

# „ RUDARSTVO 2019“

10. simpozijum sa međunarodnim učešćem

## “MINING 2019“

10st Symposium with international participation

# ZBORNİK RADOVA

*PROCEEDINGS*

Hotel „ Jezero “, Bor  
28. - 31. maj 2019.

ZBORNIK RADOVA / *PROCEEDINGS*

**Organizatori:**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina  
Privredna komora Srbije

*Izdavač / Publisher*

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

*Urednik / Editor*

Miroslav Ignjatović

*Štampa / Printed by*

Akadska izdanja

*Tiraž / Copies*

200

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

622(082)  
502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (10 ; 2019 ; Бор)  
Zbornik radova = Proceedings / 10. simpozijum sa međunarodnim učešćem  
"Rudarstvo 2019" = 10st [i. e. 10th] Symposium with International  
Participation "Mining 2019", Bor 28. - 31. maj 2019. ; [urednik, editor  
Miroslav Ignjatović] ; [organizatori Institut za tehnologiju nuklearnih i  
drugih mineralnih sirovina [i] Privredna komora Srbije]. - Beograd :  
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 2019  
(Beograd : Akademska izdanja). - 266 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 200. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

ISBN 978-86-80420-22-6

1. Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина  
(Београд) 2. Привредна комора Србије (Београд)  
а) Рударство - Зборници б) Животна средина - Заштита - Зборници COBISS.SR-  
ID 276644108

## NAUČNI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; dr Živko Sekulić, ITNMS, Beograd; dr Dragana Jelisavac Erdeljan, MRE R. Srbije; dr Zoran Stevanović, IRM Bor; prof. dr Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof.dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Vladimir Jovanović, ITNMS, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH; prof.dr Omer Musić, RGG fakultet, Tuzla; dr Zlatko Dragosavljević, rudnik GROT; prof.dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd; dr Svetomir Maksimović, Rudarski institut; dr Milenko Ljubojev, IRM Bor; dr Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH, dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd, prof. dr Miodrag Denić, Tehnički fakultet, Bor, dr Edin Lapandić, JP Elektroprivreda BiH; dr Miro Maksimović, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; prof. dr Radoje Pantović, Tehnički fakultet Bor; dr Rada Krgović, JP EPS, ogranak RB Kolubara; dr Slavica Mihajlović, ITNMS, Beograd; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Sonja Milićević, ITNMS, Beograd; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; mr Halid Čičkušić, ZDR „Kreka“, BiH, mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE Đerdap; dr Radiša Đurić, JP EPS, Ogranak TEKO Kostolac; dr Dragan Milanović, IRM Bor; dr Duško Đukanović, JP PEU, Resavica

## PROGRAMSKI ODBOR

dr Vladan Milošević, ITNMS, Beograd; dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Miliša Jovanović, Elektromreža Srbije a.d.; Svetlana Duvnjak, NIS GASPROM NEFT; Slobodan Kokerić, JP PEU, Resavica; Tatjana Vojvodić, JP EPS, Ogranak TEKO Kostolac; Borivoje Stojadinović, IRM Bor; Vladimir Ivoš, JP EPS; Nenad Grubin, Rio Sava Exploration, ? , Zijin Bor Copper doo Bor, mr Jadranka Vukašinović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara; Ivan Filipov, Rudnik Kovin; Miloš Đokanović, Alumina Zvornik; R. Srpska Dragan Šejnjanović, JP EPS, Ogranak HE Đerdap; Marijana Sarić, JP EPS, Ogranak Drinsko–Limske hidroelektrane; Zorica Ivković, JP PEU, Resavica; Maja Grbić, Elektrotehnički institut Nikola Tesla; Marina Blagojev, ITNMS, Beograd

