



GLASNIK

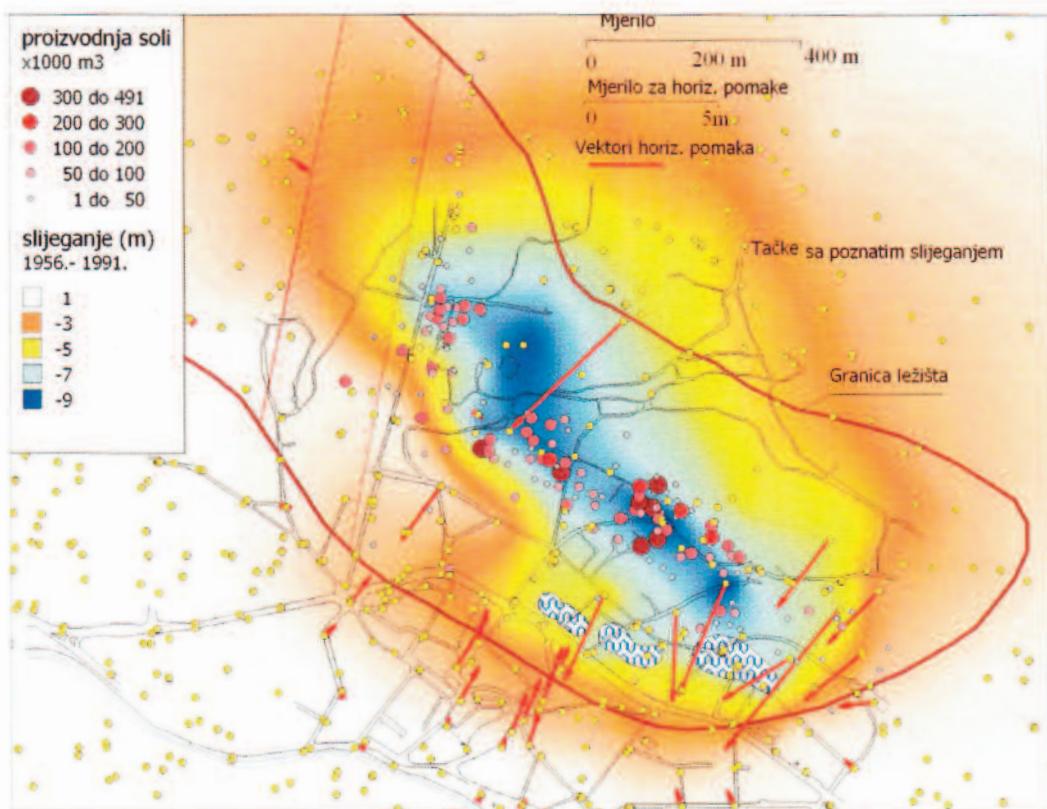
RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

JOURNAL OF FACULTY OF
MINING, GEOLOGY AND CIVIL
ENGINEERING

2014. GODINA/YEAR
Broj 2/Vol.2

2014/2

Naučno-stručni časopis za istraživanje u naučnim poljima 1.5, 2.1 i 2.7 (Frascati)
Scientific-Professional Journal for Research in Fields of Science 1.5, 2.1 and 2.7 (Frascati)



Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli, Bosna i Hercegovina
Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, University of Tuzla,
Bosnia and Herzegovina

Impressum

Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta

Naučno-stručni časopis Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta Univerziteta u Tuzli

ISSN 2303-5145 (Print)

ISSN 2303-5161 (Online)

Adresa Uređivačkog odbora:

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet

Univerzitetska br.2

75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina

Tel: +387 35 320 550, Fax: +387 35 320 570

E-mail: glasnikrggf@gmail.com

<http://www.rggf.untz.ba/Glasnik.html>

Izdavač:

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli, Bosna i Hercegovina

Uređivački odbor:

Damir Zenunović, glavni i odgovorni urednik

Adnan Ibrahimović, tehnički urednik

Tihomir Knežiček, tehnički urednik online izdanja

Abduselam Adilović, član

Edin Delić, član

Rejhana Dervišević, član

Kemal Gutić, član

Jelena Marković, član

Sunčica Mašić, član

Adila Nurić, član

Nedim Suljić, član

Sejfudin Vrabac, član

Sabid Zekan, član

Izet Žigić, član

Međunarodni savjetodavni odbor:

Dubravka Bjegović, Hrvatska

Stjepan Čorić, Austrija

Radomir Folić, Srbija

Hazim Hrvatović, Bosna i Hercegovina

Dragan Komljenović, Kanada

Biljana Kovačević-Zelić, Hrvatska

Tarik Kupusović, Bosna i Hercegovina

Azra Kurtović, Bosna i Hercegovina

Stjepan Lakušić, Hrvatska

Oleg Mandić, Austrija

Enver Mandžić, Bosna i Hercegovina

Damir Markulak, Hrvatska

Esad Mešić, Bosna i Hercegovina

Violeta Mirčevska, Makedonija

Predrag Miščević, Hrvatska

Mirza Ponjavić, Bosna i Hercegovina

Vlastimir Radonjanin, Srbija

Danilo Ristić, Makedonija

Ljupko Rundić, Srbija

Phalguni Sen, Indija

Nebojša Vidanović, Srbija

Ivan Vrklijan, Hrvatska

Glavni i odgovorni urednik:

Damir Zenunović

Univerzitetska 2, 75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina

Tel: +387 35 320 589

e-mail: damir.zenunovic@gmail.com, damir.zenunovic@untz.ba**Tehnički urednici:**

Adnan Ibrahimović

Tihomir Knežiček (online izdanje)

Lektori:

Husejin Bakalović

Print:

d.o.o. Copygraf

Svi radovi objavljeni u časopisu su recenzirani. Rukopisi se ne vraćaju.**Časopis se objavljuje jednom godišnje.**

Broj printanih primjeraka: 50

Časopis je registrovan u:

Nacionalna i univerzitetska biblioteka Bosne i Hercegovine

Pretplata:

Bosna i Hercegovina – 10 KM jedan primjerak (8 KM primjerak za narudžbe 10 primjeraka i više) + troškovi dostave

Inostranstvo – 8 EUR jedan primjerak (6 EUR primjerak za narudžbe 10 primjeraka i više) + troškovi dostave

Adresa za pretplatu:

Časopis: Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet

Univerzitetska br.2, 75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina

Plaćanje u Bosni i Hercegovini:

Svrha doznake: Štampano izdanje Glasnik RGGF (komada br.)

