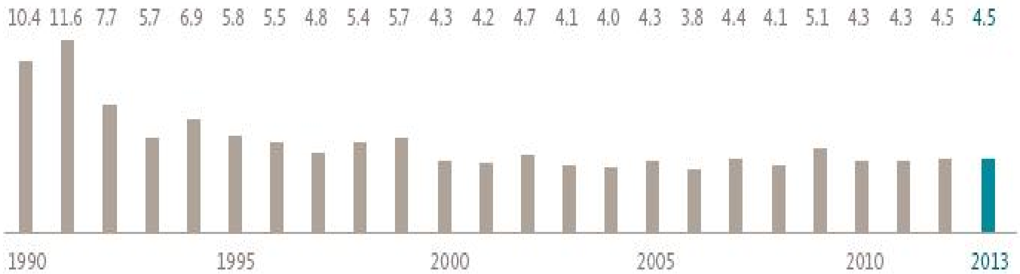
Слика 2.39 Емисије сумпордиоксида (SO_2) из топионица бакра у свету, Европи и *Aurubis Hamburg* 2013. год.

Најбољи пример добре и одговорне европске праксе у смањењу емисија загађења из металургије бакра је топионица бакра компаније *Aurubis* у Хамбургу (Слика 2.39 и Слика 2.40) (Aurubis AG, 2014, *Consolidated Aurubis AG Environmental Statement Hamburg and Lünen Sites*, стр. 19-20). Емисија сумпордиоксида је од 1990. год. до данас смањена за 96% и износи свега 4 kg/t Cu, што је 57 пута мање од светског просека и 10 пута мање од европског просека. Емисије честица смањене су за 80%, а арсена за 90%.

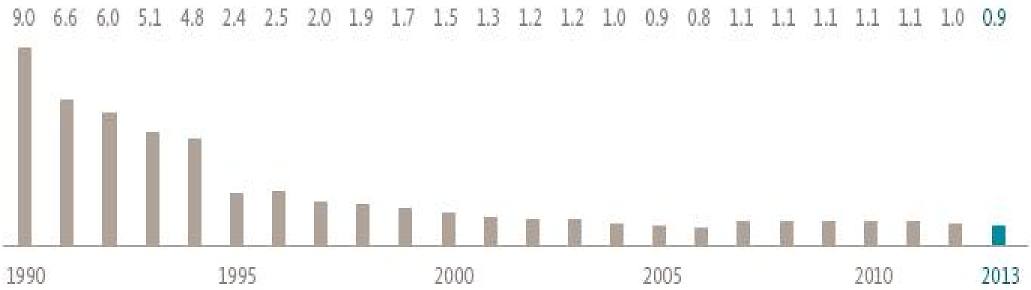
Емисија TSM (*Total Suspended Matter*) (укупно суспендоване честице у ваздуху), **g/t Cu**



Емисија SO_2, kg/t Cu



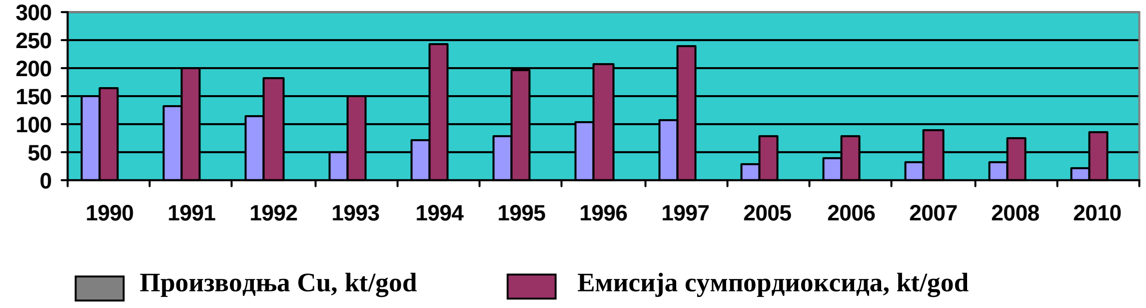
Емисија арсена (As), g/t Cu



Извор: Aurubis AG, 2014, Consolidated Aurubis AG Environmental Statement Hamburg and Lünen Sites, стр. 19

Слика 2.40 Емисије честица прашине (ТРМ), сумпордиоксида (SO_2) и арсена (As) у *Aurubis Hamburg*

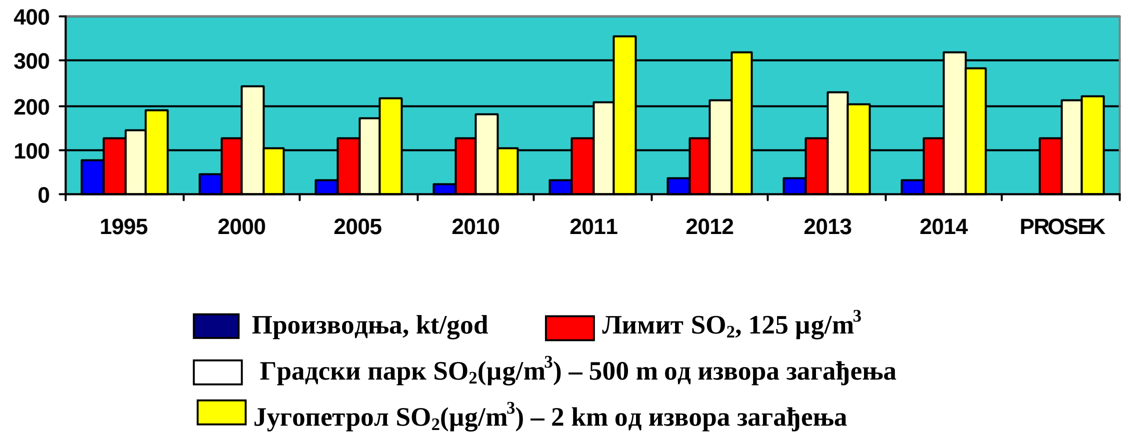
Насупрот Европи и свету, где су под притиском све ригорознијих стандарда ограничења емисије загађења смањиване, у РТБ-Бор емисија сумпордиоксида (SO_2) је на врло високом нивоу, чак и у периодима када је производња катодног бакра значајно опадала (Слика 2.41).



Извор: Приказ аутора на основу података EIA Study, 2010, стр. 4-5

Слика 2.41 Производња бакра и емисија сумпордиоксида (SO_2) у РТБ-Бор

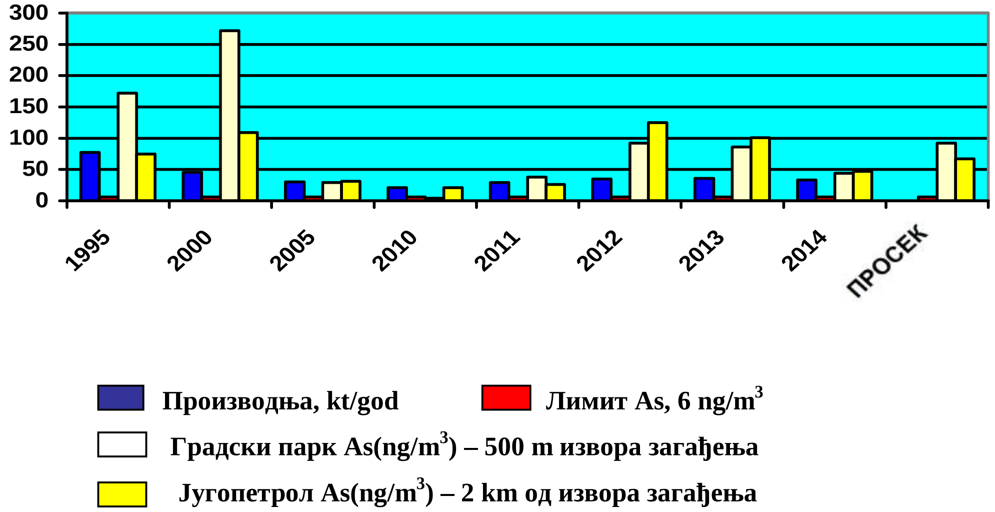
Са Слике 2.41 јасно се види да је, у периоду од 1990-1997.год., неконтролисана емисија сумпордиоксида (SO_2) по годинама (осим 1993.) била преко 150.000 тона (SO_2). У 1994. год. емисија (SO_2) износила је скоро 250.000 тона. У последњих 25 година, просечно искоришћење сумпордиоксида (SO_2) за производњу сумпорне киселине износило је свега око 40%, док је 60% сумпордиоксида (SO_2) емитовано у атмосферу (EIA Study, 2010, стр. 4-5). РТБ-Бор је највећи емитер сумпордиоксида (SO_2) у атмосферу на свету. РТБ-Бор емитује просечно око 2,2 t SO_2 по тони бакра, што је 1,8 пута више од највећих загађивача на свету (Индонезија и Аустралија – 1t SO_2/t Cu – Слика 2.37) и око 52 пута више него у Европи. У годинама санкција емитовано је и до 3,5 t SO_2/t Cu, односно 2,5 - 4,0 t SO_2 по становнику Општине Бор, сваке године.



Извор: Приказ аутора на основу података Института за рударство и металургију Бор (Табеле 2.13, 2.14, 2.15 у овој дисертацији)

Слика 2.42 Концентрације сумпордиоксида (SO_2) на мерним местима Градски парк и Југопетрол

Слика 2.42 приказује концентрације сумпордиоксида (SO_2) на мерним местима Градски парк и Југопетрол. Треба напоменути да је мерно место Градски парк удаљено свега 500 m од извора загађења, док се мерно место Југопетрол налази на 2 km удаљености. Томе доприносе струјања ваздуха и ветрови који дистрибуирају загађење на широком простору око извора загађења. Јасно се види да је концентрација сумпордиоксида (SO_2) током посматраног периода (1995-2014) била већа од дозвољених концентрација, осим у 2000. и 2010. год. када је на мерном месту Југопетрол забележена концентрација мања од дозвољене.



Извор: Приказ аутора на основу података Института за рударство и металургију Бор (Табеле 2.13, 2.14, 2.15 у овој дисертацији)

Слика 2.43 Концентрације арсена (As) на мерним местима Градски парк и Југопетрол

Са Слике 2.43 уочава се да су концентрације арсена (As) у посматраном периоду (1995-2014) биле значајно веће од дозвољених. Нарочито се издвајају концентрације арсена (As) у 2000. год. које су износиле преко 250 ng/m^3.

У Табели 2.12 дате су просечне годишње граничне концентрације загађења у ваздуху у Републици Србији и просечне годишње граничне концентрације загађења у ваздуху по ЕУ Директивама.

Табела 2.12 Просечне дневне граничне концентрације загађења у ваздуху

	PM_{10} µg/m^3	**SO_2** µg/m^3	**Pb** µg/m^3	**Cd** µg/m^3	**Ni** ng/m^3	**As** ng/m^3	**Ag** µg/m^3
Република Србија	20	125	1	10	20	6	1
ЕУ директиве	20	80	5	5	20	6	1

Извор: Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха; EU Directive 1999/30/EC.

Из Табеле 2.12, видимо да је у Републици Србији допуштена већа концентрација сумпордиоксида (SO_2) и кадмијума (Cd), а мања концентрација олова (Pb) у односу на прописане вредности у директивама ЕУ.

Концентрације сумпордиоксида (SO_2) и тешких метала: арсена (As), кадмијума (Cd), олова (Pb), никла (Ni) и живе (Hg) у амбијенталном ваздуху изнад Бора прате се систематски (узорковање и мерење на 15 мин.) свакодневно, почев од 1976. год., у градском и приградском подручју (Градски парк, Институт, Југопетрол, Брезоник - у преовлађујућем правцу ветрова и пружања града северозапад – југоисток). Концентрације кадмијума (Cd), олова (Pb) и никла (Ni) не прелазе дозвољене вредности, али су концентрације сумпордиоксида (SO_2) и арсена (As), најблаже речено, врло забрињавајуће (Слика 2.42 и Слика 2.43). Просечне годишње концентрације сумпордиоксида (SO_2) и тешких метала у ваздуху приказане су у Табелама 2.13, 2.14, и 2.15.

Табела 2.13 Загађење ваздуха - Градски парк (500 m од извора загађења)

Година	**Концентрација PM10, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху**							
	PM10 (μg/m^3)	**SO_2 (μg/m^3)**	**Pb (μg/m^3)**	**Cd (μg/m^3)**	**Mn (μg/m^3)**	**Ni (ng/m^3)**	**As (ng/m^3)**	**Hg (μg/m^3)**
1995.		143	0,01	0,010	0,016	24,1	172	0,01
2000.		243	0,10	0,033	-	-	272	-
2005.		169	0,04	0,002	-	0,02	29,3	-
2009.		56	0,10	0,002	-	-	8,5	0,8
2010.		182	0.10	0.008	-	0.4	4.57	0.18
2011.		207	0.20	0.005	<0.02	<0.1	38.0	0.005
2012.		212	0.45	0.005	-	<0.001	92.3	-
2013		227	0.97	0.012	-	7.0	85.9	-
2014.		321	0.54	0.0085	-	4.0	43.9	-
Лимит	**20**	**125**	**1,0**	**0,010**	**1,0**	**20,0**	**6,0**	**1,0**

Извор: Институт за рударство и металургију, 2015, Концентрација PM_{10}, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху, стр.1; црвено – прекорачене дозвољене концентрације

Табела 2.14 Загађење ваздуха - Институт (1 km од извора загађења)

Година	Концентрација PM_{10}, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху							
	PM_{10} (μg/m^3)	SO_2 (μg/m^3)	Pb (μg/m^3)	Cd (μg/m^3)	Mn (μg/m^3)	Ni (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Hg (μg/m^3)
1990.		111	0,004	-	0,001	nd	-	-
1995.		55	0,78	0,010	0,008	13,8	51,0	0,01
2000.		41	-	0,008	-	-	96,6	-
2005.		49	0,01	0,001	-	-	12,0	-
2009.		157	0,10	0,002	-	-	12,5	0,3
2010.		94	0.10	0.007	-	-	38.2	0.01
2011.		74	0.09	0.003	0.01	<0.06	10.9	0.004
2012.		89	0.20	0.002	-	<0.001	45.4	-
2013	28,1	84	0.31	0.005	-	8.0	33.8	-
2014.	38,4	131	0.36	0.008	-	4.0	50.3	-
Лимит	**20**	**125**	**1,0**	**0,010**	**1,0**	**20,0**	**6,0**	**1,0**

Извор: Институт за рударство и металургију Бор, 2015, Концентрација PM_{10}, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху,стр.2; црвено – прекорачене дозвољене концентрације

Табела 2.15 - Загађење ваздуха - Југопетрол (2 km од извора загађења)

Година	Концентрација PM_{10}, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху							
	PM_{10} (μg/m^3)	SO_2 (μg/m^3)	Pb (μg/m^3)	Cd (μg/m^3)	Mn (μg/m^3)	Ni (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Hg (μg/m^3)
1990.		189	0,013	-	-	-	0,2	-
1995.		188	0,13	0,009	0,016	24,0	75,2	0,004
2000.		103	0,10	0,007	-	-	109	-
2005.		215	0,04	0,003	0,01	3,0	30,7	-
2009.		106	0,10	0,002	-	-	20,6	0,3
2010.		102	0.10	0.005	-	0.0	20.6	0.05
2011.		357	0.20	0.006	<0.05	0.1	26.5	0.007
2012.		320	0.64	0.008	-	<0.001	125.5	-
2013	62,7	204	0.84	0.008	-	110.0	101.0	-
2014.	31,0	282	0.41	0.009	-	3.0	47.2	-
Лимит	**20,0**	**125**	**1,0**	**0,010**	**1,0**	**20,0**	**6,0**	**1,0**

Извор: Институт за рударство и металургију Бор, 2015, Концентрација PM_{10}, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху,стр.3; црвено – прекорачене дозвољене концентрације

Напомена: Свакодневно мерење концентрације суспендованих честица PM_{10} врши се од 2013. год.

У Табелама 2.13, 2.14 и 2.15 уочавамо да су у подручју града, просечне концентрације сумпордиоксида (SO_2) до 2,8 пута веће од граничне, а арсена (As) чак и до 37 пута веће. Концентрације тешких метала: олова (Pb), кадмијума (Cd), мангана (Mn), никла (Ni) и живе (Hg) не прелазе граничне вредности. Европска комисија за заштиту животне средине (*European Environment Agency* - *EEA*) води катастар загађења ваздуха из индустрије. У издању из 2013. године (EMEP/EEA, 2013, Emission Inventory Guidebook, стр.10-13) дате су емисије загађења из примарне производње бакра у Европи, које приказујемо у Табели 2.16.

Табела 2.16 Најновији подаци о емисијама загађења у атмосферу у примарној производњи бакра у Европи

Загађивач	**Емисије загађења**		
	Геометријска средина	**95% вероватноће**	
		Доња вредност	**Горња вредност**
Сумпордиоксид SO_2, (kg/t Cu)	42	18	100
TSP[11], (kg/t Cu)	40	16	100
Честице PM_{10}, (kg/t Cu)	25	8	80
Честице $PM_{2,5}$, (kg/t Cu)	19	6	60
Олово Pb, (g/t Cu)	186	120	290
Кадмијум Cd, (g/t Cu)	17	12	23
Жива Hg, (g/t Cu)	0,033	0,021	0,052
Арсен As, (g/t Cu)	50	35	70
Хром Cr, (g/t Cu)	21	15	29
Бакар Cu, (g/t Cu)	90	30	250
Никл Ni, (g/t Cu)	19	12	29

Извор: EMEP/EEA, 2013, Emission Inventory Guidebook 2.C.7.a Copper Production, стр. 10-13

У Бору нису вршена, нити се данас врше, систематична годишња мерења емисија загађења на излазу из димњака топионичких постројења у атмосферу. Прва таква мерења за емисије сумпордиоксида (SO_2) и честица PM_{10} вршена су у периоду 2005–2010. год. од стране Института за рударство и металургију у Бору.

[11] TSP (*Total Suspended Matter*) – укупно суспендоване честице у ваздуху.

Табела 2.17 Емисије сумпордиоксида (SO_2) и честица PM_{10} у атмосферу у производњи бакра у Бору

Година	Производња катодног бакра (t)	Годишње емисије загађења		Емисије загађења / t Cu	
		SO_2, (t)	PM_{10},(t)	SO_2, (t/t Cu)	PM_{10}, (kg/t Cu)
2005	30.000	77.300	680	2,58	22,7
2006	41.000	80.200	890	1,96	21,7
2007	31.000	89.100	970	2,82	30,7
2008	33.800	75.400	960	2,23	28,4
2010	21.000	84.700	750	4,03	35,7
Год. прос.	**31.360**	**81.340**	**850**	**2,59**	**27,1**

Извор: Институт за рударство и металургију, 2012, План квалитета ваздуха за агломерацију Бор стр. 56-58

Резултати тих мерења, сведени на једну тону произведеног катодног бакра, приказани су у Табели 2.17 (План квалитета ваздуха за агломерацију Бор, 2012). Мерење емисије ˝финих˝ честица $PM_{2,5}$ се још увек не врши због недостатка инструменталне технике. Емисије тешких метала у атмосферу из металургије бакра зависе од ефикасности система контроле загађења и хемијског састава концентрата који се прерађује. Мерење емисија тешких метала на излазу из димњака топионичких постројења, вршена су по први пут 2012-2014. год. од стране Института за рударство и металургију у Бору, једном годишње. Резултати тих мерења, сведени на годишњу емисију по једној тони произведеног катодног бакра, приказани су у Табели 2.18.

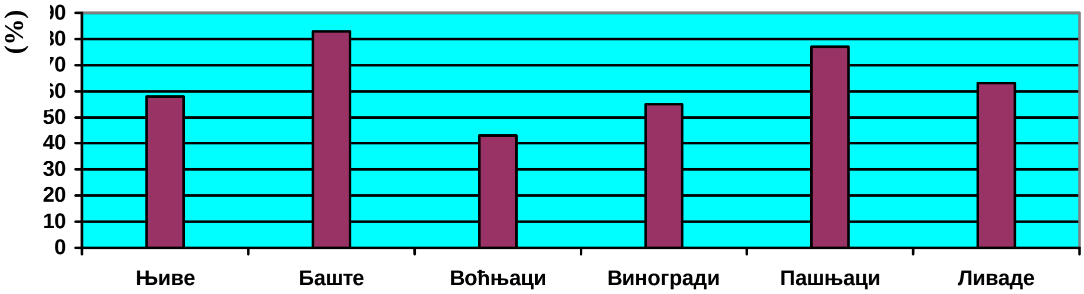
Табела 2.18 Емисије тешких метала у атмосферу из производње бакра у Бору

	04.10.2012.			25.11.2013.			20.08.2014.			Средња годишња вредност		
	g/h	kg/god	g/tCu	g/h	kg/god	g/tCu	g/h	kg/god	g/tCu	g/h	kg/god	g/tCu
Pb	597,3	4.778,4	136,5	1.577,0	12.979	360,5	749,0	5.752,0	173,0	983	7.836,5	225,6
As	175,3	1.402,4	40,1	1570,3	12.924	359,0	217,3	1669,0	50,3	669	5.331,8	153,5
Cd	18,5	148,0	4,2	121,1	996,6	27,7	195,6	1.502,0	45,2	111	882,2	25,4
Ni	3,5	28,0	0,8	17,9	147,3	4,1	50,0	384,3	11,6	23	186,5	5,4
Mn	13,3	106,4	3,0	72,9	600,0	16,7	78,2	600,6	18,1	55	435,7	12,5
Hg	0,016	2,0	0,06	0,6	4,9	0,14	10,7	82,2	2,5	3,7	29,7	0,85

Извор: Резултати мерења Инситута за рударство и металургију Бор

Упоређујући емисије загађења у атмосферу у производњи бакра у РТБ-Бор (Табела 2.18) са просечним емисијама загађења у европским топионицама (Табела 2.16), уочавамо три алармантне чињенице: у Бору је емисија сумпордиоксида (SO_2) већа за око 62 пута; живе (Hg) за око 26 пута и арсена (As) за око 3 пута. Зато Бор с правом називају најзагађенијим градом у Европи. Посебно је забрињавајућа повећана емисија живе и арсена као јаких отрова прве класе, изазивача болести виталних људских органа, укључујући и канцер.

Велике емисије сумпордиоксида (SO_2) и честица прашине у читавом претходном периоду проузроковали су мања или већа оштећења пољопривредног земљишта у свим селима борске општине. Прва и једина до сада истраживања квалитета земљишта спровео је 1997. год. Центар за пољопривредна истраживања из Зајечара. Сводни резултати тих истраживања показују да је највеће оштећење настало закисељавањем земљишта (Слика 2.44). Сва су земљишта кисела (pH<6), при чему је киселост израженија што је локација ближа топионици (Бор, Брестовац, Слатина, Оштрељ - pH<5). Садржај тешких метала у земљишту је испод граничних вредности (EIA Study, 2010).



Извор: Локални акциони еколошки план општине Бор, 2003

Слика 2.44 Ниво загађења наменских пољопривредних површина у Општини Бор у 1997. год.

На подручју рударских и металуршких активности теку Борска и Кривељска река које се спајају и уливају у Тимок. Обе су без флоре и фауне и јако загађене, јер се у њима сливају све воде (површинске и индустријске) без пречишћавања. Воде су киселе и садрже суспендоване честице и тешке метале изнад граничних допуштених вредности. Повремени акциденти у прошлости, који су резултирали отицањем флотацијске јаловине у Борску реку, трајно су уништили више хиљада хектара најплоднијег земљишта у њеном и приобаљу Тимока, све до ушћа у Дунав (Слика 2.45).

Извор: Веб портал града Бора

Слика 2.45 Приобаље Борске реке

Поред утицаја на здравље становништва и екосистем у целини, загађења из производње бакра имају негативан утицај и на принос пољопривредних усева, посебно на њихов квалитет у ланцу исхране (Слика 2.46), као и на многе објекте инфраструктуре због интензивног корозионог дејства сумпордиоксида (SO_2) и производа његове реакције са влагом из ваздуха.

Извор: Локални акциони еколошки план општине Бор, 2003

Слика 2.46 Испаша поред коповског одлагалишта јаловине

Дакле, индустријска загађења из производње бакра у РТБ-Бор угрожавају јавно здравље, воде, земљиште, инфраструктуру и пољопривредне усеве на читавом подручју Општине Бор. Зато је неопходно природни капитал, односно природне ресурсе на подручју Општине Бор одржати у функционалном стању, односно применити адекватне мере заштите природе и спречити даљу деградацију исте (Миленовић, 2000). Загађења у Бору су деценијама вишеструко већа него на већини других места у свету где се одвија производња бакра. Висока загађења из производње бакра у РТБ-Бор су последица застареле технологије топљења концентрата бакра. Управо, нова технологија топљења треба драстично да смањи загађење и исто сведе у оквире допуштених светских и домаћих стандарда.

2.3.2 Утицај загађења из производње бакра на здравље људи

Загађивачи ваздуха из производње бакра и њихов утицај на здравље људи приказани су у Табели 2.19. Од укупних екстерних трошкова изазваних аерозагађењем, највећи део односи се на трошкове негативних последица по здравље становништва које је изложено ризику.

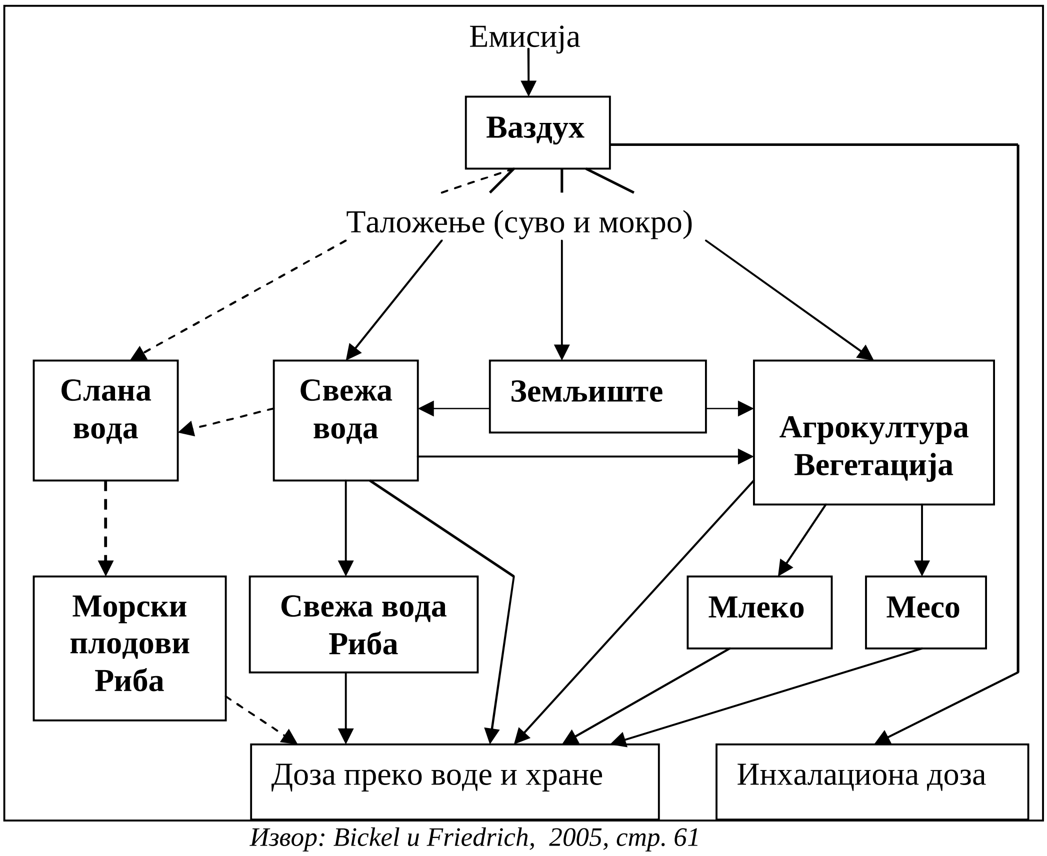
Табела 2.19 Загађивачи ваздуха из производње бакра и њихов утицај на здравље људи

Примарни загађивачи	**Секундарни загађивачи**	**Утицај на здравље**
Суспендоване честице (PM_{10}, $PM_{2,5}$)		- Морталитет - Кардио-плућни морбидитет (церебо-васкуларне хоспитализације, хронични бронхитис, хронични кашаљ код деце, респираторни симптоми доњих дисајних органа, кашаљ код асматичара)
Сумпордиоксид (SO_2)		- Морталитет - Кардио-плућни морбидитет (хоспитализација, консултације лекара, астма, боловање, ограничена активност)
Сумпордиоксид (SO_2)	Сулфати	Као честице
Арсен (As), Кадмијум (Cd) и Никл (Ni)		- Канцер - Други морбидитети
Жива (Hg) и Олово (Pb)		- Морбидитет (неуротоксични)

Извор: Bickel и Friedrich, 2005, стр. 75

На Слици 2.47 дат је „Глобални светски модел“ токова аерозагађења до организма човека (Bickel и Friedrich, 2005, стр. 61). Људски организам на угроженом подручју бива изложен инхалационој дози загађења преко респираторних органа и дозама загађења преко хране и воде. У прилог овоме су и вишегодишња истраживања - 13 година, о утицају загађења из оближње две топионице бакра на загађеност језерских вода и присуство тешких метала не само у води, већ и у читавом живом свету у језерској води (рибе ,шкољке итд.). Ова истраживања показала су контрадикторност да иако се дешавало да концентрација тешких метала у језерској води опада током времене, њихово учешће у живом свету (рибе и шкољке) расте. Према томе, ризик за опстанак живог света у води је већи упркос смањеној концентрацији тешких метала у посматраном периоду (Parceval и др., 2006; Croteau и др., 2002).

Далеко највећи део истраживања до данас посвећен је утицају инхалационе дозе аерозагађења на људско здравље. Истовремено, то је и највећи и најпрецизнији део мерења екстерних трошкова. У трошковима нарушеног здравља становништва, највећи део чине трошкови преурањене смртности услед суспендованих честица, а потом следи хронични бронхитис због честица прашине и сумпордиоксида (SO_2) (Bickel и Friedrich 2005).



Извор: Bickel и Friedrich, 2005, стр. 61

Слика 2.47 Токови загађења из ваздуха до организма човека

У оквиру истраживачког програма *CAFÉ (Clean Air For Europe)*, финансираног од Европске комисије, детаљно је дефинисана методологија[12] (Hurley и др., 2005) која се у Европи користи за процену и квантификацију утицаја чврстих честица $PM_{2,5}$ и PM_{10} из ваздуха на здравље и анализу трошкова и користи. Ова методологија следи методологију „Пута утицаја“ *(Impact Pathway Approach- IPA)* из пројекта *ExternE - Externalities of Energy, Methodology 2005 Update* (Bickel и Friedrich, 2005), Европске комисије *(European Commission)* за квантификовање екстерналија у енергетском сектору.

Студија *Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact Assessment* укључује резултате из студија *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution* и *Health effects of particulate matter* Светске здравствене организације - регионални центар за Европу *(WHO - Regional Office for Europe*) (Amann и др., 2006), која је управо спроведена за потребе *CAFÉ* програма. У наставку, из ове студије и неких темељних изворних публикација дају се нумерички подаци за процену ризика по здравље, који су основа за монетарну процену екстерних трошкова мтодологијом *ExternE.*

Честице PM_{10} и $PM_{2,5}$ представљају велики ризик по људско здравље и узрочници су на десетине хиљада преурањених смрти у Европи. Сва истраживања која су коришћења у студији *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution* заснована су углавном на годишњем просеку концентрације PM_{10} и $PM_{2,5}$ (дугорочно излагање загађењу), а мањи број на краткотрајном излагању загађењу. Она су показала да је концентрација PM_{10} и $PM_{2,5}$ снажно повезана са морталитетом и другим здравственим последицама, широког спектра акутних и хроничних ефеката. Сви ефекти су релевантни за процену утицаја на здравље, али је преурањени морталитет (смртност) изабран као суштински за процену утицаја на здравље. Ово због тога, што се такав исход обавезно региструје у свим земљама, тако да су база података и изведени закључци врло поуздани. Преурањена смртност је смртност особа чији је животни век краћи од статистичког животног века посматране популације у ризику.

Анализа преурањеног морталитета почива на временски дугим серијама истраживања (15, 20 и више година) и укључује све узроке преурањене смртности због

[12]*Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFÉ: Volume 2: Health Impact Assessmen*

дуготрајног излагања загађењу (канцер, кардиоваскуларне болести, хронични бронхитис и др.). Насупрот томе, због других здравствених ефеката (лакши респираторни симптоми, лакши облици астме, кашаљ) особе могу да затраже помоћ лекара, али и не морају.

Осетљиве групе су особе са већ присутним плућним и срчаним болестима, старије особе и деца код којих се одвија неправилан развој плућа. Не постоји доказ о доњем безбедном прагу концентрације, тако да се и најмање концентрације сматрају штетним по здравље. У досадашњим истраживањима нема довољно доказа који би показали разлику у ефектима честица различитог хемијског састава (честица из различитих извора).

Процењује се да се око 3% кардиопулмоналних болести и око 5% карцинома плућа у свету може приписати честицама PM_{10}. У различитим регионима Европе, ови проценти се крећу од 1-3%, до 2-5% (Cohen и др., 2004, стр. 1353–1433). Процењује се да је од загађења ваздуха честицама $PM_{2,5}$ у 2010. год. у свету било око 3,1 милион преурањених смрти и око 3,1% од свих инвалидитета (Lim и др., 2012 стр. 2224 -2260). Постоје докази у више студија да чак и краткотрајно смањење загађења (8-13 месеци) након дуготрајног излагања честицама $PM_{2,5}$ и PM_{10} релативно брзо (већ после једне године) резултира смањењем последица по здравље угроженог становништва.

Проблем загађења ваздуха је нарочито изражен у индустријским зонама, посебно у зонама производње обојених метала са акцентом учешћа сумпордиоксида у укупним загађујућим материјама (Pereira и др., 2007).

Непланирани прекид рада, због штрајка једне топионице бакра (1967-1968) у трајању од око 8 месеци и једне железаре (1986-1987) у трајању од 13 месеца у САД-у, резултирали су смањењем концентрације сумпордиоксида за око 60% и честица PM_{10} за око 50%. У региону топионице бакра, то је довело до смањења смртности за 2,5% (Pope и др., 2007). У региону железаре, смртност је смањена за 3,2%, број хоспитализација деце био је три пута мањи, а број хоспитализација од астме и бронхитиса преполовљен (Pope, 1989, стр. 623–628). Ови и бројни други резултати недвосмислено показују да смањење аерозагађења увек резултира смањењем негативних ефеката по здравље, а тиме и смањењем екстерних трошкова.

Као квантитативни параметар у функцији *Concentration – Response Functions (CRF)*: концентрација загађења – функција одговора (очекиване последице: преурањени морталитет, морбидитет или други здравствени ефекти) којим се исказује утицај на здравље, прихваћен је **релативни ризик (**релативна вероватноћа) - **RR** (Amann и др., 2006).

Табела 2.20 Релативни ризик морталитета и морбидитета код изложености становништва загађењу честицама прашине PM_{10} и $PM_{2,5}$

Здравствени исход	**Релативни ризик (RR)**	**Референце**
Преурањени морта-литет одраслих	0,6% по 10 µg/m^3 PM_{10} просечног годишњег аерозагађења за особе свих узраста	Pope и др., 2002, стр. 1132–1141
Морталитет одојчади	4% по 10 µg/m^3 PM_{10} просечног годишњег аерозагађења	Woodruff и др., 1997, стр. 608–612
Хроничне болести респираторног система	нови случајеви хроничног бронхитиса на 100.000 одраслих особа старости 27 и више година = 26,5 по 10 µg/m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, 2006, стр. 80
Акутно излагање аерозагађењу- Хоспитализације срца	хитне кардиолошке хоспитализације на 100.000 особа = 4,34 po 10 µg/m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 81
Респираторне хоспитализације за особе старости 65 и више година	хитне респираторне хоспитализације на 100.000 особа = 7,03 по 10 µg/m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 81
Губитак радних дана због кревет-инвалидности	907 активних дана на 1.000 одраслих од 15-64 год. по 10 µg/m^3 $PM_{2,5}$ просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 82; Ostro и Rothschild, 1989, стр. 238–247
Губитак активних радних дана	577 радних дана на 1.000 одраслих од 18-64 год. по 10 µg/m^3 $PM_{2,5}$ просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 82; Ostro и Rothschild, 1989, стр. 238–247
Мање ограничење радне активности	207 радних дана на 1.000 одраслих од 18-64 год. по 10 µg/m^3 $PM_{2,5}$ просечне годишње концентрације	
Астма код деце	180 нових случајева астме на 1.000 деце узраста 5-14 год. по10 µg/m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 83
Астма код одраслих	912 нових случајева астме на 1.000 одраслих старости преко 20 и више година по10 µg /m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 83
Респираторни симптоми доњих органа укључујући и кашаљ код деце	1,86 симптом-дана по детету старости 5-14 година по10 µg/m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 83
Респираторни симптоми доњих органа укључујући и кашаљ код одраслих	1,30 симптом-дана по одраслој особи са хроничним респираторним симптомима, по 10 µg/m^3 PM_{10} просечне годишње концентрације	Amann и др., 2006, стр. 83

Извор: Приказ аутора на основу података из референци наведених у Табели

У Табели 2.20 дат је релативни ризик морталитета и морбидитета код изложености становништва загађењу честицама прашине PM_{10} и $PM_{2,5}$. Подаци дати у Табели 2.20 потичу из вишегодишњих истраживачких студија у САД-у и Европи, који су основа за монетарну процену екстерних трошкова методологијом *ExternE*. Релативни ризик се исказује очекиваним (процењеним) новим годишњим здравственим исходима (% повећања преурањених смртних исхода, број повећања хоспитализација, број повећања неактивних дана итд.) по 10 $\mu g/m^3$ просечне годишње концентрације честица прашине PM_x, без доњег прага концентрације, јер су бројне студије показале да и најмање концентрације загађења имају утицај на здравље (пример: 0,6% нових преурањених смртних исхода годишње особа свих узраста ро 10 $\mu g/m^3$ просечног годишњег аерозагађења PM_{10}). Примера ради, ако је број преурањених смртних исхода у дотичној години био 250 на 100.000 особа из ризичне популације, онда број таквих исхода који су последица загађења износи: 250 x 0,006 = 1,5 особа по 10 $\mu g/m^3$ PM_{10} на 100.000 особа.

Раздвајање улоге честица прашине PM_{10} и сумпордиоксида (SO_2) је за сада још увек проблематично, будући да се на највећем броју извора загађења јављају заједно. За сада ту нису помогле ни епидемиолошке студије у лабораторији на експерименталним животињама, јер још нема убедљивих доказа. У софтверу *EcoSenseWeb* према методологији *Externe* за процену екстерних трошкова утицај сумпордиоксида (SO_2) се валоризује преко секундарних загађивача (сулфатних аеросола), који настају реакцијом сумпордиоксида (SO_2) са влагом из ваздуха, а софтвер их препознаје као честице PM_{10} и $PM_{2,5}$. У зависности од врсте извора, учешће сулфатних аеросола у укупној масии честица PM је значајно и износи 20-30% у PM_{10} и 30-40% у $PM_{2,5}$ (Bickel и Friedrich, 2005).

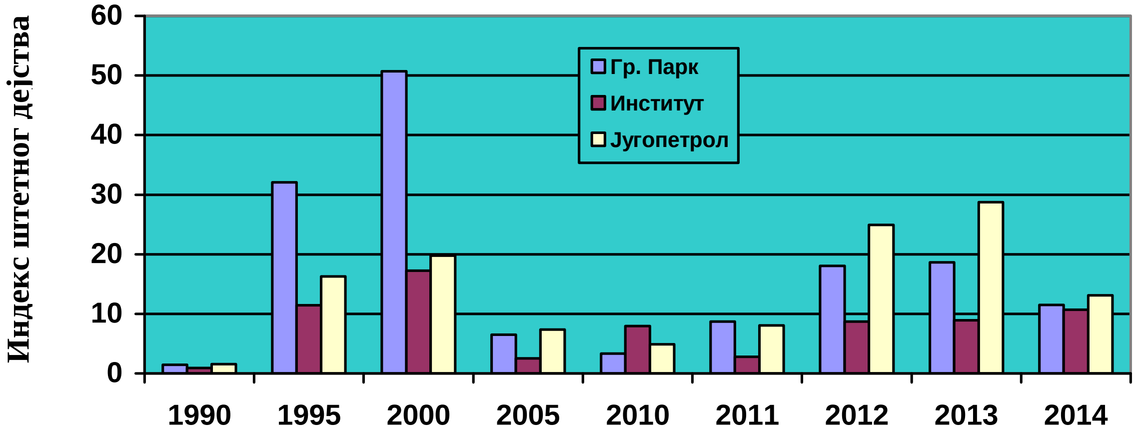
Тешки метали: арсен (As), кадмијум (Cd), никл (Ni), олово (Pb) и жива (Hg) изазивају озбиљне здравствене последице, али се за сада само могу квантифицирати тумори које изазивају: арсен (As), кадмијум (Cd) и никл (Ni) и неуротоксични утицај олова (Pb). Садашња знања указују да су арсен (As), олово (Pb) и жива (Hg) токсични преко инхалације и преко хране, а кадмијум (Cd) и никл (Ni) само преко инхалације. Утицаји доза преко хране су, реда величине, два пута већи од утицаја инхалационе дозе (Bickel и Friedrich, 2005). За Републику Србију нисмо пронашли ниједно научно програмирано вишегодишње епидемиолошко истраживање утицаја аерозагађења на људско здравље, па наравно, ни за утицај загађења из производње бакра. Објављени радови из ове области у Србији, у које смо имали увид, анализирају повећано аерозагађење, али ни у једном нема квантитативних података о повећаном ризику по јавно здравље, већ само уопштених закључака о повећаном негативном утицају на здравље. Будући да производња бакра емитује у ваздух више загађујућих материја, присутан је адитивни тип њиховог штетног деловања. Код адитивног дејства, укупна штетност мешавине различитих штетних материја једнака је збиру штетног дејства појединих компоненти. У домаћој медицинској литератури, оцена кумулативног штетног дејства загађеног ваздуха на јавно здравље врши се помоћу Индекса штетног дејства $I_{šd}$ који се одређује по формули (Миков и др., 2009, стр. 15-20):

$$I_{šd} = C_1/C_{1L} + C_2/C_{2L} + C_3/C_{3L} + \ldots\ldots + Cn/C_{nL} \quad (2.1)$$

где је: C_1, C_2, ... C_n – концентрације штетних материја у ваздуху

C_{1L}, C_{2L}, C_{3L}.... C_{nL} – лимит – дозвољене концентрације у ваздуху.

Да би ваздух био безбедан по здравље, индекс штетног дејства треба да буде мањи од јединице ($I_{šd}$ < 1,0). На Слици 2.48 приказан је индекс штетног дејства загађеног ваздуха у Бору за период 1990-2014. год., по подацима из Табеле 2.13, 2.14 и 2.15. У укупном индексу штетног дејства, арсен учествује са 80-90%, а сумпордиоксид са 10-15%. Дакле, иако сумпордиоксид испољава највеће физичке непријатности, по индексу штетног дејства рекло би се да највећу опасност по здравље становника Бора и околине представља арсен. Међутим, то не потврђују екстерни трошкови одређени методологијом *ExternE - EcoSenseWeb* (поглавље 6.2). Највећа опасност проистиче од сумпордиоксида (SO_2) и честица $PM_{2,5}$. На бази овога можемо једино да закључимо да индекс штетног дејства загађеног ваздуха није најбоље квантитативно мерило штетног утицаја аерозагађења на јавно здравље.



Извор: Приказ аутора на основу вредности добијених по једначини 2.1 на основу података из Табела 2.13, 2.14 и 2.15

Слика 2.48 Индекс штетног дејства загађења ваздуха у Бору

У 1990. год., РТБ-Бор је остварио највећу производњу у својој историји (151,4 kt *Cu*), а индекс штетног дејства аерозагађења је био готово идеалан (око 1,4, незнатно већи од 1 што се сматра идеалним - Слика 2.48). Након тога, производња је убрзано опала, да би у 2000. год. износила свега 45,6 kt *Cu*, а загађење драстично порасло (индекс штетног дејства аерозагађења око 51). Дакле, за 10 година производња је опала за 3,3 пута, а загађење повећано чак за невероватних 35 пута.

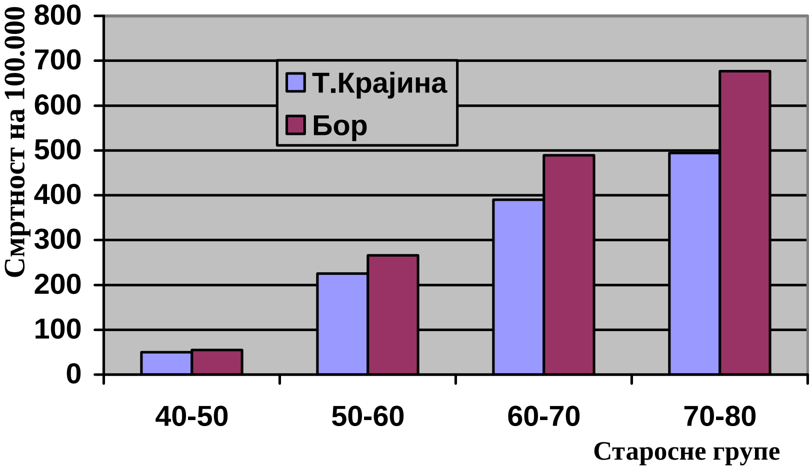
Амбијентално загађење ваздуха у Бору је до сада једино систематски (дневно) праћено, што због законских обавеза, што због притиска јавности, будући да оно најдиректније и највидљивије ствара свакодневне непријатности и утиче на људско здравље. Међутим, колико то загађење утиче на здравље становника Бора и околине је питање на које још увек нема научно и стручно утемељеног одговора. Иако је у протеклих 25 година загађење било вишеструко веће од допуштеног, а посебно од сличних загађења у свету, ниједна научна или друга институција у Републици Србији, а ни РТБ-Бор, нису нашли за сходно да програмирају и финансирају одговарајућа епидемиолошка истраживања ради давања одговора на то питање. Недостатак пара, што је уобичајен одговор у таквим и сличним ситуацијама не може бити одговор, а посебно не оправдање.

Прве објављене непотпуне информације о здрављу становништва у борској општини и његовој повезаности са аерозагађењем из производње бакра појављују се 2003. год, у Локалном еколошком акционом плану Бора (ЛЕАП)[13].Ова анализа је показала да је „садржај олова и арсена у крви и мокраћи код деце у Бору знатно већи него код деце у селу Злот, које је изван домета топионичког дима“ (Локални еколошки акциони план, 2003, стр. 13).

Садржај арсена у мокраћи радника топионице је за 195% већи него код становника села Злот, а садржај олова у крви већи за 80%. Око 80% радника је имало просечно по два хронична обољења. Просечан радни стаж инвалида рада и инвалидских пензионера РТБ-а износи свега око 16 година. Арсен је канцерогени елемент, те је посматрана смртност од карцинома код људи старијих од 40 година у Бору и Тимочкој крајини (Слика 2.49). Смртност у Бору је значајно већа и расте са

[13] Локални еколошки акциони план Бора је документ који су на обележавање стогодишњице рударења у Бору покренули Еколошки клуб младих истраживача Бора, канцеларија Уједињених нација за животну средину у Србији (United Nations Environment Programme - UNEP) и канцеларија Уједињених нација за пројектне услуге (United Nations Office for Project Services - UNOPS).

растом старосне групе од 1,1 – 1,37, што се оправдано доводи у везу са присуством канцерогених елемената у аерозагађењу.



Извор: Приказ аутора на основу података из Локалног еколошког акционод плана, Бор, 2003.

Слика 2.49 Смртност од карцинома у Тимочкој крајини и Бору 2002. год.

За потребе ове дисертације анализирали смо статистичку медицинску документацију о здравственом стању становништва Општине Бор и Борског управног округа за период 2006-2008. год., коју нам је уступио Завод за јавно здравље „Тимок“ у Зајечару. Нажалост, у овој анализи није могао бити посебно издвојен утицај загађења из производње бакра, јер статистичка евиденција то не пружа. Да би то било могуће, статистичка евиденција мора да се води на одговарајући начин. Примера ради, код евиденција смртности треба да регистровати број нових смртних исхода у свакој години и у њему број нових преурањених смртних исхода који су последица загађења. На исти начин би требало пратити и појаву нових случајева морбидитета.

Други велики недостатак статистичке документације коју смо користили је тај да она не региструје број болесних особа које су се обратиле за помоћ лекару или лежале у болници, већ региструје број посета лекару или број примљених на болничко лечење (једна иста особа је могла више пута годишње да се јави за помоћ лекару или да више пута борави на болничком лечењу). Пажња у анализи документације усмерена је на морбидитет и морталитет од болести које, према литературним подацима из света, треба очекивати у повећаном броју у Бору, у поређењу са просеком Борског округа. У мери у којој су нам то омогућавали подаци, анализа је извршена по старосним групама становништва (школска деца од 7-19 година; радно-способно становништво од 20-60 година и стари преко 60 година), будући да је утврђено да се последице загађења различито манифестују на различите старосне групе становништва. Резултати анализе приказани су у Табелама 2.21 и 2.22.

Табела 2.21 Болничко лечење становништва у Општини Бор и Борском округу у периоду 2006-2008. год.

Старосна група	**Врста болести**	**Број случајева на 1.000 становника**		**Бор/Борски округ**
		Бор	**Борски округ**	
Ученици	Респираторне болести	8,0	7,1	1,13
Радно-способно становништво	Респираторне болести	8,2	4,7	1,74
	Кардиоваскуларне болести	16,0	11,6	1,38
	Тумори и малигне болести	10,6	8,5	1,25
Старо становништво	Респираторне болести	41,0	25,8	1,59
	Кардиоваскуларне болести	78,7	63,7	1,24
	Тумори и малигне болести	41,0	25,8	1,59

Извор: Приказ аутора на основу података из: Завод за јавно здравље „Тимок“ , 2009, *Анализа рада здравствених установа, коришћење здравствене заштите и здравствено стање становништва округа Бор и округа Зајечар у 2006., 2007. и 2008. год., стр. 310 - 312; 320 - 322; 330- 332*

Увидом у Табелу 2.21 закључујемо следеће:

- већ код школске деце, за 19 година изложености загађењу, последице по здравље су значајне. Број хоспитализација школске деце у болници, по основу репираторних обољења у Бору је за 13% већи од просека у борском округу;

- са повећањем година живота, изложеност загађењу се продужава и последице по здравље увећавају. Код радно–способног становништва у Бору, у односу на просек у Борском округу, број хоспитализованих од болести система крвотока је већи за 38%, система за дисање за 60% и тумора и малигних болести за 25%;

- код старог становништва у Бору број хоспитализација у болници, у односу на просек Борског управног округа, је знатно већи: кардиоваскуларне болести за 24%, болести респираторних органа за 31% и тумори и малигне болести за 59%.