## SADRŽAJ / CONTENTS:

### Plenarna predavanja / Plenary Presentations

PROJEKT MENADŽMENT MODEL PK RADLJEVO/ <i>PROJECT MANAGEMENT MODEL PK RADLJEVO</i> <b>Vladimir Ivoš</b>	10
MONITORIG ODVODNJEVANJA LEŽIŠTA UGLJA RMU „SOKO“ – SOKOBANJA <i>MONITORIG OF THE DRAINAGE OF COAL DEPOSIT IN RMU „SOKO“ – SOKOBANJA</i> <b>Slobodan Kokerić, Marko Vuković, Marko Petrović</b>	19
CILJEVI I PROGRAMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE U EMS AD / <i>ENVIRONMENTAL OBJECTIVES AND PROGRAMS IN EMS AD</i> <b>Miliša Jovanović, Sandra Petrović</b>	29
IZMENE TEHNOLOŠKOG POSTUPKA FLOTACIJSKE KONCENTRACIJE Pb-Zn RUDE "RUDNIKA GROT A.D." (BLAGODAT)- KRIVA FEJA (VRANJE)/ <i>MODIFICATIONS IN TECHNOLOGICAL PROCEEDINGS OF FLOTATION CONCENTRATION Pb-Zn ORE "MINE -GROT A.D." (BLAGODAT) THE KRIVA FEJA (VRANJE)</i> <b>Dragan S. Radulović, Dragan Đorđević, Ljubiša Andrić, Milan Petrov</b>	36
AKTIVNOSTI NA SMANJENJU EMISIJE GASOVA SA EFEKTOM STAKLENE BAŠTE <i>ACTIVITIES IN ORDER TO REDUCE GAS EMISSION WITH EFFECT OF GREENHOUSE</i> <b>Slavica R. Mihajlović, Marina S. Blagojev, Živko Sekulić</b>	49
RADIOEKOLOŠKA ISPITIVANJA NA PODRUČJU OPŠTINE LAZAREVAC <b>Branislava Mitrović</b>	56
 <b>Saopštenja / Contributions</b>	
TEHNOLOŠKI ASPEKTI ZAPUNJAVANJA OTKOPANIH PODZEMNIH PROSTORA <i>TEHNOLOGICAL ASPECTS FILLING THE CAVITIES UNDERGROUND SPACE</i> <b>Šefik Sarajlić, Omer Musić, Kemal Gutić, Halid Čičkušić, Dževad Dostović</b>	66
KATASTROFE NA VELIKIM BRANAMA/ <i>LARGE DAMS CATASTROPHIES</i> <b>Tihomir Milutinović, Milan Trifković, Goran Pejičić, Goran Marinković, Žarko Nestorović</b>	84
UTICAJ VISOKONAPONSKIH NADZEMNIH VODOVA EMS AD NA ŽIVOTNU SREDINU <i>THE INFLUENCE OF HIGH VOLTAGE OVERHEAD LINES EMS AD ON THE ENVIRONMENT</i> <b>Sandra Petrović, Saša Ranđelović</b>	90