UNIVERZITET U TUZLI, RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKI FAKULTET

Univerzitetska 2, Tuzla

Transakcijski račun: 1321000256000080 NLB Tuzlanska banka dd Tuzla

Budžetska organizacija broj: 2404007

Vrsta prihoda: 722631

Poziv na broj: 7013000000 Općina 094

Plaćanje iz inostranstva:

Subscription to the Journal of Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering

DEUTSCHE BANKAG Frankfurt/M

BIC: DEUTDEFF

Account with Institution: ACC 936272410 EUR 936272405 USD

NLB TUZLANSKA BANKA DD TUZLA

BIC: TBTUBA22

Beneficiary Customer: IBAM: BA 3913210100 867 24943

TUZLANSKI KANTON DEP.RN.

Turalibegova 40, Tuzla (Za Univerzitet u Tuzli RGGF fakultet)



GLASNIK

RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

JOURNAL OF FACULTY OF
MINING, GEOLOGY AND CIVIL
ENGINEERING

2014. GODINA/YEAR
Broj 2/Vol.2

2014/2

Naučno-stručni časopis za istraživanje u naučnim poljima 1.5, 2.1 i 2.7 (Frascati)
Scientific-Professional Journal for Research in Fields of Science 1.5, 2.1 and 2.7 (Frascati)

SADRŽAJ CONTENTS

Riječ glavnog i odgovornog urednika A Word from the Editor-in-chief	4
Rad po pozivu Invited paper	
Mandžić E. VISOKA JEDNOETAŽNA ODLAGALIŠTA JALOVINSKOG MATERIJALA KOD POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE MINERALNIH SIROVINA	5
Radovi Papers	
Komljenovic D. DEVELOPMENT OF ASSET MANAGMENT IN THE MINING INDUSTRY.....	15
Stoica N.D. TOWARDS THE USING OF ENERGY DISSIPATION OPTION IN ETABS PROGRAM...	23
Celikovic R., Imamovic E., Salihovic R. ANALIZA PODATAKA KONTINUIRANOG GNSS MJERENJA NA PODRUČJU JAME TUŠANJ ZA PERIOD 2011-2013.GODINA.....	31
Vrabac S., Đulović I., Ječmenica Z. BADEN I SARMAT U PROFILU BUŠOTINE KR-5 KOD UGLJEVIKA.....	39

Riječ glavnog i odgovornog urednika

Veliko mi je zadovoljstvo i čast što sam imenovan za glavnog i odgovornog urednika časopisa **Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta**, koji predstavlja nastavak 50-godišnje tradicije izdavačke djelatnosti Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta.

Biti glavni i odgovorni urednik naučno-stručnog časopisa je veoma zahtjevna i ozbiljna odgovornost. Odgovornost nije samo ograničena na izvršavanje zadataka vezanih za izdavanje časopisa, definiranja pravila prema autorima koje je potrebno poštovati prilikom dostavljanja radova i vođenju računa o vremenu i temeljitosti pregleda radova. Odgovornost se odnosi i na odgovornost prema čitaocima časopisa. Uredništvo bi trebalo odgovoriti njihovim potrebnama i interesovanju, a pri tome u isto vrijeme biti spremno na kritiku. Naravno, uredništvo bi trebalo poboljšavati kvalitet i planirati budućnost časopisa, a posebno kako bi bili sigurni da je časopis prepoznat kao kvalitetno izdanje na međunarodnom planu. Pomenuti zahtjevi odgovornosti obavezuju uredništvo na spremnost za konstantno poboljšavanje kvaliteta časopisa. U cilju osiguranja bolje prepoznatljivosti časopisa na međunarodnom planu i osiguranja kvaliteta imenovan je Međunarodni savjetodavni odbor.

Časopis će izlaziti jednom godišnje, u zadnjem kvartalu godine. Rukopisi dostavljeni do 01. juna biti će uzeti u obzir za izdanje u tekućoj godini. Unaprijed se zahvaljujem svim autorima koji će prepoznati naš časopis kao podoban medij za širenje i prezentaciju rezultata istraživanja, iskustava i ekspertiza koje se odnose na naučna polja 1.5, 2.1 i 2.7 (Frascati).

Koristim ovu priliku da pozovem sve osobe i preduzeća vezana uz djelokrug časopisa da podrže razvoj časopisa u narednom periodu.

Kao glavni i odgovorni urednik radit ću na promociji časopisa i podizanju zainteresiranosti autora, čitalaca i sponzora za časopis, a sve u cilju razvoja prepoznatljivog i kvalitetnog naučnog i stručnog izdanja. Članovima uređivačkog odbora želim uspješan rad na promociji i podizanju kvaliteta časopisa.

*Glavni i odgovorni urednik
Prof.dr. Damir Zenunović*

A Word from the Editor-in-chief

It is my great pleasure and honour to have been appointed as the Editor-in-Chief of the **Journal of Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering**, which is a continuation of 50-year tradition of publishing activities of Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering.

To be the editor-in-chief of a scientific & professional journal is a very demanding and serious responsibility. This responsibility is not limited to performing journal-editing tasks, defining rules the authors should respect when sending their papers to the journal, and taking care about timely and thorough review of papers. It also includes a huge responsibility towards the readers of the journal. The editor must respond to their needs and interests, but should at the same time be ready to take criticism. Of course, editors are also required to improve quality and make future plans for the journal, and especially to make sure it is recognized as an outstanding publication on an international plan. All these requirements and responsibilities oblige editors to be ready for constant quality improvements. In order to ensure better recognition of the journal on an international plan and quality improvement, an international advisory board is formed.

The Journal will be published once a year in the last quarter of the year. Manuscripts submitted by June 01 will be considered for release in the current year. I wish to extend my thanks in advance to all authors who are going to recognise our journal as a proper medium for spreading and presenting their research results, experience, and expertise relating to scientific fields 1.5, 2.1 and 2.7 (Frascati).

On this occasion, I would also like to invite all persons and companies connected with scope of the journal to support development of the journal in the oncoming period.

As editor in chief I will work to promote the journal and raising the interest of authors, readers and sponsors for the journal, in order to develop an outstanding and high-quality scientific and professional publication. I wish to members of the Editorial Board a successful work in promoting and raising the quality of the journal.

*Editor-in-chief
Prof.dr. Damir Zenunovic*

Enver Mandžić¹

Rad po pozivu



Enver MANDŽIĆ je rođen u Tuzli 1944. godine. Osnovnu školu, Gimnaziju i Rudarski fakultet završio u Tuzli. Magistarski i habilitacioni rad odbranio na Rudarskom fakultetu u Tuzli, a doktorsku disertaciju na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu. Radio je u Rudnicima lignita Kreka, a od 1971.god. do umirovljenja na Rudarskom, Rudarsko-geološkom, Rudarsko-geološko-građevinskom fakultetu u Tuzli, gdje je prošao put izbora od asistenta do redovnog profesora za predmete „Mehanika tla i stijena“ i „Inženjerska geologija“. Član ANU BiH od 2003.god. Objavio veći broj naučnih i stručnih radova na prostoru bivše Jugoslavije i u inostranstvu.