Последице систематског обољевања током живота одражавају се и на морталитет, посебно од најтежих болести, тумора и малигних обољења. Приказ ових података дат је у Табели 2.22.

Табела 2.22 Узроци смрти становништва у Општини Бор и Борском округу у периоду 2006-2008. год.

Старосна група	Врста болести као узрок смрти	Број случајева на 1.000 становника		Бор/Борски округ
		Бор	Борски округ	
Укупно становништво	Тумори и малигне болести	2,6	2,32	1,13
Радно-способно становништво	Злоћудни тумори	1,4	1,2	1,17
Старо становништво	Злоћудни тумори	9,8	7,4	1,32

Извор: Приказ аутора на основу података из: Завод за јавно здравље „Тимок“, 2009*, Анализа рада здравствених установа, коришћење здравствене заштите и здравствено стање становништва округа Бор и округа Зајечар у 2006., 2007. и 2008. год., стр. 378- 379.*

У Табели 2.22 јасно се види да је смртност становника Општине Бор од тумора и малигних болести за 13% већа од смртности становника Борског управног округа. Код радно-способног становништва, смртност од злоћудних тумора у Општини Бор је за 17% већа него у Борском управном округу. Код старих, смртност од злоћудних тумора у Општини Бор је за 32% већа него у Борском управном округу. Имајући у виду резултате бројних систематских епидемиолошких студија утицаја аерозагађења на здравље у Европи и САД-у, значајно већи морбидитет и морталитет у Општини Бор у односу на просек Борског управног округа оправдано се може приписати великом и вишедеценијском аерозагађењу из металургије бакра.

Радећи ову анализу, уочено је да статистичка евиденција о јавном здрављу није примерена потребама објективног праћења утицаја загађења из производње бакра на здравље становништва Бора и околине. Институт за рударство и металургију у Бору још од 1977. год. свакодневно мери концентрације загађења ваздуха. Институције надлежне за вођење медицинске статистике нису на адекватан начин евидентирале појаву нових случајева референтних обољења са додатним лабораторијским анализама присуства тешких метала у организму, већ само укупан број случајева. Из тог разлога, на овом нивоу анализе, није могуће успоставити валиднију корелацију између аерозагађења и последица по здравље становништва у борској општини.

Разлози за то су вероватно вишеструки (неупућеност, немарност, несхватање важности значаја вођења свеобухватније евиденције итд). Међутим, без улажења у даљу анализу разлога за овакво стање, може се навести можда један од најбитнијих, а то је: да је РТБ-Бор био принуђен да плати накнаде за загађење онда би он био економски мотивисан за истраживања стварних негативних последица загађења по здравље људи. Истовремено, био би мотивисан да улаже више у контролу и смањење загађења. Тога није било и зато имамо овакве резултате које смо констатовали у овом поглављу.

2.4 НОВА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКА РЕШЕЊА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА АЕРОЗАГАЂЕЊЕ У БОРУ

Нова технологија за топљење концентрата бакра у РТБ-Бор је делимично инсталирана и пуштена је у рад крајем децембра 2015. год. Међутим, ни до данас нису завршени сви, за нову технологију, важни пратећи објекти (флотација шљаке и постројење за пречишћавање отпадних вода). Без ових објеката нова пећ за топљење концентрата бакра не може да оствари пројектована искоришћења бакра и пројектоване мале емисије загађења. Ово због тога што недостатак постројења за флотацију шљаке условљава њену прераду старом технологијом, која знатно повећава емисије аерозагађења.

Пројектовани капацитет нове технологије је 400.000 t концентрата са 20,8% бакра, што треба годишње да обезбеди 80.000 t катодног бакра. У односу на стару, нова технологија треба да обезбеди следећа технолошка побољшања (EIA Study, 2010):

- повећање искоришћења бакра и племенитих метала (злато, сребро, платина) из концентрата са 92–93% на 98%;

- повећање искоришћења сумпордиоксида (SO_2) у сумпорну киселину са 40% на преко 98%;

- смањење производних трошкова топљења концентрата за 26%;

-˝драстично˝ смањење емисија сумпордиоксида, суспендованих честица и тешких метала у атмосферу до испод граничних нивоа емисија дефинисаних прописима Републике Србије и

- вишеструко смањење емисија загађења у отпадним водама до испод граничних нивоа емисија дефинисаних прописима Републике Србије за IV класу вода.

У пројектима нове технологије, пројектована је и квантифицирана само емисија сумпордиоксида SO_2 од 28,4 kg/t Cu (EIA Study, 2010). То, у односу на емисију од 2.600 kg/t Cu у старој технологији, заиста представља ˝драстично˝ смањење за 91,5 пута. Када су у питању емисије честица прашине и тешких метала, сматра се да ће њихове концентрације бити испод граничних вредности дефинисаних прописима Републике Србије (EIA Study, 2010).

2.5 ПОРЕЂЕЊЕ НИВОА ЗАГАЂЕЊА ПОСТОЈЕЋЕ И НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА У РТБ-БОР

За постојећу, стару технологију топљења концентрата бакра, екстерни трошкови биће процењени на бази стварних података о загађењу, изведених као просек вишегодишњих мерења аерозагађења, и производње бакра остварене у 2014. години (Q_{2014} =32,5 kt). Имајући у виду да је у пројектима нове технологије топљења концентрата у Бору пројектована и квантифицирана само емисија сумпордиоксида SO_2 од 28,4 kg/t Cu, а за остале загађиваче дата гаранција да ће концентрације бити испод граничних вредности дефинисаних прописима Републике Србије, емисије ових загађења биће познате тек кад се заврше сва недостајућа пратећа постројења и нова технологија проради устаљеним пројектованим капацитетом, најмање годину дана.

Да бисмо, ипак, проценили очекиване позитивне ефекте нове технологије у смањењу емисија загађења, у поређењу са емисијама загађења из старе технологије, послужићемо се подацима из европских топионица (Табела 2.16). Те емисије су дате у Табели 2.23 упоредо са емисијама из старе технологије и очекиваним емисијама из нове технологије у РТБ-Бор, по различитим Сценаријима. Емисије загађења дате су по једној тони произведеног катодног бакра ради једноставнијег упоређивања технологија по емисијама загађења.

У Табели 2.23 вредност за TSP, (kg/t Cu) израчуната је из односа PM_{10}/TSP = 0,6 или $PM_{2,5}$/TSP = 0,4 што је учињено по препоруци аутора *Externe - EcoSenseWeb V 1.3* (кад се не располаже измереном вредности $PM_{2,5}$). Вредност за сумпордиоксид SO_2 од 28,4 SO_2, (kg/t Cu) је пројектована вредност емисије у новој технологији (EIA Study, 2010).

Табела 2.23 Емисије загађења у старој технологији, очекиване емисије загађења у новој технологији у РТБ-Бор и емисије загађења у европским топионицама

Загађивач	**Емисије загађења**				
	Стара технологија **Сценарио 0**	Очекиване емисије у новој технологији 0,67 x **Сц 2** +0,33 x **Сц 3** **Сценарио 1**	Европске топионице		
			Геометријска средина **Сценарио 2**	95% вероватноће	
				Доња вредност (најбоља пракса) **Сценарио 3**	Горња вредност (најлошија пракса) **Сценарио 4**
Сумпордиоксид SO_2, (kg/t Cu)	2.600	28,4	42	18	100
Укупно честице TSP, (kg/t Cu)	45,1*	32,1	40	16	100
Честице PM_{10}, (kg/t Cu)	27,1	19,4	25	8	80
Честице PM $_{2,5}$, (kg/tCu)	18*	14,7	19	6	60
Олово Pb, (g/t Cu)	225,6	164,2	186	120	290
Кадмијум Cd, (g/t Cu)	25,4	15,3	17	12	23
Жива Hg, (g/t Cu)	0,85	0,029	0,033	0,021	0,052
Арсен As, (g/t Cu)	153,5	45	50	35	70
Хром Cr, (g/t Cu)	-	19	21	15	29
Бакар Cu, (g/t Cu)	-	70	90	30	250
Никл Ni, (g/t Cu)	5,4	17	19	12	29

Извор: Прорачун аутора на основу података из Табела 2.16, 2.17 и 2.18

Нова технологија топљења концентрата бакра, судећи према ономе што пише у пројектима, представља задњи домет развоја *Outokumpu Flash* технологије. То је, свакако, велика гаранција за свођење загађења на ниске емисије, али не и довољна. Поштовање пројектованих процедура у вођењу технолошког процеса имаће једнако важну улогу за ниво емисија загађења. Нова технологија захтева и „нове“ кључне руководиоце технолошког процеса, неоптерећене начином рада у вођењу процеса у старој технологији.

С обзиром на ове чињенице, приказаћемо годишње емисије загађења и прорачунати еколошке екстерне трошкове за пет Сценарија (Табела 2.24):

Табела 2.24 Годишње емисије загађења у старој технологији, очекиване емисије загађења у новој технологији у РТБ-Бор и емисије загађења у европским топионицама

Загађивач	**Годишње емисије загађења, (t/год.)**				
		Очекиване емисије у новој технологији	Емисије загађења из европских топионица		
				95% вероватноће	
	Стара технологија **Сценарио 0** Q_{2014} =32.500 t Cu	0,67 x **Сц 2** +0,33 x **Сц 3** **Сценарио 1** Q = 80.000 t Cu	Геометријска средина **Сценарио 2** Q = 80.000 t Cu	Доња вредност (најбоља пракса) **Сценарио 3** Q = 80.000 t Cu	Горња вредност (најлошија пракса) **Сценарио 4** Q = 80.000 t Cu
Сумпордиоксид, SO_2	84.500	2.272	3.360	1.440	8.000
Укупно честице TSP	1.465,75	2.568	3.200	1.280	8.000
Честице PM10	880,75	1.552	2.000	640	6.400
Честице PM2,5	585,0	1.176	1.520	480	4.800
Олово, Pb	7,332	13,136	14,880	9,600	23,200
Кадмијум, Cd	0,8255	1,224	1,360	0,960	1,840
Жива, Hg	0,027625	0,00232	0,00264	0,00168	0,00416
Арсен, As	4,98875	3,6	4,000	2,800	5,600
Никл, Ni	0,1755	1,36	1,520	0,960	2,320

Извор: Приказ аутора на основу података из Табеле 2.23

У Табели 2.24 у колонама Сценарија 2, 3 и 4 даје се хипотетички прорачун емисије загађења у новој технологији, под претпоставком да нова технологија остварује емисије загађења на нивоу емисија европских топионица (европска пракса).

Сценарио 0 – Емисије загађења из старе, постојеће технологије производње бакра у РТБ-Бор;

Сценарио 1 – Очекиване емисије загађења из нове технологије производње бакра у РТБ-Бор;

Сценарио 2 –Хипотетички сценарио по коме би нова технологија остварила емисије загађења на нивоу геометријске средине емитованих загађења у европским топионицама бакра;

Сценарио 3 - Хипотетички сценарио по коме би нова технологија остварила емисије загађења на нивоу најнижих вредности емисија загађења у европским топионицама бакра (најбоља европска пракса);

Сценарио 4 - Хипотетички сценарио по коме би нова технологија остварила емисије загађења на нивоу највећих вредности емисија загађења у европским топионицама бакра (најлошија европска пракса).

Без обзира на поменуте неизвесности, треба очекивати да нова технологија оствари емисије загађења које се крећу између **Сценарија 3** (најбоља европска пракса) и **Сценарија 2** (вредности геометријске средине европске праксе). Већа је вероватноћа да, барем у првим годинама рада док се уходава и стабилизује технолошки процес и радници потпуно овладају новом технологијом, емисије буду ближе емисијама из **Сценарија 2**.

Овакво очекивање сматра се реалним на основу остварених аерозагађења која су пратила уходавање, а касније и рад већине топионица са истом или сличном технологијом у Европи и свету. Од 29 активних топионица бакра у Европи, свега неколико њих има емисије загађења на нивоу најбоље европске праксе, а већина има емисије загађења на нивоу или испод геометријске средине емисија из европских топионица (EMEP/EEA, 2013, Emission Inventory Guidebook, стр. 3-17).

Имајући у виду ове чињенице, сматрамо реалном претпоставку да је вероватноћа да емисије загађења у новој технологији буду ближе **Сценарију 2** двоструко већа од вероватноће да буду ближе **Сценарију 3.** Полазећи од такве претпоставке, очекиване вредности емисија аерозагађења у новој технологији (**Сценарио 1 -** Табела 2.23) израчунате су као пондерисана средина емисија **Сценарија 2** и **3** ($E_{СЦ\ 1} = E_{СЦ\ 2}$ x 0,67 + $E_{СЦ\ 3}$ x 0,33, где је 0, 67 - вероватноћа да се остваре емисије загађења из **Сценарија 2**, а

0,33 - вероватноћа да се остваре емисије загађења из **Сценарија 3**). Коначно, у прилог претпоставке о очекиваним емисијама загађења у новој технологији иде и гаранција пројектаната и испоручилаца опреме нове технологије да ће емисије аерозагађења бити испод граничних вредности дефинисаних важећим прописима Републике Србије, што се, такође, уклапа у дефинисану претпоставку о очекиваним емисијама аерозагађења у новој технологији. Ову гаранцију поткрепљује и чињеница да је 2010. год. 50% светске производње бакра добијено топљењем концентрата *Outokumpu Flash* технологијом са задовољавајућим ниским емисијама загађења (EIA Study, 2010).

У компјутерски софтвер *EcoSenseWeb V.13* у методологији *ExternE*, који ће у овој дисертацији бити коришћен за процену екстерних трошкова, улазни подаци су годишње емисије загађења исказане у t/год. за сумпордиоксид (SO_2), честице PM_{10}, $PM_{2,5}$ и тешке метале. Зато су у Табели 2.24, на основу јединичних емисија из Табеле 2.23 и годишњег капацитета производње, дате годишње емисије загађења за све сценарије.

Увидом у Табелу 2.24 јасно се види да стара технологија топљења концентрата бакра у Бору годишње емитује 2,6 пута већу количину сумпордиоксида од производње бакра (**Сценарио 0**). Другим речима, РТБ-Бор је произвођач загађења, а не бакра. Очекивана емисија сумпора у новој технологији, у поређењу са старом, је 37 пута мања, а производња бакра већа за 2,5 пута (**Сценарио 1**). То је био главни аргумент при доношењу одлуке о изградњи нове технологије топљења концентрата у РТБ-Бор.

3. СИСТЕМ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

3.1 ВАЖЕЋИ ПРОПИСИ У ОБЛАСТИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Устав Републике Србије као највиши правни акт садржи норме које се односе на заштиту животне средине. Управо та чињеница указује на значај који приписује правни систем државе овом проблему. Према томе, Уставом је дефинисано право на здраву животну средину као једно од основних права и слобода сваког грађанина. Такође, чланом 97 Устава утврђено је да Република Србија уређује и обезбеђује одрживи развој, као и систем заштите и унапређења животне средине.

С обзиром да је животна средина јавно добро, јасно је да је обавеза сваког појединца да да свој сопствени допринос очувању екосистема. Међутим, када се говори о заштити животне средине као уставној категорији, од великог је значаја дефинисати и издвојити све субјекте који су као такви одговорни за спровођење мера заштите и унапређења животне средине. Према члану 97. Устава Републике Србије ("Сл. гласник РС" бр. 98/2006), примарну улогу има Република Србија преко својих органа, односно републичких, покрајинских органа власти, као и јединица локалне самоуправе. Та чињеница да локалне самоуправе преузимају не само део одговорности, већ и иницијативе требало би да у будућности покаже веће резултате у домену локалних акционих планова о заштити животне средине.

И управо када говоримо о улози и значају органа локалних самоуправа, због специфичности и карактеристика животне средине, најефикаснији начин бављења питањима животне средине би управо могао да се реализује преко органа сваке локалне самоуправе. Овакво решење би омогућило да грађани који живе на одређеном подручју које је угрожено у смислу загађења животне средине, заједно са органима локалне самоуправе, активно учествују у доношењу еколошких одлука и дугорочнијих решења с обзиром да далеко боље познају ситуацију и све проблеме везане за конкретно подручје. Овакав вид активног учешћа органа локалне самоуправе и појединаца, омогућио би дефинисање решења која највише одговарају потребама локалне заједнице. Становништво које живи на угроженим подручјима је највише заинтересовано да се укључи у проблем решавања загађења.

Најважнији законски акт у области заштите животне средине је Закон о заштити животне средине ("Сл. гласник РС" бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон и 43/201 – одлука УС и 14/2016). Овим законом се уређује интегрални систем заштите животне средине којим се обезбеђује остваривање права човека на живот и развој у здравој животној средини и уравнотежен однос привредног развоја и животне средине у Републици Србији.

Овим законом су уређена бројна питања у области заштите и унапређења животне средине, као што су мере заштите и унапређења ваздуха, воде, земљишта, шума, отпадних материја, као и мере на финансирању заштите и унапређењу контроле инспекцијског надзора. Поред овог Закона, донет је и низ других закона, као што су: Закон о процени утицаја на животну средину, Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину, Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, Закон о управљању отпадом, Закон о заштити ваздуха, Закон о амбалажи и амбалажном отпаду, Закон о заштити ваздуха, Закон о заштити од буке у животној средини, Закон о заштити природе, Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, Закон о хемикалијама, Закон о водама. Поред ових закона, усвојен је и сет подзаконских аката, као што су правилници, уредбе, наредбе и сл. Континуирано усаглашавање прописа из области заштите животне средине у Републици Србији огледа се у сталном прилагођавању постојећих законских решења са директивама и законодавством Европске уније. То иначе представља и један од основних услова код придруживања, односно добијања статуса чланице ЕУ.

У периоду до доношења Закона о заштити животне средине, односно до 2004. год., политика заштите животне средине у Републици Србији није вођена на задовољавајући начин. У тадашњој Савезној Републици Југославији, односно 90-тих година 20. века, политичка и институционална решења су се спроводила на основу Резолуције о политици заштите животне средине и Резолуције о политици заштите биодиверзитета из 1993. год. "Државе чланице - Србија и Црна Гора су имале донете Законе о заштити животне средине на републичком нивоу, 1991. и 1996. год. респективно" (Васић, 2004, стр. 174). Резолуција о политици заштите животне средине заснивала се на одговарајућим начелима међу којима је било установљено начело „загађивач плаћа“. Међутим, и поред стратешких опредељења, политика заштите, нарочито, превентивне заштите животне средине споро се успостављала и била је врло неефикасна. Нису се у потпуности уважавали дефинисани критеријуми и начела Резолуције. "Економски инструменти заштите животне средине недовољно су се користили, а организационе слабости су се максимално испољиле кроз немогућност јасног разграничења надлежности између тадашњих савезних и републичких органа" (Васић, 2004, стр. 177).

Са формирањем државне заједнице Србија и Црна Гора 2003. год. ситуација у овој области се није много променила. И даље су постојали проблеми у вези усаглашавања начела и конзистентног приступа у вођењу политике заштите животне средине, разграничења надлежности савезних и републичких нивоа власти, непостојање адекватног система финансирања заштите животне средине, недостатак финансијских средстава и квалификованих кадрова, постојање правних празнина у постојећим законима, непостојање адекватног информационог система, док је примена економских инструмената била у зачетку, а институционална решења су се често мењала и, самим тим, отежавала спровођење ефикасне еколошке политике.

Реформа политике заштите животне средине спроводила се кроз дефинисање краткорочног (од 2005-2009. год.) и средњорочног плана развоја (од 2010-2014. год). У краткорочном периоду спроведене су регулаторне реформе, односно усаглашавање домаћег законодавства са прописима ЕУ, јачање институција у области заштите животне средине, развијање и усавршавање система мониторинга и подизања свести о значају очувања животне средине (Здравковић и Радукић, 2006). "Средњорочни период развоја политике заштите животне средине у великој мери је зависио од успешности спроведених реформи у претходном периоду. Он се фокусирао на свеобухватнију примену економских инструмената у области заштите животне средине са акцентом на убрзаније усклађивање домаће регулативе са регулативом ЕУ, ширу партиципацију јавности и заинтересованих страна при доношењу одлука, као и решавање осталих проблема загађења" (Радукић, 2012, стр. 649).

"Тзв. еколошко законодавство у Републици Србији чини преко 100 закона и других прописа" (Јовановић и др., 2011, стр. 184). Од доношења Закона о зашити животне средине 2004. год. и низа подзаконских аката, очекивало се да се исправе недостаци, унапреди и побољша стање животне средине у Републици Србији. Закон је увео бројне новине по угледу на прописе ЕУ. У Закону се дефинише законска одговорност појединца, привредног субјекта и државног органа за спровођење истог. Непоштовање начела „загађивач плаћа“ предвидео је примену оштријих казни. Истиче се значај превенције у области загађења животне средине, даје се већа самосталност јединицама локалних самоуправа, као и непосредно учешће грађана у решавању главних проблема везаних за загађење животне средине. Јасно се дефинишу економски инструменти: накнаде за загађење, накнада за коришћење природних добара, подстицајне мере, пореске олакшице и пореска ослобађања, субвениције итд. Упоредо са тим, кроз формирање институција (Фондови, Агенције и Институти), као и кроз ангажовање квалификоване радне снаге, истиче се значај заштите животне средине, као и неопходност да се ова област, бар у форми нормативних аката, приближи законодавству земаља чланица Европске уније. Много се очекивало, али можемо слободно рећи, мало урадило.

Генерално, циљ еколошке политике Европске уније је да заштити животну средину и учини максималне напоре на спровођењу Стратегије одрживог развоја животне средине не само за садашње, већ и за будуће генерације. Стратешки, политика ЕУ заснована је, превасходно, на превентивним мерама, принципу "загађивач плаћа", непрестаној борби против еколошке штете на њеном изворишту, утврђивању одговорности свих појединаца у спровођењу и имплементацији важећих еколошких прописа, као и потпуном интегрисању еколошке политике у важеће политике ЕУ. Колико је она важна као тековина, нарочито се истиче у домену анализа утицаја које загађење животне средине има на здравље становништва. Политика заштите животне средине у Европској унији неодвојива је од њене економске политике, спољне и унутрашње конкурентности и енергетске сигурности и ефикасности. То је оно што и Републику Србију очекује на путу интеграција ка ЕУ. Интеграција еколошке политике односно еколошких циљева заштите животне средине, у све секторске политике, представља неопходност ка изналажењу обрасца одрживог развоја привреде. Процес интрегације и секторске сарадње, омогућиће јасно дефинисање проблема везаних за загађење животне средине, њихово рано откривање, спречавање или ублажавање, као и максимизирање позитивних ефеката еколошке политике на животну средину. (Петровић-Ранђеловић и Радукић, 2011). Имплементација законских прописа захтева велика финансијска средства, добру логистичку подршку у смислу добре и квалитетне администрације како на локалном, тако и на националном нивоу. Изградња нормативно-законске основе требало би да допринесе стварању и унапређењу заштите животне средине не само на локалном, регионалном, већ на националном и глобалном, светском нивоу.

3.2 ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ВАЖЕЋИХ ПРОПИСА ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДЊЕ БАКРА

Најзначајнији национални прописи Републике Србије у области заштите животне средине обухватају низ законских и подзаконских аката, којима су у целини или делимично прихваћени законски прописи, односно решења дефинисана кроз политику заштите животне средине у ЕУ. Када је реч о производњи бакра, највећи значај се придаје важећим законским прописима из области заштите ваздуха, вода, земљишта, управљања отпадом, заштити природе итд.

Међу најзначајнијим законима су: Закон о заштити ваздуха ("Сл. гласник РС" бр. 36/09, 10/13), Закон о водама, ("Сл. гласник РС" бр. 30/10 и 93/12), Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине ("Сл. гласник РС" бр. 135/04), Закон о заштити животне средине ("Сл. гласник РС" бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон и 43/2011 - одлука УС и 14/2016), Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину ("Сл. гласник РС" бр. 135/04, 36/09, 88/10), Закон о заштити природе ("Сл. гласник РС" бр. 36/09, 88/10, 91/10 - исправка), Закон о рударству и геолошким истраживањима ("Сл. гласник РС" бр. 88/11), Закон о енергетици ("Сл. гласник РС" бр. 84/04, 57/11 - исправка, 93/12, 124/12), Закон о ванредним ситуацијама ("Сл. гласник РС" бр. 111/2009, 92/2011, 93/2012) и још других важних како законских, тако и подзаконских аката.

Када се анализирају специфичности животне средине у Борском управном округу, а слободно бисмо могли рећи у целом региону Источне Србије, јасно је да је стање животне средине данас резултат не само постојећег индустријског загађења, већ и стогодишњег континуираног загађивања које потиче од експлоатације и производње бакра. У Регионалном просторном плану Тимочке крајине[14], идентификован је велики број "црних тачака" са веома високим степеном загађења и то: "зона Рударско-топионичарског басена Бор (топионица бакра РТБ-Бор, флотацијско јаловиште Велики Кривељ и др.), Борска река, јаловиште кварцног песка, депоније у Бору итд." (Регионални просторни план Тимочке крајне, стр. 30). Основни недостаци дефинисани као ограничења дати су кроз: "присуство тешких метала у ваздуху и земљишту, испуштање јаловине у водотокове, бројни извори загађења, непостојање интегралног мониторинга

[14] Регионални просторни план Тимочке крајине обухвата Борски и Зајечарски округ усвојен је у току 2011. год. Саставни део овог документа био је и Извештај о стратешкој процени утицаја Регионалног просторног плана Тимочке крајине на животну средину. Овај документ се односи на период до 2025. године.

(посебно у погледу загађења земљишта, ваздуха и воде, као и буке на локацијама рударско-металуршких активности), инфраструктурних коридора, квалитета вода у рекама и слива отпадних вода, Севесо[15] и других индустријских постројења, недостатак локалних еколошких акционих планова, индустријска производња која није прилагођена условима заштите животне средине, инфраструктурна неопремљеност, уз проблем евакуације комуналног и опасног отпада и његово слободно депоновање у сеоским срединама, утицај пољопривредне производње на квалитет земљишта, појаве непоштовања релевантне планске и пројектне документације, што доприноси деградацији простора и коришћењу појединих ресурса преко граница обновљивости, економска неразвијеност и низак квалитет живота и животног стандарда у већини општина и др." (Регионални просторни план Тимочке крајине, 2011, стр. 45-46).

Јасно је да постоји веома велики јаз између нормативног и стварног, односно прописаног и учињеног у погледу заштите и очувања животне средине. И поред важећих законских решења и прописа, ситуација на терену - извориштима загађења је више него забрињавајућа. Оно што се намеће као питање јесте да ли су се бољи ефекти у спровођењу политике у области заштите животне средине могли остварити са већим учешћем локалне заједнице и заинтересованих грађана, односно појединаца. Прописи из области заштите животне средине који су донети последњих година у Републици Србији усаглашени су са нормативним актима ЕУ и као такви наглашавају значај локалне самоуправе у решавању проблема загађења животне средине. Основни циљ ових прописа је да се проблеми решавају на месту настанка уз непосредно учешће грађана. Доношење закона и процедура не може да се одвија без учешћа свих заинтересованих страна, јавности, појединаца. Одредбама Устава Републике Србије прописана је надлежност локалне самоуправе у области заштите животне средине.

Скоро сви закони донети у области заштите животне средине почев од Закона о заштити животне средине Закон о процени утицаја на животну средине, Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину, Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, Закон о управљању отпадом, Закон о заштити ваздуха, Закон о водама, Закон о заштити од буке у животној средини, Закон о заштити природе садрже одредбе којима се одређени послови у области заштите и унапређења животне средине поверавају јединицама локалне самоуправе. Међутим, оно што се истиче као недостатак и проблем када је у питању обављање ових послова од стране

[15] Севесо постројење је постројење у коме се обавља активност у којој је присутна или може бити присутна опасна материја у једнаким или већим количинама од прописаних.

органа локалне самоуправе је, пре свега, непостојање капацитета како људских (недостатак кадрова, неинформисаност, неупућеност у основе регулаторне политике заштите животне средине ЕУ), тако и техничких, у смислу непостојања адекватних мониторинга, података, евиденција итд. Управо зато овакво незадовољавајуће стање у будућем периоду треба изменити, односно треба ојачати јединице локалне самоуправе како би се активније укључиле у поступак имплементације политика заштите животне средине. Пракса непоштовања еколошких прописа је чињеница и наша стварност. Управо зато, процес усаглашавања националног законодавства са важећим прописима ЕУ у поступку придруживања, односно отварања Поглавља 27, захтева потпуно усаглашење српског законодавства у области заштите животне средине са праксом ЕУ.

У области производње бакра, највећи значај код поступка усаглашавања имају, пре свега, прописи у области квалитета ваздуха, вода, управљања отпадом, индустријског загађења и управљања ризиком итд. Министарство пољопривреде и заштите животне средине, сходно начелу загађивач плаћа, донело је Правилник о усклађеним износима накнаде за загађивање животне средине ("Сл. гласник РС" бр. 25/2015). Овим Правилником се прописују износи накнаде за загађивање животне средине и то: накнада за емисије из појединачних извора загађивања за произведени или одложени отпад, за супстанце које оштећују озонски омотач и за пластичне кесе (члан 1. Правилника). Правилник дефинише висину накнаде за емисије из појединачних извора загађивања и то:

- за једну тону емисије сумпордиоксида (SO_2) - 9.005 динара;
- за једну тону емисије азотдиоксида (NO_2) - 7.204 динара;
- за једну тону емисије прашкастих материја - 14.410 динара;
- за једну тону емисије прашкастих материја из асфалтних база - 139.450 динара.

На бази овог Правилника, Министарство је донело и Уредбу о врстама загађивања, критеријумима за обрачун накнаде за загађивање животне средине и обвезницима, висини и начину обрачунавања и плаћања накнаде ("Сл. гласник РС" бр. 113/2005, 6/2007, 8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 30/2013 - др. правилник, 25/2015- др. правилник). Овом Уредбом ближе се одређују врсте загађивања, критеријуми за обрачун накнаде за загађивање животне средине и обвезници, висина и начин обрачунавања и плаћања накнаде (члан 1). Врсте загађивања које су обухваћене овом Уредбом су:

- емисије појединачних извора загађења;
- произведени или одложени отпад;

- супстанце које оштећују озонски омотач и

- пластичне полиетиленске кесе (пластичне кесе).

Критеријуми за обрачун накнаде зависе од врсте, количине и особина емисије загађујућих материја. Појединачни извори емисије загађења, SO_2, NO_2 и прашкастих материја су технолошки процеси, индустријски погони, уређаји и објекти који емитују у ваздух:

1) SO_2 у количини већој од 100 kg годишње;

2) NO_2 у количини већој од 30 kg годишње и

3) прашкасте материје у количини већој од 10 kg годишње.

Накнада за произведени или одложени отпад израчунава се у зависности од врсте, количине или особина отпада одложеног у периоду од годину дана. Накнада за супстанце које оштећују озонски омотач, обрачунава се према увезеној количини тих супстанци у периоду од 3 месеца. Накнада за пластичне кесе обрачунава се према врсти и саставу произведене, односно увезене пластичне кесе. Обвезници плаћања ових накнада су сва правна и физичка лица која загађују животну средину материјама наведеним у Уредби. Средства остварена по основу накнаде за загађење користе се наменски, за заштиту и унапређење животне средине.

Конкретан поступак обрачуна накнаде за емисије SO_2, NO_2 и прашкастих материја обрачунава се по формули:

$$N = N_1 \text{ x } E \text{ x } K_k \text{ , (дин.)} \tag{3.1}$$

где је: N – износ накнаде за емисију сумпордиоксида (SO_2), азотдиоксида (NO_2) и прашкастих материја, (дин.)

N_1 – накнада за једну тону емисије SO_2, NO_2 и прашкастих материја, (дин.)

E – количина емисије у тонама у календарској години, (t)

K_k – корективни подстицајни коефицијент који зависи од количине и порекла емисије:

$$K_k = k_1 \text{ x } k_2 \text{ x } k_3 \tag{3.2}$$

где је: k_1 – корективни подстицајни коефицијент према годишњој количини емисије;

k_2 – корективни подстицајни коефицијент према пореклу емисије;

k_3 – корективни подстицајни коефицијент према прописаним граничним вредностима емисије

Сврха увођења корективног коефицијента је да се загађивачи подстакну на смањење штетних емисија загађења на тај начин што његова висина зависи од количине и порекла штетних емисија, као и од прописаних граничних вредности емисија у континуалном, односно неконтинуалном мерењу.

Основица за обрачунавање накнаде за емисије јесте годишња количина емисије у тонама, према подацима из Националног регистра загађивања животне средине, односно резултата мерења, у складу са прописом о граничним вредостима емисије, начину и роковима мерења и евидентирања података. Такође, основицу за обрачун накнаде за произведени или одложени отпад представљају подаци о количинама и врстама отпада из Националног регистра загађивања животне средине. Висина накнаде се усклађује годишње са Индексом потрошачких цена, према подацима надлежног органа за статистику. Уредба, такође, дефинише и новчане казне за правна лица и одговорна лица у правном лицу уколико иста не плате прописане накнаде.

3.3 ЕКОНОМСКИ ПОКАЗАТЕЉИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

У октобру 2016. год. Републички завод за статистику (РЗС) први пут је објавио статистичке податке који се односе на остварен приход од пореза у области животне средине по врстама пореза (Табела 3.1). Овакав начин извештавања представља начин усаглашавања извештавања о оствареним перформансама у области заштите животне средине у Републици Србији са извештавањем земаља ЕУ. У методолошком објашњењу које је објављено на интернет сајту РЗС (РЗС, *Приходи од пореза у области заштите животне средине по врстама пореза*) детаљно је објашњено поред појма пореза у области животне средине и свака врста пореза појединачно.

Енергетски порези обухватају: порезе на гориво које се користи у саобраћају, порезе на производњу енергије, на енергетске производе који се користе у стационарне сврхе и у сврху саобраћаја, порезе на био-горива, као и порезе на обновљиве облике енергије и на залихе енергетских производа.

Порези у области саобраћаја обухватају: порезе у вези са власништвом и употребом моторних возила, ваздухоплова, пловила и сл., као и саобраћајне услуге.

Порези на загађење обухватају: порезе на процењене, односно измерене, емисије у ваздух, воду, затим одлагање отпада, буку и сл. Ова врста пореза не обухвата порез на емисије угљендиоксида (CO_2), који припада групи енергетских пореза.

Порези на коришћење природних ресурса обухватају: порезе на екстракцију, односно употребу природних ресурса, воде, шуме, флоре и фауне.

Табела 3.1 Приходи од пореза у области животне средине по врстама пореза у Републици Србији

Година		**Енергетски порези**	**Порези у области саобраћаја**	**Порези на загађење**	**Порези на коришћење ресурса**	**Укупно**
2012	(у мил. дин.)	91.719,7	11.427,4	5727,4	2195,1	**111.069,6**
	%	82,58	10,29	5,16	1,97	**100**
2013	(у мил. дин.)	109.690,8	10.541,8	6.459,0	3.003,2	**129.694,8**
	%	84,58	8,13	4,98	2,31	**100**
2014	(у мил. дин.)	128.563,0	10.963,9	9.844,6	3.413,7	**152.785,2**
	%	84,15	7,18	6,44	2,23	**100**

Извор: Републички завод за статистику, без података за АП Косово и Метохија

Из Табеле 3.1 уочава се да су укупно остварени приходи по основу пореза од заштите животне средине у 2014. години износили 152,7 милијарди динара. Од тога 84,15%, односно 128,6 милијарди динара, се односи на енергетске порезе, 7,18%, односно 10,9 милијарди динара, се односи на порезе у области саобраћаја, док се 6,44%, односно 9,8 милијарди динара односи на порезе на загађење. Најмање је учешће пореза на коришћење ресурса и то 2,2%, односно 3,4 милијарде динара. Дакле, највеће учешће у приходима од наплаћеног пореза по основу загађења имају енергетски порези.

У односу на 2012. год., приходи по основу пореза у 2014. год. су већи за 37,5%. Све категорије прихода по основу пореза, осим пореза у области саобраћаја бележе пораст. Разлог томе је укидање већег броја парафискалних намета у области саобраћаја крајем 2012. год.

Такође, објављени су подаци о износу инвестиција у заштиту животне средине, о текућим издацима за заштиту животне средине, као и о приходима од активности повезаних са заштитом животне средине од 2012. год. (РЗС, *Инвестиције, текући издаци за заштиту животне средине и приходи од активности повезаних са заштитом животне средине по делатностима и областима заштите животне средине од 2012. године*).

У методолошком објашњењу Републичког завода за статистику које је објављено на интернет сајту се наводи да: ˝Инвестиције за заштиту животне средине обухватају улагања која се односе на активности заштите животне средине (методе, технологије, процесе, опрему и њихове делове и сл.), у циљу сакупљања, третмана, праћења и контроле, смањења, спречавања или уклањања загађења или било које друге деградације животне средине која произилази из пословања" (РЗС, *Инвестиције за заштиту животне средине од 2012. године*). У Табели 3.2 дати су подаци о инвестицијама у 2014. год. у заштиту животне средине по областима заштите.

Табела 3.2 Инвестиције у заштиту животне средине у Републици Србији 2014. год.

Област заштите	**Инвестиције (у 000 динара)**	**Учешће (%)**
Заштита ваздуха	3.584.600	35,70
Управљање отпадним водама	2.368.015	23,58
Управљање отпадом	1.647.873	16,41
Заштита и санација земљишта, подземних и површинских вода	516.538	5,14
Заштита од буке и вибрације	12.500	0,12
Заштита природе	684.752	6,83
Остале активности у вези са заштитом животне средине	1.227.478	12,22
Укупно	**10.041.756**	**100,00**

Извор: Републички завод за статистику, без података за АП Косово и Метохија

У 2014. години укупан износ инвестиција износио је око 10 милијарди динара. Од укупног износа инвестиција свега 35,7%, односно 3,5 милијарди динара односило се на заштиту ваздуха, док се 64,3% укупног износа инвестиција односило на остале области заштите животне средине са значајним учешћем инвестиција у области управљања отпадним водама и управљање отпадом.

Укупан износ инвестиција у 2015. год. износио је 12,2 милијарде динара, што је за 22,4% више од износа инвестиција у 2014. год. Од тог износа 64,28% се односило на инвестиције у област заштите ваздуха, што је за преко 2 пута више него у 2014. години. Од укупног износа инвестиција, 35,72% односило се на остале области заштите, где су инвестиције у области управљање отпадом и отпадним водама имале значајно учешће.

Табела 3.3 Инвестиције у заштиту животне средине у Републици Србији 2015. год.

Област заштите	Инвестиције (у 000 дин.)	Учешће (%)
Заштита ваздуха	7.901.587	64,28
Управљање отпадним водама	1.294.056	10,53
Управљање отпадом	1.639.213	13,33
Заштита и санација земљишта, подземних и површинских вода	227.386	1,85
Заштита од буке и вибрације	8.331	0,07
Заштита природе	16.636	0,13
Остале активности у вези са заштитом животне средине	1.205.120	9,81
Укупно	**12.292.329**	**100,00**

Извор: Републички завод за статистику, без података за АП Косово и Метохија

Када се говори о текућим издацима за заштиту животне средине, методолошко објашњење РЗС је следеће: "Текући издаци за заштиту животне средине обухватају трошкове радне снаге, издатке за рад и одржавање опреме за заштиту животне средине и плаћања трећим лицима за услуге за заштиту животне средине, у циљу спречавања, смањења, третмана или уклањања загађења или било које друге деградације животне средине која произилази из активности пословања" (РЗС, *Текући издаци за заштиту животне средине од 2012. године*). У Табели 3.4 дати су подаци о текућим издацима за заштиту животне средине у 2014. и 2015. год.

Табела 3.4 Текући издаци за заштиту животне средине у Републици Србији у 2014. и 2015. год.

Област заштите	2014		2015		(2015/2014)
	(у 000 дин.)	(%)	(у 000 дин.)	(%)	
Заштита ваздуха	514.088	2,51	615.509	2,73	1,20
Управљање отпадним водама	2.610.705	12,75	3.054.246	13,55	1,17
Управљање отпадом	12.701.770	62,06	13.670.537	60,67	1,08
Заштита и санација земљишта, подземних и површинских вода	946.122	4,62	1.037.396	4,60	1,10
Заштита од буке и вибрације	15.452	0,08	77.377	0,34	5,00
Заштита природе	524.555	2,56	987.156	4,38	1,88
Остале активности у вези са заштитом животне средине	3.155.246	15,42	3.091.434	13,73	0,98
Укупно	**20.467.938**	**100,00**	**22.533.655**	**100,00**	**1,10**

Извор: Републички завод за статистику, без података за АП Косово и Метохија

Из Табеле 3.4 се уочава да су се текући издаци за заштиту животне средине у 2014. год. и 2015. год. највећим делом односили на управљање отпадом (62,06% и 60,67%, респективно), а да су укупни текући издаци у 2015. год. повећани за 10%. Међутим, и поред свега наведеног, стање у области заштите животне средине још увек није на задовољавајућем нивоу.

3.4 ИСКАЗИВАЊЕ ЕКОНОМСКИХ ПОКАЗАТЕЉА ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У ПОСЛОВНИМ КЊИГАМА ПРАВНОГ СУБЈЕКТА

Највећу штету у процесу загађења животне средине наносе компаније које за примарни циљ имају остваривање профита. Зато је јасно да држава мора кроз нормативно - законски сет да обавеже компаније да предузимају активности заштите и унапређења животне средине. Ове активности условљавају одређене трошкове и захтевају адекватно исказивање у пословним књигама. Држава законским прописима налаже компанијама одређена улагања у заштиту животне средине, која условљавају раст трошкова. И управо долазимо до категорије која је нарочито интересантна менаџменту компаније у смислу анализе, мерења, управљања и контроле ових трошкова. Улагања у заштиту животне средине веома су различита и разликују се како по форми, тако и по суштини, од уобичајених улагања компаније која за примарни циљ имају стварање профита. Мерење успешности ових улагања се врши преко еко-индикатора која су мерила успешности у области заштите животне средине. Међутим, ˝за обухватање и презентацију највећег дела ових улагања, могу се користити начела која се користе у финансијском и управљачком рачуноводству˝ (Шкарић-Јовановић, 2013, стр. 91).

Са развојем еколошког менаџмента, развијао се и систем за свеобухватније евиденције трошкова и користи везаних за животну средину, у оквиру управљачког рачуноводства (Bartolomeo и др., 2000). Јачање свести о еколошким питањима намеће додатни притисак компанијама, за мерење и евидентирање еколошких трошкова и расхода као и обелодањивање ових еколошких информација (Gadenne и Zaman, 2002). Овде је несумњива и улога професионалних рачуновођа, који имају значајну улогу у евидентирању ових трошкова и расхода, чиме се побољшава квалитет информација неопходних менаџменту за доношење пословних одлука (Scavone, 2006). Према томе, нужност је познавање висине улагања у заштиту животне средине, као и корист коју компанија има од таквог улагања. Објављивање ових података је неопходност јер су ови подаци корисни не само интерним, већ и екстерним корисницима.

Међутим, пракса је показала да у индустрији где су загађења животне средине велика (као што је производња бакра), усвојени су методи мерења и извештавања, али на томе се и остало. Институционална примена еколошког рачуноводства се још није догодила а као главни разлог се наводи традиционална рачуноводствена парадигма, са тенденцијом не мењања устаљених образаца понашања (Clarke и O'Neill, 2006). Из тог разлога проистекле су и њихове тврдње (Clarke и O'Neill) да је рационалније да се еколошки стручњаци баве еколошким проблемима уз приступ рачуноводственим информацијама. Јер пракса показује да рачуноводствена професија заостаје када је у питању заштита животне средине и да би област еколошког рачуноводства могла бити преузета од стране других професија (Clarke и O'Neill, 2006).

˝Када је реч о користима како за друштво као целину тако и за компанију, нарочито се истичу: улагања у заштиту и унапређење животне средине која омогућавају компанијама одржив развој, а висином тих улагања се мери њихов допринос одрживом развоју друштва као целине. Друштвена заједница, у најширем смислу, врши притисак на компаније да испуњавају своје законске обавезе у вези са заштитом животне средине, јер у супротном трошкови отклањања штета насталих по основу загађења воде, ваздуха, тла или/и флора и фауна добијају карактер тзв. ˝екстерних˝ трошкова који падају на терет целог друштва, што је супротно начелу ˝загађивач плаћа˝. Јавност једино из финансијских извештаја које компанија презентира може закључити да ли и у којој мери она испуњава наведене обавезе. Менаџмент не може избећи законску обавезу да врши улагања у заштиту животне средине, али не постоји законска обавеза да трошкове заштите[16] на прави начин алоцира на процесе и учинке. То, често, има за последицу неправилно обрачунату цену коштања учинака, што даље води бројним погрешним одлукама. Ако нису идентификовани корпоративни трошкови заштите животне средине, менаџмент губи могућност њиховог планирања, контроле и по том основу остварења уштеда, које доприносе повећању успешности компаније. Реч је, на пример, о уштедама оствареним заменом токсичних материјала нетоксичним или променама процеса које омогућавају замену коришћења токсичних

[16] Корпоративни трошкови заштите животне средине обухватају: расходе заштите животне средине (одстрањивања отпада и санирања емисије, управљања заштитом животне средине и спречавања загађења), трошкове материјала и трошкове капитала и радне снаге. Видети: VDI, 2000 према: Jasch, C. (2003), The use of Environmental Management Accounting (EMA) for Identifying Environmental Costs, Journal of Cleaner Production 11, стр. 669

нетоксичним материјалима. Поред тога, улагања у заштиту животне средине у текућем периоду могу позитивно утицати на висину ових трошкова у будућности. Коначно, мада не мање важно, правилан рачуноводствени третман трошкова заштите животне средине је претпоставка управљања животном средином и основа за увођење ISO 14000[17] стандарда, што свакако води повећању гудвила[18]" (Шкарић-Јовановић, 2013, стр. 92).

У погледу форме, не постоји прописана стандардизација код објављивања ових података тако да предузећа најчешће прибегавају својим слободним формама у оквиру Извештаја о пословању, Извештаја о активностима на заштити животне средине итд. Управо то је разлог зашто често није могућа њихова упоредивост и анализа.

Данас се у пракси користе најчешће три основне групе индикатора заштите животне средине:

1. оперативни,
2. показатељи којима се мери успешност менаџмента у заштити животне средине и
3. показатељи који одражавају постојеће стање животне средине.

Оперативни индикатори показују како и на који начин пословна активност једне компаније утиче на животну средину у смислу коришћења сировина, вода, енергије, земљишта итд. Показатељи којима се мери успешност менаџмента у заштити животне средине показују у којој мери се поштују закони у области заштите животне средине као и активности које се предузимају у циљу унапређења постојећег стања животне средине од стране менаџмента у компанији и континуиране едукације менаџмента. Трећу групу чине индикатори који одражавају постојеће стање на локалном, регионалном и националном нивоу у смислу квалитета ваздуха, вода, земљишта итд.

Овде говоримо о тзв. квантитативним индикаторима које је могуће мерити, пратити током времена и анализирати за период од више година, најмање три године (Шкарић- Јовановић, 2013). Такође, веома важна група показатеља су индикатори еко-ефикасности. Они представљају "однос између индикатора заштите животне средине и

[17] Реч је о међународном стандарду за заштиту животне средине који представља серију правила којима се у компаније уводи систем управљања животном средином. Овај систем треба да обезбеди да сваки утицај на животну средину буде идентификован, надзиран и усклађен за законском регулативом, а то значи да се коришћењем различитих механизама током времена ублажи или потпуно отклони. Видети: Elefsiniotis, P. and Wareham, D. (2005). "ISO 14000 Environmental Management Standards: Their Relation to Sustainability." *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 10.1061/(ASCE)1052-3928(2005)131:3(208), 208-212.

[18] Гудвил (*Goodwill*) представља углед предузећа, односно његову унутрашњу вредност. Рачуноводствено се исказује у активи, на позицији нематеријалне имовине, у случају када се предузеће продаје по вишој вредности од књиговодствене.

финансијских показатеља, односно показују ефикасност компаније у коришћењу ресурса у односу на способност стварања економских вредности" (Шкарић- Јовановић, 2013, стр. 99).

Општа формула за одређивање индикатора еко-ефикасности, у складу са наведеним, гласи (Шкарић- Јовановић, 2013, стр. 99):

$$\textit{Индикатори еко-ефикасности} = \frac{\textit{Индикатори успеха заштите животне средине}}{\textit{Финансијски индикатори}}$$

"Када говоримо о индикаторима успеха заштите животне средине, пре свега се мисли на: количину емитованих гасова, отпад, употребу сировина, вода, енергије док финансијски индикатори обухватају приход, принос итд." (Шкарић- Јовановић, стр. 99).

Овако дефинисани еко-индикатори у основи представљају добре показатеље на основу којих се процењује учешће одређење компаније у заштити животне средине.

Када говоримо о рачуноводственом евидентирању и обухватању свих података везаних за заштиту животне средине, у Републици Србији још увек не постоји опште прихваћена рачуноводствена политика која би уредила ову област. То иде на руку менаџменту РТБ-Бор, јер годинама избегава плаћање накнаде за загађење. Отуда нема ни правилног евидентирања, обухватања, а у крајњој инстанци, ни правилног обрачуна цене коштања произведеног бакра. Наиме, имамо парадоксалну ситуацију да се не поштују законске норме нити се сносе било какве санкције због непоштовања истих.

Тежак економски положај РТБ-Бор је довео до тога да се толерише неплаћање накнада и производи се по сваку цену. Обично се у пракси под притиском друштвене заједнице правно лице приморава да извештава о овим улагањима у заштиту и то кроз Извештај о пословању, Извештај о заштити животне средине итд. Нема јасног и транспарентног евидентирања ових трошкова, што иначе представља основни услов за управљање овом категоријом трошкова. Неопходно је, пре свега, обезбедити доследну примену закона, пре свега, Закона о заштити животне средине, као и поштовање свих Уредби којима се дефинише и критеријум за обрачун накнада за загађење.