<p>MONITORING FLOTACIJSKOG JALOVIŠTA VELIKI KRIVELJ  <i>MONITORING OF TAILINGS RECLAMATION VELIKI KRIVELJ</i>  <b>Miomir Mikić, Radmila Marković, Suzana Stanković, Renata Kovačević, Dragana Božić, Tatjana Trujić Apostolovski</b></p>	98
<p>MIKRONIZIRAJUĆE MLEVENJE PIROFILITA-PARSOVIĆ-KONJIC (BiH)  <i>MICRONIZATION OF PYROPHYLLITE MILLING- PARSOVIĆ-KONJIC (BiH)</i>  <b>Ljubiša Andrić, Dragan Radulović, Muhamed Harbinja, Milan Petrov, Marija Marković, Jovica Stojanović, Marko Pavlović</b></p>	103
<p>METODOLOGIJA ZA PROCJENU ŠTETE U ŠUMSKIM KULTURAMA ZASNOVANIM NA RUDNIČKIM ODLAGALIŠTIMA / <i>METHODOLOGY FOR ASSESSMENT OF DAMAGE IN FOREST CULTURES CONSTRUCTION ON MINING LOANS</i>  <b>Miro Maksimović, Dimšo Milošević</b></p>	114
<p>LEŽIŠTE KARBONATNE SIROVINE (KREČNJAK I KREDA) SPASINE - BRĐANI KOD UGLJEVIKA  <i>DEPOSIT OF CARBONATES (LIMESTONE AND CHALK) SPASINE - BRDJANI NEAR UGLJEVIK</i>  <b>Jovana Ječmenica, Zlatko Ječmenica</b></p>	120
<p>EVALUACIJA MOTIVACIJE ZAPOSLENIH U RUDARSKIM KOMPANIJAMA SAVREMENIM METODAMA / <i>EVALUATION OF MOTIVATION OF EMPLOYEES IN MINING COMPANIES WITH ADVANCED METHODS</i>  <b>Slavica Miletić, Dejan Bogdanović, Miroslav Ignjatović, Zdenka Stanojević Šimšić, Vesna Conić</b></p>	127
<p>PROBLEM PRIKUPLJANJA I TRETMANA OTPADNIH ULJA U REPUBLICI SRBIJI  <b>Mile Stojilković</b></p>	136
<p>POVEĆANJE KVALITETA ODLIVNIH VODA IZRADOM DODATNIH KANALA U TALOŽNICI RUDNIKA UGLJA KOVIN / <i>INCREASING THE QUALITY OF OUTFLOW WATER BY CREATING ADDITIONAL CHANNELS IN THE KOVIN COAL MINE</i>  <b>Ivan Filipov</b></p>	144
<p>REKULTIVACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA RB KOLUBARA ENERGETSKIM BILJKAMA-MODEL UZGOJA PAULOVNIJE I OPLEMENJIVANJA BIO MASE PROCESOM TOREFIKACIJE  <i>RECLTIVATION OF DEGRADED SURFACES OF RB KOLUBARA USING ENERGY PLANTS - MODEL OF BREEDING PAULOWNIA AND BIOMASS REFINING USING TORREFACTION PROCESS</i>  <b>Jovan Milićević, Darja Lubarda</b></p>	152
<p>TEHNIČKO RJEŠENJE DOZIRANJA KOMADNOG KREČA NA STOKOVE U ZIMSKOM PERIODU U FABRICI GLINICE ALUMINA ZVORNIK  <b>Miloš Đokanović, Rajko Aleksić, Mile Tomić</b></p>	164

KONTROLA INDUSTRIJSKOG PROCESA SEPARACIJE UGLJA U RUDNIKU ANTRACITA "VRŠKA ČUKA" /CONTROL OF INDUSTRIAL PROCESS OF COAL SEPARATION IN ANTHRACITE COAL MINE "VRSKA CUKA"	<b>169</b>
<b>Jovica Sokolović, Dejan Čirić, Slobodan Mitić, Branislav Stakić, Vladimir Nikolić</b>	
MODEL UPRAVLJANJA PROCENOM RIZIKA PO ŽIVOTNU SREDINU U PROCESU IZVOĐENJA GEOLOŠKOG ISTRAŽNOG BUŠENJA	<b>170</b>
<b>Novica Staletović, M. Šljivić, A. Pavlović</b>	
MOGUĆNOST UNAPREĐENJA METODA OTKOPAVANJA NAGNUTIH I STRMIH UGLJENIH SLOJEVA U SLOŽENIM USLOVIMA EKSPLOATACIJE	<b>183</b>
<b>Vladimir Todorović, Duško Đukanović, Branko Đukić, Zorica Ivković</b>	
ANALIZA TRENUTNOG STANJA RUDARSKIH RADOVA I PRIJEDLOG MJERA, RJEŠENJA I PREPORUKA ZA DOVOĐENJE U PROJEKTOVANO STANJE PK „VRTLIŠTE“ RMU „KAKANJ“ BIH <i>ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION OF MINING WORKS AND PROPOSAL OF MEASURES, SOLUTIONS AND RECOMMENDATIONS FOR BRINGING PK „VRTLIŠTE“ RMU „KAKANJ“ BIH TO THE PROJECTED STATE</i>	<b>189</b>
<b>Edin Lapandić, Nevad Ikanović</b>	
TEHNIČKA OCENA OPRAVDANOSTI INVESTIRANJA ZA NABAVKU OSNOVNE OTKOPNE MEHNIZACIJE I OCENA EFIKASNOSTI RADA BAGERA LIEBHERR U DISKONTINUALNIM SISTEMIMA POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE KREČNJAKA / <i>TECHNICAL ASSESMENT OF INVESTMETN FOR THE PROCUREMENT OF BASIC EXCHANGE MECHANISAM AND ASSESMENT THE EFFICIENCY THE LIEBHERR BAGS IN DISCONTIUAL SURFACE EXPLOATING SYSTEMS OF LIMESTONE</i>	<b>198</b>
<b>Marko Lazić, Ivan Jelenić, Filip Miletić, Stevan Đenadić</b>	
INFORMACIONI SISTEMI U RUDARSTVU I ENERGETICI I NJIHOV ZNAČAJ ZA ODRŽIVI RAZVOJ <i>INFORMATION SYSTEMS IN MINING AND ENERGETICS AND ITS IMPORTANCE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT</i>	<b>215</b>
<b>Žarko Nestorović, Jelena Lazić, Milan Nestorović</b>	
EKOLOŠKI RIZIK RUDARSKOG OTPADA/ <i>ECOLOGICAL RISK OF MINING WASTE DISPOSAL</i>	<b>220</b>
<b>Miomir Mikić, Radmilo Rajković, Milenko Jovanović, Branislav Rajković</b>	
POTENCIJAL HIDROELEKTRANA I NJIHOV POZITIVAN I NEGATIVAN UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU / <i>POTENTIAL OF HYDRO POWER PLANT AND THEIR POSITIVE AND NEGATIVE EFFECT ON ENVIRONMENT</i>	<b>224</b>
<b>Miomir Mikić, Milenko Jovanović, Radmilo Rajković, Daniela Urošević, Srđana Magdalinović</b>	
REVITALIZACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA NULTOG POLJA FJ VELIKI KRIVELJ <i>REVITALIZATION OF DEGRADED SURFACES BY NULTO POLJE OF FLOTATION TAILING VELIKI KRIVELJ</i>	<b>232</b>
<b>Miomir Mikić, Igor Svrkota, Branislav Rajković, Radmilo Rajković</b>	