VISOKA JEDNOETAŽNA ODLAGALIŠTA JALOVINSKOG MATERIJALA KOD POVRŠINSKE EKSPLOTACIJE MINERALNIH SIROVINA

Sažetak: U procesu odlaganja jalovinskog materijala na površinskim kopovima mineralnih sirovina način izgradnje odlagališta tehnološki je izvođen u više etaža. Godine 1975. na prostorima biće Jugoslavije počeli smo eksperimente sa tz. jednoetažnim odlagalištima gdje se formiranje odlagališta izvodi sa jedne ravni. Tako nastaju jednoetažna odlagališta čija visina u početoj fazi eksperimenta je iznosila do 55 m. Kasnije su projektovanja visoka jednoetažna odlagališta do visine 230 m. Ova novina u tehnologiji površinske eksploatacije mineralnih sirovina prihvaćena je i u Bosni i Hercegovini su igradeni visoka jednoetažna odlagališta različitih visina i sa različitim tehnološkim procesima. U radu su prikazana specifična istraživanja vezana za formiranje visokih jednoetažnih odlagališta.

Ključne riječi: odlagališta, površinska eksploatacija

HIGH MONO SLOPE WASTE DUMP IN SURFACE EXPLOITATION OF MINERAL DEPOSITES

Summary: In the process of disposal of the waste material in the surface mining of mineral resources type of landfill technology was performed in multiple floors. In 1975, the region Yugoslavia we started experiments with so called, ground-floor landfill where landfill formation performed on one level. It has now become ground-floor landfills whose height in initial stage of the experiment reached up to 55 m . Later design ground-floor landfill reached to a height of 230 m. This innovation in surface exploitation technology of mineral resources has been adopted and in Bosnia and Herzegovina are ground-floor landfills with different heights and with different technological processes were constructed . The paper display specific research related to the formation of ground-floor landfills .

Key words:landfills, surface mining

¹ Akademik, Prof. emer., Dr sc. dipl. ing.

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Bistrik 7, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

1. UVOD

Prvi eksperimenti u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina u BiH za formiranje jednoetažnih odlagališta izvedeni su, po zamisli autora rada, godine 1975. na odlagalištu jalovinskog materijala na ležištu boksita „Šumarnica“, lokalitet „Krunići“, rudnika boksita Vlasenica. Maksimalna visna odlagališta dosgla je 55m. Eksperimentom je pokazano i dokazano da se mogu izvesti stabilna, ekonomična i sigurna jednoetažna odlagališta koja veoma značajno utiču na efikasnost i ekonomičnost površinske eksploatacije mineralnih sirovina. Jednoetažna odlagališta do tada nisu postajala ni pojmovno u praksi površinske eksploatacije mineralnih sirovina pa se dokazivanje svih prednosti ovakve vrste odlagališta moralo provesti u nizu nadziranih eksperimenta. Tako je sa vremenom na svim površinskim kopovima rude boksita Vlasenica počelo korištenje jednoetažnih odlagališta u projektantskoj i izvodačkoj praksi. Maksimalna visina jednoetažnih odlagališta, već 1980 godine dostiže visinu 90 m.

Postepeno se ideja o mogućnosti formiranja jednoetažnih odlagališta, sa svim prednostima koja ona nose u odnosu na višeetažna odlagališta, počela širiti i na druge kopove mineralnih sirovina sa različitom tehnologijom odlaganja. U početku je za formiranje jednoetažnih odlagališta korišten samo kamionski prevoz jalovine, da bi sa sa vremenom prešlo i na sistem kontinuirane tehnologije. Prvo visoko odlagalište sa kontiniranom tehnologijom odlaganja jalovine, tj. odlaganje sa odlagačem projektovano je za površinski kop željezne rude „Smreka“ u Varešu. Dostignuta visina odlaganja iznosila je 90 m. Na površinskom kopu „Grivice“ rudnika mrkog uglja Banovići, dostignuta je visina od 90 m jednoetažnog odlagališta sa kamionskim transportom jalovine.

Projektovanje jednoetažnih odlagališta postaje nezaobilazna praksa u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, tako da je naprimjer, projektovano jednoetažno odlagalište visine 160m na površinskom kopu uglja „Mošćaniaca“ rudnika Zenica, a zatim je projektovano jednoetažno odlagalište na površinskom kopu „Turija“ rudnika uglja Banovići za kontinuiranu tehnologiju (bager – traka – odlagač) visine preko 200 m.

2. ŠTA SU JEDNOETAŽNA ODLAGALIŠTA

Jednoetažna odlagališta su ona odlagališta čija visina kontinuirano raste, bilo da se izvodi stalno nadvišenje istresanjem jalovinakog materijala i njegovim planiranjem, ili da se to formira na kosoj podlozi, kada kota platoa, gdje se izvodi istresanje materijala ostaje konstantna na jednoj koti a napredovanje fronta odloženog materijala je po padu podloge. Jednoetažno odlaglište sastoji se od gornjeg planuma, po čijoj ivici se izvodi istresanje jalovinskih masa (kamioni, odlagači različitih vrsta). Odloganje mase na ivici odlagališta ta masa slobodno gravitaciono se premještaju po ravni kosine do nožice odlagališta.

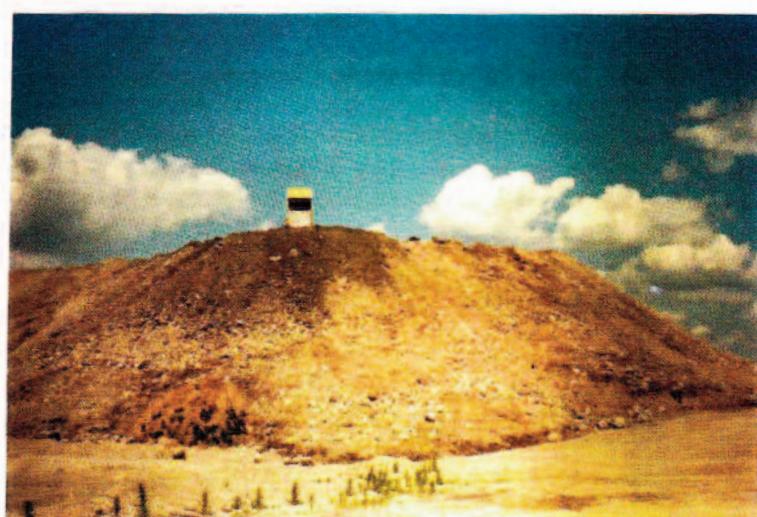
Po mjestu formiranja jednoetažna odlaglišta možemo podijeliti na;

Odlaglišta koja se formiraju na kosoj podlozi različitog nagiba,

Odlaglišta koja se formiraju u riječnim dolinama različitog nagiba bočnih padina,

Odlaglišta koja se formiraju kao unutarnja odlaglišta dijelova površinskih kopova gdje eksploatacija mineralnih sirovina još traje ili je završena.