За сада, у пракси се примењује принцип накнаде штете од стране РТБ-Бор у случају да се јави физичко или правно лице које захтева на име уништеног земљишта или усева одређени процењени новчани износ и то се дешава од случаја до случаја. У Републици Србији се у оквиру законодавства интензивно ради на усагашавању постојећих решења са еколошким законодавством ЕУ, пошто се очекује приступање овој заједници. Нема сумње да оваква ситуација тада неће бити могућа.

3.5 ЕКОНОМСКИ И ФИСКАЛНИ ПОДСТИЦАЈИ ПОЛИТИКЕ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Економски и фискални подстицаји у области заштите животне средине имају за циљ не само наплату одређених јавних прихода, већ позитиван утицај на промену понашања правних и физичких лица у целини, у смислу смањења, односно спречавања загађења. Промена понашања друштва у целини подразумева подизање и јачање свести о последицама загађења. Према томе, јасна и ефикасна еколошка политика, захтева добре и јасно дефинисане економске инструменте (Магдалиновић Калиновић и Радукић, 2016). У Републици Србији, економски инструменти у области заштите животне средине су уведени 2004. године на основу Закона о заштити животне средине, док је низом подзаконских аката дефинисана њихова примена. Економски инструменти који се примењују обухватају накнаде и подстицајна средства.

Накнаде које су дефинисане на националном ниву у Републици Србији су:

- накнада за коришћење природних вредности,
- накнада за загађивање животне средине,
- накнада за загађивање животне средине у подручјима од посебног државног интереса и
- накнада јединица локалне самоуправе за заштиту и унапређивање животне средине.

Накнаду за коришћење природних вредности плаћају корисници природних средстава и сносе све трошкове санације и рекултивације деградираног простора у складу са Законом. Ове накнаде су прописане за употребу минералних сировина, вода, шума, земљишта, лов и риболов. Обвезник плаћања ове накнаде је корисник природне вредности.

Накнаду за загађивање животне средине плаћа загађивач и оне се утврђују у зависности од врсте загађења за: емисије из појединачних извора загађења, емисије произведеног или одложеног отпада, као и за штетне материје садржане у сировини, полупроизводу или производу. Влада Републике Србије, Уредбом о врстама загађивања, критеријумима за обрачун накнаде за загађивање животне средине и обвезницима, висини и начину обрачунавања и плаћања накнаде ("Сл. гласник РС" бр.

113/2005, 6/2007, 8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 91/2012, 30/2013 - др. правилник, 25/2015 - др. правилник) одређује критеријум за обрачун накнаде за загађивање, обвезнике, као и висину и начин обрачуна и плаћања накнаде. Средства од наплате ових накнада у висини од 60% представљају приход буџета Републике Србије и 40% приход јединица локалне самоуправе. Накнада за произведен или одложен отпад, такође, се утврђује на годишњем нивоу и зависи од врсте, количине и карактеристика отпада. Обвезник плаћања је произвођач, односно одлагач отпада из постројења за које се издаје интегрисана дозвола. Обрачунава се по тони отпада на годишњем нивоу. Обвезници плаћања накнаде за супстанце које оштећују озонски омотач су увозници ових супстанци. Ова накнада се обрачунава по килограму увезене супстанце.

Накнаде за загађивање животне средине у подручјима које је Влада Републике Србије прогласила подручјима од посебног државног интереса**,** такође, представља приход републичког буџета у износу од 80%, док 20% припада буџетима локалних самоуправа. Законом о заштити природе ("Сл. гласник РС", бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010 - испр. и 14/2016) природа се дефинише као добро од општег интереса и уређује се њена заштита. Законом се, такође, дефинишу основни елементи обрачуна ове накнаде, а Уредбом о ближим критеријумима, начину обрачуна и поступку наплате накнаде за коришћење заштићеног подручја ("Сл. гласник РС", бр. 43/2010) прецизирају се елементи и начин обрачуна. Средства прикупљена од наплате ових накнада користе се искључиво за унапређење и развој заштићеног подручја. Обвезник плаћања ове накнаде је субјект који предузима неку од следећих активности у заштићеном подручју:

- рударство, трговина, угоститељство, индустрија, грађевинарство, саобраћај, транспорт, занатство, пружање услуга;
- коришћење возила у заштићеном подручју;
- употреба некомерцијалних објеката за одмор у овим подручјима;
- коришћење услуга, терена и других објеката, као и имена и лого знака заштићеног подручја;
- посета заштићеним подручјима, као и посета објектима на овим подручјима.

Накнада за заштиту и унапређење животне средине је накнада коју локална самоуправа може прописати из оквира својих надлежности по основу: коришћења стамбених и пословних просторија, коришћења земљишта за обављање делатности, затим за активности које утичу на животну средину, а које одређује Влада, транспорт нафте и нафтних деривата и других опасних материја на територији јединице локалне самоуправе са статусом угрожене животне средине. Критеријуми за обрачун и највиши износ ових накнада утврђени су Уредбом о критеријумима за утврђивање накнаде за заштиту и унапређивање животне средине и највишег износа накнаде (˝Сл. гласник РС˝, бр. 111/2009). Ова накнада представља изворни приход јединица локалне самоуправе.

Накнаде дефинисане на националном нивоу су веома разноврсне и могли би да кажемо са двојаким карактером. Једна група накнада има карактер класичних накнада, када је реч о употреби и коришћењу природних добара, док другу групу накнада чине накнаде које имају карактер пореза. Накнада за загађење представља типични еколошки порез, док са друге стране, накнада за унапређење и очување животне средине нити је накнада нити је порез. Ови корективни порези представљају намет привредним субјектима који својом привредном активношћу за последицу имају загађење животне средине. Примена ових инструмената би требало да обезбеди рационалнију употребу природних ресурса, смањење активности које за последицу имају загађење животне средине и наменску употребу прикупљених средстава по овом основу. Накнаде би првенствено требале да имају функцију регулације екстерних ефеката, па тек онда функцију буџетских прихода. Ово је нарочито битно када је реч о негативним екстерним ефектима. Приход по основу накнада која се плаћа по основу експлоатације рудних и минералних богатстава годинама уназад бележи изузетно мало учешће у укупним приходима. Последица оваквог стања је, пре свега, тежак економски положај предузећа у рударском сектору која су годинама у процесу реструктурирања. Чак и када је реч о овој накнади поставља се дилема да ли је оправдано применити је као проценат нето прихода топионице (5%) или је поставити као апсолутни износ по тони експлоатације минералних сировина (Бисић, 2011).

Међутим, систем инструмената не мора искључиво да се базира на накнадама, порезима и казнама. Он се може и мора посматрати и кроз увођење економских подстицаја, као што су ослобађање од плаћање накнада или пореске олакшице за оне привредне субјекте који инвестирају у смањење загађења, односно оне који инвестирају у чистије технологије. У том смислу се у САД-у од средине 20. века користе порески инвестициони кредити као инструмент економске политике за подизање конкурентности америчке привреде. Наиме, њима се даје подстицај привредним субјектима да за дати проценат инвестиционих трошкова у тренутку набавке нове опреме смање пореску основицу и на тај начин остваре субвенцију за инвестиције.

Главни извори финансирања заштите животне средине у Републици Србији су, републички буџет, општински буџети, финансијска средства привреде, донације, кредити, средства међународне помоћи, средства из инструмената, програма и фондова ЕУ, УН и међународних организација. Агенција за заштиту животне средине врши периодично извештавање по следећим индикаторима (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014. годину, 2015):

- Издаци из буџета за заштиту животне средине;
- Приходи од накнада и такси;
- Средства за субвенције и друге подстицајне мере;
- Међународне финансијске помоћи за област заштите животне средине и
- Инвестиције и текући издаци.

Издаци из буџета за заштиту животне средине у 2014. години износили су 0,3% БДП-а, што је смањење у односу на 2013. год. када су износили 0,4% БДП-а (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014. годину, 2015, стр. 8). Иначе, ова стопа издвајања из буџета пројектована је Меморандумом о буџету и економској и фискалној политици годинама уназад (2009., 2010., 2011., 2012. године). Према Националном програму заштите животне средине ("Сл. гласник РС" бр. 12/10) уз пројектовани привредни раст од 5% годишње, улагање у заштиту животне средине требало је да расте од 0,3% БДП-а (колико је било финансирано из републичког буџета још 2010. године) до 1,2% БДП-а у 2014. год., односно до 2,4% БДП-а у 2019. год. Међутим, на основу података за 2014. год., нису се испунила. И даље имамо стопу од 0,3% издвајања из БДП-а. Искуства земаља чланица ЕУ из Централне Европе показују да су оне, у периоду придруживања ЕУ, имале издвајања по овом основу од 1,5-2,5% БДП-а (Извештај о стању животне средине у Републици Србији за 2010, 2011).

Приходи од накнада које се односе на заштиту животне средине у 2014. години износили су 10.610,52 милиона динара (0,27% БДП-а) (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014, 2015). Приходи су повећани у односу на 2013. год. када су износили 7.962,00 милиона динара (0,21% БДП-а). У структури прихода највеће учешће имају накнаде за емисије SO_2, NO_2, прашкасте материје и отпад (45,69%), накнаде за заштиту и унапређивање животне средине (27,16%) и накнаде за производе који после употребе постају посебни токови отпада (25,35%) (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014, 2015). "Од укупних накнада за загађивање животне средине, 40% износа ових накнада је приход јединице локалне самоуправе на чијој територији се налази загађивач" (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014, стр. 11). Међутим, ако бисмо сада навели чињеницу да је Скупштина Општине Бор, дана 16.04.2015.године, донела Програм коришћења средстава буџетског фонда за заштиту животне средине Општине Бор ("Службени лист Општине Бор" бр. 9/2015, стр. 186) из кога се јасно види да је остварен приход у 2014. години по основу накнада за емисије сумпордиоксида (SO_2) и прашкастих материја износила **0 (нула) динара**, као и да планирани приходи за 2015. годину по овом основу износе **0 (нула) динара,** у најмању руку остали би затечени датом констатацијом. Потпуно је нејасно зашто Општина Бор која, у центру града, има највећег загађивача сумпордиоксидом у Европи, и где је емисија сумпордиоксида SO_2 52 пута у односу на европски просек (Eugster, 2008; План квалитета ваздуха за агломерацију Бор, 2012), нема приходе по основу накнада за катастрофално велике емисије SO_2 и прашкастих материја. Једини закључак који се може извести је да РТБ-Бор не плаћа накнаду за загађење по основу емисија сумпордиоксида SO_2 и прашкастих материја. Одговор од правног лица, односно РТБ-Бор нисмо могли да добијемо.

Средства за субвенције и друге подстицајне мере у 2014. год. износила су 2.211,72 милиона динара (0,06% БДП-а) (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014. годину, 2015), а у структури ових средстава највећи удео имају средства за рециклажну индустрију.

Међународна финансијска помоћ у 2014. год. износила је 4.244 милиона динара (0,11% БДП-а), а међу највећим донаторима су ЕУ, Светска банка, Савезна Република Немачка и Краљевина Шведска. Највећим делом добијена средства су се односила на сектор водоснабдевања (Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014. годину, 2015).

Инвестиције и текући издаци се односе на улагања у куповину опреме, методологије, технологије у циљу сакупљања, третмана, праћења и контроле, смањења, спречавања или уклањања загађења или било које друге деградације животне средине која произилази из пословања, док текући издаци за заштиту животне средине обухватају трошкове радне снаге, издатке за рад и одржавање опреме за заштиту животне средине и плаћања трећим лицима за услуге заштите животне средине. Ова средства су у 2014. години износила 30.509,69 милиона динара, односно 0,78% БДП-а

(Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за 2014. годину, 2015) и највећим делом су се односила на управљање отпадом.

Из свега наведеног, као закључак се намеће да постојећи систем финансирања заштите животне средине није на задовољавајућем нивоу. Сигурно као систем захтева спровођење низа реформи и усаглашавање са циљевима ЕУ, искуствима земаља чланица, уз уважавање карактеристика привреде, као и регионалних специфичности. Неопходно је спровести низ активности и то (Тодић, 2012):

- израда транспарентног механизма наплате накнада за загађење и употребе средстава у циљу остваривања националне политике заштите животне средине, односно утврдити прецизне критеријуме за коришћење прикупљених средстава;

- потребно је јасно истаћи значај и механизам наплате одређених накнада;

- прецизније дефинисати прописе уз непрестану сарадњу са широм друштвеном заједницом, пре свега, локалном самоуправом и свим заинтересованим субјектима;

- обезбедити бољи систем надзора и поштовања прописа у области заштите животне средине;

- обезбедити бољу координацију код прикупљања и обраде података о стању у области финансирања и заштите животне средине, јер и поред тога што постоје обавезујући прописи, одређена правна лица их не поштују;

- поставити питање одговорности лица у правном лицу која не доставе податке;

- образовање и даља обука кадрова који раде на пословима заштите животне средине.

Зоран Вујовић, потпредседник Привредне коморе Србије (ПКС), 08.08.2016. године изјавио је да Србија тренутно троши 0,9% БДП-а на животну средину, а да су процене да 2021. године, улагања у ту област достигну 3% БДП-а. (Привредна комора Србије, *Јавно - приватно партнерство за више инвестиција у екологију*). Он се у свом јавном обраћању осврнуо и на оцене Европске комисије која је истакла да је Република Србија транспоновала више од 98% директива ЕУ у домаће законодавство и да је више напредовала у процесима преговора од других земаља Западног Балкана, али да је велики проблем примена регулатива посебно у локалним заједницама.

Национални програм заштите животне средине, пре свега, на локалном нивоу треба ојачати финансијском и фискалном децентрализацијом. Овај поступак би требао да омогући наплату пореза и такси на општинском нивоу. Треба ојачати општинске, локалне капацитете не само кадровски, него и инфраструктурно у смислу инвестиција које ће омогућити управљање и ефикасно мерење ефеката заштите животне средине. И можда најважнија препорука јесте да прикупљена средства треба наменски користити и транспарентно извештавати о утрошеним средствима по овом основу.

И на крају, као најважнији фактор несумњиво је постојање институција, не само економских, већ и политичких, јер не треба изгубити из вида да се економске институције формирају под утицајем политичких институција (Устава, владавине права, стабилног правног система итд.). "Најлошије институције по оцени Светског економског форума имају Република Србија и Албанија" (Максимовић, 2015, стр. 33). Стање у области заштите животне средине је заправо одраз наслеђа свеукупних политичких и економских прилика у Републици Србији деценијама уназад. Међутим, као кључни приоритет у области заштите животне средине у Републици Србији истиче се убрзање процеса придруживања Европској унији и могућност коришћења бесповратних финансијских средстава предприступних фондова ЕУ (*IPA Funds - Instrument for pre-accession assistance*), потписивање и поштовање међународних конвенција и уговора у области заштите животне средине, као и усвајање искустава развијених земаља у процесу решавања проблема заштите и унапређења животне средине.

4. ТРЖИШНИ МОДЕЛИ МАКСИМИЗАЦИЈЕ ДОБИТИ У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА

4.1 СПЕЦИФИЧНОСТ БАКРА КАО БЕРЗАНСКОГ ПРОИЗВОДА

Лондонска берза метала (*London metal exchange – LME*) представља водећу светску берзу на којој се тргује индустријским металима. Основана је 1877. год. и са историјом која је дуга скоро 140 година представља берзу која се по свом значају и обиму светске трговине може мерити са највећим берзама у свету. Њен значај лежи у чињеници да је то једина берза на којој се тргује металима и неметалима, док цена која се формира на берзи представља основ за размену метала у читавом свету.

На берзи се тргује следећим металима: примарни алуминијум, секундарни алуминијум, алуминијумске легуре, кобалт, бакар, олово, молибден, цинк, никл, калај и челични трупац. Од 2007. године на берзи се у предмете трговине укључује и пластика.

Највећи обим трговине отпада на трговину алуминијумом. Једанаест компанија има право да тргује директно у рингу[19], док остале чланице берзе, односно преко стотину компанија, тргује преко званичне ЛМЕ електронске платформе. На берзи се тргује уговорима, фјучерсима, опцијама. Иако је цена метала изражена у америчким доларима, може се трговати и у британским фунтама, еврима и јапанским јенима.

ЛМЕ има право коришћења (не и право власништва) преко 400 складишта метала у 12 земаља света, тако да поред цене метала даје информације и о стању залиха за сваки метал. Стање залиха метала утиче на формирање цене тог метала у смислу да пораст залиха може да обори цену неког метала или обрнуто.

Цена бакра се формира на ЛМЕ. Варирање цене овог метала на берзи зависи од понуде и тражње за истим. Кина је највећи потрошач бакра и учествује са преко 40% у укупној светској тражњи за бакром. Често се пројекције како краткорочне тако и дугорочне праве на основу привредних кретања у самој Кини. На основу детаљних пројекција праве се уговори и тргује не само бакром, већ и концентратима бакра.

Као што смо видели у поглављу 2.1.2, трговина концентратима бакра у свету је јако развијена и за тему ове дисертације је од нарочитог интереса. Ово због тога што трговина концентратима посредно значи и ˝трговину˝ загађењима која се јављају при

[19]Место трговања на берзи

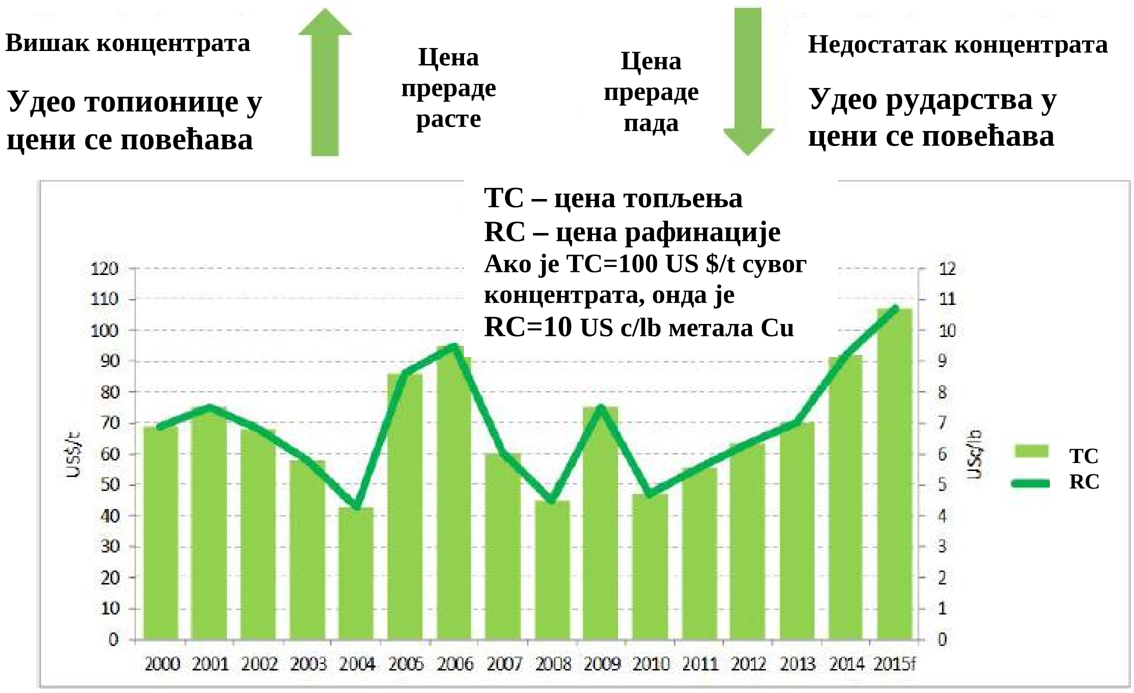
топљењу концентрата. Цена концентрата на тржишту највише зависи од његовог квалитета, у првом реду од садржаја бакра, племенитих метала и штетних примеса које са гасовима из металургије загађују животну средину. Независно од тога да ли произвођач има своју топионицу или извози концентрат, обрачун између рудника и топионице врши се по тржишним ценама бакра на Лондонској берзи метала (LME).

Извор: Harkki, 2015, стр. 6.

Слика 4.1 Ток и губици бакра од рудника до топионице

Шематски приказ технолошког процеса од руде до добијања метала бакра, са губицима и приходима од метала, приказан је на Слици 4.1 (Harkki, 2015, стр. 6). Откопавање руде врши се у јами или на површинском копу, како је приказано на Слици 4.1. Флотацијском прерадом рудедобија се концентрат бакра који иде на прераду у топионицу. Губитак бакра у флотацији креће се од 5-10%. Губици бакра у топионичкој преради концентрата износе 2-5%, зависно од технологије која се примењује.

Модел формирања тржишне цене концентрата бакра је динамички модел (Слика 4.2) који је саставни део купо-продајних уговора са годишњом или полугодишњом променом цене катодног бакра на Лондонској берзи метала (LME). Од понуде концентрата бакра зависи његова цена и цена топионичке прераде. Са растом понуде концентрата расте цена топионичке прераде и обрнуто (Слика 4.2).

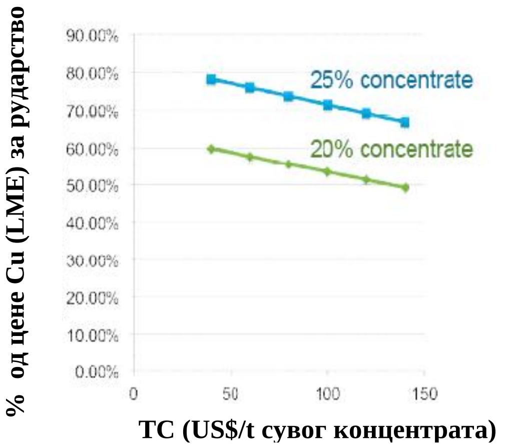


Извор: Harkki, 2015, стр. 10.

Слика 4.2 Зависност цене топионичке прераде од понуде и тражње концентрата бакра

Међународно прихваћени модел формирања цене концентрата на Лондоској берзи метала приказан је на Слици 4.3. Тржишна цена концентрата зависи од цене метала бакра на Лондонској берзи, цене топионичке прераде концентрата (топљење + рафинација) **TC** и садржаја бакра у концентрату (Слика 4.3). Са порастом садржаја бакра расте цена концентрата, а тиме и учешће рударства у цени метала бакра и обрнуто. За типични – реперни садржај бакра у концентрату од 25%, око 60-80% цене метала бакра на Лондонској берзи припада рударству (цена концентрата), а остало металургији (цена прераде). За већи или мањи садржај бакра у концентрату примењују се премије - пенали по формули 4.9 (поглавље 4.1)

Обрачун количина бакра врши се на суви концентрат и важе строга и опште прихваћена правила наведена са десне стране графика на Слици 4.3. Садржај бакра, племенитих метала и штетних примеса у концентрату утврђују се хемијским анализама узорака концентрата у референтним лабораторијама које су акредитоване од стране Лондонске берзе метала. И поред тога, утврђени садржај бакра се умањује за 1% на име грешака у узорковању и анализи. У формули 4.1 на Слици 4.3 то је приказано, за типични-референтни садржај бакра у концентрату од 25%, разликом (25-1). Цена бакра на берзи LME у формули 4.1 множи се коефицијентом 0,96, јер је 4% од те цене намењено топионици на име зараде. На крају, кад се од тако обрачунате вредности одузму трошкови топљења **TC** и трошкови рафинације **RC**, разлика се множи коефицијентом 0,98, јер су 2% губици бакра у топионоци. Описана рачуница даје цену једне тоне сувог концентрата на берзи.



Концентрат бакра са типичним-реперним садржајем 25% Cu

1% Cu у концентрату се не плаћа (грешка у узорку и анализи)

Плаћа се 96% од цене бакра на Лондонској берзи (4% зарада топионице)

Плаћа се 98% по тони сувог концентрата (2% губитак Cu у топионици)

Цена сувог концентрата US $/t | **Цена метала Cu (LME)** | **Цена топљења US $/t** | **Конверзија lbs → kg** | **Цена рафинације US c/lbs**

$$0{,}98*\left(LME*0{,}96*\frac{(25-1)}{100}\right)-TC-(25-1)*10^{-2}*2.205*RC \qquad (4.1)$$

Извор: Harkki, 2015, стр. 11.

Слика 4.3 Учешће рударства и металургије у цени бакра на Лондонској берзи (LME)

Трошкови производње бакра у свету значајно варирају по регионима (Табела 4.1) (Korinek, 2013). Бројни су фактори који утичу на трошкове производње једне тоне катоде бакра. Поред цена енергије, репроматеријала, радне снаге, финансијског капитала и висине различитих пореза и доприноса у појединим земљама, на трошкове производње значајно утичу и природни услови рударске производње бакра (садржај бакра у руди, дубина лежишта на којој се врши експлоатација, геотехнички услови експлоатације и др.) (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

За 9 година (2001-2010) просечни трошкови производње бакра у свету порасли су за око 50%, док је просечна цена бакра на Лондонској берзи метала (LME) у истом периоду порасла за око 4,7 пута. То говори о периоду у коме су произвођачи бакра имали изузетан положај, најбољи од 1900. год. до данас.

Табела 4.1 Упоредни преглед трошкова производње бакра (Т) у свету и цене на Лондонској берзи метала (LME)

	Цена бакра на Лондонској берзи метала по годинама, (US $/t Cu)				
	2001 (LME: 1.578 US $/t Cu)	**2005** (LME: 3.721 US $/t Cu)		**2010** (LME: 7.524 US $/t Cu)	
	Трошкови производње бакра, (US $/t Cu)				
	Т	**Т**	**Индекс** 2010/2001	**Т**	**Индекс** 2010/2001
Чиле	1.835	1.723	0,939	3.174	1,73
Африка	2.696	3.018	1,12	3.934	1,46
Азија	1.368	1.705	1,25	1.251	0,914
Лат. Америка	1.868	1.610	0.862	2.932	1,57
Сев. Америка	2.604	1.635	0,628	3.320	1,27
Океанија	1.901	2.575	1,35	3.373	1,77
Зап. Европа	2.040	2.344	1,15	3.946	1,93
Просек	**1.983**	**1.861**	**0,938**	**2.957**	**1,49**

Извор: Korinek, 2013, стр. 27

У најповољнијем положају били су произвођачи бакра у Азији, јер су тамо у овом периоду производни трошкови чак опали за око 8-9%. Највећи пораст производних трошкова од 93% бележи Западна Европа. То је очекивано имајући у виду да се више од 50% производње заснива на увозним концентратима, а уз то су и врло ригорозни порези на загађење. Из обиља доступних литературних података нисмо били у стању да закључимо колико је учешће пореза на загађење у производним трошковима бакра.

Нажалост, до стварних производних трошкова у РТБ-Бор нисмо могли доћи. Из оскудних финансијских показатеља које РТБ-Бор публикује не може се ни посредно судити о висини ових трошкова. На наше молбе да нам се такав податак достави одговора није било. Извесно је да РТБ-Бор годинама послује са губицима, још увек користи субвенције од Владе, те је немогуће доћи до реалних производних трошкова.

4.2 ТЕХНОЛОШКИ ПОКАЗАТЕЉИ ЗНАЧАЈНИ ЗА УПРАВЉАЊЕ ПРИХОДОМ РУДАРСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ И ЕКСТЕРНИМ ТРОШКОВИМА

Садржај бакра у рудама је далеко мањи од садржаја кога захтева металургија да би металуршка прерада била економски оправдана. Ретка су лежишта бакра у којима садржај бакра прелази 2%, а металургија захтева концентрате са најмање 20% Cu и ограниченим горњим садржајем штетних примеса, пре свега, тешких метала: олово, цинк, арсен, кадмијум, никл и жива. У металургији се дефинишу ограничења у погледу садржаја штетних примеса из два разлога: штетне примесе могу да наруше квалитет добијеног бакра, а највише због тога што један део штетних примеса, и поред најсавременијих система контроле, одлазе са димним гасовима у атмосферу и загађују животну средину. Ово су основни разлози због којих се руде бакра подвргавају примарној преради (флотацији) ради добијања концентрата бакра са задовољавајућим садржајем бакра и штетних примеса (Слика 4.4) (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

У процесу примарне прераде руде ради добијања концентрата бакра два су најважнија технолошка показатеља који утичу на економију прераде руде и укупну економију производње катодног бакра и то: искоришћење бакра у концентрату **I** (%) и садржај бакра у концентрату **k** (%).

Искоришћење бакра у концентрату **I** представља количник масе бакра у концентрату и масе метала у руди изражен у процентима:

$$I = (K\ k)\ 100/(R\ r),\ (\%) \qquad (4.2)$$

где је: K - маса добијеног концентрата, (t)

R - маса прерађене руде, (t)

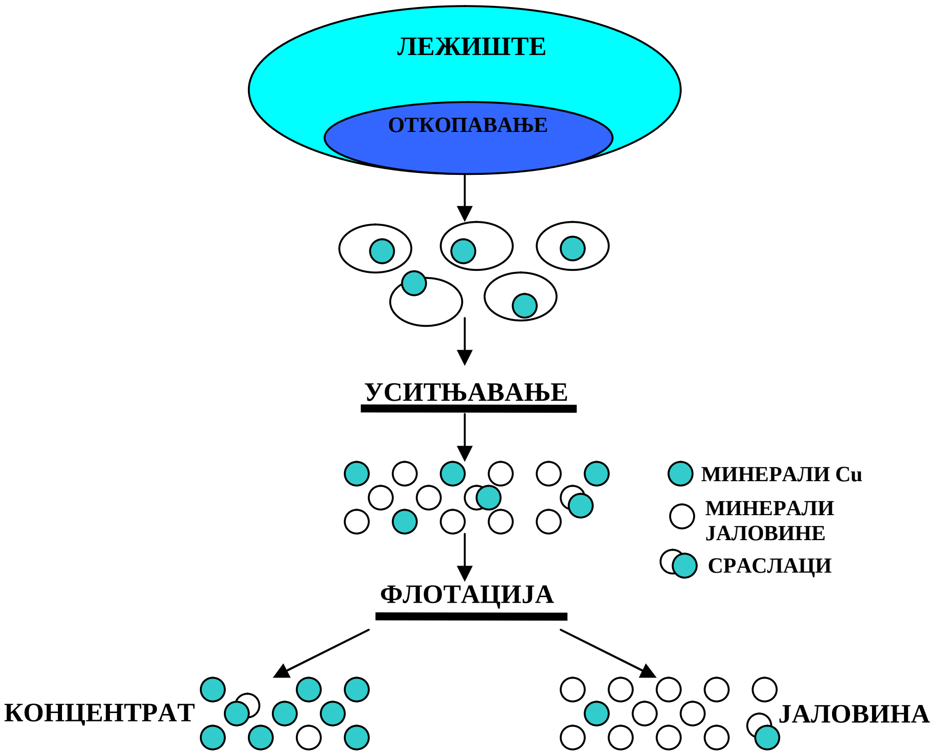
k - садржај бакра у концентрату, (%)

r - садржај бакра у руди, (%).

Са становишта одрживог развоја, искоришћење бакра није само технолошки показатељ значајан за економију експлоатације и прераде руде, већ је и важан показатељ ˝одрживе˝ рударске експлоатације. Већа искоришћења побољшавају економију експлоатације и продужују век трајања примарних ресурса бакра, што је позитивно за одрживи развој (Магдалиновић Калиновић и др., 2007).

Садржај бакра у концентрату **k** је најважнији показатељ квалитета, а потом следе садржај племенитих метала и садржај штетних примеса и влаге (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012; Јовановић и Магдалиновић Калиновић, 2006). Већи садржај бакра и племенитих метала значи већу цену концентрата и обрнуто. Топионице прописују и доњи садржај бакра у концентрату, због топионичких трошкова прераде и аерозагађења.

Наиме, са опадањем садржаја бакра у концентрату расту топионички трошкови и губитак бакра у шљаци, уз истовремени пораст емисија загађења у атмосферу и обрнуто. Са порастом садржаја штетних примеса и влаге у концентрату бакра његов квалитет и цена опадају и обрнуто. Повећан садржај штетних примеса у виду пратећих тешких метала неминовно доводи до повећаног аерозагађења. Повећан садржај влаге повећава трошкове транспорта до топионице (вози се и вода) и повећава трошкове топионичке прераде (пре настанка топљења троши се више енергије на испаравање воде).



Извор: Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012, стр. 28

Слика 4.4 Шематски приказ фаза примарне прераде руде

Садржај бакра у концентрату је од посебног значаја за концентрате који се извозе на далеке дестинације, а једнако важан и за емисије аерозагађења.

Илустроваћемо то нумеричким примером. Потребна количина концентрата **K** у коме се налази једна тона бакра израчунава се по формули (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012, стр. 81):

$$K = 100/k, (t) \tag{4.3}$$

Ако је садржај бакра у концентрату **k** = 40% онда за једну тону бакра у концентрату треба 2,5 t концентрата (K = 100/k = 100/40 = 2,5 t). Ако је садржај бакра у концентрату **k** = 20%, онда за једну тону бакра у концентрату треба 5 t концентрата (K = 100/k = 100/20 = 5 t). Дакле, дупло мањи садржај бакра у концентрату значи дупло више концентрата који треба транспортовати, а потом и претопити. Јасно је, најпре, да ће трошкови транспорта по **1t *Cu*** бити двоструко већи, а и количина шљаке. Већа количина шљаке значи и веће губитке бакра у шљаци. Количина аерозагађења у металургији је сразмерна количини концентрата који се топи, те према томе и емисије загађења ће се удвостручити. Из датог примера јасно се закључује да се управљање аерозагађењем, односно екстерним трошковима у металургији бакра, мора започети још у примарној преради руде ради добијања концентрата бакра.

Да не би било забуне, треба нагласити да садржај бакра у концентрату не зависи само од савремености технологије примарне прераде, већ понајвише зависи од врсте минерала бакра у руди. У порфирским рудама бакра, које данас у светкој производњи учествују са око 60%, основни минерал бакра је халкопирит, у коме је теоријски садржај бакра 34,5%. Из таквих руда економски није оправдано произвести концентрат са више од 25% Cu. Насупрот томе, из руда у којима су основни минерали бакра халкозин (79,4% Cu) и ковелин (66,4% Cu) могу се произвести концентрати са до 40% Cu. (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012).

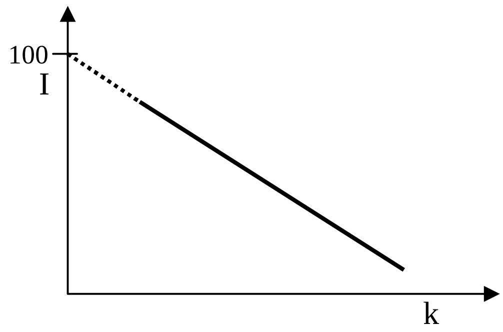
Што се тиче садржаја штетних примеса, свака топионица дефинише њихов максимални дозвољени садржај (˝праг˝ у концентрату, посебно за најштетније: арсен (As), жива (Hg) и кадмијум (Cd). ˝Праг˝ може да значи:

1) да се изнад ове концентрације штетних материја смањује цена концентрата или

2) да изнад ове концентрације, концентрат неће нико да топи (прерађује) због високог аерозагађења.

4.3 ЗАВИСНОСТ ИСКОРИШЋЕЊА БАКРА ОД САДРЖАЈА БАКРА У КОНЦЕНТРАТУ

Индустријски резултати показују да између искоришћења **I** и садржаја бакра у концентрату **k** постоји праволинијска корелација (Слика 4.5).



Извор: Приказ аутора

Слика 4.5 Зависност искоришћења **I** од садржаја бакра **k** у концентрату

Аналитички, зависност искоришћења **I** од садржаја бакра у концентрату **k** може се описати једначином праве линије општег облика:

$$I = 100 - a\,k \qquad (4.4)$$

где је: **a** – коефицијент опадања искоришћења са порастом садржаја бакра у концентрату, који се за сваку руду утврђује из статистичких података корелације искоришћења и садржаја бакра у концентрату.

Табела 4.2 Искоришћење и садржај бакра у концентрату у флотацији Велики Кривељ

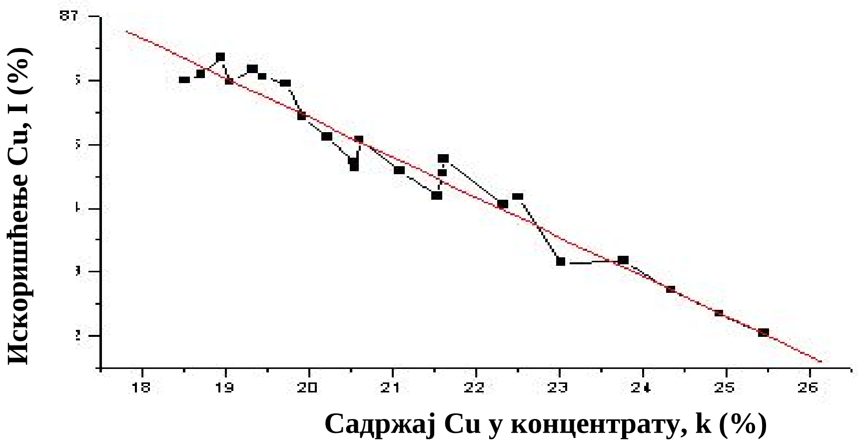
Ред. бр. узорка	**Садржај бакра у концентрату, k (%)**	**Искоришћење бакра у концентрату, I (%)**	**Ред. бр. узорка**	**Садржај бакра у концентрату, k (%)**	**Искоришћење бакра у концентрату, I (%)**
1	24,84	81,27	13	24,35	82,72
2	23,03	83,15	14	19,05	85,97
3	24,93	82,35	15	18,95	86,36
4	18,52	86,00	16	19,33	86,17
5	20,22	85,12	17	18,71	86,09
6	21,55	84,18	18	23,78	83,18
7	25,47	82,04	19	19,92	85,43
8	20,54	84,73	20	19,73	85,95

Ред. бр. узорка	Садржај бакра у концентрату, k (%)	Искоришћење бакра у концентрату, I (%)	Ред. бр. узорка	Садржај бакра у концентрату, k (%)	Искоришћење бакра у концентрату, I (%)
9	21,09	84,58	21	19,45	86,05
10	22,34	84,06	22	21,63	84,77
11	22,52	84,17	23	20,61	85,07
12	21,61	84,54	24	20,56	84,62

Извор: Подаци Флотације Рудника бакра Велики Кривељ

У Табели 4.2 приказани су резултати остварених искоришћења **I** и садржаја бакра у концентрату **k** у флотацији Велики Кривељ, при преради руде устаљеног садржаја бакра у руди (r ≈ 0,3 % Cu).

На Слици 4.6 дат је графички приказ зависности искоришћења од садржаја бакра у концентрату (по подацима из Табеле 4.2).



Извор: Приказ аутора на основу података из Табеле 4.2

Слика 4.6 Зависност искоришћења од садржаја бакра у концентрату

Применом софтверског програма *ORIGIN 5.0*, према подацима из Табеле 4.2, одређена је вредности коефицијента **a** у једначини (4.4) и њен нумерички израз за флотацију Велики Кривељ гласи:

$$I = 100 - 0{,}72\ k \qquad (4.5)$$

са високим степеном корелације R =0,99.

Једначина (4.4), односно (4.5) је од кључног значаја за дефинисање модела управљања приходом од рударске производње концентрата бакра.

4.4 ТЕОРИЈСКИ МОДЕЛ УПРАВЉАЊА ПРИХОДОМ РУДАРСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ БАКРА У РТБ-БОР

Маса бакра $\mathbf{M_r}$ у јединици масе руде (једна тона) дата је изразом (Магдалиновић и Магдалиновић Калиновић, 2012):

$$M_R = r/10^2 \text{ , (t)} \tag{4.6}$$

где је: r – садржај бакра у руди, (%).

У процесу флотације, маса бакра $\mathbf{M_K}$**,** која се из руде преведе у концентрат, износи:

$$M_K = M_R I/10^2 = r\, I/10^4\text{, (t)} \tag{4.7}$$

где је: I – искоришћење бакра у концентрату, (%).

Приход **P** остварен продајом концентрата произведеног из једне тоне руде једнак је производу масе бакра у концентрату $\mathbf{M_k}$ и цене бакра у концентрату **C**:

$$P = M_K C = r\, I\, C/10^4 \text{ , (US \$/t)} \tag{4.8}$$

Цена бакра у концентрату **C** зависи од садржаја бакра у концентрату **k** у односу на реперни садржај $\mathbf{k_r}$ који дефинишу потрошачи (топионице):

$$C = C_r + p(1/k_r – 1/k) \tag{4.9}$$

где је: C_r – цена бакра за реперни садржај бакра $\mathbf{k_r}$ у концентрату, (US $/t)

p – коефицијент који дефинишу топионице, и за реперни садржај бакра у концентрату k_r = 25% Cu износи (Harkki, 2015):

$$p = 3{,}5\, C_r \tag{4.10}$$

Ако се у једначину (4.8) уврсти израз за **I** из једначине (4.4) и израз за **C** из једначине (4.9) добија се:

$$P = [r(100 – ak)/10^4][C_r + p(1/k_r – 1/k)] \text{ , (\$/t)} \tag{4.11}$$

За дату руду и топионицу параметри: **r, a,** $\mathbf{C_r}$**, p** и $\mathbf{k_r}$ у једначини (4.11) су константе, те закључујемо да приход **P** зависи само од садржаја бакра у концентрату **k**.

Оптимални садржај бакра у концентрату $\mathbf{k_o}$**,** при коме приход **P** достиже максималну вредност, налазимо диференцирањем једначине (4.11) по **k** и изједначавањем првог извода са нулом:

$$dP/dk = p/k^2_o – (a\, C_r)/10^2 – (a\, p)/10^2 k_r = 0 \tag{4.12}$$

одакле следи оптимални садржај бакра $\mathbf{k_o}$ у концентрату:

$$k_o = 10\{p/[a(C_r + p/k_r)]\}^{0,5} \tag{4.13}$$

где је: a – коефицијент из једначине (4.5)

p – коефицијент из једначине (4.10), ($/t)

C_r – цена бакра у концентрату за реперни садржај бакра у концентрату, ($/t)

k_r – реперни садржај бакра у концентрату, (%)

Примену овог модела приказаћемо на примеру рудника и флотације Велики Кривељ. Оптимални садржај бакра у концентрату следи из формуле (4.13) за следеће нумеричке вредности параметара који фигурирају у формули:

a = 0,72 – једначина (4.5)

k_r = 25 % - реперни садржај бакра у концентрату (према важећим стандардима на Лондонској берзи метала - Слика 4.3).

Цена једне тоне концентрата, по једначини са Слике 4.3 износи:

$C_k = 0{,}98[(C_{LME} \times 0{,}96(25-1)/100] - TC - (25-1) \times 10^{-2} \times 2.205 \times RC$

$C_k = 0{,}98[(4.513 \times 0{,}96(25-1)/100] - 108 - (25-1) \times 10^{-2} \times 2.205 \times 0{,}108 = 854$ US $/$t_k$

C_{LME} = 4.513 US $/t (цена бакра на Лондонској берзи метала, 08.01.2016. године)

TC = 108 US $/t (цена топљења једне тоне сувог концентрата - Слика 4.2)

RC = 0,108 US $/lb *Cu* (цена рафинације једне тоне анодног бакра – Слика 4.2)

1t = 2.205 lb

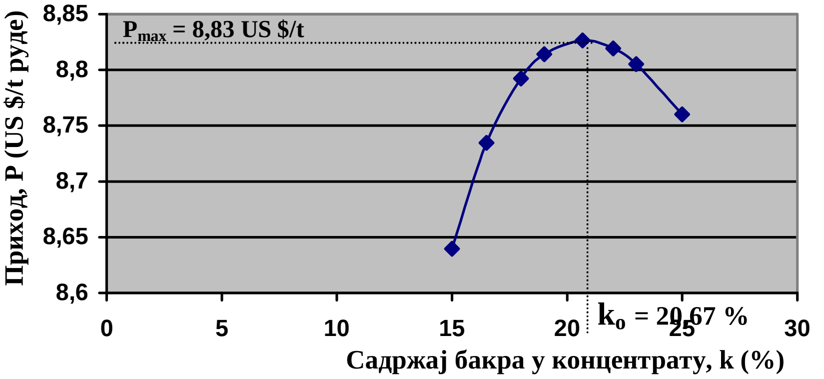
Цена једне тоне бакра у концентрату износи:

$C_r = C_k \times 100/(25-1) = 854 \times 100/24 = 3.561$ US $/t Cu

$p = 3{,}5\, C_r = 3{,}5 \times 3.561 = 12.463$ US $/t Cu

Уношењем ових нумеричких података у израз (4.13) добија се оптимални садржај бакра у концентрату из рудника Велики Кривељ:

$k_o = 10\{12.463/[0{,}72(3.561 + 12.463/25)]\}^{0{,}5} = 20{,}67\%$ *Cu*



Извор: Приказ аутора на основу једначине 4.11

Слика 4.7 Зависност прихода по једној тони откопане и прерађене руде од садржаја бакра у концентрату

Ово је визуелно јасно уочљиво са Слике 4.7 на којој је приказана зависност прихода по једној тони откопане и прерађене руде **P** од садржаја бакра у концентрату **k.** За оптимални садржај бакра у концентрату **k_o = 20,67%,** приход достиже максимум од **P_{max} = 8,83 US $/t руде**.

Садржај бакра у концентрату значајно утиче на емисије аерозагађења у металургији. Мањи садржај бакра у концентрату од оптималног значи више пирита (сумпора) и више сумпордиоксида који ће загађивати атмосферу и повећати екстерне трошкове.

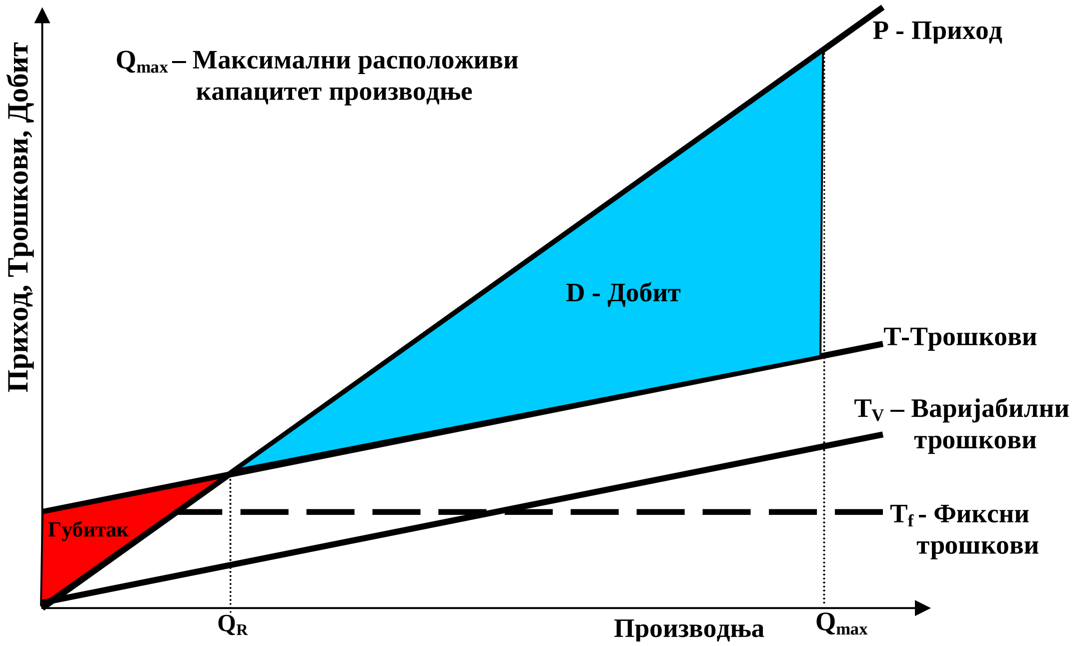
Дакле, једини технолошки параметар који стоји на располагању менаџменту рудника у управљању рударском производњом концентрата бакра, у циљу остваривања максималног прихода од рударске производње, је садржај бакра у концентрату **k**. Технологију прераде руде треба подредити добијању концентрата бакра са оптималним садржајем бакра **k_o**. Оптимални садржај бакра у концентрату **k_o** доноси рударској производњи највећи приход и истовремено минимизира производне и екстерне трошкове у металургији бакра.

Општи модел за одређивање оптималног садржаја бакра у концентрату, дефинисан једначином (4.13), може бити примењен и за концентрате других обојених метала. Услов за његову примену је да се одреде нумеричке вредности константи **a, p, C_r** и **k_r** за дотични концентрат.

4.5 ТЕОРИЈСКИ МОДЕЛ ОДРЕЂИВАЊА ГРАНИЦЕ ОПРАВДАНОГ РАСТА ПРОИЗВОДЊЕ БАКРА

У поглављу 2.1 видели смо да производња и потрошња бакра у свету има сталну тенденцију раста. Повезано са тим, расту количине загађења и трошкови загађења животне средине. Под трошковима загађења животне средине сматраћемо збир трошкова контроле емисије загађења и трошкова санације последице загађења.

У таквим околностима намеће се питање: Постоји ли граница до које је раст производње бакра оправдан? У давању одговора на ово питање поћи ћемо од класичне анализе графичког приказа модела преломне тачке рентабилитета (Слика 4.8). Због своје једноставности, овај графички модел често се користи у циљу објашњења односа трошкови – приходи - резултат, односно утврђивања прага рентабилитета. Међутим, са утврђивањем прага рентабилности не исцрпљује се аналитички значај овог модела, већ је његов циљ утврђивање оптималне комбинације односних фактора у циљу максимизације пословне добити.