UPRAVLJANJE HIDROENERGETSKIM POSTROJENJIMA SA ASPEKTA ODRŽIVOG RAZVOJA <i>MANAGMENT HYDROPOWER PLANTS WITH ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT</i> <b>Dragan Šejnjanović</b>	240
PROMENE AGROHEMIJSKIH PARAMETARA U POSTUPKU BIOLOŠKE REKULTIVACIJE DEPOSOLA POVRŠINSKIH KOPOVA EPS OGRANAK RB KOLUBARA <i>CHANGES OF AGROCHEMICAL PARAMETERS IN THE BIOLOGICAL REVOLUTION PROCEDURE OF THE SURFACE FOUNDATION DEPOSIT EPS MB KOLUBARA</i> <b>Jadranka Vukašinović, Gordana Đikić</b>	250
UTICAJ VIŠEGODIŠNJE BIOLOŠKE REKULTIVACIJE NA PRINOS RATARSKIH KULTURA GAJENIH NA DEPOSOLIMA POVRŠINSKIH KOPOVA RB „KOLUBARA“ <i>THE IMPACT OF MULTI-ANNUAL BIOLOGICAL RECVLTIVATION AT THE YIELD OF RATED CULTURES ASKED ON DEPOSITS OF SURFACE FAIRS OF MB "KOLUBARA"</i> <b>Gordana Đikić, Jadranka Vukašinović</b>	257