Izbor optimalne visine platoa, na koji se dovozi jalovinski materijal i sa koga se formira jednoetažno odlaglište, zavisi od tehničko - ekonomskih parametara površinske eksploatacije.



Slika 1. Formiranje jednoetažnog odlaglišta kod kamionskog prevoza jalovinskog materijala

3. PREDNOSTI JEDNOETAŽNIH ODLAGALIŠTA NAD VIŠE ETAŽnim

Prednosti jednoetažnih odlagališta nad višeetažnim je, prije svega, u veoma značajnom skraćenju dužine transporta jalovinskih masa od mjesta iskopa do mjesta odlaganja, kod kamionskog prevoza jalovine. To povećava efikasnost u mogućoj količini odloženog materijala u vremenu, uštedu goriva i ostalim troškovima transporta, nema izgradnje posebnih privremenih ili stalnih puteva i dr. Sve navedeno je pokazalo značajan ekonomski efekat na ukupnu cijenu iskopane korisne mineralne sirovine, povećalo ekonomski koeficijent odnosa jalovina – mineralna masa, povećalo iskorištenje ležišta, omogućilo dostizanje većih dubina površinskih kopova i dr.

Uvođenje odlagača na šinama, koji je bio proizведен kompletno u domaćoj izvedbi u tadašnjem TTU u Tuzli i montiran na odlagalištu na površinskom kopu željezne rude „Smreka“ u Varešu, prvi puta je korištena kontinuirana tehnologija za formiranje jedoetažnog odlagališta.

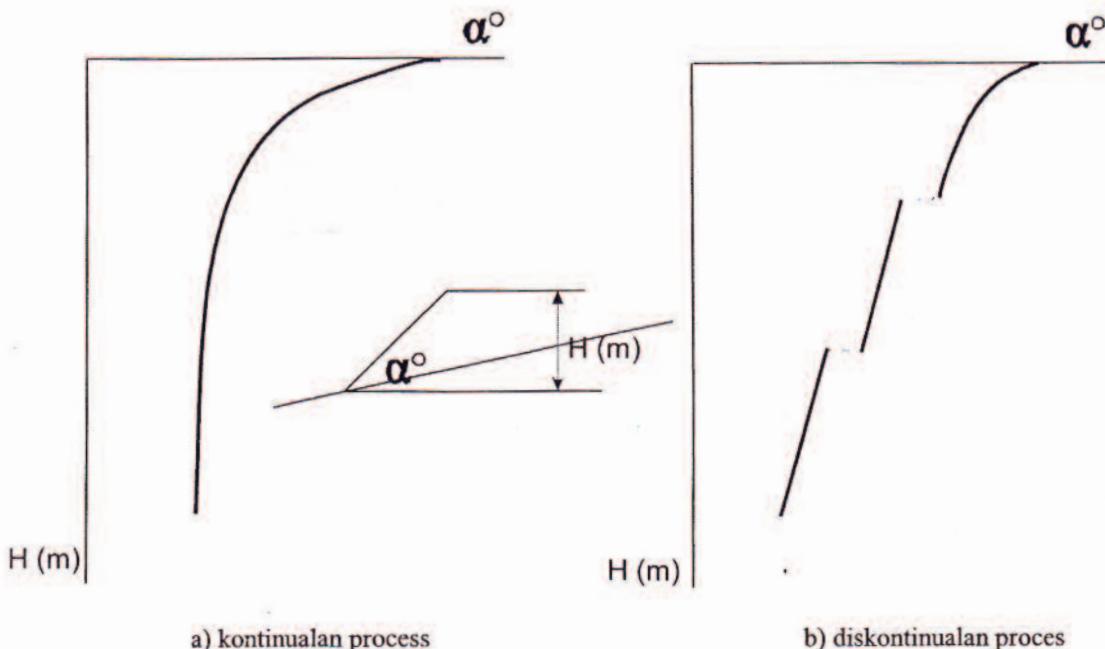
Po projektu eksplotacije uglja na tz. velikom površinskom kopu „Turija“, u sistemu kontinuirane tehnologije, bager – traka – odlagač, trebalo je da odlaganje jalovinskih masa bude na odlagalištu koje bi dotizalo visinu preko 200 m. Ratni uslovi 1992. godine sprječili su realizaciju ovog projekta.

U 27 godina (1975. – 1992. godina) primjena jednoetažnih odlagališta kod eksplotacije ležišta mineralnih sirovina pokazala je sve tehničko – tehnološko – ekonomske prednosti u odnosu na odlaganje jalovinskih masa u više etaža.

4. ISTRAŽIVANJE STABILNOSTI JEDNOETAŽNIH ODLAGALIŠTA

Osnovna karakteristika jedoetažnog odlagališta je da se formiraju gravitacionim segregacijom istresenog materijala na ivici kosine odlagališta. To omogužava da se u dnu etaže, u nožici odlagališta, bez obzira na visinu odlagališta, nalazi najkrupniji materijal koji osigurava filtraciona svojstva duž kontakta odloženi materijla – podloga odlagališta. To omogućava da se duž kontakta formira zonamaterijala sa najboljim – najpovoljnijim mehaničkim karakteristikama koji obezbeđuju da ne dolazi do pokretanja mase duž kontakta podloga – odložena masa na kosoj ravni. Ovo takođe ima uticaja i na formiranje jednoetažnih odlagališta u zoni završnih kosina površinskog kopa gdje kao podloga služi stepenasta kosina sistema etaža.

Istaživaja koja su provedena u različitima materijalima od koji se formiraju jednoetažna odlagališta, najčešće podrazumijevaju, prvo, ustanavljanje odnosa visine i nagiba formirane kosine jednoetažnog odlagališta. Taj odnos omogućava da se upozna mehanizam smanjenja nagiba kosine jednoetažnog odlagališta sa povećanjem njegove visine. Proces formiranja odlagališta može biti kontinualan, kada slijedi odgovarajuću zakonitost karakterističu za materijele od kojih se formira jednoetažno odlagalište, ili diskontinualan kada kod određene visine jednoetažnog odlagališta dolazi do nagle promjene nagiba, da bi se proces dalje nastavio kontinualno do novog diskontinualnog ponašanja, slika 2.