Извор: Родић, 1997, стр. 186

Слика 4.8 Класични модел раста прихода и трошкова са растом производње

Једначине прихода **P**, варијабилних трошкова **TV**, укупних трошкова **T** и добити **D** у класичном економском моделу гласе:

$$P = c_1Q \tag{4.14}$$

$$T_V = c_2Q \tag{4.15}$$

$$T = T_f + T_V = T_f + c_2Q \tag{4.16}$$

$$D = P - T = c_1Q - (Tf + c_2Q) = (c_1 - c_2)Q - T_f \tag{4.17}$$

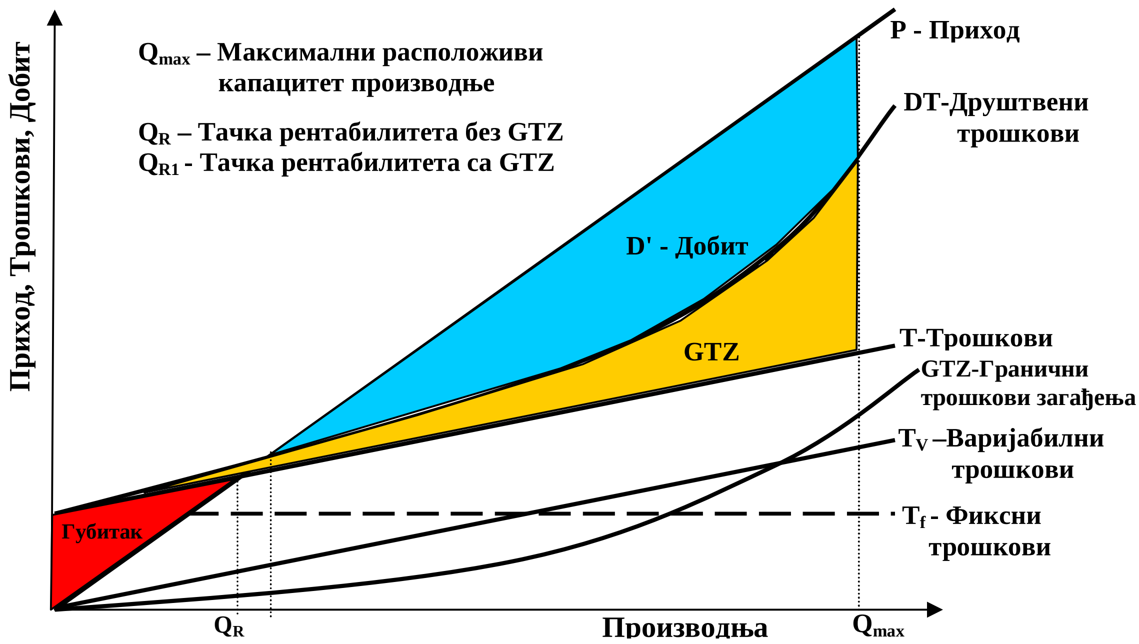
где је: **Q** – производња бакра, (t)

c_1 – приход по јединици производње бакра, (US $/t)

c_2 – варијабилни трошкови по јединици производње бакра, (US $/t)

T_f – фиксни трошкови, (US $)

Међутим, на Слици 4.9 приказаћемо и ревидирани модел, односно модел у коме су поред фиксних и варијабилних трошкова укључени и трошкови заштите животне средине. Погледајмо сада шта се дешава када у класични модел уведемо граничне трошкове загађења **GTZ**, који расту по експоненцијалној функцији (Слика 4.9).



Извор: Прилагођено према: Harris, 2009, стр. 359

Слика 4.9 Ревидирани модел раста прихода и трошкова са растом производње

˝Експоненцијални раст трошкова загађења животне средине је последица истовременог дејства различитих загађујућих материја, кумулативног ефекта неких загађења (олово), као и ограниченог капацитета животне средине да абсорбује загађења, због чега се након одређеног нивоа трошкови загађења рапидно повећавају˝ (Harris, 2009, стр. 359). Емитовано загађење данас до сутра није нестало у потпуности, већ се на њега надограђује ново загађење, и тако дан за даном.

Како количина загађења $\mathbf{Q_Z}$, са растом производње **Q**, расте по експоненцијалној функцији (Harris, 2009) онда то можемо аналитички изразити функцијом облика:

$$Q_Z = k\,Q^y \qquad (4.18)$$

где је: **k**– константа - емисија загађења у тонама за прву тону производње бакра, (t/t Cu)

y – експонент који зависи од тренда раста количине загађења са растом производње.

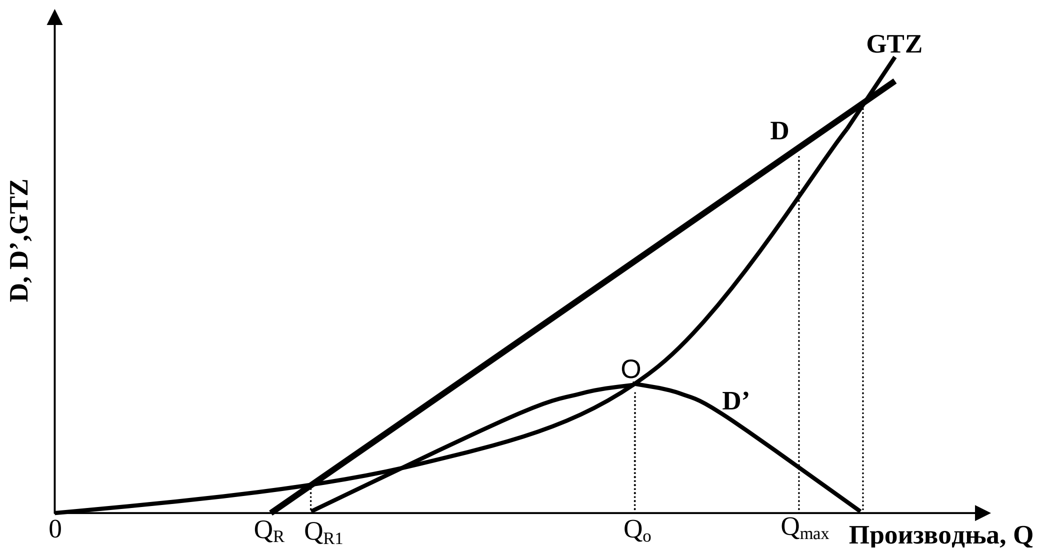
Гранични трошкови загађења **GTZ** су директно пропорционални количини загађења $\mathbf{Q_Z}$:

$$GTZ = t_z Q_Z = t_z\,k\,Q^y \qquad (4.19)$$

где је: $\mathbf{t_z}$ – трошкови загађења по јединици емитованог загађења, (US $/t)

Када у класични модел уведемо и граничне трошкове загађења **GTZ**, добит **D** се умањује за износ **GTZ** и износи **D'**, што је реална добит кад би се плаћали трошкови загађења животне средине (Слика 4.9 и Слика 4.10):

$$D' = D – GTZ = (c_1 - c_2)Q - T_f - t_z\, k\, Q^y \qquad (4.20)$$



Извор: Прилагођено према: Магдалиновић и др., 2007, стр. 62

Слика 4.10 Ревидирани модел добити

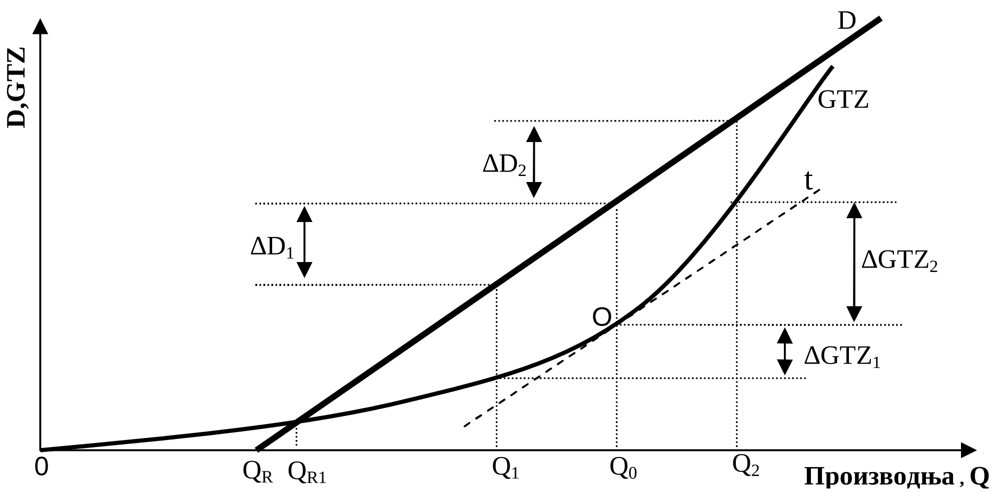
Крива добити **D'** дата једначином (4.20) представља параболу са врхом (максимумом) у тачки **O** (Слика 4.10). Управо тачка **O** одређује границу оправданог раста производње бакра $\mathbf{Q_0}$. За јединицу производње у $\mathbf{Q_0}$, остварена добит **ΔD** је једнака оствареним трошковима заштите животне средине **ΔGTZ**. Граница оправданог раста производње бакра $\mathbf{Q_0}$ је тачка на апсцисној оси у којој крива добити **D'** има максималну вредност (Слика 4.10). Да бисмо аналитички нашли ову тачку диференцираћемо једначину (4.20) по **Q** и први извод изједначимо са нулом:

$$dD'/dQ = (c_1 - c_2) - t_z\, k\, y\, Q_0^{y-1} = 0 \qquad (4.21)$$

одакле следи да је:

$$Q_0 = [(c_1 - c_2)/\, t_z\, k\, y]1/(y-1) \qquad (4.22)$$

Израз дат једначином (4.22) представља математички модел за одређивање границе оправданог раста производње бакра. Наравно, овај модел може да се користи за било коју другу врсту производње.



Извор: Приказ аутора

Слика 4.11 Одређивање границе оправданог раста производње бакра

Са Слике 4.11 види се да свака јединица раста производње од $\mathbf{Q_{R1}}$ до $\mathbf{Q_0}$ (рецимо јединица од $\mathbf{Q_1}$ до $\mathbf{Q_0}$) доноси већи раст добити $\mathbf{\Delta D_1}$ него што је пораст граничних трошкова заштите $\mathbf{\Delta GTZ_1}$ и такав раст производње је оправдан. На супрот томе, раст производње изнад $\mathbf{Q_0}$ (рецимо јединица од $\mathbf{Q_0}$ до $\mathbf{Q_2}$), доноси раст добити $\mathbf{\Delta D_2}$ који је мањи од раста трошкова заштите животне средине $\mathbf{\Delta GTZ_2}$ и зато је раст производње изнад $\mathbf{Q_0}$ неоправдан.

Када крива граничних трошкова заштите животне средине **GTZ** има израженији експоненцијални раст, граница оправданог раста производње може да се одреди и графичким поступком. За графичко одређивање (Слика 4.11) треба паралелно са правом добити **D** повући тангенту **t** на криву граничних трошкова заштите животне средине **GTZ**. Тачка **O** одређује границу оправданог раста производње **Qo**.

Реална провера датог теоријског модела за одређивање границе оправданог раста производње бакра у РТБ-Бор није могућа, јер он годинама послује са губитком. Међутим, да бисмо, ипак, проверили ваљаност модела, претпоставићемо да РТБ-Бор послује позитивно. Колико је таква претпоставка могућа? Могућа је, јер у свету произвођачи бакра послују позитивно захваљујући производним трошковима који су нижи него у РТБ- Бор и у 2010. год. кретали су се од 1.251 US$/t *Cu* у Азији до 3. 946 US$/t *Cu* у Западној Европи (Табела 4.1). Претпоставимо да би РТБ-Бор у поступку реструктурирања (боља организација и реорганизација постојећих делова компаније) данас могао да оствари производне трошкове од 4,230 US$/t *Cu*, односно 3.904 €/t *Cu*, што је око 7,2% више него у Западној Европи, где је производња најскупља, јер се великим делом заснива на увозним концентратима. Нумеричку вредност експонента **y** у једначини (4.22), коју ради лакшег праћења овде поново наводимо, одредићемо на начин који следи:

$$Q_Z = k\ Q^y$$

где је: $\mathbf{Q_Z}$ = 5.000 t - годишња емисија загађења: SO_2+PM_{10}+$PM_{2,5}$, који чине 100% загађења – из Табеле 2.21 Сценарио 1 (маса тешких метала је већ укључена кроз масу честица PM_{10}+$PM_{2,5}$).

Q = 80.000 t Cu – годишња производња из нове технологије

k = 0,050 t/t Cu – константа - емисија загађења за прву тону производње бакра (Камберовић, 2013, стр. 10)

y – експонент који зависи од тренда раста количине загађења са растом производње; одређује се из једначине (4.18):

$$5.000 = 0,050 \times 80.000^y$$

$$80.000^y = 5.000/0,050 = 100.000$$

$$y = \ln 100.000/\ln 80.000 = 1,0198$$

Екстерни трошкови по јединици загађења $\mathbf{t_Z}$ износе:

$$t_Z = ET/Q_Z = 20.577.311/5.000 = 4.115\ €/\ t\ \text{загађења}$$

где је: **ET** =20.577.311 € [58.792.316 € x 0,35 = 20.577.311 € - годишњи екстерни трошкови за Сценарио 1 (Табела 6.4 у поглављу 6.2).

Сада имамо нумеричке вредности за све параметре који фигурирају у математичком моделу за одређивање границе оправданог раста производње бакра који је дат изразом 4.22:

$\mathbf{c_1}$= 4.513 $/t Cu = 4.165 €/t *Cu* – цена катодног бакра на Лондонској берзи на дан 08.01.2016.

$\mathbf{c_2}$= 4.230 US $/t Cu =3.904 €/t *Cu* – трошкови производње бакра

$\mathbf{t_Z}$ =4.115 €/t - екстерни трошкови по јединици загађења

k = 0,050 t/t *Cu* - емисија загађења за прву тону производње бакра

y = 1,0198

Граница оправданог раста производње бакра у РТБ–Бор, по једначини (4.22) износи:

$\mathbf{Q_0}$ = [(c_1 - c_2)/ t_z k y]1/(y-1) = [(4.165–3.904)/4.115 x 0,050 x 1,0198]1/(1,0198-1)

$\mathbf{Q_0}$ = 61.189 t Cu

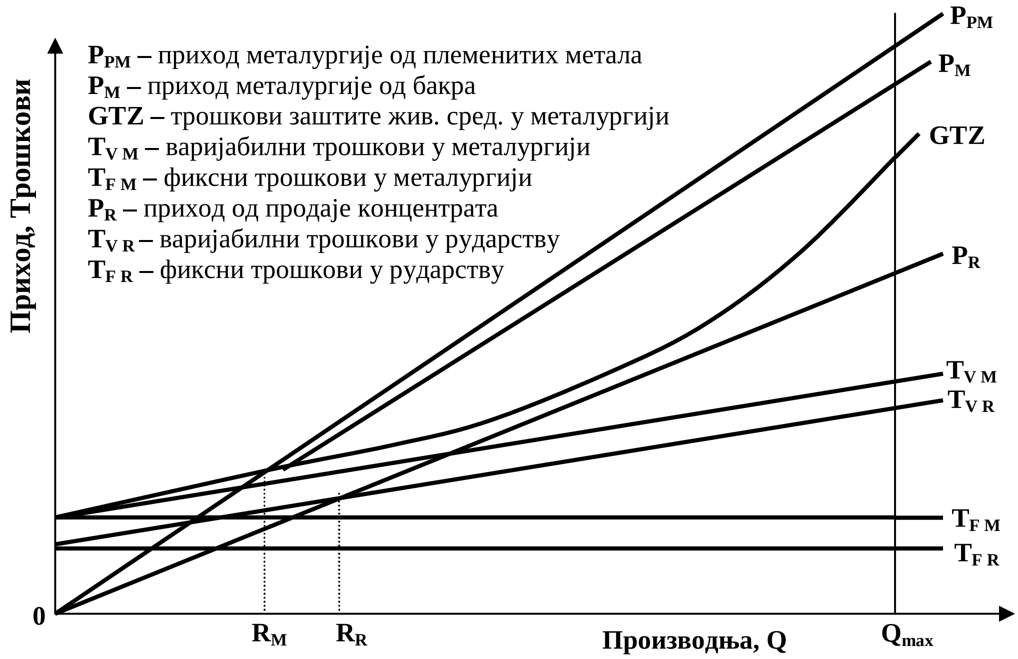
Дакле, свака наредна тона произведеног бакра изнад 61.189 t дала би добит која је мања од насталих екстерних трошкова те њена производња економски није оправдана. Општи облик математичког модела за одређивање горње границе оправданог раста производње бакра (једначина 4.22) може се применити и у производњи других обојених метала. Потребно је само да се на начин описан овде одреде параметри модела: $\mathbf{c_1}$, $\mathbf{c_2}$, $\mathbf{t_z}$, **k** и **y.**

4.6 ИЗВОЗ КОНЦЕНТРАТА – ИЗВОЗ ЗАГАЂЕЊА

Чиле има производњу од око 3,2 Mt бакра у концентрату, а топионичку производњу свега око 1.4 Mt. Дакле, око 1,8 Mt бакра у концентратима извози (Copper Bulletin, 2012, стр. 12-13). Слично је и са Перуом, Аустралијом и Индонезијом. Зашто велики произвођачи концентрата нису изградили своје топионице? Одговор лежи у трошковима загађења животне средине и великом проблему пласмана сумпорне киселине која је нус производ у металургији бакра. Извозом концентрата они извозе и загађење које прати топионичку прераду концентрата.

Ово потврђује најновији извештај министарства рударства Чилеа од 15. марта 2015. год.: "да инвеститори нису заинтересовани за изградњу нових топионица, због великих и неисплативих улагања. Наиме, строги прописи који се односе на заштиту животне средине захтевају велика улагања у системе за контролу и смањење загађења. У исто време порасли су и директни трошкови топионичке прераде концентрата бакра. То би новоизграђене топионице у Чилеу довело у неконкурентан положај у односу на кинеске и јапанске топионице, у којима су ови трошкови готово дупло мањи" (EMIS, 2015, стр. 30). Мали произвођачи концентрата бакра немају економски интерес да граде властиту топионицу, те су због тога принуђени на извоз концентрата. Сматра се да није рентабилно градити топионицу бакра за годишњи капацитет мањи од 80.000-100.000 t бакра у концентрату (Davenport и др., 2002).

Топионичку прераду концентрата прате трошкови загађења животне средине **GTZ** који умањују добит од топионичке прераде концентрата (Слика 4.12).



Извор: Прилагођено према: Harris, 2009, стр. 359

Слика 4.12 Економски модел рударске и металуршке производње бакра

Добит од рударства и металургије (прерада концентрата у властитој топионици) $\mathbf{D_{R+M}}$, износи:

$$D_{R+M} = (P_R + P_M) + P_{PM} - (T_{F\,R} + T_{F\,M}) - (T_{V\,R} + T_{V\,M}) – GTZ \qquad (4.23)$$

Добит рударства од продаје концентрата $\mathbf{D_R}$ износи:

$$D_R = P_R - T_{F\,R} - T_{V\,R} \qquad (4.24)$$

Разлика $\mathbf{D_{R+M} - D_R}$ износи:

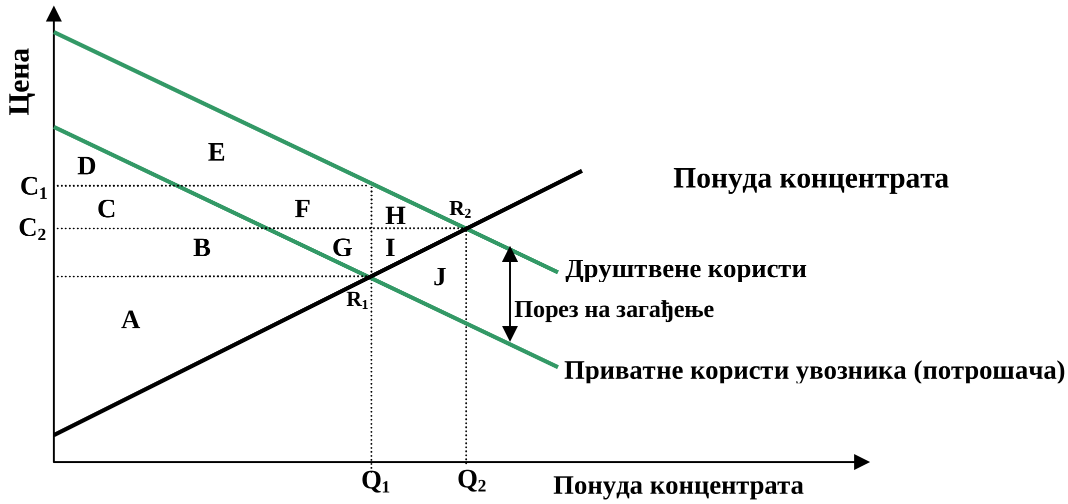
$$D_{R+M} - D_R = P_M + P_{PM} - T_{F\,M} - T_{V\,M} – GTZ \qquad (4.25)$$

Ако је: $(D_{R+M} - D_R) > 0$, односно $(P_M + P_{PM}) > (T_{F\,M} - T_{V\,M} – GTZ)$, онда је топионичка прерада у властитој топионици економски оправдана.

Ако је: $(D_{R+M} - D_R) < 0$, односно $(P_M + P_{PM}) < (T_{F\,M} - T_{V\,M} – GTZ)$, онда је економски оправдано извозити концентрат.

Трговина концентратима бакра у свету подлеже законима понуде и тражње (Слика 4.13). Кад не би било трошкова загађења, потрошачи концентрата (увозници) би се руководили тржишном равнотежом $\mathbf{R_2}$ и купили количину концентрата $\mathbf{Q_2}$ по нижој цени $\mathbf{C_2}$. Тада би и произвођачи и потрошачи остварили максимални вишак. Произвођачки вишак био би сразмеран збиру површина (**A+B+G+I**), а потрошачки вишак сразмеран збиру површина (**C+D+E+F+H**).

Са увођењем пореза на загађење, ситуација се мења. Равнотежа између понуде и приватне користи за потрошача помера се у тачки $\mathbf{R_1}$ у којој потрошачи могу да купују мању количину концентрата $\mathbf{Q_1}$ по вишој цени $\mathbf{C_1}$**.** Ако се определе да купе мању количину концентрата $\mathbf{Q_1}$ по вишој цени $\mathbf{C_1}$**,** себи обезбеђују потрошачки вишак сразмеран збиру површина (**B+C+D**), а произвођачки вишак је сразмеран површини **A**.



Извор: Приказ аутора

Слика 4.13 Анализа тржишта концентрата бакра са трошковима загађења

Ако се, пак, определе да купе већу количину концентрата $\mathbf{Q_2}$ по нижој цени $\mathbf{C_2}$**,** онда ће се њихов потрошачки вишак смањити за износ сразмеран површини В и биће сразмеран збиру површина (**C+D**). Насупрот томе, произвођачки вишак ће бити највећи могући, као кад нема трошкова загађења, сразмеран збиру површина (**A+B+G+I**). Оваква одлука била би најповољнија за произвођача и државу која убира порез на загађење, а најнеповољнија за потрошача. Држава би убрала највећи фискални износ, сразмеран збиру површина (**E+F+G+H+I+J**). Исто тако, потрошачи би износ сразмеран збиру површина (**G+I**) платили два пута: једанпут произвођачима, а други пут држави.

Из овога се јасно види да је за потрошаче најбоље да купе мању количину концентрата $\mathbf{Q_1}$ по вишој цени $\mathbf{C_1}$. Тада ће остварити највећи потрошачки вишак, сразмеран збиру површина (**B+C+D**) и најмањи износ, сразмеран збиру површина (**E+F+G**), платити држави за загађење.

5. ИНТЕРНАЛИЗАЦИЈА ЕКСТЕРНАЛИЈА У ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДЊЕ БАКРА

Пред креаторима политика заштите животне средине увек се постављају два главна питања: ˝Прво, колико загађења је прихватљиво, с обзиром на то да свако друштво мора емитовати неко загађење? Друго, како можемо најбоље да контролишемо или смањимо загађење на овај прихватљиви ниво?˝ (Harris, 2009, стр. 357)

Одговори на ова питања су предуслов за интернализацију екстерналија, односно уношење екстерних трошкова у класични модел понуде и тражње. Будући да нема производње без загађења, односно без екстерних трошкова који су последица штета те производње у животној средини, њихово уношење у тржишну анализу на страни трошкова произвођача значи фактички признавање тржишта да они постоје. Тиме се добија реална слика друштвених користи и друштвених трошкова такве производње. Трајни и коначни циљ сваке интернализације је да се очувају друштвене користи, а смање друштвени трошкови, преко смањења екстерних трошкова. Другим речима, интернализација екстерналија има за циљ да се одговарајућим економски мотивишућим механизмима подстиче интерес загађивача да контролишу и смање загађење.

Начелни економски приступи у интернализацији екстерналија су у принципу истоветни или слични за већину индустријских загађивача. Основни економски циљ индустријских произвођача је максимизација профита. "Са аспекта економије, оптимални ниво квалитета је онај код кога је разлика између трошкова квалитета и економског ефекта највећа. Међутим, економски оптималан ниво квалитета не мора бити најбољи и са еколошког аспекта. То значи да економски оптимум није исто што и еколошки оптимум. На пример, са еколошког становишта оптимално је потпуно елиминисање загађења, док са економског аспекта оптимум је на оном нивоу загађења где су гранични трошкови смањења загађења једнаки граничним користима од смањења загађења" (Бошковић и Радукић, 2011, стр. 73).

Разлике у политикама које друштво предузима према појединим загађивачима проистичу, пре свега, из врсте загађења и „тежине“[20] њиховог утицаја на јавно здравље и екосистем у целини. Елементи политика, који се односе на ригорозност, ефикасност и

[20] Под „тежином“ подразумевамо врсте негативних последица (морталитет, морбидитет и др.), дуготрајност и кумулативно дејство загађења, географска величина подручја и број популације изложене ризику и сл.

доследност спровођења механизама контроле и регулације загађења у пракси, разликују се од државе до државе. Те разлике понекад немају оправдање у ˝тежини˝ штете, већ их креатори политика, отворено или прећутно правдају ˝вишим интересима˝ друштва у целини. Из тог разлога, свака политика у области животне средине, па и најбоља, има поред економске и једнако важну етичку димензију.

Штетни ефекти загађења појединих индустријских загађивача су ефекти екстерне дисекономије, са тенденцијом сталног раста. Тзв. "прљаве технологије проузрокују веће штете животној средини од економског профита који остварују" (Бошковић и Радукић, 2011, стр. 74). У систему тржишне економије, фирме - загађивачи најчешће избегавају екстерне трошкове и настоје да их превале на друге учеснике (појединце и фирме) који их нису проузроковали. Ови субјекти плаћају екстерне трошкове преко већих пореза, већих здравствених рачуна, трошкова осигурања, итд. (Поповић и Радукић, 2012).

Елементи ˝виших интереса˝ у политикама контроле и регулације загађења су, по правилу, израженији и присутнији у земљама које су на ниском степену друштвено-економског развоја. Нажалост, пример такве земље је и производња бакра у Републици Србији. Више од две деценије, производња бакра опада, а количина емитованог загађења расте, са екстерним трошковима загађења који су и до три пута већи од оствареног прихода из такве производње (видети поглавље 6.2). Пар забележених случајева у прошлости, када су надлежне инспекције писмено наложиле обуставу рада топионице бакра у Бору због енормног загађења изнад допуштених граница, окончани су увек истим одговорима менаџмента РТБ-Бор да су предузели све мере укључујући и смањење производње како би смањили аерозагађење, али топионица није обуставила рад. Међутим, да је била приморана да обустави рад, онда би се предузеле мере за ригорознију контролу и свођење аерозагађења у оквире законом допуштених вредности.

У прилог овоме, говоре и алармантни подаци Агенције за заштиту животне средине који су дати у Извештају о квалитету ваздуха у Републици Србији у 2015. год. у коме се наводи следеће: "Током 2015. годишња вредност сумпордиоксида (SO_2) изнад граничне вредности (50 μg/m^3) била је само на мерном месту Бор-Градски парк 145μg/m^3" (Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2015. год. 2016, стр. 23) и да је "забележено 139 дана током којих је прекорачена дневна гранична вредност од 125 μg/m^3" (Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2015. год.,. 2016, стр. 23). У завршним констатацијама се наводи и следеће: "Утицај сумпордиоксида (SO_2) на стање квалитета ваздуха постоји у великој мери у агломерацији Бор, где условљава прекомерно загађен ваздух, односно III категорију квалитета ваздуха" (Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2015. год., 2016, стр. 24).

Ако се има у виду да је 23.12.2014. год. свечано обележен завршетак радова на новој топионици бакра и уз то дата велика обећања од стране менаџмента, где они очекују за 3 месеца (мада су они проценили да ће то бити и за 45 дана) да нова топионица профункционише пуним капацитетом и да ће емисија штетних материја у ваздуху, води и земљишту бити испод законски одређених вредности, јасно је да се то не само није остварило, већ се наставило са енормним загађењем животне средине и у 2015. и 2016. год. Нова топионица ни до данас није профункционисала пуним пројектованим капацитетом.

5.1 ОПТИМАЛНО ЗАГАЂЕЊЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Централно питање у креирању политике и методологије интернализације екстерних трошкова је одређивање оптималног загађења. ˝Појам оптималног загађења, на први поглед, изгледа парадоксалан. Зар оптимална количина загађења није нула? Како се било која количина загађења може сматрати "оптималном"? Одговор на то питање гласи да је "нулто загађење" једино могуће ако је производња једнака нули. Производња било којег добра створиће извесну количину загађења. Друштво једино мора да се определи коју је количину загађења спремно да прихвати. Наравно, пожељно је да се временом тај ниво смањи. Смањење загађења је једино могуће применом нових технологија које стварају мање загађења. "Али, док имамо производњу имаћемо и "оптимални ниво загађења"˝ (Harris, 2009, стр. 49).

Загађење је производ економске активности са штетним дејством. Иако је штетно и нежељено оно је неизбежно, јер настаје у процесу стварања корисних производа економске активности. Према томе, принцип ефикасности је остварити што већу корисност од производње производа и услуга уз што мање загађење. Разлика између позитивне и негативне корисности је дефинисана као нето корисност од загађења. Нето корисност од загађења је разлика између корисности производа чијом производњом је загађење настало и самог загађења:

Нето корисност загађења (NB) = корисност производа (B)-штета од загађења (D)

У случају токова загађења, штета је функција количине загађења Qz, односно функцију штете можемо представити као: D=D(Qz). Функција користи од загађења је B=B(Qz). Нето користи од дате емисије загађења можемо представити као:

$$NB=B(Qz)-D(Qz) \qquad (5.1)$$

Услов максимизације нето користи од економске активности је диференцирање функције штете и користи и изједначавање првог извода са нулом:

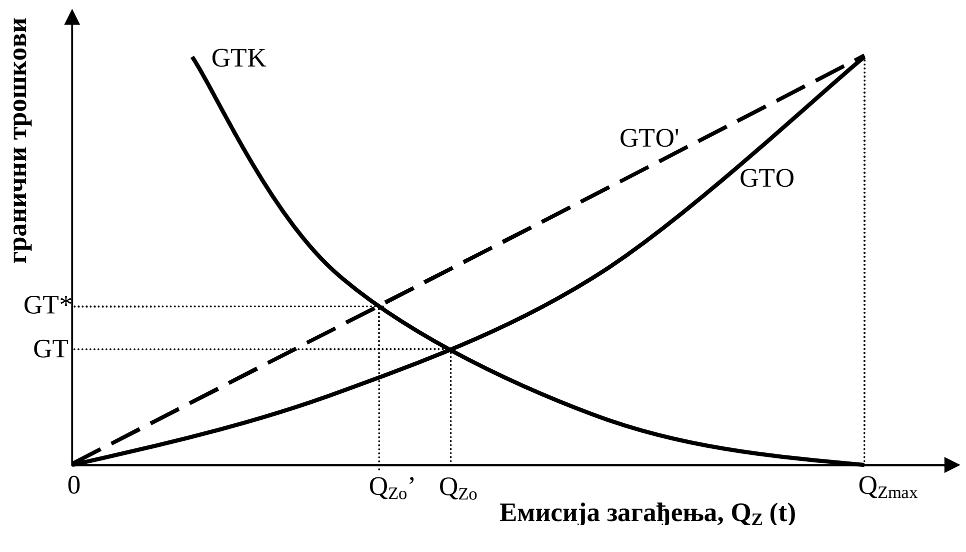
$$\frac{dNB(Qz)}{dQz}=\frac{dB(Qz)}{dQz}-\frac{dD(Qz)}{dQz}=0 \qquad (5.2)$$

одакле следи:

$$\frac{dB(Qz)}{dQz}=\frac{dD(Qz)}{dQz} \qquad (5.3)$$

што значи да су нето користи од загађења максимизиране у условима једнакости граничних штета и граничних користи од загађења.

Који ниво загађења представља оптимално загађење? У одговору на то питање могућа су два економска приступа. Први приступ се заснива на једнакости граничних друштвених користи и граничних друштвених трошкова, а други на једнакости граничних трошкова контроле загађења и граничних трошкова оштећења животне средине. Економисти дају предност другом приступу, јер подстиче развој технике и технологије за контролу и смањење емисије загађења.



Извор: Harris, 2009, стр. 358

Слика 5.1 Криве граничних трошкова оштећења животне средине и контроле загађења

На Слици 5.1 приказане су криве граничних трошкова оштећења животне средине **GTO** и граничних трошкова контроле загађења **GTK** у функцији емитоване количине загађења $\mathbf{Q_Z}$. Максимална емисија загађења $\mathbf{Q_{Zmax}}$ приказује очекивану количину загађења без икакве контроле загађења. С тога су у тој тачки гранични трошкови контроле загађења **GTK** једнаки нули, а гранични трошкови оштећења животне средине **GTO** максимални. Са растом загађења према $\mathbf{Q_{max}}$, гранични трошкови оштећења животне средине расту по експоненцијалној криви **GTO**. То је у складу са научним доказима који показују да су повећане емисије загађења пропорционално штетније када је животна средина већ загађена (Harris, 2009). Међутим, због још увек недовољног броја истраживачких чињеница за поуздано одређивање аналитичког израза за експоненцијалну криву граничних трошкова оштећења животне средине, у јединој, за сада, научно прихваћеној софистицираној методологији *ExternE-EcoSenseWebV 1.3* (Bickel и Friedrich, 2005) за процену екстерних трошкова од индустријских загађења, која ће бити коришћена у овој дисертацији, фигурира линеарна функција за криву граничних трошкова оштећења животне средине (испрекидана линија **GTO’** на Слици 5.1). Што се тиче принципа одређивања оптималног загађења, то ништа не мења, осим што се оптимално загађење смањује на $\mathbf{Qz_0'}$, што је добро, јер се постављају ригорознији захтеви контроле загађења. Предузимањем одговарајућих мера контроле, количина загађења се смањује, а тиме се смањују и гранични трошкови оштећења животне средине. Насупрот томе, свака јединица загађења мање значи већи трошак контроле загађења, због чега се гранични трошкови контроле загађења **GTK** повећавају по експоненцијалној криви са смањењем загађења.

По принципу једнакости граничних трошкова оштећења животне средине и граничних трошкова контроле загађења, у пресеку криви граничних трошкова налази се оптимални ниво контроле или оптимални ниво загађења $\mathbf{Qz_0}$, односно $\mathbf{Q_{z0}'}$ ако се гранични трошкови оштећења животне средине мењају по линеарној функцији. Смањење загађења је исплативо све дотле док су трошкови контроле мањи од користи добијених у смислу смањених трошкова оштећења животне средине. Тачка пресека ових кривих дефинише тзв. равнотежну "цену" при оптималном загађењу. То заправо није права цена, јер тржиште загађења не постоји. То је хипотетичка цена или *shadow price*, односно "цена у сенци", која је једнака граничним трошковима оштећења при оптималном нивоу загађења, односно при ефикасном нивоу смањења загађења. У случају постојања тржишта загађења, ова цена би била ефикасна тржишна цена.

˝Примена ове анализе у пракси је понекад повезана са потешкоћама везаним за монетарно исказивање свих релевантних трошкова оштећења животне средине. Ово је посебно присутно када више материја и гасова загађује животну средину и када је у питању кумулативно загађење. Иако у појединачним случајевима економска анализа можда неће обухватити све трошкове оштећења животне средине, због потешкоћа у њиховом реалном монетарном исказивању, ипак је она једини поуздани модел за разумевање начина на који политике контроле загађења утичу на компаније и појединце у измени понашања у производњи која загађује животну средину˝ (Harris, 2009, стр. 358).

5.2 ИНСТРУМЕНТИ КОНТРОЛЕ И РЕГУЛАЦИЈЕ ЗАГАЂЕЊА

Примена одређених инструмената у области заштите животне средине има за циљ да доведе до смањења загађења, док примена фискалних механизама треба да мотивише субјекте да улажу у заштиту животне средине. Инструменти контроле и регулације загађења животне средине у целини треба да омогуће очување, управљање и унапређење животне средине, пре свега, у смислу превентивног деловања на смањење постојећег загађења. У том смислу неопходно је истаћи друштвено одговорну улогу заједнице не само локалне, већ и регионалне и националне. У Одлуци о дефинисању Националног програма заштите животне средине ("Сл. гласник РС", бр. 12/2010) посебно се истиче да је сврха примене економских инструмента да обезбеди адекватно одређивање цена еколошко-природних ресурса како би се обезбедила њихова ефикасна употреба и правилна алокација. Примена инструмената контроле и регулације загађења "у пракси захтева испуњење неколико предуслова као што су: ефикасна администрација, континуиран мониторинг и систематска евиденција података, јасно дефинисање субјеката и њихових надлежности и одговорности, одговарајућа институционална решења и економска стабилност" (Радукић, 2009, стр. 161).

"Постоје и ситуације у којима није потребна интервенција државе, односно када ниво загађења не одступа од циљног загађења или у случајевима добровољне нагодбе. Путем добровољне нагодбе, нерегулисно загађење своди се на ниво циљног загађења. Међутим, успешност поступка погодбе је мало вероватна код најважнијих типова загађења. Из тог разлога неопходно је применити одговарајућу меру државне интервенције" (Радукић, 2009, стр. 97). Постоје два приступа у анализи интервенционизма јавног сектора у области заштите животне средине: нормативни и аналитички приступ (Радукић, 2009, стр. 98). Нормативни приступ се односи на оно шта би држава требало да уради у конкретној ситуацији постојања тржишних недостатака, а у циљу достизања Парето побољшања. "Аналитички се односи на оно шта држава конкретно ради и какве су последице њених предузетих активности. То се, пре свега, осноси на постојање политичких и бирократских структура у друштву које пружају отпор при спровођењу одређене политике у овој области. Често настају проблеми у конкретном спровођењу програма и мера у смислу постојања разлика између оног што је усвојено и онога што се у пракси примењује" (Радукић, 2009, стр. 98). Један од разлога су управо различите дистрибутивне последице и ефекти система контроле загађења и њихово дејство на све субјекте, односно фирме, домаћинства и појединце. "Ово је довело до отварања бројних стручних расправа на тему како и на који начин дефинисати адекватан инструмент контроле загађења, односно који су то критеријуми за избор одговарајућег инструмента контроле загађења. У том смислу, дефинисани су следећи критеријуми за избор "доброг" инструмента и то: трошковна ефикасност, дугорочни ефекти, динамичка ефикасност, споредне користи, праведност, поузданост, флексибилност, трошкови примене у условима неизвесности, информациони захтеви" (Perman и др., 2003, стр. 203).

Политика заштите животне средине дефинише две основне групе инструмената контроле и регулације загађења и то:

1) командно-контролни инструменти и

2) економско-подстицајни инструменти, засновани на тржишном приступу, односно принципу "загађивач плаћа".

Командно-контролни инструменти подразумевају директну регулацију и дуго су имали доминантну улогу у регулацији, односно смањењу загађења. Овој групи инструмената припадају: контроле аутпута (аутпут квоте или забране), технолошке контроле, квантитативне и квалитативне контроле инпута или комбинације инпута, емисионе (непреносиве) лиценце и локационе (просторне) контроле, односно подела на зоне загађења (Радукић, 2009). Примена ових инструмената подразумева велику регулаторну улогу државе. Међутим, њихова примена у пракси наилази на велики број потешкоћа, као што су недоследност у поштовању прописаних стандарда, непостојање адекватног мониторинг система у области загађења, немотивисаност за смањење загађења испод дефинисаног стандарда, асиметричност информација итд. Као одговор на уочене недостатке командно-контролних инструмената долази до појаве економских инструмената, чија се примена нарочито интензивира од '70-тих година 20. века (Радукић, 2009).

Економски инструменти заштите животне средине засновани су на принципу "загађивач плаћа" и у основи имају двоструку улогу. Прва је фискална улога, односно обезбеђивање одређених финансијских средстава, а друга је еколошка, тј. утицај на промену понашања пословних субјеката у смислу усклађивања њихових пословних циљева са циљевима заштите животне средине. Заједничка карактеристика свих економских инструмената је та да они преко механизма цена утичу на промену понашања загађивача (произвођача, односно потрошача). Промена понашања подразумева да је загађивачу понуђена алтернатива - избор у смислу да самостално одреди да ли је спреман:

- да се подвргне административној контроли загађења и да по том основу дисциплиновано извршава своје обавезе или

- да смањи загађење путем коришћења сировина, енергије и технолошких процеса који су са аспекта очувања животне средине прихватљивији. И управо ово дефинише значај економских инструмената као снажне иновационо-подстицајне механизме у области контроле и регулације загађења.

У економској литератури не постоји унифицирани став око тога шта све чини економске инструменте заштите животне средине. Међу најважнијим и најчешће коришћеним економским инструментима заштите животне средине можемо издвојити: накнаде, порезе, субвенције, размењиве дозволе, депозите, повраћај средстава итд. Свеобухватнија подела економских инструмената је на: емисионе трошкове и таксе, корисничке трошкове, накнаде и таксе, производне трошкове и таксе, субвенције за смањење загађења, тржишне (преносиве) емисионе дозволе, системе рефундирања депозита, надокнаде за неизвршење, извршење обавеза и обавезне исплате (Радукић, 2009).

"Према начину деловања можемо их поделити на инструменте са директним и индиректним начином деловања" (Аџемовић, 2012, стр. 266). Инструменти са директним начином деловања се директно везују за количину штетног дејства и директно делују на обим утврђене штете, односно на количину штетне емисије материја у ваздух, воду, земљиште итд. Ова врста економских инструмената обухвата емисионе порезе и накнаде, размењиве дозволе, депозите и повраћаје. Инструменти са индиректним дејством на посредан начин делују на директне изазиваче загађења.

Најчешће коришћени економски инструменти са индиректним деловањем су порези на одређене факторе производње, на саму производњу, субвенције на одређене супституте у производњи, субвенције на редуциране трошкове загађења итд. Поред ових инструмената држави су на располагању и инструменти као што су: национализација, посредовање државе у преговорима и примена кривичног закона и одговорности (Радукић, 2009).

Организација за економску сарадњу и развој (OECD, *Survey on the Use of Economic Instruments for Polution Control and Natural Resources Management in the New Independent States*, 1999) све економске инструменте разврстала је на следећи начин:

- накнаде и порези за емисије;
- корисничке накнаде и порези;
- казне;
- накнаде за производе;
- гаранције извршења и
- одштете.

У пракси су ретки случајеви када загађивачи добровољно смањују количину емитованог загађења у складу са постављеним циљем загађења. Када су у питању индустријска загађења, до сада се то није десило. Зато је за индустријске загађиваче, у које спада и производња бакра, улога државе у решавању еколошких проблема неопходна. Међу економистима који се баве економијом природних ресурса и животне средине, заштита животне средине постиже се једним или комбинацијом следећих инструмената за контролу и регулацију загађења: порези (накнаде) за загађење, стандарди или ограничења загађења, преносиве дозволе за загађење и субвенције за смањење трошкова загађења (Harris, 2009; Goodstein, 2003). Крајњи циљ интервенције државе у области заштите животне средине је постизање друштвено ефикасног нивоа загађења („оптималног загађења“).

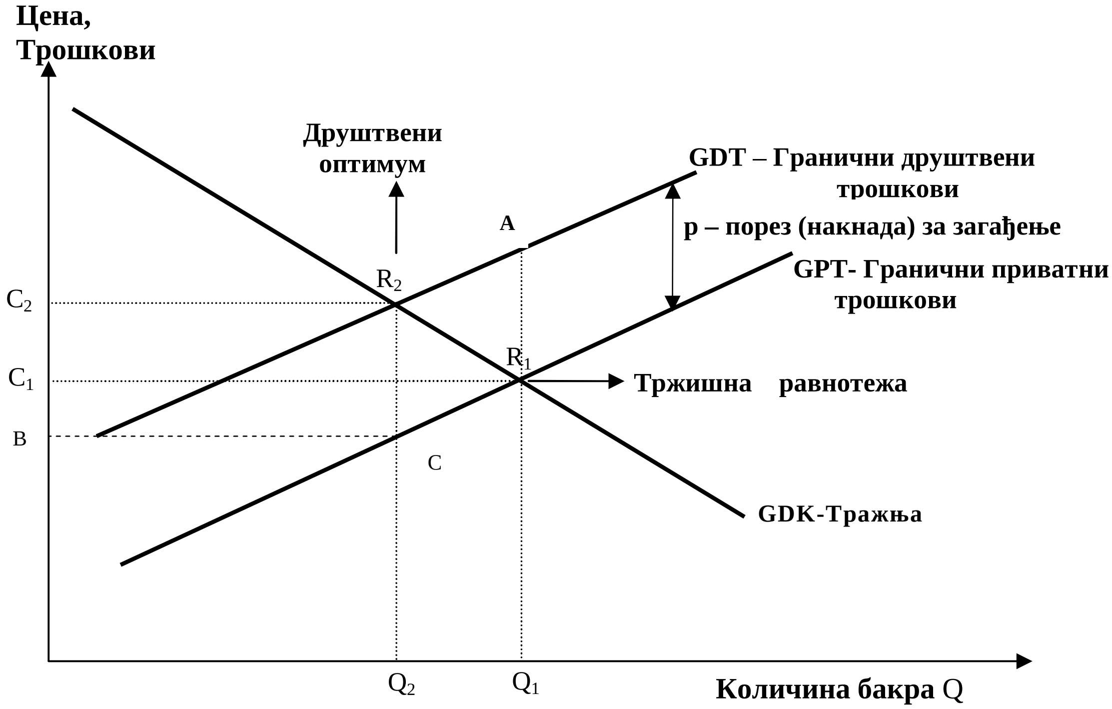
5.2.1 Економски инструменти контроле и регулације загађења

5.2.1.1 Порези на загађење

Порези на загађење су врло ефикасан инструмент контроле загађења и засновани су на тржишном понашању. Утврђују се по јединици емитованог загађења и код загађивача подстичу економски интерес да смање загађење. Порези дефинисани у ширем смислу подразумевају и еколошке накнаде. Трошкови загађења, које компаније преко пореза плаћају локалној или централној власти, су директно пропорционални количини емитованог загађења. Основни циљ увођења пореза је изједначавање граничних приватних трошкова са граничним друштвеним трошковима. Артур Пигу (*Arthur S. Pigou*) је у својој књизи Економија благостања (*Economics of Welfare*) први истакао значај увођења пореза у случају да постоји екстерналија, те је ова врста пореза названа по њему Пигуов порез.

Пигуови порези су кључни за разумевање политике заштите животне средине, јер су поставили стандард (инструмент) за ефикасну контролу и регулисање негативних екстерналија. Сматра се да је износ пореза, који је једнак граничној штети, ефикасна регулација. Порези су нарочито добар инструмент контроле загађења материјама које немају кумулативни утицај на животну средину (гасови у атмосфери и загађивачи водених токова).

Примену пореза на загађење у случају негативне екстерналије у производњи бакра илуструје Слика 5.2 (Stiglitz, 2004, стр. 228).



Извор: Stiglitz, 2004, стр. 228

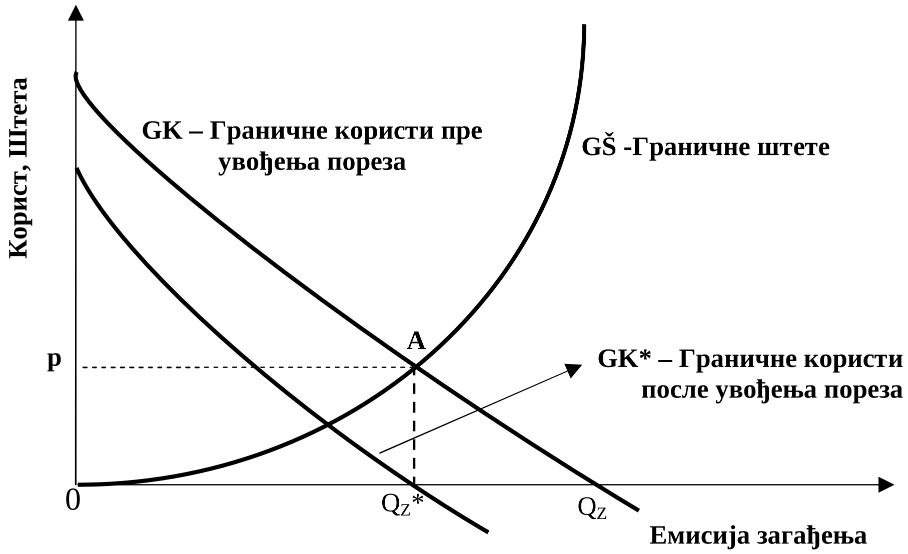
Слика 5.2 Ревидирани модел понуде и тражње бакра са порезом на загађење

Пођимо од претпоставке да еколошки порези не постоје, те загађивач одлуку о својој производњи доноси искључиво на основу својих граничних приватних трошкова

GPT. Значи не узима у обзир штету коју проузрокује својим загађењем. Оптимум загађивача налази се у тачки пресека граничних приватних трошкова и граничних друштвених користи $\mathbf{R_1}$, са обимом производње $\mathbf{Q_1}$ и припадајућом ценом $\mathbf{C_1}$. Претпоставимо да држава донесе одлуку о увођењу еколошког пореза како би интернализовала негативне екстерне ефекте. Са увођењем пореза **p**, долази до раста трошкова производње **GDT=GPT+p,** раста цене производа из $\mathbf{C_1}$ у $\mathbf{C_2}$ и смањења обима производње из $\mathbf{Q_1}$ у $\mathbf{Q_2}$ Успоставља се нова тржишна равнотежа у тачки $\mathbf{R_2}$, са мањим обимом производње $\mathbf{Q_2}$ и вишом ценом $\mathbf{Q_2}$.

Увођење пореза утицало је на пораст цене производа који загађује животну средину, што је довело до тога да потрошачи смање тражњу за истим. Уведени порези обезбеђују порески приход који је представљен површином $\mathbf{CBC_2R_2}$ на графикону. Друштвено благостање од смањења загађења представљено је површином $\mathbf{AR_1R_2}$ на графикону.