# AKTIVNOSTI NA SMANJENJU EMISIJE GASOVA SA EFEKTOM STAKLENE BAŠTE

## ACTIVITIES IN ORDER TO REDUCE GAS EMISSION WITH EFFECT OF GREENHOUSE

Slavica R. Mihajlović, Marina S. Blagojev, Živko Sekulić

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

### **Apstrakt**

Zaštita životne sredine je izuzetno važana u svim zemljama i u direktnoj je vezi sa stepenom ekonomskog razvoja i nivoa edukacije stanovništva o značaju zdrave životne sredine i načinu njenog očuvanja. Ubrzani tehnološki razvoj dovodi do poboljšanja kvaliteta života u svim sferama ljudske aktivnosti, ali paralelno sa tim stvara se mogućnost veće degradacije životne sredine. Zbog toga je važno analizirati negativan uticaj svih primenjenih tehničko-tehnoloških procesa kao i elemente kontrolisanog korišćenje prirodnih resursa i energije, kako bi se na vreme usvojila strategija i definisale aktivnosti u cilju sprovođenja adekvatnih mera zaštite životne sredine. Jedan od od velikih problema u zaštiti životne sredine je pojava emisije gasova sa efektom staklene bašte. Svetske organizacije koje se bave zaštitom životne sredine pružaju veliki podsticaj za razvoj i stvaranje boljih, inovativnijih održivih rešenja u građevinarstvu. Tako je jedan od prioriteta proizvođača cementa pronalaženje novih načina za daljim smanjenjem potrošnje energije i emisije CO<sub>2</sub> koja je najveća u fazi proizvodnje klinkera (proizvod procesa pečenja cementa prilikom spravljanja portland cementa). Tako neprekidno nastaju nova rešenja koja smanjuju količinu klinkera dok u isto vreme potenciraju upotrebu alternativnih materijala. Materijali koji mogu zameniti upotrebu cementa (supplementary cementitious materials- SCM), kao i mešavine cementa nude prednosti u boljim karakteristikama i održivosti za one koji grade i one koji koriste građevine svih vrsta. Prednosti su, ne samo u dugotrajnijem betonu boljeg kvaliteta, već i u manjoj potrošnji energije i emisije gasova sa efektom staklene bašte.

**Ključne reči:** emisija CO<sub>2</sub>, održivi razvoj, zaštita životne sredine.

### **Abstract**

Environmental protection is extremely important in all countries, also directly related to the degree of economic development and the level of population education about the importance of a healthy environment and the way of its preservation. Rapid technological development leads to an improvement in the quality of life in all spheres of human activity, but at the same time it creates the possibility of greater environmental degradation. Therefore, it is important to analyze the negative impact of all applied technical and technological processes as well as the elements of controlled use of natural resources and energy, in order to timely adopt the strategy and define activities for implementation adequate environmental protection rates. One of the major problems in environmental protection is the emergence of greenhouse gas emissions. The world's organizations dealing with environmental protection provide a great stimulus for the development and creation of better, more innovative sustainable solutions in the construction industry. Thus, one of the priorities

*of the cement manufacturer is finding new ways to further reduce energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions with point on clinker production as the biggest CO<sub>2</sub> emitter (the product of the baking process during the portland cement process). In such a way new solutions reduce the amount of clinker, while at the same time, they encourage the use of alternative materials. Materials that can replace the use of cement (supplementary cementitious materials- SCM) as well as mixtures of cement, offer advantages in better characteristics and sustainability for those who build and those using buildings of all kinds. The advantages are not only in the longer-lasting concrete of a better quality, but also in the lower energy consumption and emissions gases producing greenhouse effect.*

**Key words:** CO<sub>2</sub> emission, sustainable development, environmental protection

## 1. UVOD

Uvođenje politike zaštite životne sredine u proizvodnju i sve vrste poslovanja postavlja ekološku ekonomiju kao najbolji i najpotpuniji analitički okvir za procenu uspešnosti poslovne, a posebno proizvodne, aktivnosti. Ekonomski aspekt održivog razvoja leži u efikasnijem korišćenju raspoloživih resursa, pri čemu treba maksimalno voditi računa o smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu. Jedan od prioriteta je eliminisanje svih faktora koji doprinose stvaranju efekta staklene bašte.

Sušтина problema nastajanja efekta staklene bašte se nalazi u globalnom zagrevanju Zemljine površine. Naime, deo toplotnog zračenja sa površine Zemlje odbija se u atmosferu gde se apsorbira od strane nekih gasova (CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> koji se kao zagađujuće materije nalaze u atmosferi) i ponovo vraćaju na zemlju pri čemu je dodatno zagrevaju. Ovakvi efekti se postižu u staklenicima, pa otuda i naziv efekat staklene bašte koji dovodi do globalnog otopljanja. Globalno zagrevanje je pojava stalnog rasta srednje temperature planete Zemlje. Efekat staklene bašte je izraz za zagrevanje planete Zemlje nastalo poremećajem energetske ravnoteže između količine zračenja koje od Sunca prima i u svemir šalje Zemljina površina, slika 1. Ovaj efekat predstavlja rezultat povećanja količine zračenja koje ne može od površine Zemlje da bude emitovano u svemir, već ga atmosfera upije i postaje toplija, [1].