Slika 2. Kontinualna i diskontinualna promjena nagiba odlagališta sa porastom visine

Kontinirani proces smanjenja nagiba kosine odlagališta sa porastom visine govori u prilog općeg nelineranog kriterija loma materijal koji gradi odlagalište, tj. linija graničnog stanja u sistemu normalni napon (σ_n) i smičućeg napona (τ) je kriva linija. To znači da su otporni parametri materijala koji gradi odlagalište (kohezija i ugao trenja) promjenljive veličine.

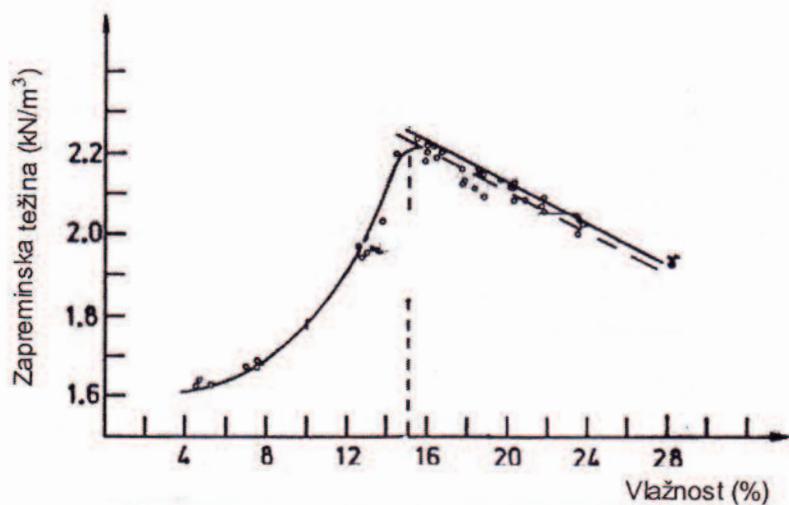
Diskontinuan proces pokazuje da materijal u odlagalištu ima približno konstantne vrijednosti otpornih parametara (kohezije i ugla trenja) do neke visine odlagališta, zatim se ti parametri mijenjaju što dovodi do tenzionih pukotina na etažnoj ravni i smanjenja nagiba kosine odlagališta, da bi se opet uspostavila ravnoteža u odloženom materijalu i visina odlagališta povećevala približno kontinualno do novog diskontinulanog ponašanja materijala jednoetažnog odlagališta.

I jedan i drugi sistem (kontinualnog i diskontinualnog) ponašanja materijala u odlagalištu pokazuje da su uslovi u pogledu stabilnosti bliski faktoru sigurnosti $F_s \sim 1,00$. Ovo je važan podatak zbog potrebe jasnog ustanovljavanja ponašanja odloženog materijala. Povratnom analizom stabilnosti, po bilo kojoj od metoda proračuna stabilnosti kosina, moguće je odrediti parove vrijednosti otpornih parametara (kohezije i ugla trenja), ako se analiza stabilnosti provodi sa ulaznim faktorom sigurnosti $F_s = 1,00$.

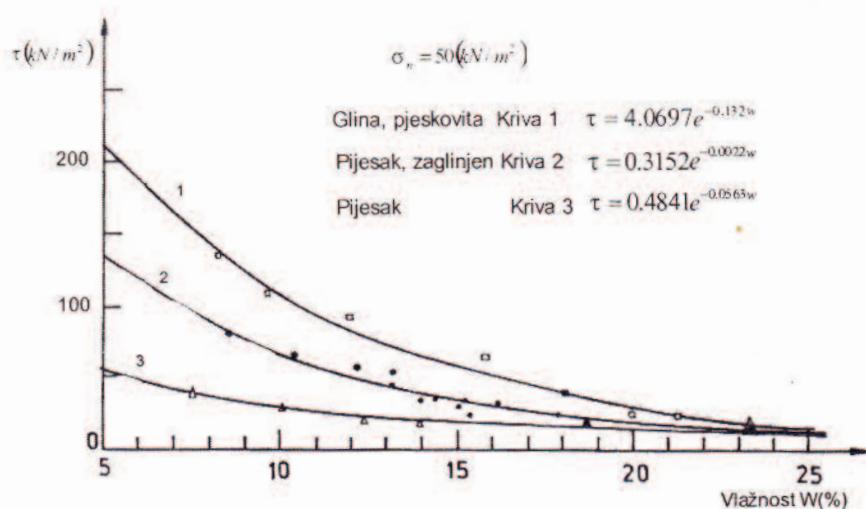
Laboratorijska ispitivanja odloženog materijala na uzorcima, pri različitoj vlažnosti, omogućavaju utvrđivanje kriterija loma odloženog materijala. Uporedba tih vrijednosti sa vrijednostima iz povratne analize stabilnosti omogućava sagledavanje koliko smo blizu ili daleko od onog što dobivamo laboratorijski i onog što se stvorno događa u prirodi.

5. LABORATORIJSKA ISPITVANJA ODLOŽENOG MATERIJALA

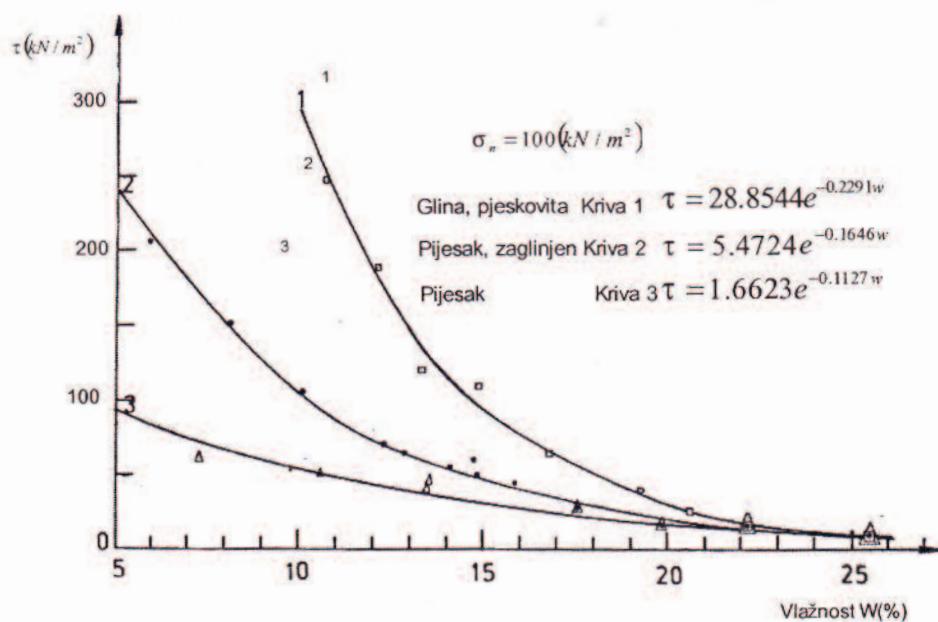
Jedan prikaz kompleksnog ispitivanja materijala koji se odlaže prikazan je za jalovinake materijale krovine boksitnih ležišta rudnika boksita Vlasenica. Ispitivanja su provedena za različite materijale pri različitim stupnjevima vlažnosti a konačni rezultat svih ispitivanja je oblik linije graničnog stanja za te materijale za različite stupnjeve vlažnosti.