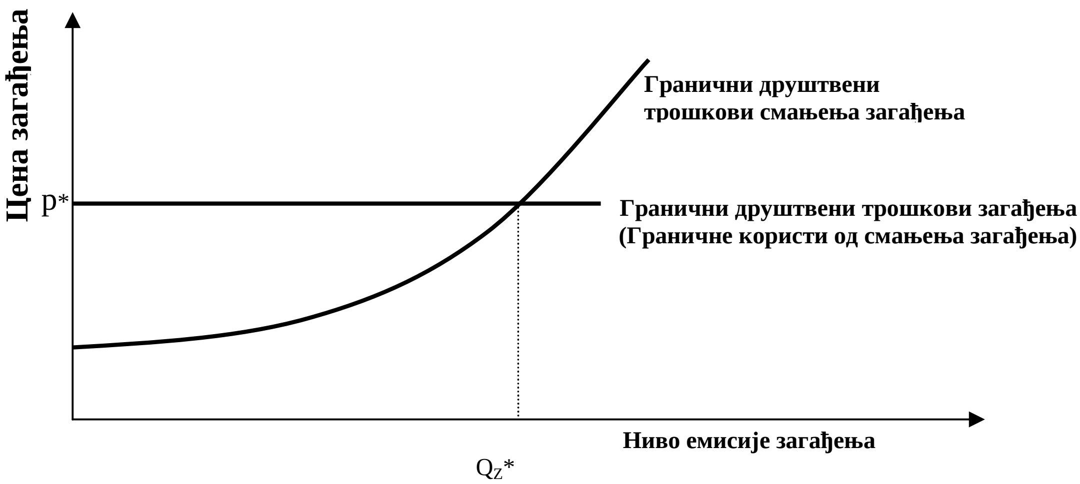
Ефекат увођења пореза на емисију загађења **p** можемо анализирати и на примеру померања криве граничних користи **GK** од смањења емисије загађења $\mathbf{Q_Z}$ (Слика 5.3). На Слици 5.3 дат је приказ укупног агрегатног стања граничних штета **GŠ** и граничних користи пре увођења пореза **GK** и после увођења пореза **GK***. Уколико не постоји порез по јединици емитованог загађења, загађивач ће емитовати загађење до нивоа $\mathbf{Q_Z}$ (тачка максималног неконтролисаног загађења), где су граничне приватне користи од емисије једнаке нули. Ако држава уведе порез по јединици загађења **p**, чију висину одређује тачка пресека криви граничних штета и граничних користи - тачка **A**, долази до померања криве граничних користи на доле. Загађивач је мотивисан да смањи емисију до тачке $\mathbf{Q_Z^*}$ где су граничне користи од емисије једнаке нули (Perman и др., 2003). Према томе, јасно се уочава да увођење пореза на загађење доводи до циљаног опште прихваћеног нивоа загађења.



Извор: Perman и др., 2003, стр. 217

Слика 5.3 Економски ефикасно опорезивање емисија загађења

Такође, порези омогућавају да се троше друштвено ефикасне суме за смањење загађења. Ефикасна контрола загађења, утицаће на повећање трошкова контроле загађења са повећањем обима произодње (Слика 5.4).

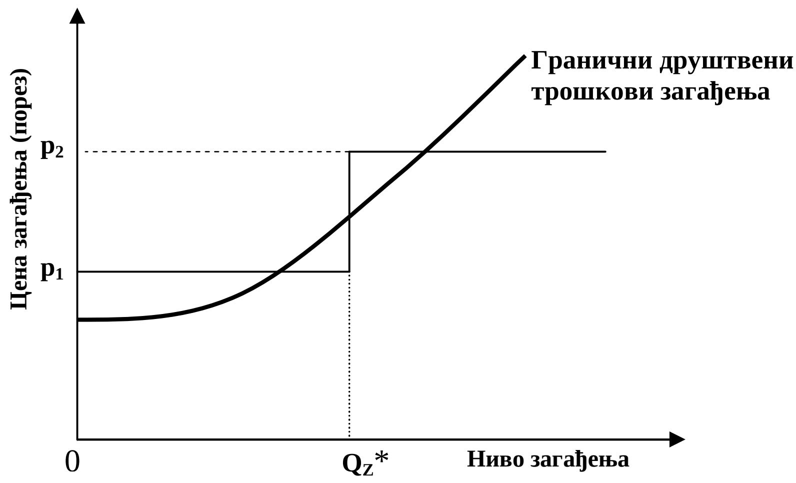


Извор: Васић, 2004, стр. 79

Слика 5.4 Ефикасна контрола загађења

Ако претпоставимо да су нам познати гранични друштвени трошкови загађења, са порастом јединица загађења долази и до сразмерног раста граничних трошкова за смањење загађења (Слика 5.4). Ефикасност у овом случају налаже да су граничне друштвене користи, које се односе на даље смањење загађења, једнаке граничним друштвеним трошковима, што одговара нивоу загађења у тачки Q_Z* **(**Слика 5.4) (Васић, 2004). У том смислу, наплата пореза у висини **p*** натераће фирме да ефикасно послују и смање ниво загађења. Када се говори о ефикасном нивоу загађења, он се може обезбедити на два начина: први, преко прописивања нивоа смањења загађења Q_Z* и други, преко одређивања пореза на загађење **p*** по јединици загађења.

Порези могу бити линеарни (Слика 5.4) или нелинеарни (Слика 5.5) у односу на ниво емисије загађења Q_Z***.** Висина нелинеарног пореза дисконтинуирано расте са порастом нивоа емисије загађења по степеничастој кривој. Дакле, постоји скала пореза по јединици загађења по којој се наплаћује нижи порез p_1 за загађење до неког критичног нивоа емисије Q_Z* (Слика 5.5), а преко тог нивоа порез по јединици загађења се повећава на следећи виши износ p_2 (Васић, 2004).



Извор: Васић, 2004, стр. 80

Слика 5.5 Шема нелинеарних пореза

Да би уведени порези задовољили критеријум економске ефикасности потребно је да:

- висина пореза, при ефикасном нивоу загађења, буде једнака висини граничне штете коју проузрокује;

- порез буде уведен по јединици емисије загађења, а не по јединици производње, чиме се подстиче динамичка и супституциона ефикасност. Порез треба да утиче подстицајно на фирме загађиваче да осавремењавају постојеће или усвајају нове технологије, које стварају мање загађење и развијају јефтинија средства контроле и регулације загађења;

- се укључивањем екстерних трошкова повећавају укупни трошкови производње, што доводи до смањења производње, односно успостављања оптималног, друштвено прихватљивог нивоа производње. Тиме се истовремено спречава прекомерно исцрпљивање и нерационално трошење ресура, што је у складу са концептом одрживог развоја.

Основни недостатак пореза је да се не може утврдити прецизан очекивани резултат у смањењу загађења. Компанијама је остављено да саме одлучују колико ће загађења емитовати, а емитоваће онолико колико могу да плате. Заправо, увек ће плаћати све док је тај трошак мањи од трошка за ригорознију контролу у смислу смањења загађења. Иако је порез економски ефикасан инструмент, његова примена у пракси је често скопчана са потешкоћама. Наиме, да би закон могао да дефинише порез на оптималном нивоу, мора да се зна тачна количина екстерналија што представаља прилично тежак задатак у смислу дефинисања свих оштећења. Не постоји поуздана информација о укупном обиму екстерналије (граничне штете), па према томе нема ни економски ефикасне примене овог инструмента. Зато је неопходно тачно познавање висине граничне штете што често није случај због асиметричности и недостатка информација. Врло често се ова пореска стопа одређује арбитрарно.

Исто тако, порези стављају поједине загађиваче у неравноправан положај, пре свега, са становишта стања технологије (савремена технологија са мање загађења, насупрот застарелој технологији која емитује више загађења). Овај недостатак пореза се потенцира у многим литературним изворима. По нашем мишљењу, ово се може сматрати недостатком на краћи рок. Дугорочније, порези делују позитивно и на власнике застарелих технологија, јер их економски мотивишу да осавремене своју технологију. Са друге стране, повећање цена производа услед примене пореза натераће и потрошаче тих производа да мењају потрошачке навике и брже усвајају иновативна достигнућа "зелених" технологија (Endres**,** 2010).

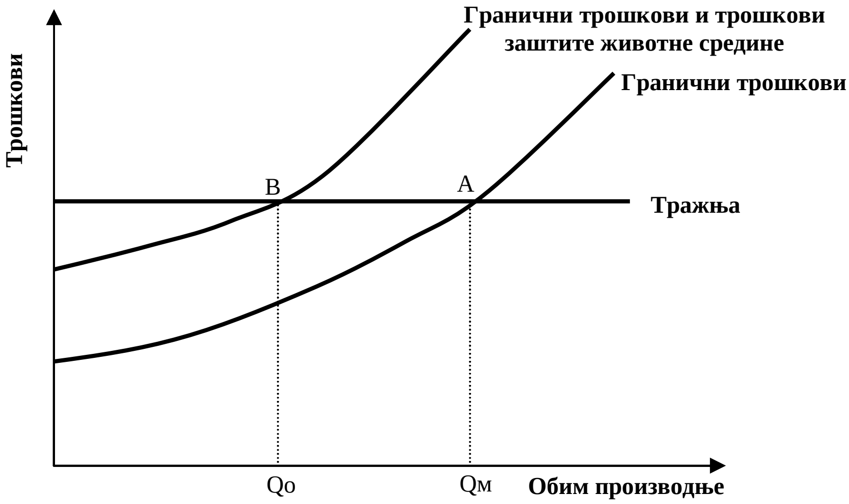
5.2.1.2 Стандарди или ограничења загађења

Стандарди или ограничења загађења су законом дефинисани прописи са јасно дефинисаним крајњим исходом, односно одређивањем лимита нетативних екстерналија. Значи, прописима се дефинише максимални ниво допуштене емисије загађења. Изнад тог нивоа производња не сме да емитује загађење. “Стандард максималне емисије представља максималну количину загађења која је дозвољена да се емитује од стране загађивача, а која је установљена од државе или законодавног ауторитета“ (Gwartney и Stroup, 1982, стр. 619).

Држава путем нормативних аката може на два начина да изврши регулацију у овој области: "да одреди критичан ниво загађења чије је премашивање законски забрањено и путем регулисања производног процеса, тзв. инпут регулације, односно забране коришћења одређених инпута" (Васић, 2004, стр. 83). То је нарочито делотворно код загађења која представљају јасну опасност по јавно здравље. "Држава чешће прибегава инпут регулацији с обзиром да је далеко лакше пратити инпуте него мерити загађење" (Радукић, 2009, стр. 109).

Регулација путем стандарда подразумева да држава претходно дефинише стандард у смислу нивоа друштвено прихватљивог загађења, а затим приморава субјекте да екстерналије сведу до нивоа прихватљивог за друштво. Последица увођења стандарда је та да ће субјекти смањивати загађење до нивоа када су њихови гранични трошкови смањења једнаки трошковима окружења, односно граничним трошковима других фирми.

Илустрацију деловања државе путем стандарда можемо представити у ситуацији када једна фирма загађује животну средину (Слика 5.6.).



Извор: Васић, 2004, стр. 84

Слика 5.6 Трошкови заштите животне средине једне фирме

Са дефинисањем стандарда, фирма која загађује окружење приморана је да своје граничне трошкове сведе на трошкове заштите животне средине, односно фирма смањује своју производњу са **Qм** на **Qо** (Слика 5.6), а самим тим и загађење се своди на ниво стандарда, односно ниво трошкова заштите животне средине.

На Слици 5.6 представљен је најједноставнији облик деловања стандарда када постоји само једна фирма која загађује животну средину. Међутим, у ситуацији када постоји два или више загађивача који стварају екстерналије, јавља се проблем код примене стандарда. Проблем се, пре свега, односи на њихову примену која може ставити поједине загађиваче у неравноправан положај са становишта стања технологије. Наиме, савременија технологија емитује мање загађење, па такви загађивачи имају ниже граничне трошкове смањења загађења у односу на фирме са застарелом технологијом које емитују више загађења и имају више трошкове смањења загађења, а не ретко могу бити и принуђене да обуставе рад.

Међутим, као и код пореза, основни недостатак за примену стандарда јесте управо одређивање тачног износа штете која је проузрокавана екстерналијама. Значи, постоји проблем у прикупљању свих неопходних информација, што представља врло тежак и обиман задатак. Законодавац нема повратних информација како и колико ће увођење одређеног стандарда утицати на смањење производње, а самим тим и на штете проузроковане екстерналијама.

Када се пође од основног циља увођења стандарда, као командно-контролног инструмента еколошких регулација, а то је ограничавање загађивача на унапред одређену количину загађења коју сме да емитује, онда несумњиво можемо говорити и о постојању одређених предности код увођења стандарда, а то су (Радукић, 2009):

1) мање информација је потребно за њихово увођење (боља је било какава регулација него одстуство регулације);

2) једноставни и директни у својој примени (представља меру изречену од стране државног органа);

3) ефективни су у постизању циља заштите животне средине и контролисању штетног загађења;

4) морално „апелују“ и политички су популарни;

5) наклоњени су одређеним еколошким групама и генерално усмерени на остваривање одређеног политичког циља.

Поред стандарда у групи командно-контролних инструмената прописаних од стране државе убрајају се и: непреносиве лиценце за емисије, минимални технолошки захтеви и просторно планирање (Радукић, 2009).

Непреносиве лиценце за емисије (дозволе или квоте) подразумевају ситуацију у којој се лиценце (дозволе) не могу размењивати, односно преносити. Иницијална алокација дозвола, односно лиценци за загађење, код сваке фирме поставља максималну количину емисија која је дозвољена. Доследна примена ових лиценци подразумева јасан и свеобухватан систем мерења (мониторинг) загађења и примену казни услед непридржавања истих. Овде се, такође, јавља проблем асиметричних информација везаних за познавање функције смањења трошкова загађења код сваког загађивача, те из тог разлога поставља се питање јасног одређивања ограничења за сваког загађивача.

Минимални технолошки захтеви подразумевају "јасно дефинисање техничко-технолошких карактеристика процеса производње или опреме која се користи (опрема за десумпоризацију гасова код електрана, одређивање минималних висина код димњака издувних гасова, максимални дозвољени садржај олова у горивима за моторе итд.)" (Радукић, 2009, стр. 111). У пракси, ови технолошки инструменти су показали своју ефикасност на тај начин што је њихова примена у веома кратком року значајно утицала на смањење штетних емисија.

Просторно планирање подразумева измештање, односно сељење људи из области које су погођене загађењем у области које су далеко од извора загађења. Ово је нарочито важно код загађивача чији су ефекти просторно издиференцирани (загађивач се не меша униформно). У пракси је чешћа ситуација измештања извора загађења из области где су људи директно изложени штетном дејству загађивача. Међутим, пресељење људи неће довести до резултата где се загађивач распоређује униформно (подједнако) у простору, нити ће умањити негативан утицај загађивача на екосистем.

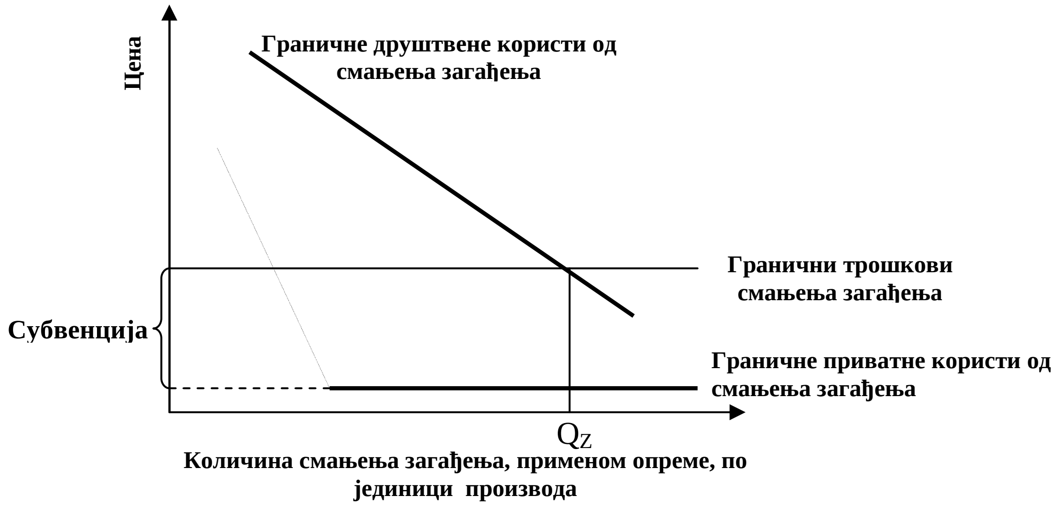
5.2.1.3 Преносиве дозволе за загађење

Преносиве дозволе за загађење су посебно ˝подесан начин контроле загађења од стране загађивача који емитују у атмосферу угљендиоксид и друге гасове који изазивају ефекат ˝стаклене баште˝˝ (Anthoff, 2007, стр. 48). Теоријски концепт система преносивих дозвола разрађен је 60-тих година XX века, знатно после Пигуових пореза, те се из тог разлога сматра новијим инструментом. Преко дозвола, Влада поставља ограничења загађења за целу територију и у складу са тим емитује одговарајући број дозвола које додељује компанијама. Укупна количина понуђених дозвола једнака је максималном загађењу. Преносивост дозвола значи да компаније могу међу собом да купују и продају ове дозволе. Овим путем, односно трговином дозволама успоставља се тржишна цена по дозволи. У том случају, сваки загађивач ће изједначавати своје граничне трошкове са тржишном ценом дозволе те ће сви појединачни гранични трошкови бити исто, што представља основни услов за минимизирање трошкова загађења. Компаније са ниском емисијом могу продати вишак својих дозвола, а компаније са високом емисијом могу куповати додатне дозволе. Новина код примене овог инструмента је формирање тржишта за трговину дозволама за загађење. "Преносиве дозволе су врло погодан механизам за контролу загађења из термоелектрана на фосилна горива" (Harris, 2009, стр. 363). Главна предност овог механизма је та што се тачно зна укупна количина загађења после продаје дозвола. Сваки загађивач може на основу дозволе да производи и емитује загађење само до нивоа расположивих дозвола. Када потроши своје дозволе, он може да настави производњу само ако на тржишту има и купи додатне дозволе. У супротном, мора да обустави рад у дотичној години.

Као новији инструмент у политици заштите животне средине, о преносивим дозволама се још увек мало говори. Међутим, преносиве дозволе на загађење су апсолутно неприхватљиве за загађења која се не распоређују униформно у простору (какво је рецимо загађење које настаје у производњи бакра). Куповина, односно продаја дозволе од стране предузећа које је лоцирано у ужем градском језгру од загађивача које је лоцирано у слабо насељеном подручју условиће знато веће трошкове и имплицираће значајно веће последице по здравље становника. Овај инструмент контроле загађења може се са успехом применити само у случају када се загађења униформно распоређују у животној средини. Управо ова карактеристика представља и основно ограничење у примени овог инструмента регулације.

5.2.1.4 Субвенционисање трошкова за смањење загађења

Субвенционисање трошкова за смањење загађења као инструмент може да се примени у ситуацији када загађивач има мање директне користи од смањења загађења од становништва које живи на том подручју, те самим тим и није заинтересован за смањење загађења. Тада држава може да путем субвенција, нпр. кроз куповину опреме која производи мање загађење, постигне жељени ефекат. Субвенција у том случају би била једнака разлици између граничних друштвених користи смањења загађења и граничне приватне користи фирме. На тај начин би се постигао ефикасан ниво трошкова за смањење загађења (Слика 5.7).



Извор: Васић, 2004, стр. 82

Слика 5.7 Субвенције за смањење загађења

На слици 5.7 приказано је дејство субвенција за смањење загађења. Субвенције спадају у групу економских инструмената који производе позитивне ценовне ефекте, односно утичу на смањење граничних трошкова, смањење цене аутпута и повећање обима активности која се субвенционише. У случају фиксних граничних трошкова смањења загађења, субвенционисањем смањења загађења (куповина система за смањење загађења) гранични приватни трошкови се смањују, али се произвођач не мотивише на смањење производње и емисије загађења. Напротив, већа производња значи и већу добит, али и веће загађење. Компанија у поступку одлучивања о обиму производње не узима у обзир трошкове субвенција које сноси држава, па према томе, јасно је зашто су произвођачи више заинтересовани за субвенције, а не за порезе.

У случају субвенционисања загађивача постоји неколико ствари на које треба указати. У случају доделе субвенција, субјекти који имају већу производњу добијали би већу субвенцију. Са друге стране, поставља се и морално питање да ли је оправдано награђивати загађиваче за смањење загађења? Применом овог механизма не постиже се друштвено ефикасна алокација ресурса.

Иако је употреба субвенција као економског инструмента у поступку решавања еколошких проблема новијег датума, већ је доста оних који мисле да није ни пожељно, ни оправдано, ни оптимално користити субвенције у ове сврхе, јер могу имати веома штетне ефекте по животну средину. Еколошки штетне субвенције не доприносе санкционисању еколошки штетног понашања, већ напротив, фаворизују га. Из тог разлога данас се све више пажње поклања субвенцијама које имају штетно дејство на животну средину. Примена субвенција у области производње бакра, и уопште код индустријских загађивача, није оправдана.

Када је реч о примени фискалних инструмената, пореза и субвенција, на први поглед се стиче утисак да је крајњи, еколошки циљ остварен, а то је смањење загађења. У случају примене пореза загађивач ће смањити своју активност (ниво производње опада јер примена пореза утиче на раст цена), док у случају примене субвенције загађивач смањује загађење, обим производње остаје на истом нивоу а крајњи трошак субвенције се преноси на потрошаче. За разлику од примене пореза који доноси приходе у буџет једне привреде, субвенција не доноси, те као таква захтева већи буџет који мора бити попуњен из других извора.

5.2.1.5 Избор адекватног инструмента контроле и регулације загађења

Након дефинисања циља смањења загађења приступа се поступку избора адекватних инструмената за остваривање тог циља. Избор ефикасног инструмента контроле и регулације загађења је одлука од кључног значаја у политици заштите животне средине. Економисти се углавном фокусирају на критеријум економске ефикасности и исплативости. Економска ефикасност подразумева остваривање оптималног циља, односно смањење загађења уз минималне укупне друштвене трошкове. Економски ефикасан ниво смањења загађења подразумева онај ниво загађења при коме су гранични трошкови смањења загађења и граничне штете од загађења једнаки. У случају када постоји више загађивача, минимум укупних друштвених трошкова постиже се на оном нивоу на коме су гранични трошкови смањења загађења исти код сваке фирме загађивача. Управо сам поступак тачног одређивања штета од загађења и примене одговарајућих инструмената у пракси представља врло сложен и компликован посао, те као такав отежава ефикасно дефинисање циљева смањења загађења. Зато се у пракси често у поступку дефинисања циљева смањења загађења, поред економских, "прибегава и нееекономским критеријумима, као што су здравствени, политички, социјални итд. Међутим, чак и када се циљеви смањења загађења дефинишу на бази неекономских критеријума, отвара се проблем њиховог ефикасног остваривања" (Пешић, 2002, стр. 100). Из тог разлога, врло је важна и трошковна ефикасност, која подразумева остваривање постављених циљева који уједно не морају да буду и најбољи, односно оптимални циљеви, уз минималне укупне друштвене трошкове. "С обзиром да постоје и други критеријуми при одлучивању, као што су дистрибуција трошкова и користи (према групама прихода, регионима), као и политичка изводљивост, јасно је да се ради о вишекритеријумском избору који не представља нимало лак посао" (Goulder и Parry, 2008, стр. 152). Само постављање циљева загађења на чисто економским темељима у пракси је врло ретко.

Избор инструмента контроле и регулације загађења зависи, пре свега, од врсте загађења. Загађења животне средине се могу разврстати по основу више критеријума. По основу зоне утицаја делимо их на локална, регионална, глобална; према природи загађивача на органска и неорганска; по степену мешања у спољну средину на униформна и неуниформна загађења; по основу мобилности извора загађења на стационарна и мобилна; по основу природе загађујућих емисија на токове и фондове загађења (Пешић, 2002).

За аерозагађења из производње бакра, у Републици Србији постоје дефинисани стандарди (ограничења) максималних емисија сумпордиоксида, честица прашине и тешких метала, и о томе смо детаљно писали у поглављу 2.3. Примена стандарда, као командно- контролног инструмента, у случају постојања једног загађивача (топионице) је једноставна у пракси. Загађивач мора да прилагоди своју производњу дефинисаном стандарду и да смањује штетне емисије или у противном да се суочи са применом одговарајућих казнених одредби, односно затварањем и забраном делатности. Међутим, вишедеценијска пракса је показала да се ови стандарди у области производње бакра нису доследно поштовали. Осим ретких случајева смањења производње код енормно високих аерозагађења и великог негодовања грађана, РТБ-Бор никада у прошлости није имао забрану рада, када су аерозагађења превазилазила дефинисане стандарде.

Међутим, размотримо какве ефекте би дали и остали командно-контролни инструменти новијег датума (Perman и др., 2003; Радукић, 2009) уколико би их применили у области производње бакра. Најчешће "коришћени инструменти из ове групе су: непреносиве лиценце за емисије, просторно планирање и минимални технолошки захтеви" (Радукић, 2009, стр. 111).

Непреносиве лиценце (квоте или дозволе које се не могу размењивати) представљају циљну емисију загађујућих материја по врстама загађивача (извора загађења) (Радукић, 2009). У основи, ради се о иницијалној расподели лиценци, односно максимално дозвољеној количини загађења по загађивачу. Овај инструмент није економски прихватљив у случају топионице у Бору, зато што је извор загађења - топионица, лоцирана на само 500 m од центра града. Пошто се ради о не-униформном мешању загађивача, највеће штете на свим рецепторима настају у непосредној близини извора загађења. Загађујуће емисије проузрокују високу штету, те у том случају, дефинисане дозвољене квоте требале би бити изузетно мале или готово никакве (забрана рада). Међутим, у случају отварања нових топионичких капацитета, овај инструмент би добио на значају.

Просторно планирање (зонирање, подела на зоне загађења) је веома значајан инструмент за смањење изложености људи загађењу, путем просторног измештања било становништва било извора загађења (Радукић, 2009). Пошто се у производњи бакра ради о не-униформном мешању загађујућих материја у атмосфери (загађење ваздуха), веома је битна локација загађивача (топионице). Садашња топионица у Бору је лоцирана на 500 m од градског центра, те је њено измештање или измештање становништва немогуће. Такође, налазишта бакра одређују место експлоатације руде и оно се не може измештати. Овај инструмент, такође, добија на значају у случају изградње нових топионичких капацитета.

Минимални технолошки захтеви обухватају инструменте контроле и регулације загађења који укључују "специфицирање захтеваних карактеристика процеса производње или капиталне опреме која се користи" (Радукић, 2009, стр. 111). Када је реч о производњи бакра, ову групу инструмената можемо поделити на:

1) минималне техничке захтеве, који обухватају: захтевану врсту технологије, минималну висину димњака, обавезну примену електрофилтера за сакупљање честица прашине и

2) минималне технолошке захтеве (инпут регулација) кроз дефинисање квалитета концентрата бакра у погледу горњег (максималног) садржаја штетних примеса.

Када говоримо о минималним техничко-технолошким захтевима, иако се као најчешће примедбе у примени ових инструмента наводе "неефикасност у примени, ограничење избора који се пружа одређеној фирми-загађивачу у циљу смањења загађења, ови инструменти су се показали као "моћни" у брзом смањењу загађујућих емисија" (Радукић, 2009, стр. 112). Ова група инструмената може се успешно применити како у постојећој, тако и у будућој технологији производње бакра.

Када говоримо о примени економских инструмената код не-униформног загађења, размотрићемо могућност примене емисионих пореза и преносивих дозвола за загађење (Perman и др., 2003; Радукић, 2009) у производњи бакра.

Примена емисионих пореза код не-униформног загађења подразумева да свака фирма-загађивач плаћа порез по јединици загађења и, при том, висина штете зависи од удаљености од извора загађења (не-униформно мешање загађивача). У случају постојања већег броја загађивача, примена овог инструмента била би отежана због поступка праћења и мерења загађења, поступка утврђивања штете коју проузрокује сваки од извора загађења на одређеној групи рецептора, што би аутоматски подразумевало различите пореске стопе по загађивачима. У случају производње бакра, када имамо један извор загађења, овај инструмент контроле и регулације загађења представља основу система контроле и регулације загађења животне средине у комбинацији са осталим командно-контролним инструментима.

Тржишне дозволе за емисије су инструменти који су неприхватљиви у области производње бакра. Прво, не постоји могућност размене дозвола за емисије, јер је борска топионица једина у Србији. Чак и када би претпоставили да постоји више извора загађења (топионица бакра), примена овог инструмента није прихватљива, јер би у том случају топионица која је лоцирана у граду могла да откупи дозволе других топионица које су смештене у ненасељеним или руралним местима.

Из групе економских инструмената, значајну примену у циљу смањења загађења у производњи бакра имају емисиони и кориснички порези и накнаде. Емисиони порези и накнаде базиране су на проценама или директним мерењима концентрације и врсте загађујућих емисија. Међу најзначајнијим инструментима су: порези и накнаде на загађење ваздуха, вода, земљишта, накнаде за отпад, што је значајно кад говоримо о производњи бакра. Кориснички порези, накнаде и таксе односе се на плаћање трошкова колективних услуга или коришћење природних ресурса (експлоатација минералних сировина). Овај инструмент је локалног карактера и веома је значајан са аспекта развоја локалне заједнице, јер средства прикупљена његовом применом служе за финансирање решавања конретних локалних еколошких проблема (Радукић, 2009).

Иако у традиционалном схватању суштине појма пореза и накнада постоје несумњиве разлике, јасно разграничење у поимању суштине еколошких пореза и накнада је врло тешко (Цветковић, 2014). Оба инструмента (накнаде и порези) заснована су на трошковима загађења животне средине и у основи представљају цену за загађење животне средине. Оно што је својствено и еколошким порезима и еколошким накнадама је постојање принуде у извршењу исте, као и одсуство непосредне противнакнаде (Цветковић, 2014). Међутим, правна регулатива ОЕЦД-а прави терминолошку разлику између пореза и накнада са становишта употребе и алокације прикупљених средстава употребом ових инструмената. Несумњиво је да оба инструмента доносе приход. Међутим, највећи део прихода који је остварен по основу накнада користи се за покривање трошкова и заштиту животне средине. Приход који је остварен по основу пореза представља централизовани приход који највећим делом није намењен за заштиту животне средине, већ представља приход републичког и локалног буџета. Порезима се придаје општи карактер у односу на накнаде које имају наменски (дестинирани) карактер. Међутим, ова дистинкција се доводи у питање ако би се узео у обзир наменски карактер еколошких пореза. "Према томе, став законодавца је да ли ће дажбину дефинисати као порез или накнаду" (Цветковић, 2014, стр. 388).

У законодавном систему Републике Србије, најзначајнија еколошка накнада је накнада за загађење животне средине. Њено реално утврђивање на бази стварних трошкова загађења животне средине, као и доследна примена, су од немерљивог значаја у области производње бакра. Сви остали економски инструменти тешко су применљиви у области производње бакра с обзиром на природу и врсту загађења, карактер мешања загађивача у спољној средини, карактер и природу фондова загађења, као и стационарни извор и локацију загађења.

Искуства земаља чланица Европске уније говоре у прилог опорезивању као ефикасном инструменту ка остваривању еколошких циљева (*European Economy*, *The Economics of Limiting* CO_2 *Emissions*, 1992). "Искуства земаља у транзицији или мање развијеним привредама су нешто другачија. Привреде ових земаља су оптерећене економским проблемима, тако да реформа еколошког пореског система не добија значајно место у општим фискалним реформама, иако би по свом значају требали да се поставе у односу на фискалне приоритете" (Мунитлак-Ивановић, 2007, стр. 86). Према томе, еколошки порези имају не само значајну еколошку функцију, већ и веома значајну фискалну функцију пуњења буџета, а самим тим, смањују притисак на опорезивање рада и капитала, што смањује дисторзије и подстиче раст (Weizsacker, 1989).

˝У раним 90-им постаје популарна тврдња да постоје друге предности пореза за контролу загађења. Тај став се често назива предност ˝дупле дивиденде˝. Прва ˝дивиденда˝ представља корист од смањења загађења што је проузроковано порезом. Друга ˝дивиденда˝ подразумева да се приходи од пореза на загађење могу користити за смањење других пореза у привреди чији су ефекти тиме ˝искривљени˝ са становишта економије благостања, на пример, порез на приход (неправилан избор између рада и доколице) или порези послодавца (неадекватни обим тражње за радном снагом)˝ (El-Agraa, 2001, стр. 453). Појам ˝дупле дивиденде˝ се односи на ситуацију када увођење еколошког пореза отвара простор за смањење неког другог пореског оптерећења, на пример пореза на рад или доходак. Смањење пореских оптерећења отвара простор за нова радна места и ангажовање већег броја радника. На тај начин се врши реалокација пореских оптерећења и стварају нови подстицаји. Сама концепција теорије ˝Дупле дивиденде˝ се не ретко користила од стране друштвено - политичких актера и интересних група у разне сврхе. Пракса је показала да увођење еколошких пореза није довело до смањења осталих пореза.

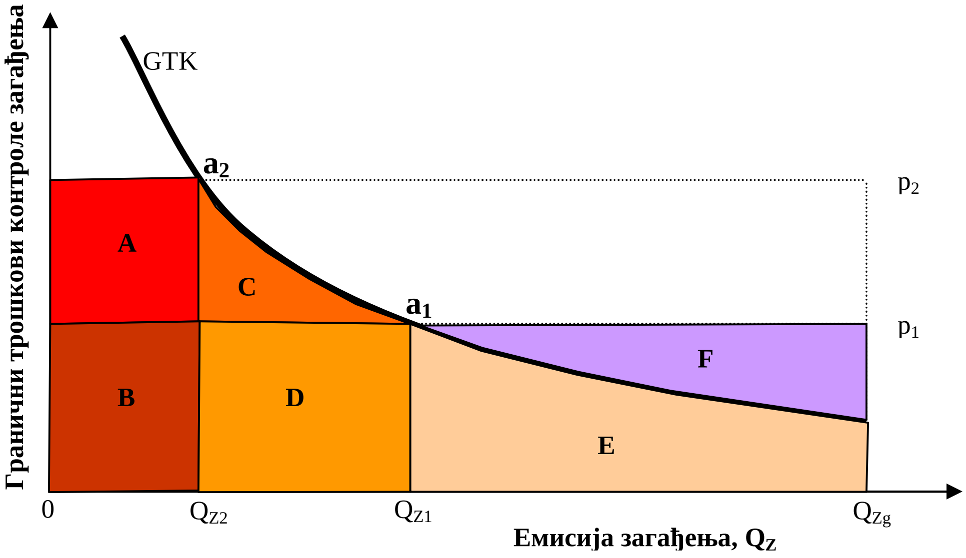
Јасно је да ће интернализација негативних екстерналија повећати тржишну цену производа што ће утицати на профит. Учешће еколошких трошкова у укупним трошковима је значајно, јер уколико су они једнаки или већи од продајне цене производа опстанак предузећа се озбиљно доводи у питање (Бошковић и Радукић, 2011).

5.3 ЕФИКАСНИ ИНСТРУМЕНТИ КОНТРОЛЕ И РЕГУЛАЦИЈЕ ЗАГАЂЕЊА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА

Када је у питању производња бакра, институционална политика у области заштите животне средине у Републици Србији је, као механизам контроле и регулације загађења животне средине, прихватила комбинацију стандарда ограничења и накнада (пореза) за загађење. То је добар и ефикасан механизам, из два разлога:

Први разлог је тај да је, независно од нивоа загађења, оно подједнако штетно по здравље и животну средину и по основу тога постоје екстерни трошкови.

Други разлог је економско-еколошке природе. Наиме, ако за загађења до допуштених граничних вредности нема пореза, компанија ће се само трудити да сведе загађење у оквиру дефинисаног ограничења, и ништа мање од тога, јер то захтева додатне трошкове на које није економски принуђена. Међутим, порези економски мотивишу компанију да емитује ˝оптимално загађење˝ (Harris, 2009; Bromley 1995).



Извор: Harris, 2009, стр. 361

Слика 5.8 Ефекти увођења пореза на загађење у производњи бакра

Размотримо детаљније елементе таквог решења уз помоћ графичког приказа на Слици 5.8. Нека је $\mathbf{Q_{Zg}}$ гранична (допуштена) емисија загађења дефинисана стандардом, а $\mathbf{p_1}$ порез на загађење. Ако компанија емитује гранично загађење $\mathbf{Q_{Zg}}$, онда ће њен укупни трошак за заштиту животне средине $\mathbf{Tzž_1}$ бити једнак накнади за загађење у износу $\mathbf{Tz_1 = Q_{Zg} \times p_1}$, који је сразмеран збиру површина:

$$Tzž_1 = Tz_1 \sim B+D+E+F$$

Ако је порез на загађење $\mathbf{p_1}$, према дефиницији о оптималном загађењу, компанија има економски интерес да смањи загађење на $\mathbf{Q_{Z1}}$. Овај интерес проистиче из чињенице да је у тачки $\mathbf{a_1}$ (емисија загађења $\mathbf{Q_{Z1}}$) порез једнак граничним трошковима контроле загађења.

Ако одлучи да смањи емисију загађења на $\mathbf{Q_{Z1}}$ онда треба да уложи у контролу загађења износ $\mathbf{TK_1}$, који је сразмеран површини **E** и да плати накнаду за загађење у износу $\mathbf{Tz_2 = Q_{Z1} \times p_1}$, која је сразмерна збиру површина **B+D**. У том случају, укупни трошкови за заштиту животне средине $\mathbf{Tzž_2 = TK_1 + Tz_2}$ сразмерни су збиру површина:

$$Tzž2 \sim E+B+D$$

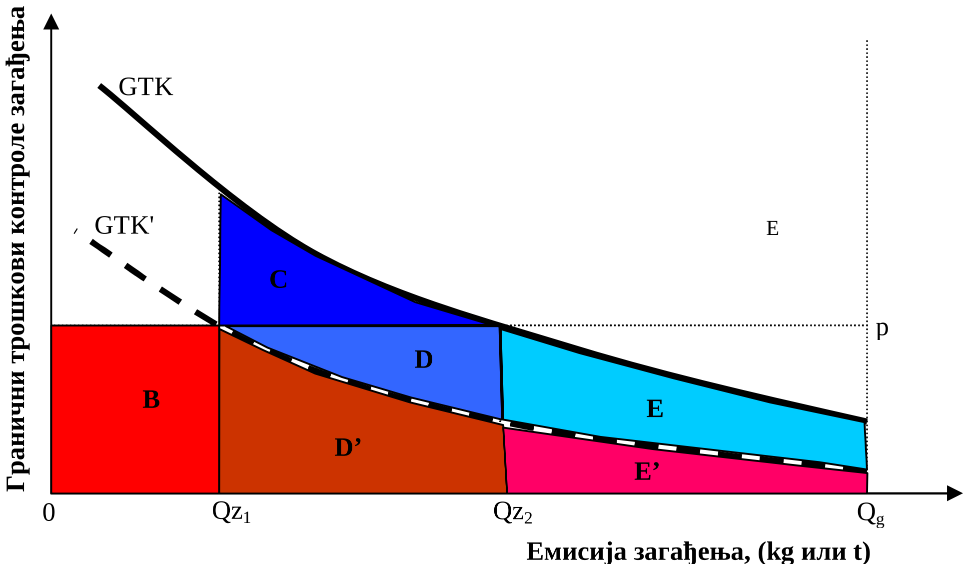
Разлика **ΔTzž** у укупним трошковима за заштиту животне средине износи:

$$\Delta Tzž = Tzž1 – Tzž2 \sim B+D+E+F – (E+B+D) \sim F$$

Дакле, улагањем у контролу загађења ради смањења емисије загађења на $\mathbf{Q_{Z1}}$ компанија смањује укупне трошкове за заштиту животне средине за износ који је сразмеран површини F на Слици 5.8. Ако се уведе већи порез на загађивање $\mathbf{p_2}$, компанија ће сагледати свој економски интерес да уложи додатне трошкове контроле и смањи загађење на **Q_{Z2}**. За ниво загађења **Q_{Z2},** укупни трошкови за компанију су једнаки трошковима контроле (сразмерни површини **C+D+E**) плус трошкови пореза на загађивање (сразмерни површини **A+B**). Додатне јединице смањења загађења од **Q_{Z1}** на **Q_{Z2}** захтевају више граничне трошкове контроле, али све док су ти трошкови мањи од **p_2**, компанија има економски интерес да уложи додатне трошкове у смањење загађења и тако избегне плаћање пореза на јединице загађења између **Q_{Z1}** и **Q_{Z2}**.

Из ове анализе проистиче закључак да ће на било коју висину пореза на загађење, одговор компанија увек бити економски ефикасан. Оне које имају високе трошкове контроле, мање ће смањити загађење, али ће платити више укупне накнаде за емитовано загађење. Оне које могу да смање загађење по ниским трошковима више ће га смањити, чиме ће смањити трошкове плаћене накнаде (пореза) за емитовано загађење. Једно такво решење налази се у примени нове савременије технологије код које су нижи гранични трошкови контроле загађења.

Пример смањења укупних трошкова заштите животне средине, путем увођења нове, савременије технологије, квалитативно ћемо проанализирати поређењем тих трошкова у садашњој и будућој, савременијој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор (Слика 5.9). Кривама **GTK** и **GTK'** приказани су гранични трошкови контроле загађења у старој и новој технологији, респективно.



Извор: Harris, 2009, стр. 373

Слика 5.9 Ефекти у смањењу укупних трошкова заштите животне средине увођењем нове технологије топљења концентрата бакра у РТБ-Бор

У овом случају, при смањењу емисије загађења на $\mathbf{Q_{Z2}}$, трошкови заштите животне средине **Tzž** са старом технологијом су сразмерни збиру површина:

$$Tzž \sim B+D+E+D'+E'$$

Трошкови заштите животне средине **T'zž** са новом технологијом су сразмерни збиру површина:

$$T'zž \sim B+D'+E'$$

Разлика **ΔTzž** у укупним трошковима за заштиту животне средине износи:

$$\Delta Tzž = Tzž - T'zž \sim B+D+E+D'+E' - (B+D'+E') \sim D+E$$

Дакле, нова савременија технологија топљења концентрата бакра производи мање трошкове за заштиту животне средине за износ који је сразмеран збиру површина D+E на Слици 5.9.

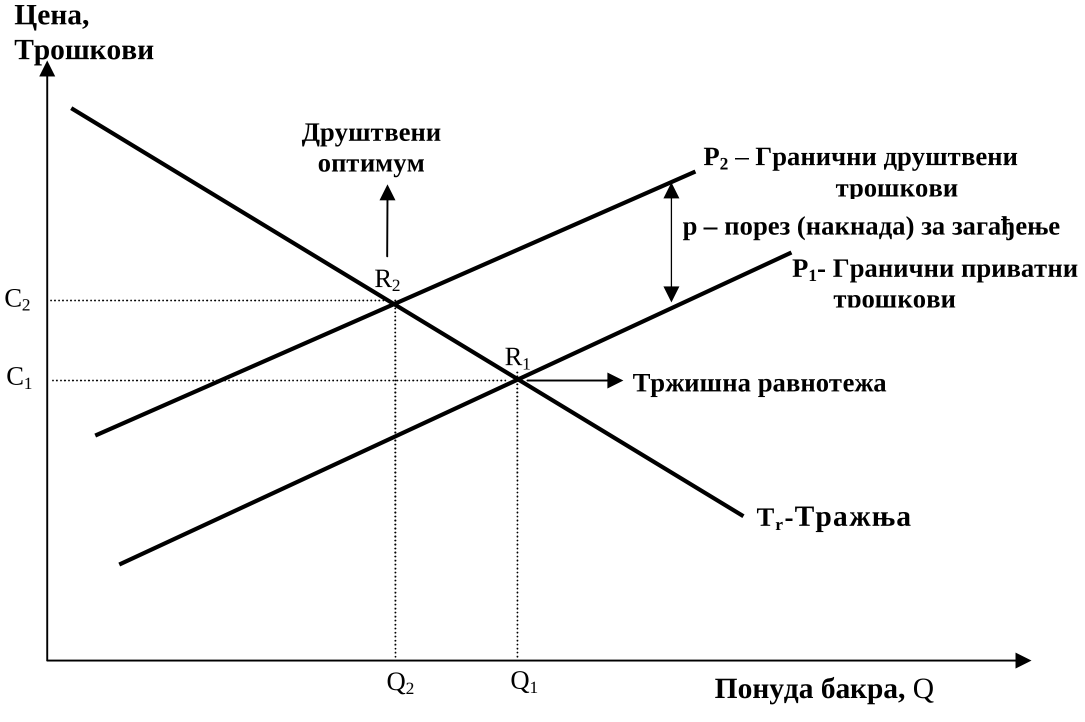
Када се говори о избору инструмента контроле и регулације загађења, ефикасност примењених мера ће свакако зависити од врсте загађења и од штета које оно проузрокује. Наиме, у суштини разликујемо загађења чије се штетне материје униформно, односно неуниформно, мешају у спољној средини. Претпоставка униформног мешања подразумева да је концентрација загађивача иста на свим местима - рецепторима и да не зависи од просторне локације, док претпоставка неуниформног мешања загађивача подразумева да концентрације загађивача опадају са удаљавањем од извора загађења. Значи, код неуниформног загађења, као што је загађење ваздуха, просторна локација заузима централно место у анализи.

Када је извор загађења фиксиран, контрола загађења може се успоставити преко дефинисања стандарда (контролно-командни механизам). У конкретном случају загађења ваздуха, загађивачи морају да задовољавају стандарде о максимално прописаној концентрацији загађивача. Али поставља се питање који инструменти се могу применити у поступку остваривања циљева, односно стандарда загађења, када је у питању неуниформно мешање загађивача. Чак и када се задовоље услови за постизање економске ефикасности у примени неког инструмента (изједначавање граничних трошкова код свих загађивача), то није услов за ефикасно остваривање циља загађења, пошто се граничне штете загађења разликују од места до места (треба узети у обзир просторну димензију код неуниформног мешања загађивача).

˝У сваком друштву компромис између економских и еколошких циљева представља најприхватљивије решење у сукобима и конфликтима између конкурентих циљева у систему друштвених циљева. Иако се може остварити велики број различитих компромиса, оптималан је онај компромис чија реализација у највећој мери доприноси остваривању главног друштвеног циља, тј. остварењу највишег нивоа друштвеног благостања. Према томе, могућност реализације и постизања оптималног компромиса између конкурентних циљева превасходно зависи од доступности критеријума за упоређивање неких других алтернативних компромиса, односно од могућности мерења доприноса сваког појединачног циља и степена њиховог доприноса укупном друштвеном благостању˝ (Радукић и др., 2012, стр. 679). Претходне констатације упућују на закључак да избор инструмента за регулацију и контролу загађења представља сложену и комплексну проблематику.

5.4 РЕВИДИРАНИ ТРЖИШНИ МОДЕЛ ПОНУДЕ И ТРАЖЊЕ БАКРА

У класичном тржишном моделу, криве понуде $\mathbf{P_1}$ и тражње $\mathbf{T_r}$ представљају граничне трошкове произвођача и граничне користи потрошача бакра (Слика 5.10). У пресеку криве понуде $\mathbf{P_1}$ и криве тражње $\mathbf{T_r}$ налази се тржишна равнотежа $\mathbf{R_1}$ којој одговара количина $\mathbf{Q_1}$ и цена $\mathbf{C_1}$.



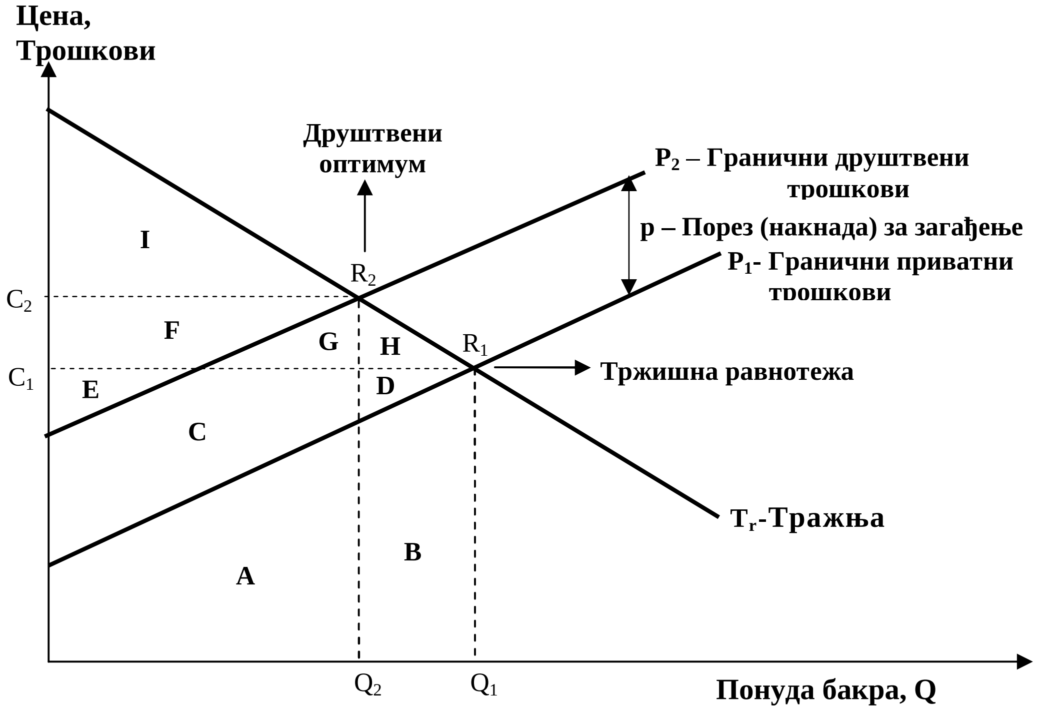
Извор: Harris, 2009, стр. 45

Слика 5.10 Ревидирани модел понуде и тражње бакра са порезом на загађење

Сада, уведимо у тржишну анализу и екстерне трошкове у производњи бакра, преко увођења пореза на загађење **p** (Слика 5.10). ˝Уколико на граничне трошкове производње додамо порез на загађење **p** добијамо нови виши график понуде **P_2** који представља збир производних и екстерних трошкова. Нови график понуде **P_2** представља друштвене трошкове, јер показује стварне трошкове друштва у производњи бакра. Увођење екстерних трошкова преко пореза на загађење **p**, помера тачку равнотеже у тзв. друштвени оптимум **R_2**, који се остварује при мањој понуди **Q_2** и већој цени **C_2**. Са становишта економске ефикасности то је добар ефекат˝ (Harris, 2009, стр. 45). Потрошачи бакра ће се можда жалити на веће цене, али те цене осликавају реалне трошкове производње бакра за цело друштво. Продаваће се мање бакра, што директно значи и мању производњу. Мања производња бакра резултира мањим загађењем животне средине, али и мањом брзином његовог исцрпљивања, као необновљивог ресурса.