Povećano globalno zagrevanje i efekat staklene bašte su u najvećoj meri uslovljeni industrijskim razvojem. Napredak industrijskog razvoja dovodi do drastičnog povećanja emisije gasova u atmosferu (CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>) što utiče na povećanje nivoa prosečne temperature na površini Zemlje od 0,17°C na dekadnom nivou. Ovo povećanje prevazilazi kritičan porast od 0,1°C na koji ekosistemi mogu da se adaptiraju. Posledice koje nastaju sa globalnim zagrevanjem su povećanje temperature na zemlji, nastajanje novih bolesti, topljenje lednika čime se povećava novo mora i okeana, povećanje isparavanja mora i povećanje oblačnosti, [2]. Zbog ekstremnog povećanja temperature živi svet na zemlji jako ugrožen. Sve više izumiru različite biljne i životinjske vrste. Postavlja se pitanje kada će i opstanak ljudi na Zemlji biti ugrožen u koliko se ne preduzmu određene mere u cilju smanjenja globalnog zagrevanja.



Slika 1. Efekat staklene bašte, [3]

Gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte su ugljen dioksid, vodena para, metan azot suboksid i hlorofluorkarbonati, [4]. Međutim, kada se razmatra njihov pojedinačni uticaj ugljen dioksid,  $\text{CO}_2$ , je najvažniji iz razloga što njegove emisije predstavljaju čak tri četvrtine svih antropogenih emisija gasova staklene bašte. Najveći izvor emisije ovog gasa je sagorevanje fosilnih goriva kao i pojedini industrijski procesi. Zbog sve veće upotrebe fosilnih goriva i sve većeg industrijskog razvoja koncentracije  $\text{CO}_2$  su u stalnom porastu, slika 2.



Slika 2. Porast koncentracije  $\text{CO}_2$ , [5]

## 2. NAČINI ZA SMANJENJE EMITOVANJA CO<sub>2</sub> U ATMOSFERU

### 2.1. SCM (supplementary cementitious materials) - rešenje za zelenije betone i održivu gradnju

Danas se u svetu sve više koriste materijali koji mogu da zamene cement (supplementary cementitious materials - SCM), kao i mešavine cementa u građevinarstvu. Njihovom upotrebom se dobija veoma kvalitetni beton, a istovremeno se smanjuje potrošnja energije i emisije gasova sa efektom staklene bašte. Istraživanja su pokazala da 1 tona klinkera koja se zameni SCM-ovima (proizvod procesa pečenja cementa prilikom spravljanja portland cementa), smanjuje emisiju CO<sub>2</sub> za oko 0,8t. Upotrebom SCM kao zamene za klinker, smanjene su količine sirovina koje su potrebne da bi se dobio cement, ali i goriva koje je potrebno da se proizvede klinker. Testiranje SCM-a i agregata uključuje: ASTM C 1157 – standard za hidraulične cemente; ASTM C 33 – standard za agregat i ASTM C 330 – standard za lake agregate, (ASTM-American Society for Testing and Materials), [6, 7].

#### 2.1.1. Cementi nove generacije

Tehničke prednosti primene SCM u betonu su jako velike kao i njihov uticaj na stvaranje još boljih rešenja koja su korak dalje u zelenoj gradnji. U većini slučajeva, mešani cementi mogu biti zamenjeni, i to u odnosu 1:1, sa klasičnim portland cementom. Brojne organizacije, uključujući i Američki institut za beton (ACI) i Asocijaciju za cementnu šljaku (SCA), nude detaljna uputstva i preporuke građevinskim firmama koje prave beton i koriste ga tokom gradnje. Takođe, Pokreti za zaštitu životne sredine, kao i sam LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) program sertifikacije, nastaviće da pružaju veliki podsticaj za razvoj i stvaranje još boljih, inovativnijih održivih rešenja u građevinarstvu, [8-10]. Jedan od načina da se smanji emisija gasova sa efektom staklene bašte po proizvedenoj toni cementa je upotreba krečnjaka iz kamenoloma. Naime, mešanjem portland cementnog klinkera i krečnjaka (preko 5%) dobija se portland krečni cement (portland limestone cement - PLC). Ovo predstavlja obećavajući pristup za severnoameričko tržište. U Kanadi je od 1983. godine dozvoljeno da u sastavu portland cementa može da bude do 5% krečnjaka. ASTM International je dozvolila isti procenat krečnjaka u portland cementu 2004. godine, a pratio je i AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 2007. godine. Ove promene će imati za posledicu smanjenje potrošnje energije od 11,8 biliona Btu i preko 2,5 miliona tona CO<sub>2</sub> godišnje. Kao odgovor na rastući pritisak da se smanji količina klinkera u cementu, Kanadska asocijacija za standarde (CSA) predstavila je novu klasifikaciju cementa 2008. godine u kojoj portland cement može imati do 15% krečnjaka. Na osnovu mnogih istraživanja i validnih testova, krečni portland cement (PLC) koji sadrži do 15% krečnjaka može napraviti isti beton kao i čist portland cement. Ovo podrazumeva istu snagu, dugotrajnost i druge karakteristike. Ovoliko povećanje količine krečnjaka obično smanjuje sadržaj klinkera za dodatnih 10%. Kada se doda i 40 do 50% SCM - efektivno smanjenje koncentracije klinkera u betonu prelazi i 50%.