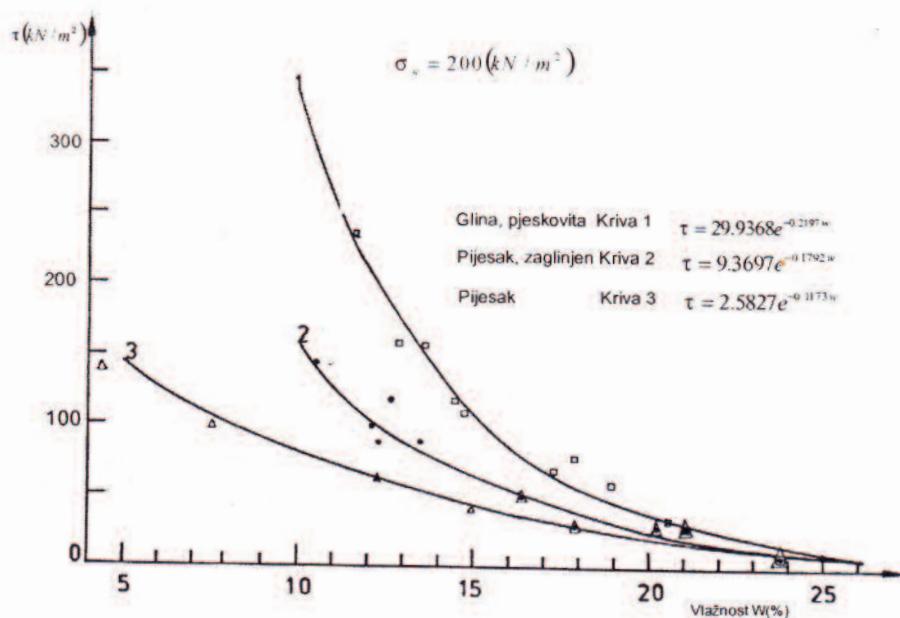
Slika 3. Promjena zapreminske težine materijala sa promjenom sadržaja vode



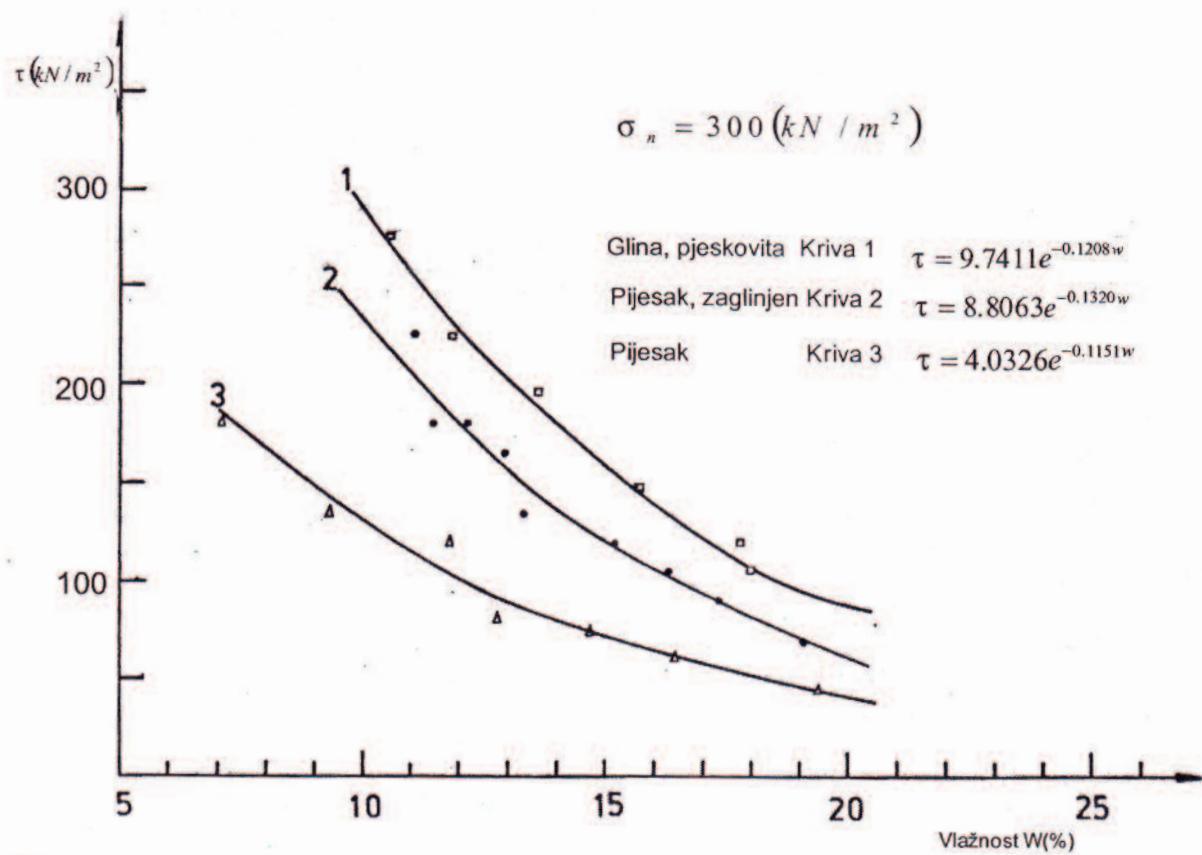
Slika 4. Promjena smičuće čvrstoće materijala sa promjenom sadržaja vode za tri vrste materijala kod konstantnog normalnog napona $\sigma_n = 50 \text{ kN/m}^2$.