5.5 АНАЛИЗА ЕКОНОМИЈЕ БЛАГОСТАЊА У СЛУЧАЈУ ЕКСТЕРНАЛИЈА

Применом анализе благостања можемо утврдити на који начин се користи за потрошача и произвођача бакра мењају као резултат увођења пореза на загађење (Слика 5.11).



Извор: Harris, 2009, стр. 71

Слика 5.11 Утицај пореза на друштвено благостање

Без пореза на загађење, тржишна равнотежа се остварује у тачки **R_1**. Произвођачки вишак је сразмеран збиру површина **E+C+D**, а потрошачки вишак сразмеран збиру површина **I+F+G+H**. Трошкови производње сразмерни су збиру површина **A+B**. Порез је додатни трошак за произвођаче бакра. У том случају се крива понуде подиже навише за износ пореза **p** (Слика 5.11), а тачка тржишне равнотеже **R_1** помера у тзв. друштвени оптимум **R_2**, који се остварује при мањој понуди **Q_2** и већој цени **C_2**. Резултати нове равнотеже огледају се кроз смањење произвођачког и потрошачког вишка и појаву нових фискалних прихода. Проанализирајмо ову ситуацију детаљније.

У друштвено оптималној равнотежи **R_2**, произвођачки вишак је сразмеран збиру површина **E+F**, а потрошачки вишак сразмеран површини **I**. Укупни друштвени трошкови (трошкови производње + екстерни трошкови) сразмерни су збиру површина **A+C+G**. Екстерни трошкови, који су сразмерни збиру површина **C+G**, и који су пре увођења пореза на загађење били део произвођачког и потрошачког вишка, сада су фискални приходи Владе, које она троши за санирање последица загађења.

Произвођачки вишак је смањен за износ који је сразмеран разлици површина:

$$E+C+D - (E+F) = C+D-F$$

Потрошачки вишак је смањен за износ који је сразмеран разлици површина:

$$(I+F+G+H-I) = F+G+H$$

На крају ове анализе, треба приметити да површине **D+H** на Слици 5.9, које су пре увођења пореза биле делови потрошачког и произвођачког вишка, више не представљају корист ни за кога. ˝То је нето губитак благостања, или ˝губитак баласта˝, који је резултат пореза. Да ли то значи да не треба увести порез као накнаду за санирање последица загађења животне средине? Наравно да не значи, јер фискални приходи остварени путем пореза осликавају реално стање˝ (Harris, 2009, стр. 72).

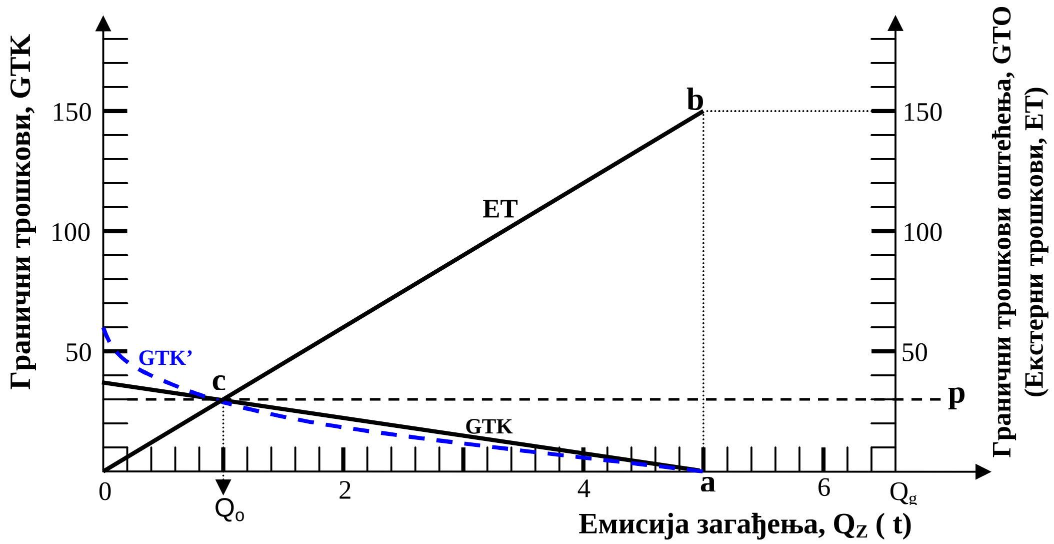
5.5.1 Одређивање висине пореза на загађење

˝Увођење пореза на загађење на тржишту увек ће резултирати смањеном понудом и вишом ценом бакра. Еколози ће увек настојати да порези буду што је могуће већи, како би натерали произвођаче бакра да емитују што мање загађења. Насупрот њима су произвођачи бакра који ће настојати да порези буду што мањи. Поставља се питање којим се приступом руководити у непристрасном одређивању висине пореза?˝ (Harris, 2009, стр. 48).

Као одговор на то питање намеће се једини економски оправдан приступ који проистиче из емитоване количине загађења $\mathbf{Q_Z}$ и стварно проузрокованих граничних трошкова оштећења животне средине **GTO**, односно процењених екстерних трошкова **ET** у одређеном периоду (на пример за годину дана). Знајући вредност емисије загађења $\mathbf{Q_Z}$ и екстерне трошкове **ET**, висину пореза **p** израчунавамо по формули:

$$p = GTO/Q_Z = ET/Q_Z, \text{(дин. или US \$/t загађења)} \qquad (5.4)$$

Наравно, креаторима политике заштите животне средине увек стоји на располагању могућност да одреде и већи порез уколико закључе да су постојећи екстерни трошкови друштвено неприхватљиви. Међутим, већи порез загађивачима треба најавити са разумним одложним роком примене, како би могли да предузму одговарајуће техничко-технолошке мере контроле и регулације смањења загађења.



Извор: Приказ аутора

Слика 5.12 Одређивање висине пореза на загађење

Појаснићемо ово хипотетичким примером уз помоћ Слике 5.12. Нека је загађивач за годину дана емитовао **5** јединица загађења и проузроковао екстерне трошкове **ET** у износу од **150** новчаних јединица. Тачка **b** са координатама ($\mathbf{Q_Z}$ = 5; **ET** = 150) на Слици 5.12 дефинише криву граничних трошкова оштећења животне средине, која је заправо права линија **ET** која полази из координатног почетка и пролази кроз тачку **b**. Површина троугла **0ab** једнака је екстерним трошковима **ET** = **150** новч. јед.

Порез на загађење који треба наметнути овом загађивачу по једначини (5.4) износи:

$$p = ET/Q = 150/5 = 30 \text{ дин./јед. загађења}$$

Висина овог пореза приказана је хоризонталном испрекиданом линијом **p** на Слици 5.12. Према дефиницији о оптималном загађењу, оптимално загађење у овом примеру одређује тачка **c**, у пресеку праве пореза **p** и праве екстерних трошкова **ET**, у којој је $\mathbf{Q_{Zo} = 1}$ јединица загађења. Кроз исту тачку **c** мора да прође и права граничних трошкова контроле загађења **GTK**, а да крене из тачке **a** на апсциси са координатама ($\mathbf{Q_Z}$ = 5; **GT** = 0). Права **GTK** сече ординатну осу у вредности **GT = 47** новчаних јединица, колико износе укупни трошкови контроле загађења. Али, у овом примеру је вредност **GTK = 47** добијена графичким путем. Међутим, вредност **GTK** у пракси може да се одреди (трошкови рада система за отпрашивање, хватање и неутралисање гасова и сл.). Шта ако су стварни трошкови **GTK** у овом примеру већи, и примера ради, износе **GTK = 60** новчаних јединица, тада не можемо повући праву из ординате **GTK = 60** која би прошла кроз тачку **c** и завршила у тачки **a** на апсциси. То значи да у овом случају крива граничних трошкова контроле мора имати експоненцијални облик (крива **GTK'** на Слици 5.12).

5.5.2 Користи од производње бакра из рециклаже

˝У теорији, ефикасно рециклирање може знатно продужити животни век многих необновљивих ресурса. Међутим, рециклирање има и економска и физичка ограничења. Потпуно рециклирање је немогуће. Увек ће се појавити известан губитак или деградација материјала у процесу израде, коришћења и рециклирања. Осим тога, рециклирање захтева нове инпуте енергије. У економском смислу, морамо упоредити трошкове рециклирања са трошковима коришћења примарних материјала да бисмо одредили да ли ће рециклирање бити физички изводљиво и економски исплативо˝ (Harris, 2009, стр. 271). Бакар је 100% рециклабилан метал. За период од 1900. до 2014. год., из земљине коре извађено је око 650 Mt бакра, а рециклирано свега око 65 Mt (~10%). Дакле, око 90% произведеног бакра до данас још увек је у употреби.[21]

[21] Прорачун извађених количина (Q) бакра из земљине коре у периоду 1900-2014. и рециклираног бакра за период 1960-2014. обављен је по формули: $Q=Q_1(p^n-1)/(p-1)$, где је: Q_1-производња у првој години (за

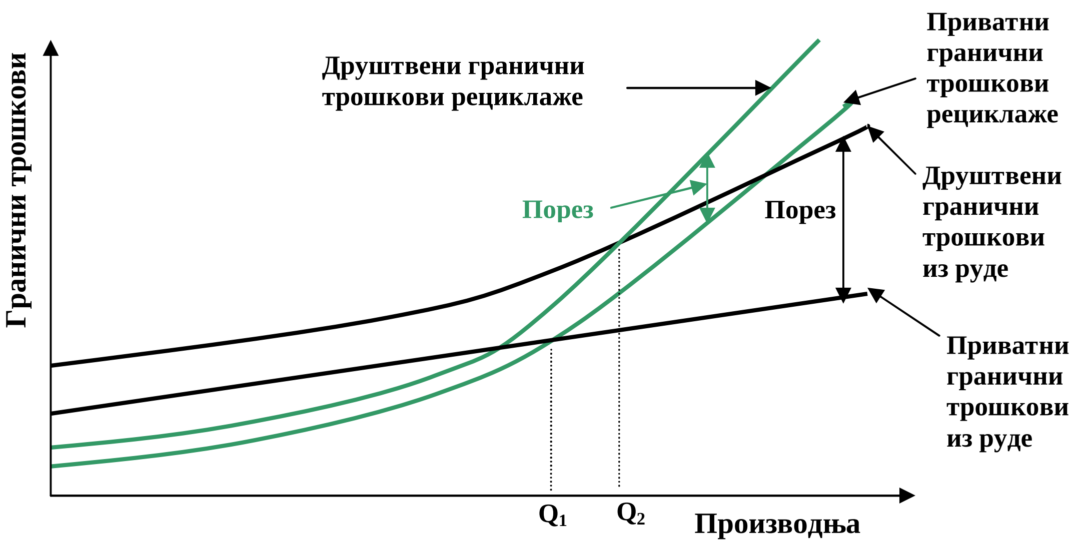
Производња бакра из рециклаже је највише напредовала у високо развијеним земљама, поготово оним које немају много, или немају уопште, примарних резерви бакра и обрнуто. Пример таквих земаља у Европи су Белгија, Аустрија и Словачка, које производњу бакра 100% заснивају на рециклажи. Насупрот њима су велики светски произвођачи концентрата бакра (Чиле, Индонезија, Перу и Казакстан) који имају занемарљиву производњу бакра из рециклаже (ICSG, 2012).

Производња бакра из рециклаже има вишеструки позитиван економски значај, али су три компоненте тог значаја најважније, и то:

1. производни трошкови су и до 90% мањи од трошкова производње из примарних резерви;

2. загађења животне средине по тони произведеног бакра су и до три пута мања од загађења у производњи из примарних резерви, и

3. за количине бакра произведених из рециклаже смањује се потрошња примарних резерви бакра, чиме се продужује век њиховог трајања и истовремено знатно смањује загађење животне средине изазвано експлоатацијом и прерадом примарних резерви.



Извор: Прилагођено према: Магдалиновић Калиновић и Магдалиновић, 2010, стр. 141

Слика 5.13 Гранични трошкови производње бакра из примарних резерви и рециклаже

концентрат Q_1=0,5Mt, за рециклажу Q_1=0,195 Mt); n-број година; p-просечна годишња стопа раста производње (из концентрата p=1,034; у рециклажи p=1,057).

На Слици 5.13 у пресеку криве друштвених граничних трошкова производње бакра из рециклаже и друштвених граничних трошкова производње бакра из примарних резерви добија се количина бакра $\mathbf{Q_2}$, коју је економски оправдано произвести из рециклаже. Кад не би било екстерних трошкова, та количина $\mathbf{Q_1}$ би била мања.

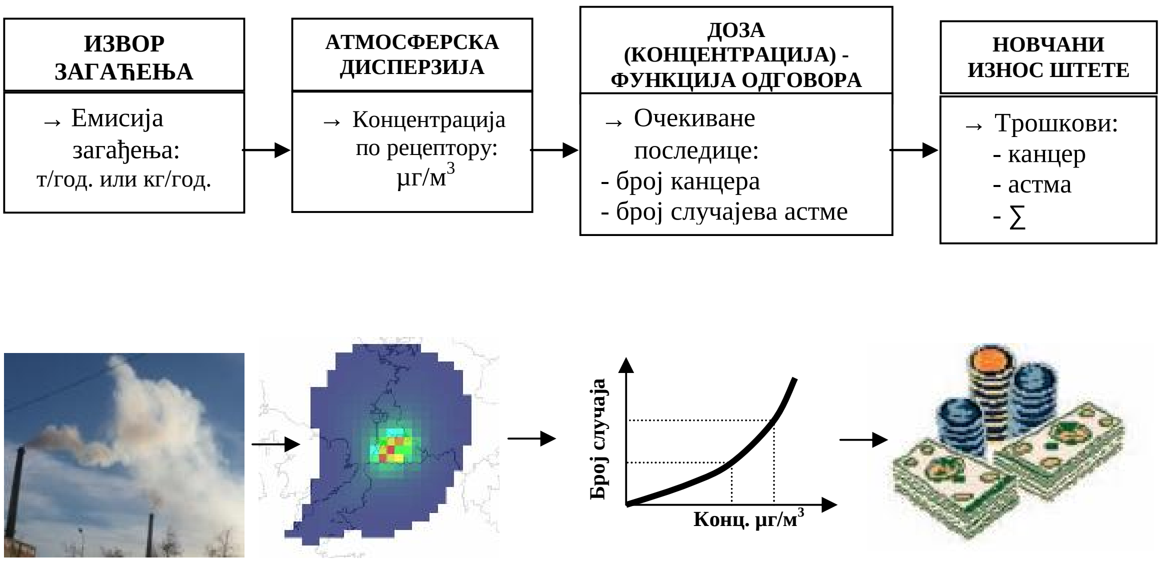
Међутим, могућности рециклаже су још увек значајно физички ограничене у односу на тражњу бакра. Чињеница о осетно нижим производним трошковима бакра из рециклаже важи само до одређене количине произведеног секундарног бакра, лако доступног за рециклажу. За веће количине, трошкови почињу рапидно да расту по експоненцијалној линији (Слика 5.1).

Интереси произвођача бакра и сакупљача секундарног бакра су под директним утицајем цене бакра на светском тржишту и међусобно супростављени. Опадање цене бакра код произвођача подстиче интерес за већом прерадом секундарног бакра по знатно нижој производној цени. Међутим, код сакупљача секундарног бакра опадање цене смањује интерес за већим сакупљањем.

6. *COST-EFFECTIVENESS* АНАЛИЗА ЕКОЛОШКИХ ЕКСТЕРНИХ ЕФЕКАТА ПРИМЕНОМ МЕТОДОЛОГИЈЕ *ExternE (External Cost of Energy)*

6.1 ПРИМЕНА МЕТОДОЛОГИЈЕ *ExternE (External Cost of Energy)* ЕВРОПСКЕ КОМИСИЈЕ У ЦИЉУ КВАНТИФИКАЦИЈЕ ЕКСТЕРНИХ ТРОШКОВА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА

Основна методологија за процену екстерних трошкова везаних за загађивање животне средине у производњи бакра прузета је из пројекта *ExternE – External Cost of Energy, methodology 2005 Update* (Bickel и Friedrich, 2005) Европске комисије *(European Commission)* за квантификовање екстерналија у енергетском сектору (производња енергије из фосилних енергената: угаљ, нафта, гас), развијеног у Економском институту енергетике и рационалног коришћења енергије, Универзитета у Штутгарту (*Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy (IER), University of Stuttgart)*.



Извор: Bickel и Friedrich, 2005, стр. 42

Слика 6.1 Шематски приказ методологије процене екстерних трошкова

Методологија развијена у оквиру овог пројекта названа је метода праћења тока утицаја загађења на здравље и животну средину *(Impact Pathway Approach - IPA)*:

активност → емисије → имисије → очекиване штетне последице по здравље и/или животну средину → новчани износ штете (Слика 6.1).

За потребе овог пројекта, *Preiss* и *Klotz* са Универзитета у Штутгарту, развили су интегрисани компјутерски програм, софтвер *EcoSenseWeb V1.3* (Preiss и Klotz, 2008), који следи ову методологију. У овом софтверу су интегрисани модели атмосферске дисперзије загађења са базама података за рецепторе (становништво, коришћење земљишта, инфраструктура и екосистем) за целу Европу. На основу емисија загађења, софтвер утврђује просторну расподелу имисија, очекиване негативне последице по здравље и животну средину и, на крају, процењује новчани износ очекиване штете.

Аутори софтвера наводе: ˝*EcoSenseWeb V1.3* је интегрисани компјутерски систем развијен за процену утицаја на животну средину и настале екстерне трошкове у производњи електричне енергије и других индустријских грана. Објекти и студије случаја су у *EcoSenseWeb V1.3* дефинисани. Преко корисничког интерфејса корисник може да мења само: емисије, техничке параметре објекта и оквир процена (локални, регионални и хемисферски оквир). Било који извор емисије је објекат. То може бити електрана на угаљ или било који други процес који ствара емисије загађења. Иако је улаз у софтвер дат у kWh, корисник може игнорисати ову јединицу и израчунати годишње екстерне трошкове˝ (Preiss и Klotz, 2008, стр. 8). Из овога се може закључити да аутори, иако су софтвер развили за потребе енергетског сектора, допуштају могућност да се он може употребити и за други индустријски објекат који емитује загађења која су моделирана у *EcoSenseWeb V1.3*.

У то се уклапа и производња бакра. Загађења која се појављују у производњи бакра редовно се појављују и у производњи електричне енергије из фосилних енергената (само су емитоване количине и концентрације различите). Отуда смо уверени да се методологија *ExternE* - *EcoSenseWeb V1.3* може применити за процену екстерних ефеката у производњи бакра.

6.1.1 Методолошки приступ у процени екстерних трошкова

Софтвер *Externe* - *EcoSenseWeb V1.3* садржи све релевантне податке и моделе за процену дистрибуције загађења у ваздух, земљиште и воде. Софтвер симулира атмосферску дисперзију загађења (транспорт и хемијску трансформацију примарних загађивача у секундарне) за све емисије загађења у Европи у једном јединственом координатном систему *EUROGRID*. На истом систему темељи се и ˝Кооперативни програм за мониторинг и евалуацију далекосежног ваздушног преноса (транспорта) загађујућих материја у Европи˝ *(˝Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe˝ - EMEP).* Модули софтвера обухватају тзв. класичне загађиваче ваздуха, тешке метале, ефекат стаклене баште и радионуклида, тако да дају процену њиховог негативног утицаја на јавно здравље, губитак приноса пољопривредних усева, штете на грађевинским материјалима, губитак биодиверзитета и климатске промене (Preiss и Klotz, 2008). Дисперзија загађења у атмосфери је зависна од локалних и регионалних климатских фактора (ружа и брзина ветрова, температура ваздуха, влага, рељеф). Дисперзија загађења дефинише величину зоне у којој се манифестују негативне последице загађења. Са удаљењем од извора загађења, негативне последице загађења се смањују и обрнуто.

Externe - EcoSenseWeb V1.3 користи резултате три модела ваздушног транспорта загађења који су потпуно интегрисани у систем. За локални оквир процене утицаја, око извора загађења, користи се *Gaussian-ов* дисперзиони модел за локалну дисперзију *(Industrial Source Complex Model - ISC),* развијен од стране америчке Агенције за заштиту животне средине (*United States Environmental Protection Agency, US – EPA).* Модел симулира транспорт и дистрибуцију примарних загађивача око извора који је у центру са резолуцијом (мрежом) 10 x 10 km. На локалном нивоу, на удаљености од извора загађења до 10 km, модел узима у обзир само примарне загађиваче, будући да су на тако кратком растојању секундарни загађивачи занемарујући, јер нема довољно времена за одвијање хемијских реакција и њихово настајање. Типични примарни загађивачи у производњи бакра су: сумпордиоксид (SO_2) и суспендоване честице прашине PM_{10} и $PM_{2,5}$ – носиоци тешких метала: арсен (As), олово (Pb), кадмијум (Cd), никл (Ni) и жива (Hg). Симулирање дисперзије загађења врши се по квадратним пољима величине 10 x 10 km. Локално моделирање је врло лако применљиво у свим европским државама, јер се локална метеорологија генерише у моделу *Externe-EcoSenseWeb V1.3*. За регионалну симулацију дисперзије загађења узимају се у обзир и секундарни загађивачи. Типични секундарни загађивачи у производњи бакра су: сумпортриоксид (SO_3) и капљице сумпорне киселине. Ћелије мреже (поља) симулације су величине 50 x 50 km.

Користећи податке о емисијама загађења, софтвер израчунава вредности концентрација сумпордиоксида (SO_2) и честица PM_{10} и $PM_{2,5}$ за сваку ћелију мреже задатог оквира процене. На основу унете референтне метеоролошке базе података у *EUROGRID* координатном систему, уграђене у *Externe - EcoSenseWeb V1.3*, симулира се дисперзија концентрација сумпордиоксида (SO_2) и честица прашине PM_{10} и $PM_{2,5}$, као и суво и мокро таложење сумпора, чврстих честица и капљица сумпорне киселине. Тиме је омогућено да се *Externe- EcoSenseWeb V1.3* користи и за дистрибуцију загађења у земљиште и воде, који се загађују таложењем загађења из ваздуха. Загађујуће материје емитоване у атмосферу транспортују се ветром на различита растојања од извора, зависно од њихових физичких карактеристика, брзине ветра и вертикалне и хоризонталне турбуленције ваздуха. Крупније честице таложе се брже на краћим растојањима, док се фине честице транспортују на веће даљине.

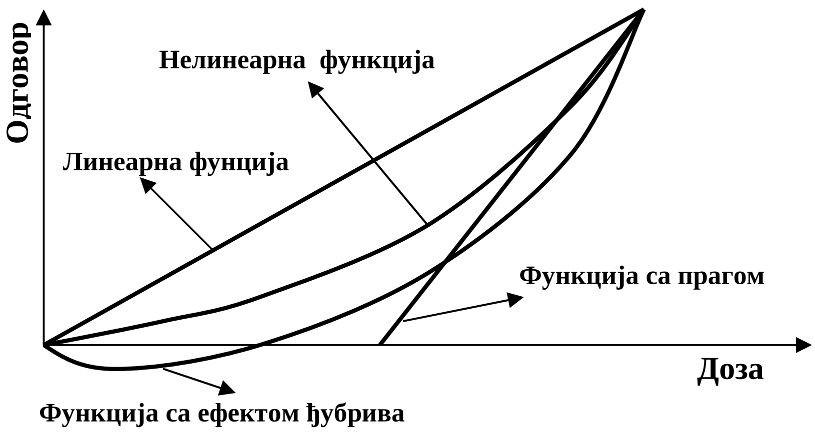
EcoSenseWeb V1.3 процењује утицај загађења на здравље људи, пољопривредне усеве, земљиште, воде, биодиверзитет и материјална добра (инфраструктуру). Референтна база података окружења у *Externe - EcoSenseWeb V1.3* садржи конкретне податке о свим рецепторима по административним јединицама у целој Европи. Дистрибуција рецептора извршена је у мрежама (квадратним пољима): EMEP10 (10 x 10 km – за локалну анализу) и EMEP50 (50 x 50 km – за регионалну анализу). Подаци о популацији, пољопривредним усевима (производња јечма, пшенице, шећерне репе, кромпира, овса, ражи, пиринча, сунцокрета и дувана), инвентар материјалних добара, подаци о екосистему и коришћењу земљишта, као и метеоролошки подаци уграђени су у референтну базу података софтвера *Externe - EcoSenseWeb V1.3.*

За процену екстерних трошкова унутар загађеног подручја, врло је важна густина насељености (број становника изложен дејству загађења) и фонд екосистема (шуме, животињске врсте и др.). Јасно је да ће код исте емисије загађења, на подручју исте величине, екстерни трошкови бити дупло већи ако је дупло већи број становника, као и фонд екосистема изложен загађењу и обрнуто.

Када је реч о утицају загађења на људско здравље, функција ˝доза загађења – функција одговора˝ (*Dose – Response Functions – DRF*) повезује концентрацију аерозагађења са процењеним физичким утицајем на рецепторе: морталитет (број нових преурањених смртних случајева), морбидитет (број ново оболелих од канцера, астме, бронхитиса, кардиоваскуларних болести), скраћен животни век (број година) и остало. Функција DRF је централни елемент у методологији *ExternE - EcoSenseWeb V1.3*. Штете од загађења могу да се квантификују само ако су одговарајуће функције DRF познате. Такве функције су на располагању у софтверу *EcoSenseWeb V1.3* за утицај примарних и секундарних загађења на људско здравље, инфраструктуру, пољопривредне усеве, биодиверзитет и климатске промене. За сада још није употпуњен и дефинисан модел утицаја загађења морске рибе и морских плодова на здравље.

Остали токови загађења и утицај на људско здравље интегрисани су у софтвер *Externe - EcoSenseWeb V1.3.*

За класичне загађиваче ваздуха: азотни оксиди (NO_x), сумпордиоксид (SO_2), суспендоване честице (PM) користе се функције: концентрација - функција одговора *(Concentration – Response Functions - CRF).* Функције одговора могу бити различите - линеарне или нелинеарне, са прагом штетног дејства или без прага (Слика 6.2). Нелинеарне функције могу довести чак до ˝негативног˝ одговора (нпр. оксиди азота - NO_x и угљендиоксид - CO_2 које емитују термоелектране у малим дозама делују позитивно као вештачко ђубриво на биљке – поспешују раст и повећавају приносе усева). Наравно, то није случај са SO_2 из производње бакра, јер он негативно утиче на усеве (смањује раст и приносе).



Извор: Bickel и Friedrich, 2005, стр. 42

Слика 6.2 Могући облици функција: концентрација - функција одговора (CRF)

Далеко највеће учешће у укупним екстерним трошковима имају трошкови који су последица штетног утицаја загађења на људско здравље. Највеће учешће у овим трошковима има преурањена смртност услед честица $PM_{2,5}$ и PM_{10}, а потом следе хронични бронхитис који се јавља услед ових честица и честица сумпордиоксида (SO_2) (Bickel и Friedrich, 2005).

Зато се у развоју софтвера *EcoSenseWeb* највећа пажња посвећивала, а и данас се посвећује, истраживањима *CRF* функција са циљем смањења неизвесности у процени утицаја на људско здравље. *CRF* функције уграђене у софтвер *EcoSenseWeb V1.3* су резултат епидемиолошких студија здравља становништва и бројних специјалистичких медицинских истраживачких програма широм света у задњих 25 година, највише у

САД-у и Европи. При дефинисању ових функција нису могле бити отклоњене неке неизвесности везане за чињеницу да је популација изложена истовременом дејству мешавине различитих загађујућих материја, које међусобно могу имати високе корелације дејства, тако да једна или више њих појачавају дејство друге или других компоненти загађења. Зато је разграничење дејства појединих загађивача још увек тешко и проблематично. На пример, тешко је разграничити појединачно дејство сумпордиоксида (SO_2) и честица PM_{10} и $PM_{2,5}$, будући да се увек појављују заједно и изазивају врло сличан ниво морбидитета, или пак, у којој мери неки други загађивачи појачавају њихово дејство (Bickel и Friedrich, 2005).

Табела 6.1 Новчане вредности функција: концентрација – одговор (*CRF*) за PM_{10} и $PM_{2,5}$ по јединици негативног ефекта на здравље

Честице	**Физички утицај по особи, по µg/m^3**			**Новчани износ YOLL[22] по дану или по случају (€/јед.)**
	Категорија утицаја на здравље	**CRF [1/(µg/m^3)]**	**Јединица мере**	
$PM_{2,5}$	- Очекивано смањење трајања живота (сви)	6,51E-04	YOLL	40.000
	- Губитак радних дана (одрасли)	1,39E-02	дани	295
	- Нето ограничене активности у дану (сви)	9,59E-03	дани	130
	- Мање ограничене дневне. акт. (одрасли)	3,69E-02	дани	38
PM_{10}	- Ризик од повећане смртности (сви)	6,84E-08	случај	3.000.000
	- Нови случајеви хроничног бронхитиса	1,86E-05	случај	200.000
	(сви)	7,06E-06	случај	2.000
	- Респираторне хоспитализације (сви)	4,34E-06	случај	2.000
	- Срчане хоспитализације (сви)	3,27E-03	случај	1
	- Лекови за бронхоспазму (одрасли)	4,03E-04	случај	1
	- Лекови за бронхоспазму (деца)	3,24E-02	дани	38
	- Доњи респираторни симптоми (одрасли)	2,08E-02	дани	38
	- Доњи респираторни симптоми (деца)			

Извор: Bickel и Friedrich, 2005, стр. 156

Externe- EcoSenseWeb V1.3 користи исте *CRF* функције за PM_{10}, $PM_{2,5}$ и сумпордиоксид (SO_2), јер су последице сличне (Табела 6.1). Сулфати, као секундарни загађивачи, валоризују се као честице PM_{10}. У *ExterneE - EcoSenseWeb V1.3,*

[22] YOLL – *Years of Life Lost* - године скраћеног живота 6,51E-04 = 6,51/10.000 = 6,51 година на 10.000 особа у ризичној популацији.

претпоставља се да су функције CRF за PM_{10}, $PM_{2,5}$ и SO_2 линеарне функције без прага, јер је непобитно доказано да и најмање дозе аерозагађења имају негативне последице по здравље људи (Bickel и Friedrich, 2005).

˝Процена утицаја загађења из ваздуха на здравље мора да се посматра по категоријама старости становништва, што је у софтверу *Externe – EcoSenseWeb V1.3* обезбеђено. Ово због тога што, примера ради, 1% становништва које има 75 година старости у Европи је у задњих 9 месеци живота и они су врло осетљиви и на најмање загађење˝ (Bickel и Friedrich, 2005 стр. 156). Функције: концентрација – одговор (CRF) за PM_{10} и $PM_{2,5,}$ које су уграђене у *Externe - EcoSenseWeb V1.3,* са припадајућим новчаним износима по јединици негативних ефеката по здравље становништва Европе приказане су у Табели 6.1.

Важећа софтверска решења у *ExternE - EcoSenseWeb V1.3* су таква да још нема дефинисаних *CRF* функција за тешке метале [(олово (Pb), арсен (As), кадмијум (Cd), жива (Hg), никл (Ni), хром (Cr) и манган (Mn)], већ се штете које они проузрокују валоризују по јединици емитованог загађења (Табела 6.2) (Preiss и Klotz, 2008). Међутим, не треба изгубити из вида да се штетни утицај тешких метала истовремено валоризује и преко *CRF* функција за честице PM_{10} и $PM_{2,5}$ (Табела 6.1).

Табела 6.2 Новчане вредности за процену екстерних трошкова од емисија тешких метала

Загађивач	**Утицај на здравље**	**Новчани износ (€/t)**
Арсен, As	Канцер	80.000
Кадмијум, Cd	Канцер	39.000
Никл, Ni	Канцер	4.000
Олово, Pb	Губитак IQ	600.000
Жива, Hg	Губитак IQ	8.000.000
Хром, Cr	Канцер	31.500

Извор: Preiss и Klotz, 2008, стр. 22

Неспорно је да атмосферска загађења оштећују грађевинске материјале (отпада малтер, оштећују се кровни покривачи, мењају се боје фасада, брже кородирају металне конструкције и олуци и сл.). Загађивачи из ваздуха доспевају на зграде сувим и мокрим таложењем и у контакту са загађеним ваздухом настају физички, хемијски и биолошки процеси који оштећују материјале од којих су зграде изграђене.

Сумпордиоксид (SO_2), честице PM_{10} и $PM_{2,5}$ и сулфати који хемијским реакцијама у ваздуху настају из сумпордиоксида делују корозионо на материјале зграда, а пре свега на металне конструкције. При томе, највећу штету изазива сумпордиоксид (SO_2). Истраживања су показала да сумпордиоксид (SO_2) више пута убрзава процес корозије металних делова зграда. На брзину корозије у великој мери утичу метеоролошки услови подручја. Фунције: концентрација – одговор и одговарајући финансијски износи за главне материјале зграда (камен, бетон, поцинковани лим и челик, лакиране површине) дефинисане су и уграђене у софтвер *Externe - EcoSenseWeb V1.3.* Неопходне метеоролошке услове, значајне за брзину корозије, генерише софтвер према локацији извора загађења.

У софтвер *Externe – EcoSenseWeb V1.3* уграђене су *CRF* функције негативног утицаја сумпордиоксида (SO_2) и таложења честица сулфата, који су производ реакције сумпордиоксида (SO_2) и влаге из ваздуха, и одговарајући финансијски износи штете, изражене у €/t смањеног приноса, за најважније пољопривредне усеве (пшеница, раж, јечам, овас, сунцокрет, кромпир, шећерна репа и дуван). Негативни утицаји процењују се по смањеном приносу због закисељавања земљишта, а новчано вредновање преко цене производа по једној тони. Топионица бакра емисијом штетних материја не само да утиче на деградацију и квалитет ваздуха већ таложењем тешких метала из ваздуха, катастрофално загађује земљиште и воде. Концентрација тешких метала опада са удаљавањем од извора загађења али се још увек недовољно поклања пажња систематској анализи концентрације тешких метала око топионица бакра и њиховог штетног, деградирајућег и контаминационог деловања на земљиште, подземне воде као и на све учеснике у ланцу исхране (Degryse и Smolders, 2006)**.**

Конвенцијом о биолошкој разноврсности (*United Nations Conference on Environment and Development - UNCED,* 1992) биодиверзитет се дефинише као различитост свих живих организама из свих извора (земаљски, морски и други водени екосистеми и еколошки комплекси). Екстерни трошкови штета/губитка биодиверзитета потичу од таложења загађења из ваздуха и закисељавања земљишта. У *EcoSenseWeb V1.3* моделирају се штете које настају од загађења сумпордиоксидом и сулфатима (капљице сумпорне киселине), који доводе до закисељавања земљишта. За то се користи метод *Eco-Indicator 99* (Goedkoop и Spriensma, 2000). Екстерни трошкови биодиверзитета рачунају се као трошкови његове рестаурације по килограму емитованог загађења.

Екстерне трошкове проузроковане емисијом гасова стаклене баште (CO_2, CH_4 N_2O), као узрока климатских промена на земљиној кугли, је најтеже одредити и приписати их годишњим нивоима емисија гасова. Ово је светски и међугенерацијски проблем, а ризике је тешко проценити. Последице по климу су глобалне, далеко превазилазе све оквире процене *ExternE - EcoSenseWebV1.3* и манифестују се на дуги рок (Bickel и Friedrich, 2005).

Методологија и софтвер *Externe – EcoSenseWeb V1.3* моделира климатске промене, путем *CRF* функција које повезују емисије гасова стаклене баште и трошкове смањења емисија, сходно Кјото протоколу (*Kyoto Protocol*, Japan, 1997*)* за период 2010-2020. год. Јасно је да су ови трошкови значајно мањи од стварних екстерних трошкова климатских промена, али је за сада тај принцип опште прихваћен. У том периоду, емитери ових загађења треба да се припреме за драстичнија и скупља смањења емисија након 2020. године.

Производња бакра емитује релативно мале количине угљендиоксида (CO_2). Извори емисија угљендиоксида су дизел опрема и камиони на површинским коповима и фосилни енергенти који се користе у комплексу металургије и то у већим количинама у старој технологији. У новој технологији, потрошња фосилних енергената је сведена на минимум, јер се као енергент за топљење у највећој мери користи сумпор из концентрата бакра. Својевремена мерења концентрације CO_2 на изворима у комплексу металургије бакра у РТБ-Бор показала су да емисија CO_2 у укупним емисијама загађења учествује са мање од 0,3%. Зато се концентрација угљендиоксида у амбијенталном ваздуху у Бору не мери (План квалитета ваздуха за агломерацију Бор, 2012).

6.1.2 Фазе у процени екстерних трошкова у производњи бакра применом методологије *ExternE - EcoSenseWeb V1.3*

С обзиром да се ради о научно верификованој методи процене екстерних трошкова, можемо констатовати да *Externe - EcoSenseWeb V1.3*. представља једно од најнапреднијих и најкомплетнијих решења у поступку процене екстерних трошкова у производњи бакра. Процена екстерних трошкова по методологији *ExternE - EcoSenseWeb V1.3* врши се у четири методолошка корака (Слика 6.1):

1. Идентификација техничких података о топионици бакра (локација, висина димњака, годишња производња катодног бакра (t Cu/год.)) или часови рада годишње и

годишње емисије загађујућих материја у атмосферу (SO_2, PM_{10} $PM_{2,5}$, Pb, As, Ni и Cd, Hg, Mn у t/год.). То су улазни подаци у софтвер *Externe - EcoSenseWeb V1.3*.

2. На основу улазних података, софтвер симулира просторну дисперзију загађења и дефинише зоне са различитим концентрацијама загађујућих материја, на локалном, регионалном и хемисферском нивоу, у зависности од захтева корисника.

3. У трећем кораку, применом функција: доза – функција одговора *(Dose-Response Functions - DRF)* софтвер израчунава број становника изложен појединим концентрацијама загађења и очекиване последице по јавно здравље: морталитет (број преурањених смртних случајева), морбидитет (број ново оболелих од канцера, астме, бронхитиса, кардиоваскуларних болести), скраћен животни век и остало, као и очекиване последице по инфраструктуру, пољопривредне усеве и биодиверзитет.

4. Монетарна процена. Еколошки и социјални утицаји се вредносно исказују.

Најновија верзија *Externe - EcoSenseWeb V1.3* даје високо стандардизовану процену утицаја са минимумом података које треба да унесе корисник. Корисник треба да унесе само техничке податке о објекту (емитеру загађења) и податке о емисијама загађења. Сви остали подаци су обезбеђени од стране софтвера, тако да корисник не губи време на прикупљању података о популацији, метеорологији, инфраструктури, пољопривредном земљишту и др. Најновије референтне базе података су из 2010. год. и оне омогућавају укључивање свих важних специфичних података о емитеру загађења, попут топографских, метеоролошких, густини насељености, пољопривредном земљишту, инфраструктури и биодиверзитету.

6.1.3 Могућност примене методологије *ExternE - EcoSenseWeb V1.3* у области производње бакра

С обзиром на тему дисертације, извршена је свеобухватна претрага преко свих доступних претраживача, укључујући и академску мрежу КОБСОН, по кључним речима које директно или индиректно могу бити повезане са проценом екстерних трошкова у производњи бакра и у индустрији уопште. Резултати тих претрага, генерално, се могу свести на следеће: постоји значајан број публикованих радова из области емисија загађења у производњи бакра, као и бројне епидемиолошке студије које су коришћене у претходним поглављима рада. За сада, једина научно утемељена методологија процене екстерних трошкова у свету је методологија *ExternE - EcoSenseWeb* Европске комисије за квантификовање екстерналија у енергетском сектору (производња енергије из фосилних енергената: угаљ, нафта, гас), развијене у Економском институту енергетике и рационалног коришћења енергије, Универзитета у Штутгарту (*Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER), University of Stuttgart)*.

Имајући у виду да се загађења која се појављују у производњи електричне енергије из фосилних енергената појављују и у производњи бакра појављују, наша је идеја да се иста методологија може применити и у процени екстерних трошкова у производњи бакра. Логично је очекивати да сумпордиоксид (SO_2), честице PM_{10} и $PM_{2,5}$ и тешки метали, независно од тога да ли потичу из производње бакра или из сагоревања фосилних енергената, као и из других индустрија производње обојених, црних и других метала, имају исти или врло сличан негативан утицај на јавно здравље. О томе сведоче и епидемиолошке студије урађене у свету (изведене у великим урбаним, руралним и индустријским срединама са врло различитим индустријским изворима загађења, укључујући и производњу електричне енергије), а на бази којих је дефинисана методологија *ExternE – EcoSenseWeb.* У прилог нашој идеји иде и став аутора методологије *ExternE – EcoSenseWeb*: ˝*EcoSenseWeb V1.3* је интегрисани компјутерски систем развијен за процену утицаја на животну средину и настале екстерне трошкове у производњи електричне енергије и других индустријских грана. Објекти и студије случаја су у *EcoSenseWeb V1.3* дефинисани. Преко корисничког интерфејса корисник може да мења само: емисије, техничке параметре објекта и оквир процена (локални, регионални и хемисферски оквир). Било који извор емисије је објекат. То може бити електрана на угаљ или било који други процес који ствара емисије загађења. Иако је улаз у софтвер дат у kWh, корисник може игнорисати ову јединицу и израчунати годишње екстерне трошкове˝ (Preiss и Klotz 2008, стр. 8). Из овога се може закључити да аутори, иако су софтвер развили за потребе енергетског сектора, указују на могућност да се он може употребити и за други индустријски објекат који емитује загађења која су моделирана у *EcoSenseWeb V1.3.* У то се уклапа и производња бакра. Отуда смо уверени да се методологија *ExternE - EcoSenseWeb V1.3* може применити за процену екстерних ефеката у производњи бакра.

Коначно, у прилог томе послужио нам је и први, и за сада једини, покушај примене методологије *ExternE - EcoSenseWeb* за процену екстерних трошкова у производњи бакра у једном мастер раду из 2008. године на *ETH University Zurich, Management Technology and Economiccs* (Eugster, 2008). Процена екстерних трошкова извршена је за ланац од 17 топионица, од укупно 29 топионица бакра у Европи, рачунајући да свака топионица емитује просечне европске вредности загађења. Посматрање више извора загађења одједном у методологији *ExternE* - *EcoSenseWeb* је могуће.

Табела 6.3 Структура екстерних трошкова (ЕТ) у европским топионицама бакра

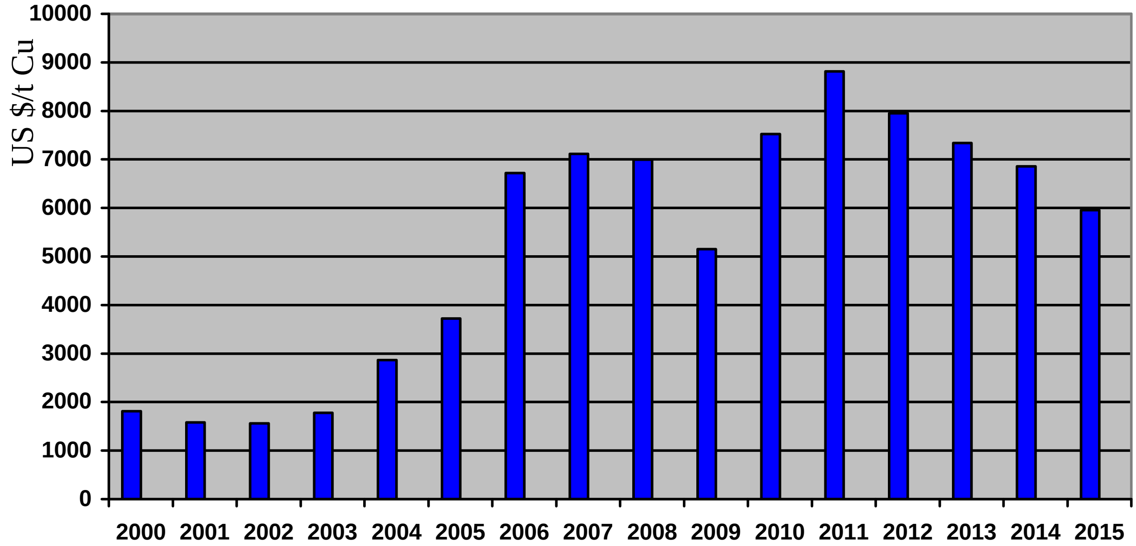
	Здравље, инфраструктура и усеви	Биодиверзитет	Тешки метали	Укупно
ЕТ (€/т)	687	49	7	743
%	92,46	6,59	0,94	100,00

Извор: Eugster, 2008, стр. 96

На бази производње бакра у 2005. години, процењени екстерни трошкови у производњи бакра из концентрата износили су 743 €/t Cu, односно 921 US $/t Cu (743 x 1,24 = 921 US $/t Cu (Табела 6.3). Подаци из Табеле 6.3 показују да око 92,5% екстерних трошкова проистиче из негативног утицаја аерозагађења на јавно здравље, инфраструктуру и пољопривредне усеве, а око 6,6% на биодиверзитет. Тешки метали узрокују око 0,9% екстерних трошкова. Међутим, треба имати у виду да се штетно дејство тешких метала валоризује и преко емисије честица PM_{10} и $PM_{2,5}$ које су носиоци тешких метала, па је њихово реално учешће веће.

Просечни производни трошкови бакра у западној Европи у 2005. години износили су 2.344 US$/t Cu (Табела 4.1), а екстерни трошкови 921 US$/t Cu (Табела 6.3). Ако пођемо од претпоставке да су преко пореза на загађење анализиране европске топионице плаћале екстерне трошкове од 921 US$/t Cu, онда је учешће екстерних трошкова у укупним производним трошковима око 39% (921/2.344 = 0,39).

Просечна тржишна цена бакра 2005. године на берзи метала у Лондону (*London Metal Exchange*, *LME*), износила је 3.721 US$/ t Cu (Слика 6.3), а трошкови производње бакра у западној Европи 1.861 US$/ t Cu (Табела 4.1). То значи да је учешће укупних трошкова производње у цени бакра износило 50% (1.861/3.721=0,50), а од тога 25% је учешће екстерних трошкова (921/3.721=0,25). Са растом цене бакра, финансијска позиција произвођача бакра у западној Европи се још више побољшала. Наиме, 2010 год. цена бакра износила је 7.524 US$/ t Cu (Слика 6.3), а трошкови производње 2.957 US$/t Cu (Табела 4.1). Тада је учешће укупних трошкова производње у цени бакра износило свега 39% (2.957/7.524=0,0,39), а од тога 12% чине екстерни трошкови (921/7.524=0,12).



Извор: Statista - The Statistics portal, Average annual market price of copper 2000-2015

Слика 6.3 Просечне цене бакра на Лондонској берзи метала (*LME*)

Процедура коришћења методологије *ExternE - EcoSenseWeb* у процени екстерних трошкова у производњи бакра за корисника, своди се на две фазе:

1. Утврђивање годишње емисије загађујућих материја из производње бакра и висине димњака кроз који се емитује загађење.

2. Подаци прикупљени у првој фази убацују се у софтвер *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* који даље симулира:

- дистрибуцију концентрације аерозагађења на угроженом подручју и квантитативно израчунава штетне физичке последице по здравље становништва, пољопривредне усеве, инфраструктуру и остале елементе екосистема и
- новчано исказује штетне физичке последице.

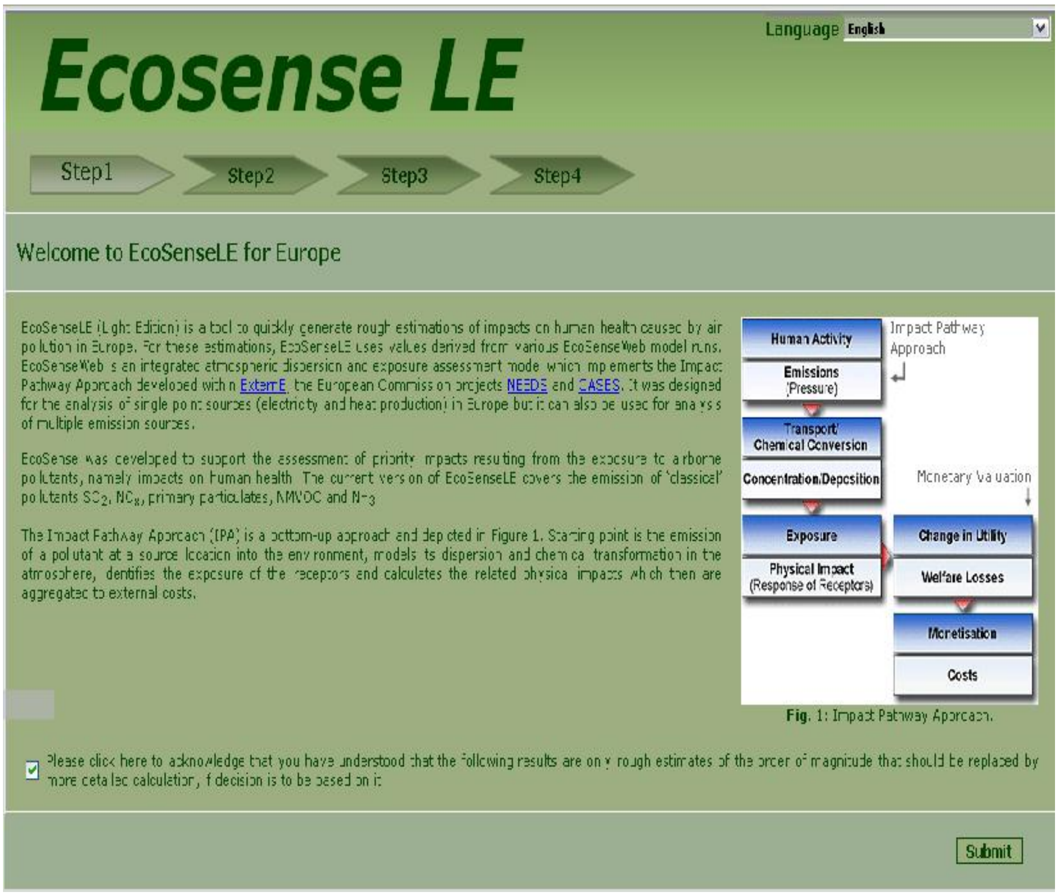
За сада су теорија и пракса у стању да вредносно исказују само физички мерљиве штетне последице. За штете попут смањене туристичке посете због нарушеног рељефа, непријатности због прашине и смога у ваздуху и сл. још нема већинске сагласности о критеријумима монетарног вредновања. ˝Када је позната дистрибуција загађења, *CRF* функције за поједине загађиваче и јединични трошкови насталих негативних последица по рецепторе, новчано исказивање екстерних трошкова је резултат једноставних математичких операција. У *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* методологији, јединични трошкови су дати у еврима и корисник то не може да мења˝ (Bickel и Friedrich, 2005, стр. 166-167). За производњу бакра таква промена није ни нужна, јер је бакар берзански производ. Добијени новчани износ екстерних трошкова у еврима може да се конвертује у домаћу валуту преко односа БДП-а у Републици Србији и Европској унији.