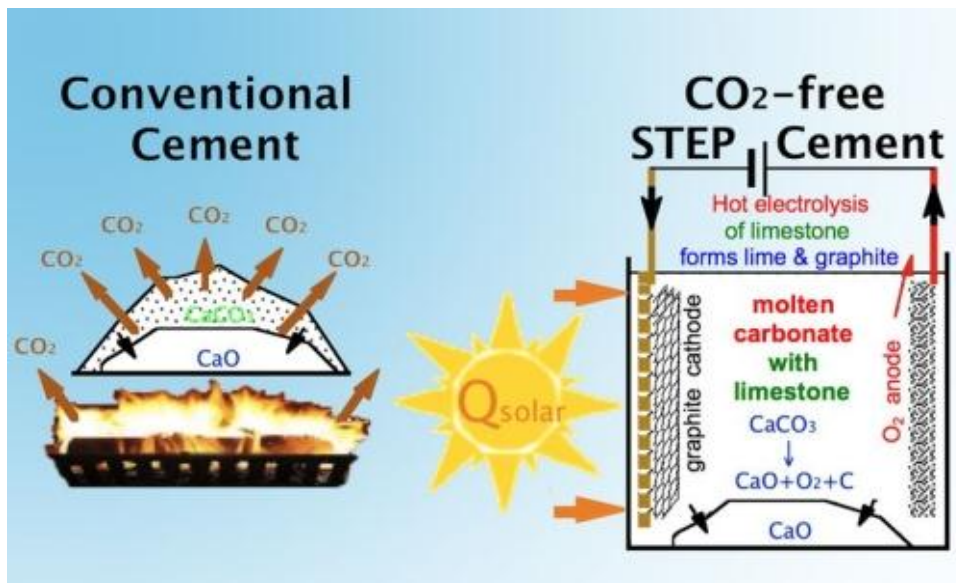
Pronalaženje novih načina za daljim smanjenjem potrošnje energije i emisije CO<sub>2</sub> je najvažniji prioritet proizvođača cementa. Tako neprekidno nastaju nova rešenja koja smanjuju količinu klinkera dok u isto vreme povećavaju upotrebu alternativnih materijala. Sa ovim cementima naredne generacije, potrošači mogu koristiti iste količine SCM-a u sopstvenim mešavinama, ali i dodajući do 15% kreča u čisti portland cement. Sve je ovo sa istim ciljem, a to je da se smanji emisija ugljenika u građevinskom sektoru, [10-12].

## 2.2. Solarni proces proizvodnje CaO bez CO<sub>2</sub>

U svetu se kao građevinski materijal najviše koristi beton za čije dobijanje su neophodne velike količine cementa. Proizvodnja cementa, koji čini 15% mešavine betona, je odgovoran za 5-6 % celokupnog ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>) koji se emituje u atmosferu kao posledica ljudskih aktivnosti. U prilog tome ide podatak da se za svakih 10kg proizvedenog cementa u atmosferu emituje 9kg CO<sub>2</sub>. Zbog toga se veliki broj istraživanja u svetu usmeravao na rešavanje ovog problema i iznalaženja mogućnosti da se komponente betona dobijaju na neki drugi način. Naime, koncipirana su rešenja za dobijanje tzv. zelenog betona.