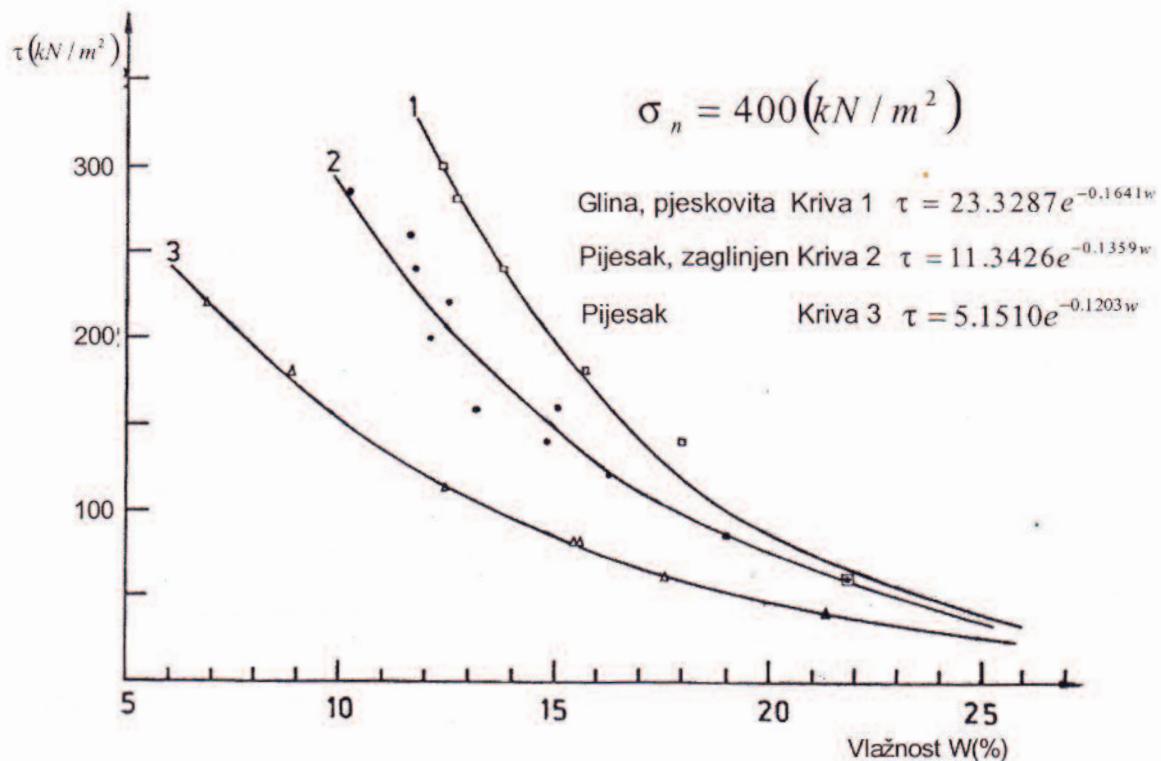
Slika 5. Promjena smičuće čvrstoće sa promjenom sadržaja vode za tri vrste materijala kod konstantnog normalnog napona $\sigma_n = 100 \text{ kN/m}^2$



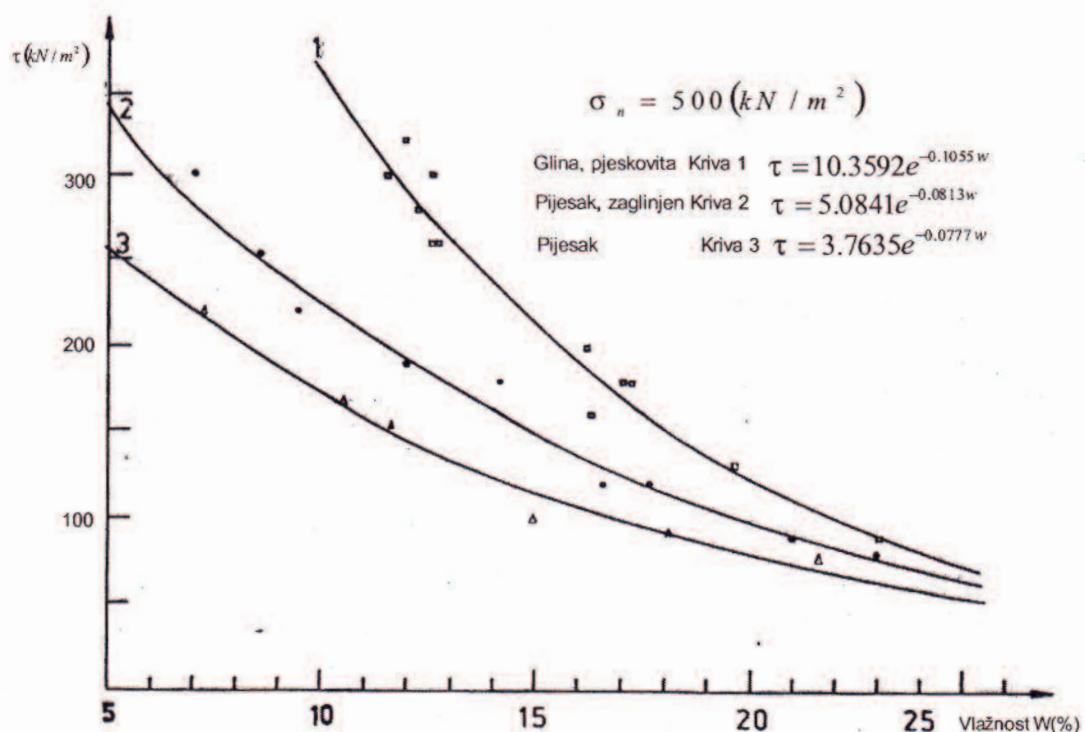
Slika 6. Promjena smičuće čvrstoće sa promjenom sadržaja vode za tri vrste materijala kod konstantnog normalnog napona $\sigma_n = 200 \text{ kN/m}^2$



Slika 7. Promjena smičuće čvrstoće sa promjenom sadržaja vode za tri vrste materijala kod konstantnog normalnog napona $\sigma_n = 300 \text{ kN/m}^2$