6.2 ПРИМЕНА СОФТВЕРСКОГ РЕШЕЊА *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* ЗА ПРОЦЕНУ ЕКСТЕРНИХ ТРОШКОВА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА У РТБ-Бор - СТАРА ТЕХНОЛОГИЈА

За потребе истраживања у овој дисертацији, Економски институт енергетике и рационалног коришћења енергије Универзитета у Штутгарту (*Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy - IER, University of Stuttgart)* омогућио нам је привремено *on-line* коришћење софтвера *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* (*EcoSense Light Edition-EcoSense LE),* уз нашу писмену гаранцију да ће бити коришћен само у научне сврхе за потребе ове докторске дисертације.

Софтвер *EcoSense LE* (*Light Edition*) је редукована верзија софтвера *EcoSenseWeb V1.3* која се уступа студентима и научним радницима на *on-line* коришћење са обавезом корисника да је неће користити у комерцијалне сврхе већ само за потребе научног рада. Редукована верзија Софтвера *EcoSense LE* даје укупне екстерне трошкове проузроковане појединим загађењима, али не даје структуру екстерних трошкова по физичким последицама загађења (трошкови морталитета и морбидитета по врстама болести, трошкови деградације пољопривредног земљишта, трошкови умањења приноса пољопривредних усева, трошкови оштећења инфраструктурних објеката, трошкови угрожавања биодиверзитета). Ова верзија софтвера не даје графички приказ просторних зона са припадајућим екстерним трошковима око извора загађења. Те податке даје софтвер *EcoSenseWeb V1.3* који могу да користе правна лица (држава или компаније) по посебној цени и посебним условима.

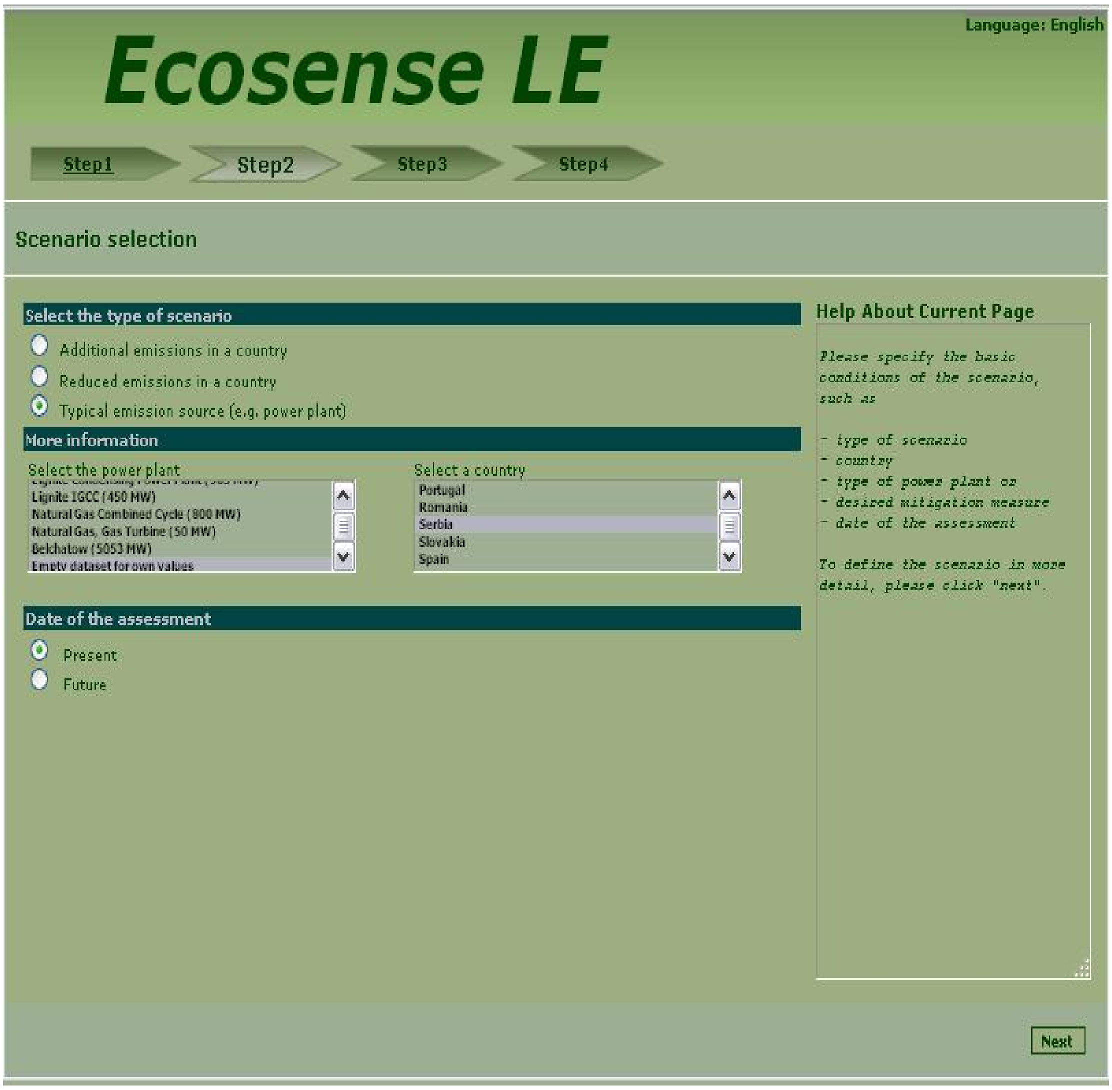
У писаној преписци која је вођена са представницима Института објашњени су разлози и поступак који би се применио у поступку утврђивања екстерних трошкова у производњи бакра и како би се софтвер применио и у овој области. Мишљење овлашћених представника Института на овај конкретни предлог био је позитиван. У наставку следе кораци и слике екрана при коришћењу софтвера *ExternE – EcoSenseWeb V1.3.*



Извор: Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER)

Слика 6.4 Насловна страна - шематски приказ процедуре у процени екстерних трошкова

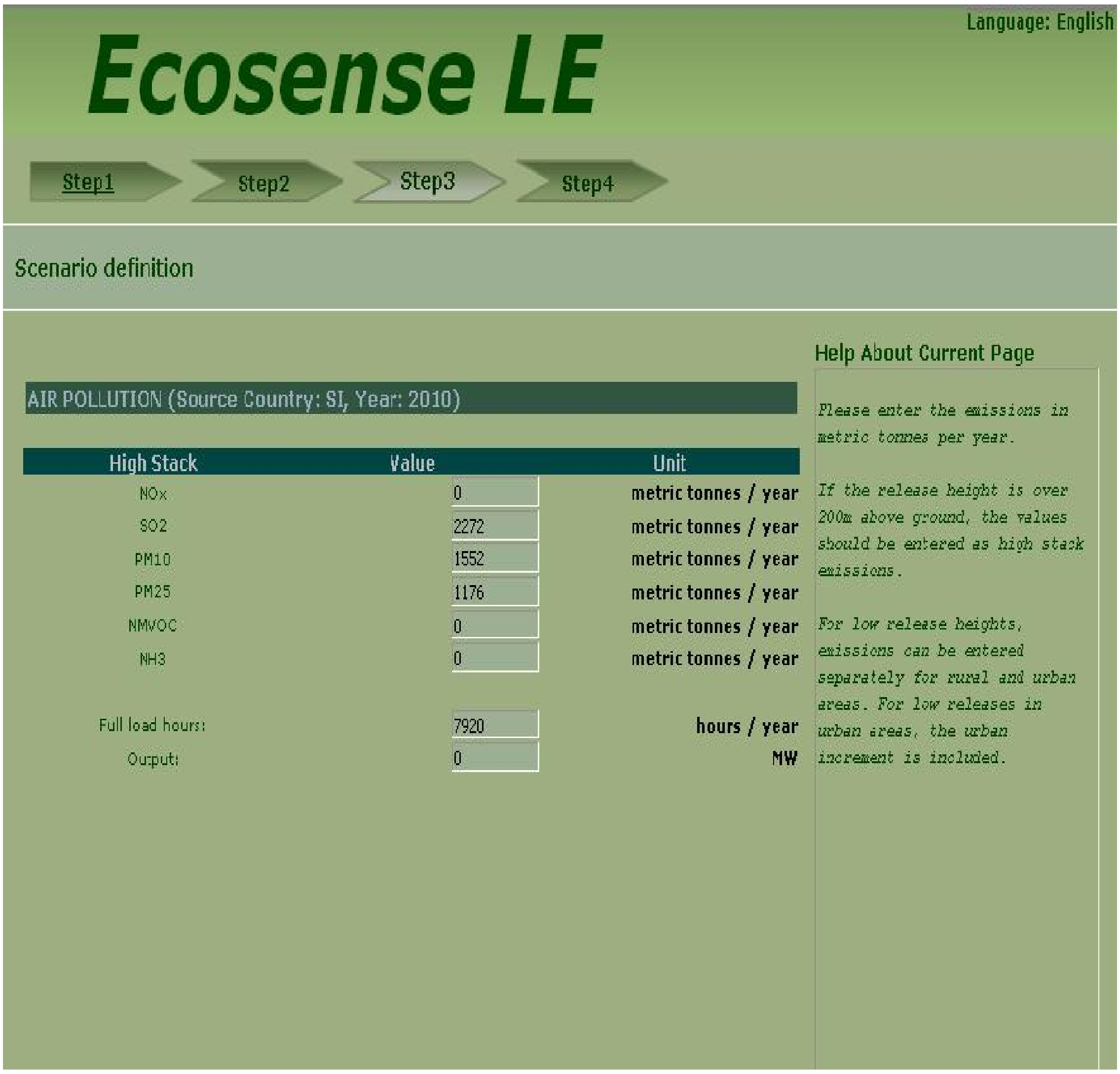
На почетном екрану софтверског пакета (*Step 1)* налазе се општи подаци који кориснику омогућавају да се упозна са методологијом прорачуна екстерних трошкова. Такође, почетни екран пружа информације и о свим помоћним програмским пакетима који служе као софтверска подршка основном моделу израчунавања екстерних трошкова са којим корисник може да се упозна. Са потврдом од стране корисника (чекирање у доњем левом углу), сматра се да је корисник упознат са свим неопходним информацијама и прелази се на корак 2 (*Step 2*).



Извор: Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER)

Слика 6.5 Избор програмског пакета и земље у којој се налази извор загађења (топионица бакра)

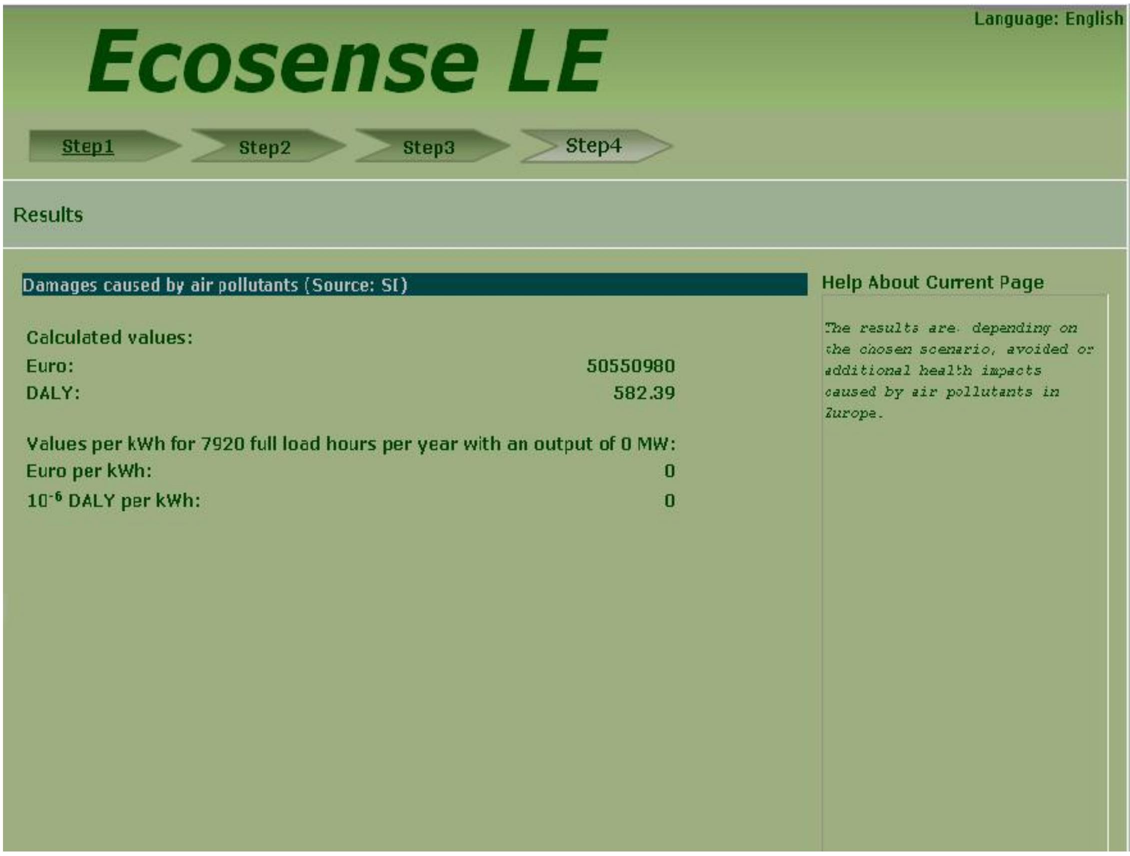
У другом кораку (*Step 2*) врши се одабир програмског пакета (тип сценарија), бира се врста и тип загађивача, као и земља у којој се налази извор загађења (загађивач). Такође се врши и одабир временског периода у коме се задају критеријуми за израчунавање. По уносу свих релевантних података прелази се на наредни трећи корак.



Извор: Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER)

Слика 6.6 Унос података о аерозагађењу и годишњем фонду часова рада топионице бакра (Сценарио 1)

У трећем методолошком кораку (*Step 3*) уносе се подаци о емитованом загађењу (по врстама загађивача на годишњем нивоу у тонама), као и годишњи фонд часова рада. Уноси се и податак о висини димњака за испуштање штетних гасова (мањи или већи од 200 m).



Извор: Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER)

Слика 6.7 Приказ процењених екстерних трошкова по основу аерозагађења SO_2, PM_{10} и $PM_{2,5}$ - Сценарио 1

У четвртом кораку *(Step 4)* софтвер израчунава екстерне трошкове на основу унетих података и приказује на екрану. У конкретном примеру (подаци из Сценарија 1), израчунати екстерни трошкови износе 50.550.980 евра. У овој калкулацији трошкова нису урачунати екстерни трошкови по основу загађења тешким металима. Ови трошкови се могу израчунати множењем количина годишње емисије тешких метала из Табеле 2.24 (поглавље 2.5) са јединичним екстерним трошковима из Табеле 6.2.

Процена екстерних трошкова у старој технологији производње бакра у РТБ-Бор извршена је по подацима о годишњим емисијама загађења приказаних у Табели 2.24 (**Сценарио 0)** у поглављу 2.5. Подаци о загађењу из старе технологије представљају вишегодишњи просек изведен из различитих извора података. Извори и поступци обрачуна детаљно су приказани у поглављу 2.3, а сводни резултати приказани у Табели 2.24 у поглављу 2.5. Екстерни трошкови процењени методологијом и софтверским решењем *ExternE – EcoSenseWeb V1.3*, при топљењу концентрата бакра у РТБ-Бор у старој технологији приказани су у Табели 6.4 (**Сценарио 0**). Ради лакшег упоређивања, у истој Табели 6.4 приказани су и процењени екстерни трошкови који се очекују при топљењу концентрата бакра у РТБ-Бор у новој технологији (**Сценарио 1**).

Табела 6.4 Процењени екстерни трошкови при топљењу концентрата бакра у РТБ-Бор у старој и новој технологији

Загађивач	Процењени екстерни трошкови			
	Стара технологија Сценарио 0 Q_{2014} = 32.500 t Cu		Нова технологија Сценарио 1 Q = 80.000 t Cu	
	€	%	€	%
Сумпордиоксид (SO_2)	956.371.000	98,2	25.714.764	43,7
Честице (PM_{10})	559.276	0,1	985.390	1,7
Честице ($PM_{2,5}$)	11.864.385	1,2	23.850.826	40,6
Олово (Pb)	4.399.200	0,1	7.881.600	13,4
Кадми-јум (Cd)	32.194		47.736	0,1
Жива (Hg)	221.000		18.560	
Арсен (As)	399.100		288.000	0,5
Никл (Ni)	702		5.440	
Годишњи екстерни трошкови ЕТ (€)	973.846.857	100,0	58.792.316	100,0
Просечни екстерни трошкови РЕТ (€/t Cu)	29.964		735	
Кориговани просечни екстерни трошкови[23] $PET_к$ (€/t Cu)	10.487		257	

Легенда*:* Q – Годишња производња катодног бакра[24], (t)

Извор: Прорачун аутора на основу података софтвера ExternE – EcoSenseWeb V1.3

У старој технологији (Табела 6.4-Сценарио 0), екстерни трошкови износе чак **29.964 €/t Cu,** а кориговани екстерни трошкови **10.487 €/t Cu.** Примера ради, просечна цена бакра на Лондонској берзи (*LME*) у 2014. год. износила је 6.900 US $/t, односно 5.954 €/t. Дакле, екстерни трошкови су 5 пута већи од цене бакра (29.964/5.954=5,0), а

[23] Кориговани екстерни трошкови PET_k=k x PET, где је k-однос бруто домаћег производа по глави становника у Републици Србији (GDP_{RS}) и Европској унији (GDP_{EU}): k=GDP_{RS}/GDP_{EU}=0.35.

[24] Годишња производња бакра у старој технологији (Сценарио 0) је производња остварена 2014. год. (Q_{2014}=32.500 t Cu). Годишња производња бакра у новој технологији (Сценарио 1) је пројектована производња (Q=80.000 t Cu).

кориговани екстерни трошкови 1,8 пута већи од цене бакра (10.487/5.954=1,8). Тиме је по први пут, на научно утемељен начин, доказано да производња бакра у РТБ-Бор производи вишеструко веће штете од користи, и то уназад најмање 20 година.

Поставља се питање да ли је РТБ-Бор у протеклом периоду плаћао ове штете. Одговор је очекиван - није плаћао.[25] Није плаћао ни накнаде за загађење, које је по основу важеће Уредбе о врстама загађивања, критеријумима за обрачун накнаде за загађивање животне средине и обвезницима, висини и начину обрачунавања и плаћања накнаде, чл. 7 ("Сл. гласник РС“, број 113/2005, 6/2007, 8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 30/2013-др. правилник и 25/2015-др. правилник)[26] у Републици Србији био у обавези да плати и то:

- 9.005 RSD ≈ 75 € /t емитованог сумпордиоксида (SO_2) и
- 14.410 RSD ≈ 120 €/t емитованих честица ($PM_{10} + PM_{2,5}$).

Ако научно процењене екстерне штете од емисије загађења које се примењују у земљама ЕУ, умањене коефицијентом k=0,35 (k - однос бруто домаћег производа по глави становника у Републици Србији GDP_{RS} и Европској унији GDP_{EU}: $k=GDP_{RS}/GDP_{EU}=0.35$) применимо на емисије загађења 2014. год. у РТБ-Бор, реално утврђене накнаде по јединици загађења износиле би:

- накнада за емисију сумпордиоксида (SO_2):

$p = k \times ET_{SO2}/Q_{SO2} = 0,35 \times 956.371.000/84.500 =$ **3.961 €/t** сумпордиоксида (SO_2), где је: ET_{SO2}=956.371.000 € - годишњи екстерни трошкови по основу емисије сумпордиоксида (SO_2) (Табела 6.4 - Сценарио 0); Q_{SO2}=84.500 t – годишња емисија сумпордиоксида (SO_2) (Табела 2.24 - Сценарио 0) за производњу бакра Q_{2014}=32.500 t у 2014. год.

- накнада за емисију честица $PM_{10} + PM_{2,5}$:

$p = k \times ET_{PM}/Q_{PM} = 0,35 \times 12.423.661/1.465,75 =$ **2.967 €/t** честица ($PM_{10}+PM_{2,5}$), где је: ET_{PM}=12.423.661€ - годишњи екстерни трошкови по основу емисије честица ($PM_{10}+PM_{2,5}$) (Табела 6.4 - Сценарио 0), Q_{PM}=1.465,75 t – годишња емисија честица ($PM_{10}+PM_{2,5}$) (Табела 2.24 - Сценарио 0) за производњу бакра Q=32.500 t у 2014. год.

Дакле, накнада за загађење сумпордиоксидом (SO_2) по Уредби о врстама загађивања, критеријумима за обрачун накнаде за загађивање животне средине и обвезницима, висини и начину обрачунавања и плаћања накнаде, чл. 7 ("Сл. гласник

[25] На више писаних захтева Рударско-топионичарски басен Бор није одговорио да ли компанија плаћа накнаде на име загађења животне средине. На основу тога се може закључити да не плаћају, што је у Бору вишегодишња јавна „тајна“.

[26] Овом Уредбом нису предвиђене накнаде за загађење тешким металима.

РС“, бр. 113/2005, 6/2007, 8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 30/2013-др. правилник и 25/2015-др. правилник) је **52,8** пута мања од научно процењене штете (3.961/75=52,8), а за загађење честицама (PM_{10}+$PM_{2,5}$) **24,7** пута мања (2.967/120=24,7), што говори да су накнаде произвољно одређене на врло ниском нивоу.

Било каква даља анализа екстерних трошкова у производњи бакра у РТБ-Бор са старом технологијом је бесмислена. Једино је смислено закључити да је стара технологија требала давно да престане са радом, јер је производила, и данас производи, вишеструко веће штете од користи.

6.3 ПРИМЕНА СОФТВЕРСКОГ РЕШЕЊА *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* ЗА ПРОЦЕНУ ЕКСТЕРНИХ ТРОШКОВА У ПРОИЗВОДЊИ БАКРА У РТБ-Бор - НОВА ТЕХНОЛОГИЈА

Имајући у виду да је у пројектима нове технологије топљења концентрата бакра у РТБ-Бор пројектована и квантификована само емисија сумпордиоксида (SO_2) од 28,4 kg/t Cu, а за остале загађиваче дата гаранција да ће ˝њихове концентрације бити испод граничних вредности дефинисаних прописима Републике Србије˝ (EIA Study, 2010, стр. 25) емисије ових загађења биће познате тек кад нова технологија проради устаљеним пуним капацитетом, а за то је потребно најмање годину дана. Да би смо ипак проценили позитивне ефекте нове технологије у смањењу емисија загађења, у поређењу са емисијама загађења у старој технологији, послужили смо се подацима емисија из европских топионица (Табела 2.24 у поглављу 2.5).

Нова технологија топљења концентрата бакра, судећи према ономе што пише у пројектима, представља задњи домет развоја *Outokumpu Flash* технологије. У групи од четири савремене технологије топљења концентрата бакра са ниским емисијама аерозагађења, које су нашле примену у индустријској пракси, *Outokumpu Flash* технологија својим перформансама показује супериорност како са становишта економије, тако и са становишта екологије и чини око 70% светских капацитета за топљење. (ICSG, 2015, стр.18). То је, свакако, велика гаранција за свођење загађења на ниске емисије. Очекиване годишње емисије загађења у новој технологији приказане су у Табели 2.24 (**Сценарио 1**) у поглављу 2.5, где је детаљно дато и образложење за очекиване емисије загађења. Уношењем података о загађењу из Табеле 2.24 у софтвер ***EcoSenseWebV1.3***, добијени су процењени екстерни трошкови. У Табели 6.4 приказани су екстерни трошкови у новој технологији (**Сценарио 1**), упоредо са очекиваним екстерним трошковима у старој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор (**Сценарио 0**), ради лакшег упоређивања и коментарисања.

Процењени очекивани екстерни трошкови у новој технологији (**Сценарио 1** у Табели 6.4) износе 735 €/t Cu, а кориговани екстерни трошкови 257 €/t Cu. У односу на екстерне трошкове у старој технологији мањи су за око 41 пута (10.487/257=40,8). Овај податак довољно говори о друштвено-економској супериорности нове технологије у односу на стару. Позитивни ефекти који се остварују у смањењу загађења и екстерних трошкова значајно превазилазе повећане приходе по основу већег искоришћења метала и сумпора у новој технологији. Процењени екстерни трошкови у новој технологији, које је РТБ-Бор требало да плаћа у 2015. год., чинили су 6,2% од цене бакра на Лондонској берзи метала (257/4.165 = 0,062). Ако узмемо у обзир да је РТБ-Бор у 2015. год. у Билансу успеха исказао нето губитак у износу од 13,7 милијарди динара, односно да му је у Билансу стања на дан 31.12.2015. год. исказан губитак изнад вредности капитала у износу од 60 милијарди динара (Агенција за привредне регистре, Финансијски извештаји), јасно је да се ова компанија налази у врло тешком финансијском положају.

Иако смо детаљно образложили очекиване емисије загађења из нове технологије (**Сценарио 1**), одредили смо и анализирали екстерне трошкове за још три хипотетичка Сценарија (2, 3 и 4). Ови Сценарији дају одговор на питање колики би били екстерни трошкови у новој технологији, ако би она остварила емисије загађења на нивоу геометријске средине, најнижих и највиших вредности емисија у европским топионицама (Табела 6.5). При том, треба навести чињеницу да у нашим техничко-технолошким условима (садржај штетних примеса у концентрату бакра, стање технике и технологије у старим објектима за припрему концентрата за топљење и на крају стечене навике и стање свести радника о потреби строгог поштовања прописаних технолошких процедура), није реално очекивати да се у новој технологији остваре емисије загађења на нивоу најнижих вредности емисија у европским топионицама (Сценарио 3).

Табела 6.5 Екстерни трошкови процењени методологијом и софтвером *ExternE–EcoSenseWeb V1.3* при топљењу концентрата бакра у РТБ-Бор у новој технологији када би она остварила емисије загађења на нивоу емисија из европске праксе

Загађивач	**Нова технологија** Хипотетички сценарији који показују колики би били екстерни трошкови ако би она имала емисије загађења на нивоу емисија из европске праксе					
	Геометријска средина емисија Сценарио 2 Q = 80.000 t Cu		**Најнижа емисија Сценарио 3** Q = 80.000 t Cu		**Највећа емисија Сценарио 4** Q = 80.000 t Cu	
	Процењени екстерни трошкови					
	€	%	€	%	€	%
Сумпордиоксид (SO_2)	38.028.877	47,9	16.298.090	50,2	90.544.945	43,9
Честице (PM_{10})	1.269.833	1,8	406.347	1,2	4.063.465	2,0
Честице ($PM_{2,5}$)	30.827.598	38,8	9.735.031	30,0	97.350.308	47,2
Олово (Pb)	8.928.000	11,2	5.760.000	17,7	13.920.000	6,7
Кадми-јум (Cd)	53.040		37.440	0,1	71.760	
Жива (Hg)	21.120		13.440		33.280	
Арсен (As)	320.000	0,4	224.000	0,7	448.000	0,2
Никл (Ni)	6.080		3.840		9.280	
Годишњи екстерни трошкови ЕТ(€/t Cu)	79.454.548	100,0	32.478.188	100,0	206.441.038	100,0
Просечни екстерни трошкови PET (€/t Cu)	993		406		2.580	
Кориговани просечни екстерни трошкови PET_k (€/t Cu)	348		142		903	

Легенда*:* Q – Пројектована годишња производња катодног бакра, (t)

Извор: Прорачун аутора на основу података софтвера ExternE – EcoSenseWeb V1.3

У првим годинама рада (уходавање технологије и стицање неопходних знања и искуства у раду са новом технологијом) не би било изненађујуће да нова технологија оствари емисије загађења до нивоа геометријске средине емисија у европским топионицама (**Сценарио 2**). Тада би кориговани екстерни трошкови износили 348 €/t Cu (Табела 6.5) и у односу на екстерне трошкове у старој технологији били мањи за 30 пута (10.478/348=30,1). Из података у Табелама 6.4 и 6.5 уочавамо да су водећи (доминантни) загађивачи из производње бакра сумпордиоксид (SO_2), честице $PM_{2,5}$ и олово (Pb).

Имајући у виду референце нове технологије стечене њеном применом у свету, као и гаранције њених пројектаната, немогуће је очекивати да нова технологија оствари емисије загађења на нивоу највиших емисија у европским топионицама (**Сценарио 4**). Међутим, када би се то и догодило, кориговани екстерни трошкови (903 €/t Cu) би још увек били 11,6 пута мањи од истих у старој технологији (10.478/903=11,6). Све у свему, нова технологија је и у најлошијем Сценарију 4 знатно боља од старе технологије.

Сходно напред образложеним очекиваним емисијама загађења у новој технологији наставак анализе биће посвећен упоређивању старе технологије (**Сценарио 0**) и нове технологије (**Сценарији 1** и **2**). Користићемо податке о коригованим екстерним трошковима који би требало да важе у Републици Србији и нећемо то посебно наглашавати.

6.4 УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ПО СЦЕНАРИЈИМА

Из претходне анализе екстерних трошкова у старој и новој технологији, јасно се уочавају огромне разлике у нивоу очекиваних екстерних трошкова у старој и новој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор. Заправо, ради се о великим разликама, не само у нивоу екстерних трошкова, већ и у размерама штетних физичких последица загађења по јавно здравље, инфраструктуру, пољопривредне усеве и екосистем у целини.

У Табели 6.6 дат је упоредни преглед процењених екстерних трошкова у старој (**Сценарио 0**) и новој технологији: **Сценарио 1** (са очекиваним емисијама загађења) и **Сценарио 2** (са емисијама загађења на нивоу геометријске средине емисија из европских топионица, које се могу очекивати у периоду уходавања нове технологије и обуке кадрова). Подаци о екстерним трошковима из ове Табеле недвосмислено указују на велику еколошку предност нове технологије. У периоду њеног уходавања и обуке кадрова (1-2 год.) могу се очекивати екстерни трошкови који су за око 30 пута мањи од истих у старој технологији. Након периода уходавања, очекује се да екстерни трошкови буду за око 41 пута мањи од екстерних трошкова у постојећој старој технологији.

Табела 6.6 Процењени екстерни трошкови у старој и новој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор

Сценарио	**Екстерни трошкови** €/t Cu	**Количник екстерних трошкова**	
		Сценарио 0 / Сценарио 1	Сценарио 0 / Сценарио 2
Сценарио 0 Стара технологија	10.487		
Сценарио 1 Нова технологија Очекиване емисије загађења	257	40,8	
Сценарио 2 Нова технологија Очекиване емисије загађења у периоду уходавања	348		30,1

Извор: Прорачун аутора на основу података из Табела 6.4 и 6.5

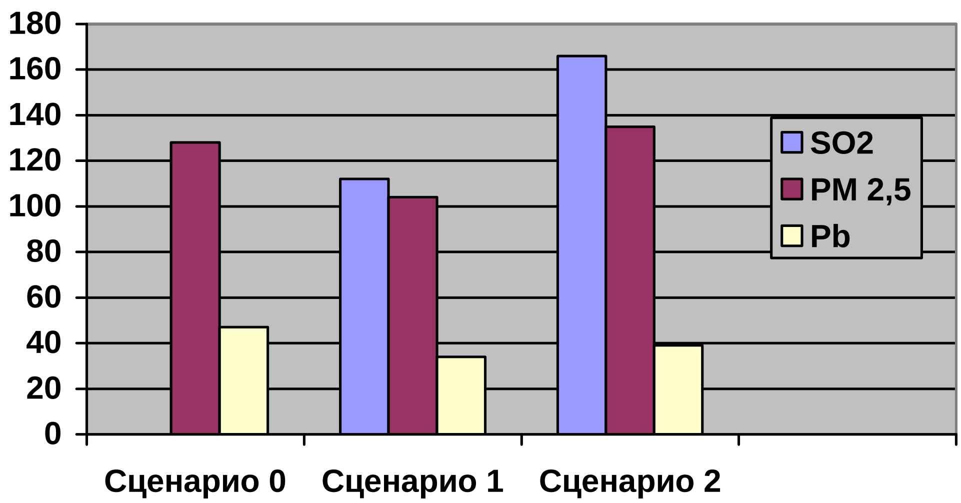
У Табели 6.7 приказани су екстерни трошкови који настају од појединих водећих загађивача у старој и новој технологији.

Табела 6.7 Екстерни трошкови који настају од појединих водећих загађивача у старој и новој технологији у РТБ-Бор

Загађивач	Екстерни трошкови, (€/t Cu)		
	Стара технологија	Нова технологија	
	Сценарио 0	**Сценарио 1**	**Сценарио 2**
Сумпордиоксид, SO_2	10.299	112	166
Честице, $PM_{2,5}$	128	104	135
Олово, Pb	47	34	39

Извор: Прорачун аутора на основу података из Табела 6.4 и 6.5

Податке из исте Табеле 6.7 приказали смо и графички на Слици 6.8 са које се стиче прегледнији увид о уделу водећих загађивача у укупним екстерним трошковима у производњи бакра у РТБ-Бор у старој (Сценарио 0) и новој технологији (Сценарио 1 и 2). На Слици 6.8 у **Сценарију 0** (стара технологија) нису приказани екстерни трошкови који потичу од загађења сумпордиоксидом (SO_2), јер су енормно велики (10.299 €/t Cu) у односу на екстерне трошкове по основу загађења честицама $PM_{2,5}$ (104-135 €/t Cu) и оловом (Pb) (47-39 €/t Cu).



Извор: Приказ аутора на основу података из Табеле 6.7

Слика 6.8 Екстерни трошкови (€/t Cu) по основу загађења водећим загађивачима у појединим Сценаријима

Према очекиваним емисијама водећих загађивача и њиховог удела у укупним екстерним трошковима у производњи бакра у РТБ-Бор у новој технологији (**Сценарио 1**), највеће и доминантно смањење екстерних трошкова остварује се по основу великог смањења емисије сумпордиоксида (SO_2) које износи 92 пута (10.299/112=92) (Табела 6.7). Смањење удела екстерних трошкова по основу загађивања честицама ($PM_{2,5}$) и оловом (Pb) у укупним екстерним трошковима је далеко мање (али значајно) и за честице ($PM_{2,5}$) износи 1,2 пута (128/104=1,2), а за олово (Pb) износи 1,4 пута (47/34=1,4).

До сличног закључка долазимо и када упоредимо смањење екстерних трошкова по основу водећих загађивача када би се у новој технологији оствариле емисије загађења на нивоу геометријске средине емисија из европских топионица, за које смо већ рекли да су могуће на почетку рада нове технологије (уходавање технологије и обука радника) (**Сценарио 2** - Табела 6.7 и Слика 6.8). И у овом Сценарију, највеће смањење екстерних трошкова остварује се по основу великог смањења емисије сумпордиоксида (SO_2) које износи 62 пута (10.299/166=62). Удео екстерних трошкова по основу загађивања честицама ($PM_{2,5}$) био би незнатно већи, а оловом (Pb) мањи за 1,2 пута у укупним екстерним трошковима.

6.5 ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА ЗАГАЂЕЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ КАО ПОСЛЕДИЦЕ ПРОИЗВОДЊЕ БАКРА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Једино ефикасно решење проблема загађења животне средине из производње бакра у Републици Србији јесте одређивање и наплата реално процењених екстерних трошкова, који су последица такве производње. За реалну процену екстерних трошкова у производњи бакра данас нам је на располагању научно заснована методологија *ExternE – EcoSenseWeb V1.3*, чија је редукована верзија (*EcoSense LE)* коришћена у овој дисертацији. Ова методологија нам пружа могућност да накнаде (порези) за загађење, које су до сада биле утврђене на нереално ниском нивоу у односу на ниво загађења, ревидирамо и утврдимо у далеко реалнијем износу. Основни циљ примене овако одређених накнада (пореза) је интернализација екстерналија у производњи бакра у реалном износу.

У теорији и пракси, накнада (порез) за загађивање, у оквиру дефинисаних стандарда ограничења, може бити одређена по јединици готовог производа или по јединици емитованог загађења. Накнада утврђена по јединици готовог производа је једноставнија за примену и контролу њеног спровођења, али је њен велики недостатак што не стимулише загађивача да чини сталне напоре у правцу смањења загађења. Она може бити погодна само за ону производњу у којој се количина емитованог загађења не мења са променом квалитета улазних сировина и у којој постоји технички поуздан систем контроле и регулације загађења у оквиру задатих стандарда ограничења. Ове предуслове није могуће ни технички ни технолошки обезбедити у производњи бакра, као ни у многим другим гранама базне индустрије.

Због тога, за производњу бакра није прихватљива накнада за загађење по јединици произведеног бакра. Наиме, у производњи бакра, поред добро одржаваног и ефикасног техничког система за контролу и регулацију загађења у оквиру задатих стандарда ограничења, количина емитованог загађења у великој мери зависи од квалитета концентрата бакра који се топи у металургији. Концентрати са већим садржајем штетних примеса тешких метала и већим садржајем сумпора (S) изнад одређене границе, неминовно проузрокују већу количину загађења по јединици произведеног бакра.

Из ових разлога, када говоримо о инструментима заштите животне средине у производњи бакра, акценат је на комбинованом систему заштите, тј. ефикасној комбинацији командно-контролних и економских инструмената. Дефинисање система заштите животне средине у производњи бакра, пре свега, подразумева: дефинисање еколошких стандарда емисија загађујућих материја у области заштите ваздуха, вода и земљишта, као и примену одговарајућих казнених одредби у случају непоштовања истих. У групи економских инструмената најзначајнија је примена еколошких накнада (пореза) по јединици загађења. Овај инструмент омогућиће интернализацију еколошких екстерних трошкова који настају у производњи бакра, док ће истовремено подстицајно деловати на промену понашања загађивача у складу са постављеним еколошким циљевима.

Одређивање реалне висине накнада (пореза) за загађивање **p** врши се по једначини (5.1) и једнака је количнику годишњих екстерних трошкова **ET** насталих од дотичног загађивача и количине дотичног загађивача **Q**:

$$p_{eu} = ET/Q, \text{ (€/t загађивача), у земљама ЕУ} \quad (6.1)$$

За загађења из производње бакра у РТБ-Бор у Републици Србији, износ накнада (порез) за загађивање $\mathbf{p_{rs}}$ треба израчунати по формули:

$$p_{rs} = kp_{eu} = k \times ET/Q, \text{ (€/t загађивача), у Републици Србији} \quad (6.2)$$

где је: k- однос бруто домаћег производа по глави становника у Републици Србији (GDP_{RS}) и Европској унији (GDP_{EU}): k= GDP_{RS}/ GDP_{EU}=0.35.

По формулама (6.1) и (6.2) израчунате су накнаде (порез) за загађење по подацима за екстерне трошкове изазване загађивачем из Табеле 6.4 и количине загађивача из Табеле 2.24 за Сценарио 1 (нова технологија са очекиваним емисијама загађења) и упоредо приказане у Табели 6.8. Накнаде за загађење тешким металима преузете су из Табеле 6.2 у поглављу 6.1.1.

Табела 6.8 Реалне накнаде (порез) за загађење у ЕУ и Републици Србији

Загађивач	**Накнада (порез) за загађење,** (€/t загађивача)		
	Европска унија	**Република Србија**	
	Реалне накнаде[27] ***ExternE -EcoSenseWebV1.3*** p_{eu}	Реалне накнаде $p_{rs} = k \times p_{eu} = 0{,}35\ p_{eu}$	Важеће накнаде[28]
Сумпордиоксид, SO_2	11.318	3.961	75
Честице PM_{10}	635	222	120
Честице $PM_{2,5}$	20.281	7.098	
Арсен, As	80.000	28.000	-
Кадмијум, Cd	39.000	13.650	-
Никл, Ni	4.000	1.400	-
Олово, Pb	600.000	210.000	-
Жива, Hg	8.000.000	2.800.000	-
Хром, Cr	31.500	11.025	-

Извор: Прорачун аутора за Европску унију на основу једначине (6.1) за сумпордиоксид (SO_2) и честице PM_{10} и $PM_{2,5}$; за тешке метале на основу података из Табеле 6.2 у поглављу 6.1.1; за Републику Србију на основу једначине 6.2.

Уочавамо из Табеле 6.8 да Република Србија још није дефинисала накнаде за загађење тешким металима. По важећој Уредби о врстама загађивања, критеријумима за обрачун накнада за загађивање и обвезницима, висини и начину обрачунавања и плаћања накнаде (˝Сл. гласник РС˝, бр. 113/2005, 6/2007, 8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 30/2013 - др. правилник и 25/2015 - др. правилник), накнада за загађење сумпордиоксидом (SO_2) износи свега 9.005 дин./t SO_2, односно 75 €/t SO_2, а за загађење честицама (PM_{10} + $PM_{2,5}$) износи 14.410 дин., односно 120 €/t (PM_{10} + $PM_{2,5}$). Јасно је да су ове накнаде одређене на веома ниском, односно нереалном нивоу. Свака земља прописује накнаде за загађење у складу са својом политиком у области заштите животне средине и политиком развоја појединих индустријских грана.

За увођење умањених накнада за загађење, које би се односиле на РТБ- Бор, има агумената за и против. Главни агумент за проистиче из принципа да загађивач треба да плати стварне трошкове оштећења животне средине. Чињеница је да се штете по јавно здравље, инфраструктуру и пољопривредне усеве у Републици Србији валоризују по

[27] Накнаде су реалне, јер су екстерни трошкови у софтверу *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* израчунати узимајући у обзир реалне цене штета физичких последица загађења по јавно здравље, инфраструктуру, пољопривредне усеве и екосистем у целини, које важе у Европској унији.

[28] У Републици Србији нису прописане накнаде (порез) за загађење тешким металима.

домаћим ценама које су мање од цена у ЕУ. Главни аргумент против проистиче из чињенице да је бакар берзански производ, тако да се на иностраном и домаћем тржишту продаје по истој цени (цена која се формира на Лондонској берзи метала).

Мислимо да предност треба дати аргументу за**,** јер је утемељен у опште прихваћеном принципу еколошке економије ˝да загађивач треба да плати стварне трошкове оштећења животне средине˝ (Harris, 2009, стр. 50). Наравно, коначну одлуку доноси Влада и Законодавац који, поред ових чињеница, у креирању политике заштите животне средине могу да имају у виду и друге околности, као што је значај производње бакра за укупни друштвено-економски развој Републике Србије.

Дакле, Влада треба да процени укупне друштвене користи и друштвене штете од производње бакра. Ако процени да није целисходно и, у развојном смислу, друштвено оправдано да целокупну штету по животну средину наплати од произвођача бакра, онда јој једино преостаје могућност да део штете наплати од потрошача бакра. Иначе, овај принцип је познат у еколошкој економији (Harris, 2009).

Такође, једно од важних питања, ако не и главно, јесте коме треба да припадне накнада за загађивање и за које намене се троши. По дефинисању субјеката којима припада накнада за загађење, намеће се и питање расподеле и намене прихода по овом основу.

У поглављу 6.2 (Табела 6.4) закључили смо да очекивани екстерни трошкови у производњи бакра новом технологијом у РТБ-Бор износе око 257 €/t катодног бакра. Укупни годишњи екстерни трошкови, за пројектовану годишњу производњу бакра од 80.000 t износили би 20.560.000 € (257 x 80.000 = 20.560.000). С обзиром да се ради о значајном износу финансијских средстава, уколико би се наменски употребио, односно употребио на начин који се предлаже у овој дисертацији, остварио би се значајан допринос не само у заштити животне средине, већ и у унапређењу квалитета живота на угроженим подручјима. Накнада за загађење је намењена санирању штетних последица по животну средину на угроженом подручју. То пише у позитивним законским и другим обавезујућим прописима Републике Србије (додуше, не пише "на угроженом подручју", а требало би да пише).

Редукована верзија (*EcoSense LE) софтвера EcoSenseWeb V1.3* која нам је уступљена на коришћење не даје увид у територијалну дистрибуцију концентрације загађења и екстерних трошкова. Оскудни литературни извори, укључујући и ауторе методологије, дају доста квалитативне констатације: ˝Далеко највећи део екстерних трошкова односи се на утицај загађења на јавно здравље који се протеже до удаљености од 30 до 150, па и више километара од извора загађења, зависно од густине насељености, висине испуштања гасова у атмосферу и метеоролошких услова (брзина ветра, учесталост падавина, број сунчаних дана у години и др.)˝ (Bickel и Friedrich, 2005, стр. 78). Такође, чињеница је да: ˝Утицај примарних загађивача првенствено варира од висине димњака и дистрибуције локалних рецептора, јер је у непосредној близини извора загађења њихова концентрација велика˝ (Eugster, 2008, стр. 45). Из овога се логично намеће закључак да далеко највећи део накнаде за загађење треба да припадне угроженом подручју, а границе тог подручја треба утврдити за сваки појединачни извор загађења.

Накнада за загађивање не треба да буде намењена само за санирање текуће штете. Део накнаде треба да буде намењен научно-истраживачким пројектима, у циљу смањења загађења животне средине (развој система контроле, регулације и неутрализације загађења и унапређење технологије производње бакра у смислу смањења емисија загађења). Део накнаде треба да буде намењен епидемиолошким истраживањима утицаја загађења из производње бакра на јавно здравље и унапређењу система здравствене заштите на угроженом подручју. Дакле, накнада за загађење треба да буде намењена:

1. Локалним самоуправама и здравственим установама на угроженом подручју за покриће увећаних трошкова здравствених услуга и унапређење система превентивне здравствене заштите.

2. Надлежном министарству за науку, које ће формирати посебан фонд за финансирање одговарајућих научно-истраживачких пројеката за заштиту животне средине и епидемиолошких студија утицаја загађења из производње бакра на јавно здравље.

3. Надлежном министарству за заштиту животне средине, за унапређење система заштите животне средине на територији Републике Србије и контроле спровођења прописа и стандарда загађења у пракси.

Припадајући проценти накнаде по наменама из тачке 1-3 треба да буду резултат студиозне анализе стварних штета које треба санирати и дугорочне политике и циљева који се желе остварити. Имајући у виду да највеће штете од загађења трпи уже и шире подручје око извора загађења, као и то да нема унапређивања заштите животне средине без развоја научно-истраживачког рада у тој области, намеће се закључак да претежни део накнаде треба да иде за намене из тачке 1 и 2.

У важећим прописима Републике Србије, чл. 85 Закона о заштити животне средине пише: "1. Загађивач је дужан да плаћа накнаду за загађивање животне средине. ... 5. Средства остварена од накнаде из става 1. овог члана у висини од 60% приход су буџета Републике Србије, а у висини од 40% приход су буџета јединице локалне самоуправе. Средства из става 5. овог члана користе се наменски за заштиту и унапређивање животне средине према програмима, односно акционим и санационим плановима који се доносе у складу са овим законом и посебним законима" (˝Сл. гласник РС˝, бр. 113/2005, 6/2007, 8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 30/2013 - др. правилник и 25/2015 - др. правилник).

За индустријске загађиваче, у које спада и производња бакра у РТБ-Бор, Закон дефинише непримерену расподелу накнаде у корист буџета Републике и врло непрецизно дефинише намену. Међутим, за сада без икакве штете јер, као што смо већ истакли, накнада се не наплаћује, те нема ни шта да се троши.

На основу свега можемо закључити да је стогодишње рударење у РТБ-Бор засновано на необновљивом извору - руди бакра, док су у потпуности запостављени обновљиви природни ресурси којима ова Општина располаже. Шуме, воде, термоминерални извори, биодиверзитет, могу да буду ослонац у даљем привредном развоју овог краја. Стога је неопходно приступити ревитализацији деградираних bподручја, као и изради мониторинга еколошких система који ће у будућем периоду омогућити:

- систематско праћење садржаја загађујућих материја у земљишту, водама, депонованом отпаду. За сада не постоји евиденција о деградираном земљишту, о врсти загађивача, степену деградације;

- рекултивацију пољопривредног земљишта, вода, терена на којима се врши одлагање опасног отпада;

- изградњу система - фабрика за пречишћавање отпадних вода;

- очување и заштиту од даље деградације биодиверзита у складу са принципима одрживог развоја.

Привреда у граду је изразито моноструктурног карактера и искључиво зависна од рударства и металургије бакра. У дугом временском периоду еколошка свест грађана је била "економизирана", односно подређена остваривању економских резултата у експлоатацији минералних сировина, па чак и по цену драстично великих загађења и последица по људско здравље. Последњих година се стање еколошке свести мења у правцу схватања приоритета и неопходности заштите животне средине и људског здравља. Друштвено-одговорно понашање компаније РТБ-Бор је предуслов функционисања у систему вредности, где етика није споредна ствар економије, науке, технологије, већ њихов основни принцип. Обавеза плаћања накнада за заштиту животне средине није додатни намет, већ је предуслов останка и опстанка становништва на овом подручју. Нова технологија производње бакра у РТБ-Бор требало би да допринесе остваривању бољих економских резултата компаније, што ће утицати и на животни стандард становништва. Мање загађење животне средине створиће квалитетније и хуманије услове за живот и рад становништва на овом подручју, са мањим друштвеним трошковима (здравство, осигурање) и омогућиће очување основних елемената биодиверзитета. Рационална и економски ефикасна употреба ресурса омогућиће и будућим генерацијама да обављају привредну активност на овом подручју.

ЗАКЉУЧАК

Производња бакра у Рударско – топионичарском басену Бор емитује врло велике количине аерозагађења сумпордиоксидом, честицама прашине и тешким металима, због чега се Бор и околина оправдано сматрају најзагађенијим подручјем у Републици Србији и Европи. Емитована аерозагађења резултирају бројним негативним последицама, пре свега, по јавно здравље, а затим по инфраструкруру, пољопривредне усеве и биодиверзитет. Негативне последице по јавно здравље упечатљиво илуструју подаци медицинске статистике о просечној учесталости морталитета и морбидитета становништва Општине Бор у поређењу са становништвом Борског управног округа.