Istraživači sa Univerziteta Džordž Vašington (*The George Washington University*) predvođeni doktorom Stjuartom Lihtom (*Stuart Licht*) su razvili proces koji se zove Solarno termiska elektrohemijska proizvodnja (*STEP - Solar Thermal Electrochemical Production*) kalcijum oksida (CaO) bez CO<sub>2</sub>, objavio je Green Car Congress. To je, ustvari, način termičkog razlaganja krečnjaka (CaCO<sub>3</sub>) i dobijanja CaO koji ide u cement bez emitovanja ugljen dioksida. Hemijske reakcije koje se odvijaju tokom dobijanja cementa izbacuju velike količine ugljen dioksida. Od toga 60% emisije je tokom dobijanja CaO iz CaCO<sub>3</sub>.

Na slici 3 je prikazan novi ,solarni, postupak dobijanja CaO zasnovan na nepravilnostima rastvorljivosti oksida, bez emisije ugljen dioksida. Naime, rastvorljivost CaCO<sub>3</sub> u vodi ( $6 \times 10^{-5}$  mol/kg rastvora) je za 3 reda veličine manja od rastvorljivosti kalcijum oksida ( $2 \times 10^{-2}$  mol/kg), čiji je proizvod rastvorljivosti kalcijum hidroksid. Iznenadujuće, ova situacija je obrnuta na visokim temperaturama u rastopljenim karbonatima, koji omogućavaju endotermnu, elektrolitičku sintezu i taloženje CaO [13].



Slika 3. Solarni proces proizvodnje CaO bez CO<sub>2</sub> [13].

Doprinos novog solarnog procesa je u tome što elektroliza rastopljenog karbonata formira okside, koji postaju kalcijum oksid kada se pomešaju sa kalcijum karbonatom. Tako se izbegava nastajanje ugljen dioksida i elimineše činjenica da dobijanje cementa ima uticaj na formiranje gasova koji izazivaju efekat staklene bašte.

## ZAKLJUČAK

Klimatske promene izazvane ljudskim aktivnostima predstavljaju izuzeno veliki problem koji direktno utiče na životnu sredinu. Jedna od tih promena je globalno zagrevanje planete Zemlje izazvano povećanim ispuštanjem gasova sa efektom staklene bašte u atmosferu. Efekat staklene bašte je prirodna pojava koja svojim prisustvom do određene granice omogućava život na planeti Zemlji. Međutim, veliki problem nastaje kada čovek svojim aktivnostima poremeti prirodne procese u pravcu njihovog intenziviranja. Zbog toga je neophodno usmeravanje proizvodnje pojedinih materijala ka alternativnim rešenjima, uz korišćenje komponenti i procesa koje nemaju negativan uticaj na životnu sredinu i intenziviranje efekta staklene bašte kao što je novi postupak za proizvodnju cementa.



### Zahvalnica

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru projekata br. TR34013 i TR34006 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period 2011-2019.

### LITERATURA

- [1] [www.slideshare.net/dusanjerkovic/](http://www.slideshare.net/dusanjerkovic/)
- [2] Ratajac R., Veselinović D., Antonović G., Bošković B., Cvetković M., 2004, Ekologija i zaštita životne sredine, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd
- [3] US Global Change Research Program: Climate Change/State of knowledge
- [4] [www.klima101.rs/gasovi-koji-izazivaju-efekat-staklene-baste/](http://www.klima101.rs/gasovi-koji-izazivaju-efekat-staklene-baste/)
- [5] [www.meteo.noa.gr/BalkanClimateleaflets\\_pdfleaflet\\_Yugoslavian.pdf](http://www.meteo.noa.gr/BalkanClimateleaflets_pdfleaflet_Yugoslavian.pdf)
- [6] [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [7] [www.concrete.org](http://www.concrete.org)
- [8] [www.csa.ca/cm/ca/en/standards/products/construction](http://www.csa.ca/cm/ca/en/standards/products/construction)
- [9] PCA - Portland Cement Association - [www.cement.org](http://www.cement.org)
- [10] [www.slagcement.org](http://www.slagcement.org)
- [11] AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials - [www.transportation.org](http://www.transportation.org)
- [12] [www.cement.org/tech/faq\\_scms.asp](http://www.cement.org/tech/faq_scms.asp)
- [13] Licht S. et.al. STEP cement: Solar Thermal Electrochemical Production of CaO without CO<sub>2</sub> emission, Chem. Commun. 2012, 48, 6019-6021.