Негативне последице од загађења исказане екстерним трошковима показују да производња бакра у Рударско – топионичарском басену Бор по застарелој технологији резултира вишеструко већим штетама од користи, које трају годинама уназад. Као круна таквог парадокса је чињеница да РТБ -Бор такве штете не плаћа. Стога је тема ове дисертације, иако са закашњењем у односу на оно што свет чини у контроли и смањењу аерозагађења, врло актуелна, пре свега, за грађане Општине Бор, а потом и за Републику Србију, која се припрема за улазак у Европску унију.

Постављене хипотезе у овој дисертацији су, научно утемељеним чињеницама, доказане и емпиријски потврђене нумеричким примерима. Свеукупни остварен научни допринос чине више парцијалних научних доприноса и решења која се тичу: научно утемељеног приступа у процени еколошких екстерних ефеката у производњи бакра, критеријума за одређивање висине накнаде (пореза) за загађење и њене намене, интернализације екстерних трошкова и редефинисања класичног економског модела понуде и тражње бакра и дефинисања аналитичких и графичких модела за управљање екстерним трошковима у производњи бакра.

1. По први пут су у Републици Србији процењени екстерни трошкови у производњи бакра, према научно утемељеној методологији *ExternE – EcoSenseWeb V1.3*, која је развијена у ЕУ за потребе процене екстерних трошкова у енергетском сектору, а која се може применити и за процену еколошких екстерних трошкова у производњи бакра, будући да симулира дисперзију свих аерозагађења из производње бакра, квантитативно исказује настале штете и монетарно их вреднује. Процењени су екстерни трошкови за емисије аерозагађења у старој и новој савременој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор. Екстерни трошкови су процењени по загађивачима и укупно за све загађиваче:

а) За врло велике емисије аерозагађења у производњи бакра застарелом технологијом топљења у РТБ-Бор, процењени екстерни трошкови износе невероватних **29.964** €/t катодног бакра (**Сценарио 0**). Просечна цена бакра на Лондонској берзи (*LME*) у 2014. години износила је 6.900 $/t, односно 5.954 €/t. Дакле, екстерни трошкови били су 5 пута већи од цене бакра (29.964/5.954 =5). Тиме је по први пут, на научно утемељен начин, доказано да производња бакра у РТБ-Бор по застарелој технологији производи вишеструко веће штете од користи, и то уназад најмање 20 година.

Вишедеценијско велико емитовање загађења из производње бакра у РТБ-Бор, највидљивије и финансијски најзначајније штетне последице изазвало је на здравље становништва у Општини Бор. Анализа статистичких података о морталитету и морбидитету од карактеристичних болести које узрокују индустријска загађења, изведена у овој дисертацији, показала је да је њихова учесталост у општини Бор значајно већа у односу на Борски округ. Та се повећана учесталост код свих болести и морталитета мери двоцифреним процентима (респираторне болести: од 13% код ученика до 78% код радно-способних; кардиоваскуларне болести: од 38% код радно способних до 59% код старих; тумори и малигне болести: од 25% код радно-способних до 59% код старих и смртности од злоћудних тумора: од 17% код радно способних до 32% код старих лица) и оправдано доводи у везу са великим загађењем из производње бакра. Наравно, РТБ-Бор није био приморан да плати ове трошкове, а да је морао да их плати не би имао одакле. Чак, није плаћао ни вишеструко мање екстерне трошкове у износу од 195 €/t (за SO_2 – 75 €/t и за честице PM_{10}+$PM_{2,5}$ – 120 €/t) које је био дужан да плати по важећој Уредби у Републици Србији, што је свега око 3,3% од цене бакра на Лондонској берзи метала.

Ако се процењени екстерни трошкови од **29.964** €/t Cu у производњи бакра у РТБ-Бор старом технологијом коригују коефицијентом односа бруто домаћег производа у Републици Србији и ЕУ, $k = GDP_{RS}/GDP_{EU} = 0{,}35$ (што је оправдано, будући да се цене повећаних здравствених услуга као и друге штете од загађења на инфраструктури, пољопривредним усевима и екосистему у целини, у Републици Србији валоризују по нижим ценама од важећих цена у ЕУ), онда закључујемо да би РТБ-Бор требало да плати екстерне трошкове у износу од 10.487 €/t произведеног катодног бакра, односно: 3.961 €/t емитованог сумпордиоксида и 2.967 €/t емитованих честица PM_{10} + $PM_{2,5}$. И овако кориговани екстерни трошкови су и даље већи за 1,8 пута од цене бакра на Лондонској берзи, а накнаде за загађење, по важећој Уредби у Републици Србији, мање око 52,8 пута за сумпордиоксид и 24,7 пута за загађење честицама (PM_{10} + $PM_{2,5}$). То јасно говори да су тако мале накнаде одређене произвољно. На основу свега напред реченог јасно се закључује да је стара технологија топљења концентрата бакра у РТБ-Бор одавно требала да престане са радом, јер производи веће штете од користи и то уназад најмање 20 година.

б) Судећи по пројектима нове технологије топљења концентрата бакра у РТБ-Бор, очекује се да она оствари емисије загађења и екстерне трошкове у вредностима које се приближавају најбољој европској пракси. За то ће требати извесно време потребно за уходавање технологије и обучавање радника. Образложена процена у овој дисертацији указује да се у новој технологији топљења концентрата бакра у РТБ-Бор могу очекивати екстерни трошкови од око 257 €/t произведеног катодног бакра (**Сценарио 1**). То је око 41 пута мање од екстерних трошкова који се остварују у по старој технологији (10.478/257=40,7). Ово је, нема сумње, чак значајније и од технолошких побољшања која ће уследитити увођењем нове технологије топљења концентрата бакра. Позитивни финансијски ефекти од ˝драстичног˝ смањења загађења и екстерних трошкова превазилазе повећане приходе по основу повећаног искоришћења бакра, племенитих метала и сумпора у новој технологији. Екстерни трошкови у новој технологији учествују у цени бакра на Лондонској берзи метала (LME = 5.995 €/t Cu , 20.01.2017) са око 4,3%, што не би требало да буде велики издатак за РТБ-Бор, под условом да послује са добитком. Према очекиваним емисијама водећих загађивача и њиховог учешћа у укупним екстерним трошковима у производњи бакра у РТБ-Бор у новој технологији (**Сценарио 1**), највеће и доминантно смањење екстерних трошкова осварује се по основу великог смањења емисије сумпордиоксида (SO_2) - 92 пута мање емисије у односу на стару технологију. Смањење учешћа екстерних трошкова по основу загађивања честицама ($PM_{2,5}$) и оловом (Pb) у укупним екстерним трошковима је далеко мање (али значајно) и за честице $PM_{2,5}$ износи 1,2 пута мање, а за олово (Pb) 1,4 пута мање у односу на стару технологију.

Чак и да нова технологија у првим годинама рада (једна до две, процес уходавања технологије и оспособљавање радника) не оствари пројектоване и очекиване емисије загађења, оне свакако не би требало да буду веће од геометријске средине емисија загађења из европских топионица (**Сценарио 2**), а то је вишеструко боље у поређењу са старом технологијом. Екстерни трошкови у том случају не би требало да буду већи од 350 €/t Cu, што је за око 30 пута мање од истих у старој технологији.

Перформансе нове технологије на основу њене примене у свету, као и гаранције њених пројектаната, упућују на закључак да је немогуће очекивати да нова технологија оствари емисије загађења на нивоу највиших емисија у европским топионицама (**Сценарио 4**). Чак, када би се то и догодило, екстерни трошкови (903 €/t Cu) би и тада били 11,6 пута мањи од истих у старој технологији. Све у свему, нова технологија је и у најлошијем сценарију, Сценарију 4, знатно боља од старе технологије.

ц) Накнаде за загађење из производње бакра у Републици Србији дефинисане су само за загађење сумпордиоксидом (75 €/t SO_2) и честицама прашине [120 €/t (PM_{10}+ $PM_{2,5}$)], али не и за загађења тешким металима, од којих су неки врло штетни по јавно здравље [арсен (As), кадмијум (Cd), олово (Pb) и жива (Hg)]. Међутим, ове накнаде су произвољно дефинисане на врло ниском нивоу, јер је накнада за сумпордиоксид мања за око **53** пута, накнада за загађење честицама (PM_{10}+$PM_{2,5}$) мања за око **25** пута од научно процењених штета у овој дисертацији [3.961 €/t SO_2 и 2.967 €/t (PM_{10}+$PM_{2,5}$)]. На основу емисија тешких метала и процењених екстерних трошкова у производњи бакра у РТБ-Бор израчунати су реални, научно утемељени износи накнада за загађење тешким металима из производње бакра.

2. Извршен је избор друштвено-економски ефикасног механизма контроле и регулације загађења, и дефинисана формула одређивање висине накнаде (пореза) за загађење у производњи бакра у РТБ-Бор. Када су у питању индустријска загађења, политика у области заштите животне средине у Републици Србији је као механизам контроле и регулације загађења животне средине прихватила комбинацију стандарда ограничења и накнада (пореза) за загађење. Такав механизам контроле и регулације загађења је свакако, економски и еколошки ефикасан механизам за производњу бакра превасходно из два разлога:

а) Први разлог је тај да је, независно од нивоа загађења, оно подједнако штетно по здравље људи и животну средину и на основу тога постоје екстерни трошкови.

б) Други разлог је економско-еколошке природе. Наиме, ако компанија за загађења испод допуштених граничних вредности не плаћа порез, она ће настојати да сведе загађење у оквиру дефинисаног ограничења и ништа више од тога, јер то захтева додатне трошкове на које није економски принуђена. Међутим, порези економски мотивишу компанију да емитује ˝оптимално загађење˝.

Интернализација екстерних трошкова преко увођења накнаде (пореза) за загађење у класични модел понуде и тражње бакра, помера тачку тржишне равнотеже улево у тзв. друштвени оптимум, који се остварује при мањој понуди и већој цени. Са становишта економске ефикасности то је добро. Потрошачи бакра ће се жалити на веће цене, али те цене осликавају реалне трошкове друштва у производњи бакра. Продаваће се мање бакра, што директно значи и мању производњу. Мања производња бакра резултира мањим загађењем животне средине, али и мањом брзином његовог исцрпљивања, као необновљивог ресурса. На тај начин се остварује ефикасна равнотежа или друштвени оптимум.

У многим литературним изворима се порезима као недостатак приписује то да стављају поједине загађиваче у неравноправан положај, пре свега, са становишта стања технологије (савремена технологија насупрот застарелој технологији која емитује више загађења). По нашем мишљењу, ово се може сматрати недостатком на краћи рок. У дугом року, порези делују позитивно и на власнике застарелих технологија, јер их економски мотивишу да осавремене своју технологију.

Одређивање друштвено ефикасне висине накнаде (пореза) за загађење је засновано на економском принципу да стварно проузроковани гранични трошкови оштећена животне средине по јединици емитоване количине загађења буду једнаки процењеним екстерним трошковима по јединици емитоване количине загађења у одређеном периоду (на пример за годину дана). Наравно, креаторима политике заштите животне средине увек стоји на располагању могућност да одреде и већи порез уколико закључе да су постојећи екстерни трошкови друштвено неприхватљиви. Међутим, у таквом случају загађивачима треба благовремено најавити већи порез са разумним одложеним роком примене, како би могли да предузму одговарајуће техничко-технолошке мере контроле и регулације смањења загађења.

За умањење накнада за загађење, које би се односиле на РТБ-Бор, за проценат мањег бруто домаћег производа у Републици Србији у односу на бруто домаћи производ у ЕУ има оправдања у опште прихваћеном принципу да загађивач треба да плати стварне трошкове оштећења животне средине. Чињеница је да се штете по јавно здравље, инфраструктуру и пољопривредне усеве у Републици Србији валоризују према домаћим ценама које су мање од цена у ЕУ. Еколози ће увек бити против оваквог приступа у одређивању висине накнаде (пореза) на загађење. Њихов главни аргумент биће чињеница да је бакар берзански производ који се на иностраном и домаћем тржишту продаје по истој цени (цена бакра на Лондонској берзи метала).

Коначну одлуку о висини накнаде (пореза) на загађење доноси Влада која ће, поред ових чињеница, узети у обзир и значај производње бакра за укупни друштвено-економски развој Републике Србије. Као резултат такве оцене укупне друштвене користи и штете од производње бакра, Влада треба да донесе одлуку о висини накнаде (пореза) за загађење. Ако у појединим периодима нижих цена бакра на тржишту Влада закључи да производња бакра није у стању да плаћа стварне трошкове оштећења животне средине, а таква производња је значајна за укупни друштвено-еконимски развој, она може привремено одредити и ниже накнаде (порезе) за загађење, при чему преузима обавезу да део трошкова оштећења животне средине плаћа из буџета.

3. Законом о заштити животне средине Републике Србије прецизирано је да 60% накнаде на загађење припада буџету Републике Србије, а 40% буџету јединице локалне самоуправе, а та средства се користе за заштиту и унапређивање животне средине према програмима, односно акционим и санационим плановима. Имајући у виду да подручје око извора загађења трпи највећи део штете, неминовно се намеће закључак да Закон дефинише непримерену расподелу накнаде у корист буџета Републике и врло непрецизно дефинише намену. Зато је у овој дисертацији формулисан и образложен адекватнији (бољи) принцип институционалне расподеле и функционалне намене накнаде (пореза) за загађење, који укључује намену накнаде следећим субјектима:

а) Локалним самоуправама на чијем се подручју налазе загађивачи. Ово је значајно зато што су локалне самоуправе оснивачи здравствених установа примарне здравствене заштите (домова здравља), које се баве превентивном здравственом заштитом и раном дијагностиком болести. Превенција (рано откривање болести) утиче на износ и висину трошкова лечења на секундарном нивоу здравствене заштите - болничко лечење, а самим тим и на укупне трошкове здравствене заштите становништва на одређеном подручју. Поред ове, функција локалних самоуправа је значајна зато што се из локалних буџета финансира санација насталих штета у пољопривреди и инфраструктури на локалном подручју.

б) Надлежном министарству за науку. Прикупљена финансијска средства би се користила за финансирање одговарајућих научно-истраживачких и развојних пројеката у циљу ефикасније заштите животне средине, као што су: пројекти везани за унапређење и побољшање постојећих и развој нових технологија топљења бакра, унапређење и развој нових система мониторинга, контроле и регулације загађења, израда епидемиолошких студија утицаја загађења из производње бакра на јавно здравље и израда научних студија утицаја загађења на пољопривредне усеве, инфраструктуру и екосистем у целини.

в) Надлежном министарству за заштиту животне средине. У циљу постизања што бољих резултата у области заштите и унапређења животне средине, активности овог министарства ослањале би се на научно-истраживачке и иновационе пројекте Министарства науке у циљу унапређења животне средине, јачања еколошке свести путем укључивања становништва код дефинисања одлука које се односе на унапређење и заштиту животне средине. Процентуална расподела накнаде (пореза) за загађење треба да буде резултат студиозне, научне анализе стварних штета, које би се регулисале путем одговарајућих Закона (Закон о буџетском систему, Закон о јавним приходима и јавним расходима, Закон о заштити животне средине), а све у функцији остваривања дугорочних еколошких циљева, односно заштите од загађења из производње бакра.

4. Дефинисан је аналитички модел за одређивање оптималног садржаја бакра у концентрату, као механизма којим се у извесној мери може управљати производним и еколошким екстерним трошковима у металургији у циљу њиховог смањења, али и максимизирати приход у рударској производњи концентрата бакра. Овај модел је од значаја за произвођаче концентрата бакра, а посебно за извознике концентрата.

Оптимални садржај бакра у концентрату није од значаја само за максимизацију прихода рударске производње, већ утиче и на емитовано аерозагађење у металургији. Ако је садржај бакра у концентрату мањи од оптималног, у њему има више пирита, дакле сумпора, те ће се онда у металургији ослобађати више сумпордиоксида који ће загађивати атмосферу и тиме повећати екстерне трошкове. Дакле, управљање садржајем бакра у концентрату значи и управљање екстерним трошковима у металургији бакра. Модел је дефинисан и конкретизован за произодњу концентрата бакра, али се његов оптшти облик може користити и за концентрате других обојених метала.

5. Полазећи од опште познатог принципа да је раст производње оправдан све дотле док је остварена добит од такве производње већа од трошкова заштите животне средине, дефинисан је аналитички и графички модел за одређивање горње границе оправданог раста производње бакра. Општи облик овог модела може се применити и за одређивање горње границе оправданог раста производње других обојених метала.

6. Дефинисан је модел тржишта концентрата бакра са екстерним трошковима загађења у топионичкој преради концентрата. Овај модел јасно одсликава стање у којем поједини, па и највећи произвођачи концентрата бакра у свету (Чиле, Перу, Аустралија,

Индонезија) не инвестирају у нове топионице бакра, већ извозе концентрате у Кину, Јапан, Индију и Европу, због високих трошкова загађења животне средине и проблема у пласману сумпорне киселине која је нус производ у металургији бакра. Извозом концентрата они извозе и загађење које прати топионичку прераду концентрата бакра.

Дакле, у складу са дефинисаним циљевима истраживања, у докторској дисертацији су потврђене полазне хипотезе и то:

- Најефикаснији механизми за контролу загађења у производњи бакра су они који економски мотивишу компанију да улаже у систем контроле загађења све дотле док су трошкови контроле мањи од еколошких екстерних ефеката. У производњи бакра то се постиже применом комбинације стандарда ограничења и пореза.

- Ниво емисије загађења, а тиме и висина еколошких екстерних ефеката, пре свега, зависе од нивоа развоја технологије производње бакра и степена ефикасности система техничко-технолошке контроле емисија загађења. Поред тога, ниво емисија загађења и екстерни трошкови у једнакој мери зависе и од изабраног друштвено-економског механизма контроле и регулације загађења (инструмент контроле и висина накнаде (пореза) за загађење).

- Могуће је ефикасно управљање еколошким екстерним ефектима у производњи бакра преко дефинисања оптималног садржаја бакра у концентрату, при коме ће се остварити максимални приход од производње концентрата и минимални екстерни трошкови у металуршкој производњи бакра. Будући да са порастом производње бакра, екстерни ефекти и трошкови расту по експоненцијалном закону, врло је значајно да се одреди горња граница оправданог раста производње изнад које је раст екстерних трошкова већи од раста добити.

На крају треба истаћи да смо, с обзиром на циљ дисертације и методологију истраживања, анализом литературних података и властитим нумеричким анализама и сагледавањима дошли до неспорних чињеница које упућују на препоруке за даљи развој производње бакра у свету које треба да обезбеде дугорочни одрживи развој те производње уз минимални негативни штетни утицај на животну средину. Те препоруке се односе на супституцију бакра, производњу бакра SX-EW технологијом и производњу бакра из рециклаже. Следи сажето образложење ових препорука:

а) Супституција бакра другим материјалима има и имаће у будућности директан утицај на производњу бакра из примарних резерви у смислу смањења стопе раста производње. Највеће могућности супституције бакра видимо у грађевинарству, где се данас троши 30% светске годишње производње бакра.

б) Производња бакра SX-EW технологијом је заснована на ванбилансним сиромашним рудама бакра. Производња бакра класичним технологијама из ових руда је економски неисплатива. За количине бакра произведене SX-EW технологијом смањује се потрошња примарних резерви бакра.

в) Највеће могућности за дугорочно смањивање стопе раста производње бакра из примарних резерви и продужење века њиховог трајања леже у већој производњи бакра из рециклаже (прерада старог отпадног бакра сакупљеног из дотрајалих машина и уређаја у којима је бакар уграђен). Значајне перспективе рециклаже довољно поткрепљује чињеница да је за протеклих 114 година из земљине коре извађено око 650 Mt бакра, а рециклирано свега око 6,5 Mt (око 10%). Око 90% извађеног бакра је још увек у употреби, а један део и на отпадима.

Дакле, све три алтернативе у задовољавању потреба за бакром штеде примарне резерве бакра. Као најзначајније истичу се супституција и рециклажа бакра које дугорочно имају највеће перспективе. Штедњом примарних резерви бакра остварују се три важна друштвено-економска и социјална циља:

1. Продужује се век трајања примарних ресурса бакра, као необновљивог ресурса, што ће имати друштвено-економски и социјални значај за будуће генерације.

2. Смањењем производње бакра из примарних резерви смањује се количина емитованог загађења, а тиме и укупни екстерни трошкови настали по основу негативних последица загађења на јавно здравље, инфраструктуру, пољопривредно земљиште и усеве и екосистем у целини. Без обзира што наплаћени екстерни трошкови од загађивача, преко накнада (пореза) за загађење, заврше као приход неке државне агенције или установе, они су у суштини ˝штета˝ за цело друштво и његову економију.

3. Смањују се површине трајно деградираног пољопривредног земљишта на коме се депонују све веће количине јаловина које прате рударску производњу концентрата бакра из примарних резерви. Штеди се, дакле, пољопривредно земљиште, као једнако важан, а можда и важнији природни ресурс за људску цивилизацију.

На основу свега напред наведеног јасно је да досадашња пракса није дала очекиване резултате у интернализацији екстерних ефеката у производњи бакра и да постоји потреба за применом ефикаснијих, научно утемељених методологија у поступку интернализације еколошких екстерних ефеката. Допринос ове докторске дисертације је управо у примени методологије и софтверског решења *ExternE – EcoSenseWeb V1.3* у поступку утврђивања екстерних еколошких трошкова. Анализа је показала да примена ове методологије обезбеђује реално обухватање и монетарно исказивање екстерних трошкова у производњи бакра, где се отклањају сви недостаци у досадашњем произвољном одређивању висине накнада за загађење.

Поред тога, у дисертацији су дефинисани и аналитички модели чијом применом се може ефикасно управљати екстерним трошковима у производњи бакра. Аналитички модел оптималног садржаја бакра у концентрату омогућава ефикасно управљање екстерним трошковима у производњи бакра и максимизацију прихода у области рударске производње. Аналитичко-графички модел горње границе оправданог раста производње бакра је директно у функцији остваривања одрживог раста и развоја не само производње бакра, већ и производње других обојених метала. Аналитички модел тржишта концентрата бакра са учешћем екстерних трошкова у топионичкој преради концентрата јасно показује да је спољнотрговинска размена концентрата често мотивисана високим трошковима загађења животне средине.

Предложена вантржишна решења еколошких екстерних ефеката представљају корак напред у односу на постојеће стање непрепознавања и необухватања високих екстерних трошкова у производњи бакра у Републици Србији. Предложена решења омогућиће реалније утврђивање стварне цене коштања катоде произведеног бакра, као и ефикасно управљање екстерним трошковима у циљу унапређења економских и еколошких перформанси предузећа у области производње бакра.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Aguirregabiria, V., Luengo, A.** (2014) *A Microeconometric Dynamic Structural Model of Copper Mining Decisions*, University of Toronto, Canada. Достопно на: http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic1465230.files/copper_mining_victor_27112014.pdf, стр. 1- 46
2. **Amann, M., Derwent, R., Forsberg, B., Hurley, F., Krzyzanowski, M., Kuna-Dibbert, B., Larssen, S., de Leeuw, F., Liu, S. J., Schneider, J., Per E. Schwarze, P. E., Simpson, D., Stedman, J., Peter Straehl, P., Leonor Tarrasón, L., Van Bree, L.** (2006) *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. WHO Regional Office for Europe, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark
3. **Anthoff, D. (**2007) *Report on marginal external damage costs inventori of greenhouse gas emissions*. Project NEEDS. Brussels, European Comission
4. **Aurubis AG** (2014) *Consolidated Aurubis AG Environmental Statement Hamburg and Lünen Sites*. Достапно на: https://www.aurubis.com/binaries/content/assets/aurubis-en/dateien/responsibility/gb_umwelterklarung-2014_gultigkeitserklarung.pdf (02.3.2016)
5. **Bartolomeo, M., Bennet, M., Bouma, J., Heydkamp, P., James, P., Wolters, T**. (2000) *Environmental Management Accounting in Europe: Current Practice and Future Potential.* The European Accounting Review, 9 (1), стр. 31-52
6. **Bertram, M., Graedel, T. E., Fuse, K., Gordon, R., Lifset, R., Rechberger, H., Spartai, S.** (2003) *The copper cycles of European countries.* Regional Environmental Change, Vol. 3, Issue (4), стр. 119-127
7. **Bickel, P., Friedrich, R.** (2005) *Externalities of Energy*. ExternE Methodology, 2005 Update, European Commission
8. **Bromley, D. W.** (1995) *Handbook of Environmental Economics*. Cambridge, Mass. and Oxford, U.K., Basil Blackwel
9. **Cantallops, J.** (2014) *Policy for the mining sector in Chile*. Chilean Copper Commission, Research Department, Ministry of Mining, Government of Chile
10. **Clarke, K., O'Neill, S.** (2005) *Is the Environmental Professional an Accountant?* Greener Management International; Sheffield 49, стр. 111-124
11. **Coase, R. H.** (1960) *The Problem of Social Cost*. Journal of Law and Economics, vol. 3, стр. 1-44

12. **Coase, R. H.** (1988) *The Firm, the Market, and the Law*. The University of Chicago Press, Chicago
13. **Cohen, A. J., Anderson, R. H., Ostro, B., Dev-Pandey, K., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Gutschmidt, K., Pope, III AC. Romieu, I., Samet, J. M., Smith, K. R.** (2004) *Mortality Impacts of Urban Air Pollution.* In Ezzati M, Lopez AD, RogersA, Murray CLJ (eds).*Comparative Quantification of Health Risks: Globaland Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. World Health Organisation , Geneva, vol. 1, стр. 1353–1433.
14. **Commision of the European Communities Economy** (1992) *The Economics of limiting CO2 emissions,* European Economy, Special Edition No. 1, Luxembourg
15. **Croteau, M. N., Hare, L., Tessier, A.** (2002) *Increase in food web cadmium following reduction in atmospheric inputs to some lakes.* Environment Science Technology, 21, стр. 737-741
16. **Davenport, W. G., King, M., Schlesinger, M., Biswas, A.K.** (2002) *Extractive Metalurgy of Copper*. Elsevier Science ltd. Fourth edition PERGAMON
17. **Degryse, F., Smolders, E.** (2006) *Mobility of Cd and Zn in polluted and unpolluted spodosol.* European Journal of Soil Science 57 (2), стр. 122-133
18. **EC** (1999) *Council Directive 1999/30/EC* of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. Доступно на: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:163:0041:0060:EN:PDF
19. **EIA Study** (2010) *New Smelter and Sulphuric Acid Plant.* Main Reporte. Volume1. Project#338158. University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy
20. **El-Agraa, A. M.** (2001) *The European Union - Economics & Policies*. sixth edition, Financial Times, Prentice Hall, London
21. **EMEP/EEA** (2009) *Emission Inventory Guidebook 2.C.5.a Copper Production*. European Environment Agency. Доступно на: http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-c-metal-industry/2-c-5-a-copper-production.pdf/download *(15.06.2016)*
22. **EMEP/EEA** (2013) *Emission Inventory Guidebook 2.C.7.a Copper Production*. European Environment Agency. Доступно на:

http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/download (15.06.2016)

23. **EMIS** (2015) *Copper Mining and Processing Sector Chile*. A Euromoney Institutional Investor Company. Доступно на: https://www.emis.com/sites/default/files/EMIS%20Insight%20%20Chile%20Copper%20Mining%20and%20Processing%20Sector.pdf (02.11.2016)
24. **Endres, A.** (2010) *Environmental Economics: Theory and Policy*. Cambridge: Cambridge University Press
25. **Eugster, M.** (2008) *External Costs in the European Copper Value Chain. A Comparison of Copper Primary Production and Recycling*. ETH University Zurich, MAS Management Technology and Economics MTEC/BWI ETH
26. **Gadenne, D., Zaman, M.** (2002) *Strategic environment management accounting : an exploratory study of current corporate practice and strategic intent.* Journal of environmental assessment policy and management London: Imperial College Press, 2002. Vol. 4, no. 2, стр. 123-150
27. **Goedkoop, M., Spriensma, R.** (2000) *Eco-indicator 99: A damage orientated method for Life Cycle Impact Assessment.* Methodology Report. Amersfoort, PRé Consultants B. V.
28. **Goodstein, E. S.** (2003) *Ekonomika i okoliš.* MATE d.o.o.
29. **Goulder, L., Parry, I.** (2008) *Instrument Choice in Environmental Policy,* Review Environmental Economics and Policy, Vol. 2 (2), стр. 152-174
30. **Gwartney, J. D., Stroup, R.** (1982) *Economics, Private and Public Choice*. Third edition, Academic press, New York
31. **Harkki, K.** (2015) *Mining and Metals value chain.* Outotec. Доступно на: http://www.outotec.com/Global/Investors/2015/Presentations/DanskeBank_Mining_and_Metals_value-chain_KH%C3%A4rkki29082015.pdf (05.10.2016)
32. **Harris, J. M.** (2009) *Ekonomija životne sredine i prirodnih resursa.* Datastatus, Beograd
33. **Harris, J. M., Wise, T., Gallagher, K., Goodwin, N. R.** (2001) *A Survey of Sustainable development: social and economic Dimensions.* Washington, D.C: Island Press
34. **Hurley, F., Hunt, A., Cowie, H., Holland, M., Miller, B., Pye, S., Watkiss, P.** (2005) *Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact*

Assessment. European Commission DG Environment, AEA Technology Environment, United Kingdom

35. **ICSG** (2015) *World Copper Factbook.* International Cooper Study Group. Доступно на: www.iscg.org (15.03.2016)
36. **ICSG** (2012) *Copper Bulletin.* International Copper Study Group. Доступно на: http://www.icsg.org/index.php/component/jdownloads/finish/166-other/1574-icsg-copper-bulletin-2012-03?Itemid=0 (08.02.2016)
37. **ILZG/ICSG/INSG** (2015) *Review and Outlook for Copper, Nickel, Lead and Zinc*. J-SUMIT 2, Tokyo, Japan. Доступно на: http://docplayer.net/25643677-Review-and-outlook-for-copper-nickel-lead-and-zinc.html#download_tab_content (15.06.2016)
38. **Korinek, J.** (2013) *Mineral Resource Trade in Chile:Contribution to Development and Policy Implications*. OECD Trade Policy Papers, No. 145, OECD. Доступно на: http://dx.doi.org/10.1787/5k4bw6twpf24-en (12.05.2016)
39. **Lawn, P. A.** (2003) *A Theoretical Foundation to Support the Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), Genuine Progress Indicator (GPI), and Other Related Index.* Ecological Economics 44, стр. 105-118
40. **Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., Amann, M., Anderson, R. H., Andrews, K. G., Aryee, M., и др., (**2012) *A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010*. Lancet, 380 (9859), стр. 2224-60
41. **Mishan, E. J.** (1971) *The Postwar Literature on Externalities: An Interpretative Essay*. Journal of Economic Literature, Vol. 9, No. 1, стр. 1-28
42. **Oates, W., Baumol, W.** (1975) *The Instruments for Environmental Policy*. Economic Analysis of Environmental Problems, ISBN: 0-87014-267-4, NBER, стр. 95-132
43. **Ostro, B. D., Rothschild, S.** (1989) *Air pollution and acute respiratory morbidity: an observational study of multiple pollutants*. Environmental Research, 50(2), стр. 238-247
44. **Pekka, N.** (2014) *The Role of Primary Minerals in the Cirkylar Economy-Book of Abstract*. First International Conference on Minerals in Circular Economy, 26-27 November, Espoo, Finland
45. **Perceval, O., Couillard, Y., Pinel-Alloul, B., Bonneris, E., Campbell, P. G.** (2006) *Long-term trends in accumulated metals (Cd, Cu and Zn) and metallothionein in bivalves from lakes within a Smelter-impacted region.* Science of the Total Environment, 369 (1-3) стр. 403-418

46. **Periera, M. C., Santos, R. C., Alvim-Ferraz, M. C. M. (2007)** *Air quality improvements using European environment policies: A case study of SO2 in a Coastal Region in Portugal*. Journal of Toxicology and Environmental Health, 70(3/4), стр. 347–351
47. **Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., Common, M.** (2003) *Natural Resource and Environmental Economics.* 3rd edition, Pearson, Addison Wesley
48. **Pope, C. A. (1989)** *Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill. Utah Valley*, American Journal of Public Health, 79 (5), стр. 623–628
49. **Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G. D.** (2002) *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution*. Journal of the American Medical Association, 287(9), стр. 1132–1141
50. **Pope, C. A., Rodermund, D. L., Gee, M. M.** (2007) *Mortality effects of a copper smelter strike and reduced ambient sulfate particulate matter air pollution*. Environmental Health Perspectives, 115(5), стр. 679–683
51. **Pope, C. A., Romieu, I., Samet, J. M., Smith, K. R**. (2004) *Urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors,* Geneva, World Health Organization, 2(17), стр. 1353–1434
52. **Preiss, Ph., Klotz, V.** (2008*)* *EcoSenseWeb V1.3 User's Manual & Description of Updated and Extended Draft Tools for the Detailed Site-dependent Assessment of External Costs*. Institute of Energy Economics and Rational Use of Energy (IER), Germany, University of Stuttgart
53. **Scavone, G. M. (2006)** *Challenges in internal environmental management reporting in Argentina.* Journal of Cleaner Production, Vol. 14, стр. 1276-1285.
54. **Shotter, A.** (2001) *Microeconomics - A Modern Approach.* Addison Wesley Longman, third edition
55. **Starrett, D. A.** (2004) *Economic Externalities*, Fundamental Economics, Vol.1 EOLSS Доступно на: http://www.eolss.net/sample-chapters/c04/e6-28b-02-00.pdf (06.02.2016)
56. **Stiglitz, J. E.** (1988) *Economics of the Public Sector.* second edition, W.W.Norton &company, New York, London
57. **Stiglitz, J. E.** (2004) *Економија јавног сектора.* Економски факултет Универзитета у Београду, Београд

58. **Tilton, E. J.** (2007) *Is Mineral Depletion a Threat to Sustainable Mining?*. SEG Newsletter. Доступно на:https://www.segweb.org/pdf/views/2010/07/SEG-Newsletter-Views-John Tilton.pdf (22.02.2016)

59. **UNCED** (1992) *United Nations Conference on Environment and Development Convention on Biological Diversity* . Agenda 21, Section II, Rio de Janeiro, Brazil

60. **UNCTAD** (2013) *Review and Outlook for Copper, Nickel, Lead and Zinc*, Multy - Year Expert Meeting on Commodities and Development,Geneva, Switzerland. Доступно на: http://unctad.org/meetings/en/Presentation/SUC_MYEM2013_20032013_Don%20SMALE.pdf (02.03.2016)

61. **USGS** (2015) *Mineral Commodity: Summaries 2015.* Доступно на: https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2014/mcsapp2014.pdf (12.9.2016)

62. **Verhoef, T. E. (**1997) *Externalities.* Vrije Universitiet Amsterdam, Research Memorandum. Доступно на: http://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/vua/wpaper/pdf/19970031.pdf (03.02.2016)

63. **Weizsacker, E.U. von** (1989) *Global Warming and Environmental Taxes*. International Conference on Atmosphere, Climate and Man, Torino, Italy

64. **WHO** (2006) *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. World Health Organization Regional Office for Europe, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark

65. **Woodruff, T. J., Grillo, J., Schoendorf, K. C**. (1997) *The relationship between selected causes of postneonatal infant mortality and particulate air pollution in the United States*, Environmental Health Perspectives, 105(6), стр. 608–612

66. **Агенција за заштиту животне средине** (2011) *Извештај о стању животне средине у Републици Србији за 2010. год.* Доступно на: http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj_o_stanju_zivotne_sredine_za_2010_godinu.pdf (09.11.2016)

67. **Агенција за заштиту животне средине,** (2015) *Извештај о економским инструментима за заштиту животне средине у Републици Србији за* 2014. годину, Београд

68. **Агенција за заштиту животне средине**, (2016) *Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2015. године,* Београд

69. **Агенција за привредне регистре** (2015), *Претрага финансијских обвезника*. Доступно на: http://pretraga2.apr.gov.rs/pretragaObveznikaFI/ (25.08.2016)

70. **Аџемовић, М.** (2012) *Дизајнирање еколошко-економских инструмената заштите животне средине*. СВАРОГ, Независни Универзитет Бања Лука, бр. 4, стр. 260-272
71. **Беговић, Б., Лабус, М., Јовановић, А.** (2008) *Економија за правнике*. Правни факултет Универзитета у Београду, Београд
72. **Бисић, М. (2011)** *Систем накнада за коришћење природних богатстава и расподела прихода између централног и локалних нивоа власти*. Београд, Стална конференција градова и општина, Савез градова и општина Србије
73. **Бошковић, Г., Радукић, С.** (2011) *Трошкови решавања еколошких проблема и цене индустријских производа*. Економски хоризонти, Вол. 13, бр. 1, стр. 67-81
74. **Васић, С.** (2004) *Улога државе у неутралисању еколошких екстерних ефеката*. Економски факултет Универзитета у Нишу, Ниш
75. **Драшковић, Б**. (1998) *Економија природног капитала*. Институт економских наука Београд
76. **Завод за јавно здравље „Тимок“** (2009) *Анализа рада здравствених установа, коришћење здравствене заштите и здравствено стање становништва округа Бор и округа Зајечар у 2006., 2007. и 2008. год*, Зајечар
77. **Здравковић, Д., Китановић, Д**. (2004) *Принципи економије*, Економски факултет Универзитета у Нишу, Ниш
78. **Здравковић, Д., Радукић, С.** (2006) *Национални систем одрживог развоја и заштите животне средине у процесу придруживања Европској Унији*. Монографија, Пеликан принт, Ниш
79. **Институт за рударство и металургију** (2012) *План квалитета ваздуха за агломерацију Бор*. Општина Бор
80. **Институт за рударство и металургију** (2015) *Концентрација PM_{10}, SO_2 и тешких метала у суспендованим честицама у ваздуху.* Извештаји Института за рударство и металургију Бор-табеларни преглед по годинама.
81. **Јањић, С., Ристић, П.** (1995) *Минералогија*, Научна књига, Београд
82. **Јенић, Д.** (2011) *Перспективе и развој рударске индустрије у РТБ Бор*. Симпозијум "Рударство 2011", Зборник радова: Стање и перспективе у рударству и одрживи развој, Врњачка Бања, стр. 25-43
83. **Јовановић, Р., Магдалиновић Калиновић, М.** (2006) *Управљање квалитетом концентрата метала у циљу максимизације профита.* Мегатренд ревија, вол. 3(1), стр. 207-214.

84. **Јовановић, С., Радукић, С., Петровић-Ранђеловић, М.** (2011) *Теоријски и институционални оквир одрживог развоја*. Монографија, Економски факултет Универзитета у Нишу, Ниш

85. **Камберовић, Ж**. (2013) *Главни технолошки пројекат реконструкције топионице бакра у РТБ Бору - OUTOTEC*. Технолошко- металуршки факултет Универзитета у Београду, Београд

86. **Магдалиновић Калиновић, М., Магдалиновић, Н.** (2010) *Економија рециклаже***,** Зборник радова: 5. Симпозијум " Рециклажне технологије и одрживи развој", Соко Бања, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, стр. 139-142

87. **Магдалиновић Калиновић, М., Радукић, С**. (2016) *Economic Effects and Ragulatory Limits in Implementation of Environmental Taxes.* FACTA UNIVERSITATIS, Series: Economics and Organization, Vol. 13, No. 4, 2016, стр. 427 - 438

88. **Магдалиновић Калиновић**, **М., Михајловић, Д., Магдалиновић,Н**. (2007) *Индекс одрживог развоја у експлоатацији металичних сировина*. „Одрживи развој и припрема минералних сировина", Рударско- геолошки факултет Универзитета у Београду, стр. 47-51

89. **Магдалиновић, Н., Магдалиновић Калиновић, М.** (2012) *Управљање природним ресурсима.* Факултет за менаџмент Зајечар, Мегатренд Универзитет Београд

90. **Магдалиновић,Н., Магдалиновић Калиновић**, **М**., **Михајловић, Д.** (2007) *An addition to the definition the sustainable development index in the field of metal raw materials*, 3rd International Conference on Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry, (SDIMI 2007) Athens Greece: Heliotopos Conferences, Milos Island, Greece, стр. 61-63

91. **Максимовић, Љ.** (2015) *Утицај страних директних инвестиција на економски раст земаља Западног Балкана.* Зборник радова: "Институционалне промене као детерминаната привредног развоја Србије", Економски факултет Универзитета у Крагујевцу, стр. 23-40

92. **Миков, И., Васовић, В., Торбица, Н.** (2009) *Интеракције професионалних штетности и заштита здравља радника*. Здравствена заштита, вол. 38, бр. 3, стр. 67-71

93. **Миленовић, Б.** (2000) *Еколошка економија.* Факултет заштите на раду Универзитета у Нишу, Ниш

94. **Мунитлак-Ивановић, О.** (2007) *Одрживи развој као редефинисан приступ економском развоју*. Задужбина Андрејевић, Београд

95. **OECD** (1999) *Survey on the Use of Economic Instruments for Poolution Control and Natural Resources Management in the New Independent States*. Mimeo, EAP Task Force

96. **Петровић-Ранђеловић, М., Радукић, С**. (2011) *A New Approach to Integration of Environmental Issues in the Decision Making Process for the Purpose of Achieving Sustainable Development,* Thematic collection of papers of international significance: "Improving the Competitiveness of the Public and Private Sector by Networking Competences in the Process of European Integration of Serbia", Faculty of Economics, University of Niš, стр. 119-139

97. **Пешић, Р.** (2002) *Економија природних ресурса и животне средине*. Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, Београд

98. **Поповић, Ж., Радукић, С**. (2012) *Значај концепта интернализације екстерналија у политици заштите животне средине,* Зборник радова „Наука и светска економска криза", Економски факултет Универзитета у Нишу, Ниш, стр. 45-53

99. **Радукић, С.** (2009) *Улога државе у неутралисању еколошких екстерних ефеката*. Докторска дисертација, Економски факултет Универзитета у Нишу

100. **Радукић, С.** (2012) *Економски аспекти политике заштите животне средине Републике Србије у светлу правне регулативе*, Теме, бр. 2, стр. 643-662

101. **Радукић, С., Поповић, Ж., Станковић, Ј.** (2012) *Циљеви и ограничења вишекритеријумских модела заштите животне средине,* Економске теме, бр. 4, стр. 669-681

102. **Републичка агенција за просторно планирање** (2011) *Регионални просторни план Тимочке Крајине - Борски и Зајечарски округ*

103. **Републички завод за статистику** (2013) *Статистички годишњак Републике Србије 2013*, Републички завод за статистику, Београд

104. **Републички завод за статистику** (2014) *Статистички годишњак Републике Србије 2014*, Републички завод за статистику, Београд

105. **Републички завод за статистику** (2015) *Статистички годишњак Републике Србије 2015*, Републички завод за статистику, Београд

106. **Родић, Ј.** (1997) *Теорија и анализа биланса*. Београд: Беостар - Привредник

107. **Стојановић, Б.** (2012) *Микроекономија*. Економски факултет Универзитета у Нишу, Ниш

108. **Тодић, Д.** (2012) *Финансирање заштите животне средине на националном и локалном нивоу (анализе и препоруке)*. Национални конвент о Европској Унији, радна група за животну средину, Београд. Доступно на: http://arhiva.eukonvent.org/downloads2/121123-Analiza_Dragoljub_Todic.pdf (22.11.2016)

109. **Цветановић, Н.** (2005) *Бакар у свету*. Наука, Београд

106. **Цветковић, Ц.** (2014) *Еколошке накнаде као инструмент заштите животне средине.* Зборник радова Правног факултета у Новом Саду, бр. 2, стр. 385-399

107. **Шкарић-Јовановић, К.** (2013) *Финансијско извештавање о улагањима у заштиту животне средине*. Acta Economica, година XI, број 18, стр. 83-104

Правни извори:

1. ***Закон о ванредним ситуацијама***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 111/2009, 92/2011, 93/2012
2. ***Закон о водама***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 30/10 и 93/12
3. ***Закон о енергетици***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 84/04, 57/11 - исправка, 93/12, 124/12
4. ***Закон о заштити ваздуха***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 36/09,10/13
5. ***Закон о заштити животне средине***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон и 43/2011 - одлука УС и 14/2016
6. ***Закон о заштити природе***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 36/09, 88/10, 91/10 - исправка и 14/2016
7. ***Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 135/04
8. ***Закон о рударству и геолошким истраживањима***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 88/11
9. ***Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 135/04, 36/09, 88/10

10. ***Правилник о усклађеним износима накнаде за загађивање животне средине***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 25/2015
11. ***Програм коришћења средстава буџетског фонда за заштиту животне средине Општине Бор,*** "Службени лист Општине Бор" бр. 9/2015
12. ***Уредба о ближим критеријумима, начину обрачуна и поступку наплате накнаде за коришћење заштићеног подручја,*** "Службени гласник Републике Србије", бр. 43/2010
13. ***Уредба о врстама загађивања, критеријумима за обрачун накнаде за загађивање животне средине и обвезницима, висини и начину обрачунавања и плаћања накнаде,*** "Службени гласник Републике Србије", бр. 113/2005, 6/2007,8/2010, 102/2010, 15/2012, 91/2012, 30/2013 - др. правилник, 25/2015 - др. правилник
14. ***Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 11/2010 и 75/2010
15. ***Уредбом о критеријумима за утврђивање накнаде за заштиту и унапређивање животне средине и највишег износа накнаде***, "Службени гласник Републике Србије", бр. 111/2009

Интернет извори:

1. **Investing News Network**, *Base metals Update: Focus on Costs and Capital, 2012, 2013, 2014, 2015* Доступно на: http://investingnews.com/category/daily/resource-investing/base-metals investing/copper-investing/ (20.02.2016)
2. **Statista - The Statistics portal** , *Average annual market price of copper 2000-2015* Доступно на: http://www.statista.com/ (15.01.2016)
3. **Агенција за заштиту животне средине**, *Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2015. годиине.* Доступно на: http://www.sepa.gov.rs/download/VAZDUH2015.pdf (23.12.2016)
4. **Званични интернет сајт Рударско- топионичарског басена Бор**, Доступно на: www.rtb.rs (25.01.2016)
5. **Млади истраживачи Бора** (2003) *Локални еколошки акциони план Општине Бор*. Доступно на: http://www.mibor.rs/projekti/leap/pdf/leap_dok.pdf (15.2.2016)

6. **Привредна комора Србије**, *Јавно - приватно партнерство за више инвестиција у екологију*: Доступно на: http://pks.rs/Vesti.aspx?IDVestiDogadjaji=20895 (12.10.2016)
7. **Републички завод за статистику (РЗС)**, *Инвестиције, текући издаци за заштиту животне средине и приходи од активности повезаних са заштитом животне средине по делатностима и областима заштите животне средине од 2012. године*. Доступно на: http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/ReportResultView.aspx?rptKey=indId%3d0902030102IND01%2c0902030102IND02%2c0902030102IND03%26101%3d0%26102%3dRS%262%3d201500%26143%3d0%2c1%2c2%2c3%2c4%2c5%2c6%2c7%26sAreaId%3d0902030102%26dType%3dName%26lType%3dSerbianCyrillic) (22.12.2016)
8. **Републички завод за статистику (РЗС)**, *Приходи од пореза у области заштите животне средине по врстама пореза.* Доступно на: http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/MethodologyHelp.aspx?IndicatorID=0902030401IND01&sAreas=false (22.12.2016)
9. **Републички завод за статистику (РЗС),** *Инвестиције за заштиту животне средине од 2012. године*. Доступно на: http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/MethodologyHelp.aspx?IndicatorID=0902030102IND01&sAreas=false (22.12.2016)
10. **Републички завод за статистику (РЗС),** *Текући издаци за заштиту животне средине од 2012. године.* Доступно на: http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/MethodologyHelp.aspx?IndicatorID=0902030102IND01&sAreas=false (22.12.2016)

Б И О Г Р А Ф И Ј А

Мр Марија Н. Магдалиновић Калиновић рођена је 27.10.1975. године у Бору, где је стекла основно и средње образовање. На Економском факултету Универзитета у Београду дипломирала је 2000. године на смеру Општа економија са просечном оценом 8,16. На Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду 2010. године стекла је академски назив магистра наука за научну област Индустријски менаџмент са просечном оценом 9,80 одбранивши магистарску тезу под називом: "Утицај животне и радне средине на здравље и трошкове лечења радно-активног становништва борског округа".

Од 2000. до 2006. године радила је у Рударско-топионичарском басену Бор д.о.о - матично предузеће, као самостални стручни сарадник у одељењу плана и економике пословања на пословима финансијске анализе, заједничког пословања, консолидовања и специјалних биланса.

Од 2006. године запослена је у Републичком фонду за здравствено осигурање - Филијала за борски округ Бор и обављала је послове шефа одсека за рачуноводствене послове, начелника одељења за финансијско-рачуноводствене послове, помоћника директора Филијале и ВД директора филијале за борски округ - Бор.

Докторске академске студије уписала је школске 2014/2015. год. на Економском факултету Универзитета у Нишу, смер Макроекономија. Коаутор је пет објављених књига, уџбеника и приручника и аутор је 9 научних и стручних радова објављених у часописима и зборницима са домаћих и међународних научних скупова.

Универзитет у Нишу
Економски факултет

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом **Вантржишна решења еколошких екстерних ефеката у производњи бакра у Републици Србији**, која је одбрањена на Економском факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивала на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредила ауторска права, нити злоупотребила интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 28.03.2017.године

Аутор дисертације: мр Марија Магдалиновић Калиновић

Потпис аутора дисертације ____________

Универзитет у Нишу
Економски факултет

ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНОГ И ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБЛИКА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Име и презиме аутора: Марија Магдалиновић Калиновић

Наслов дисертације: **Вантржишна решења еколошких екстерних ефеката у производњи бакра у Републици Србији**

Ментор: Проф. др Снежана Радукић

Изјављујем да је штампани облик моје докторске дисертације истоветан електронском облику, који сам предала за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу.

У Нишу, 28.03.2017. године

Потпис аутора дисертације ____________

Универзитет у Нишу
Економски факултет

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла" да, у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, унесе моју докторску дисертацију, под насловом: **Вантржишна решења еколошких екстерних ефеката у производњи бакра у Републици Србији.**

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучила.

1. Ауторство **(CC BY)**
2. Ауторство – некомерцијално **(CC BY-NC)**
3. **Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима **(CC BY-NC-SA)**
5. Ауторство – без прераде **(CC BY-ND)**
6. Ауторство – делити под истим условима **(CC BY-SA)**

У Нишу, 28.03.2017.године

Аутор дисертације: мр Марија Магдалиновић Калиновић

Потпис аутора дисертације ____________