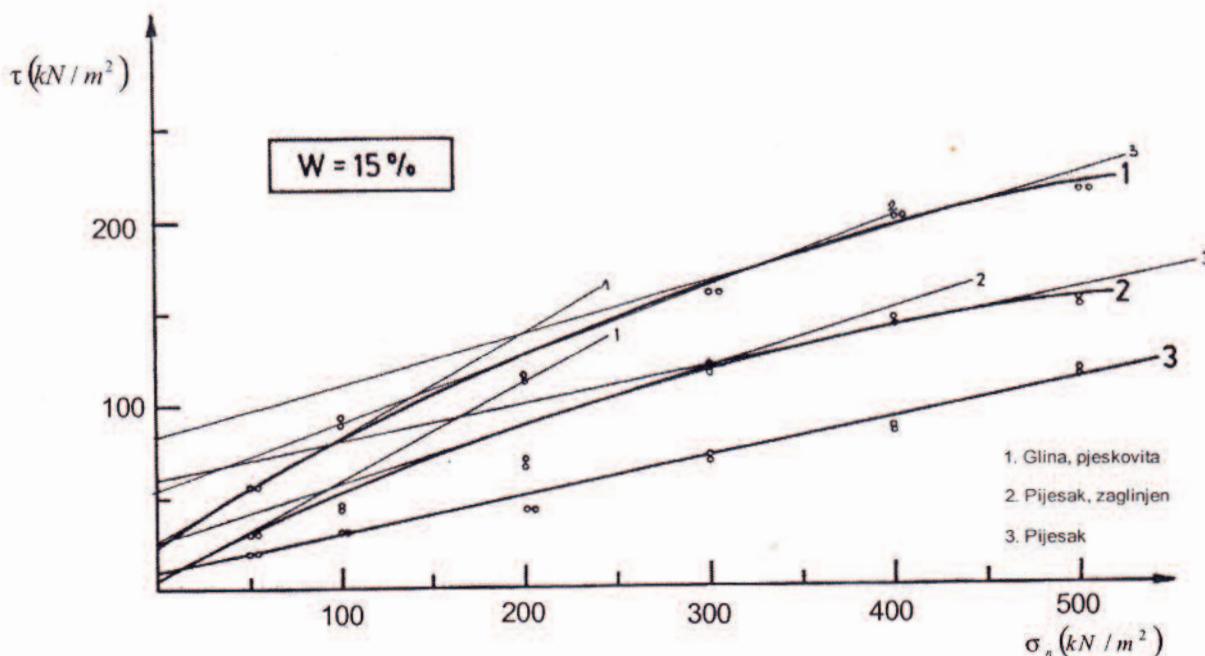


Slika 8. Promjena smičuće čvrstoće sa promjenom sadržaja vode za tri vrste materijala kod konstantnog normalnog napona $\sigma_n = 400 \text{ kN/m}^2$



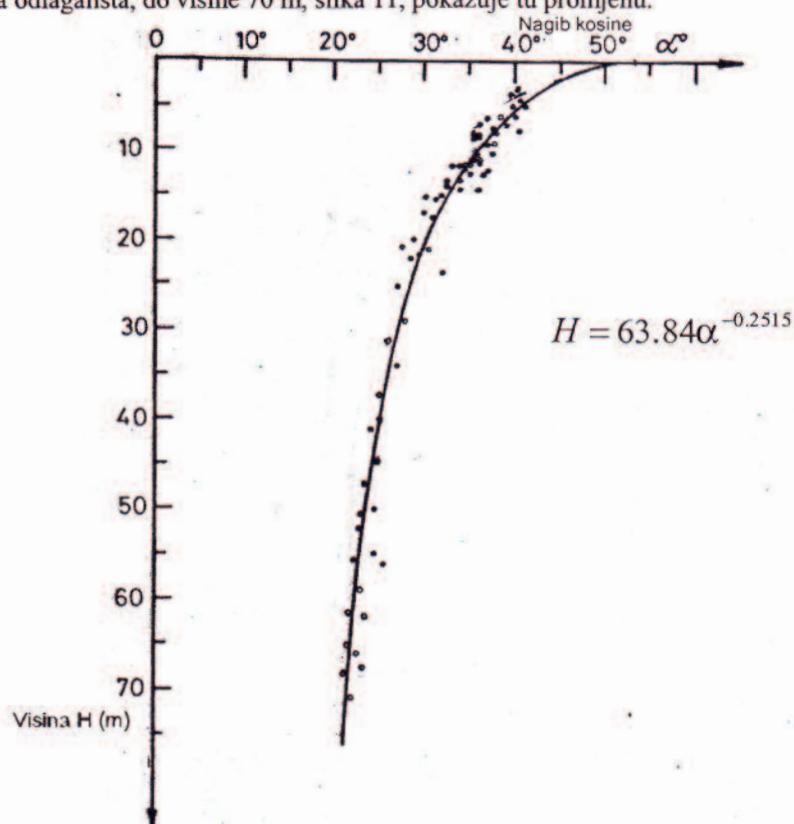
Slika 9. Promjena smičuće čvrstoće sa promjenom sadržaja vode za tri vrste materijala kod konstantnog normalnog napona $\sigma_n = 500 \text{ kN/m}^2$.

Ako usvojimo za jednu od mogućnosti razmatranja uticaja vode na otporne karakteristike materijala u odlagalištu, na primjer kod vlažnosti od $w = 15\%$, kada materijal ima najveću gustoću (vidjeti sliku 3) tada za glinu pjeskovitu i zaglinjeni pjesak dobijemo nelinerani kriterij loma dok je za pjesak kriterij loma linearan, slika 10.



Slika 10. Kriterij loma za tri vrste materijala kod vlažnosti $W = 15\%$.

Iz ovako dobivenih kriterija loma možemo očekivati da će se odložena masa u jednoetažnom odlagalištu ponašati po zakonitosti kontinualnog smanjenja nagiba kosine odlagališta sa povećanjem visine. Za ispitane materijale i formirana jednoetažna odlagališta, do visine 70 m, slika 11, pokazuje tu promjenu.



Slika 11. Kontinualna promjena visine odlagališata i ugla nagiba odložene mase, koja je ispitana laboratorijski sa prikazanim rezultatima, za odloženi materijal na kosoj podlozi. Rezultati prikazani na dijagramu su dobiveni direktnim mjerjenjem na terenu.



6. ZAKLJUČAK

Jednoetažna odlagališta, kao novost u teoriji i praksi površinske eksplotacije mineralnih sirovina pojavila su se 1975. godine u Bosni i Hercegovini s tim da u literaturi prije 1975. godine nisu postojala. Ekperimenti na terenu a zatim i detaljna ispitivanja materijala koji se odlaže omogućila su da jednoetažna odlagališta postanu predmet optimizacije u površinskoj eksplotaciji mineralnih sirovina što je potpuno promjenilo dotadašnji standardni način odlaganja jahovinskih masa u sistemu višeetažnog odlagališta. Izvedena i projektovana jednoetažna odlagališta i značajna laboratorijska, modelska, i druga istraživanja koja su dalje slijedila osnovnu ideju formiranja jednoetažnih odlagališta, pokazala su i dokazala da su ovakva odlagališta moguća i za velike visine i za sve sisteme kontinualne i diskontinualne površinske eksplotacije mineralnih sirovina. Rad ima za cilj i ponovno aktiviranje nekada vrlo intenzivnih istraživanja provedenih kod razmatranja problema jednoetažnih odlagališta, posebno u uslovima daljeg razvoja površinske eksplotacije energetskih i drugih mineralnih sirovina na području Bosne i Hercegovine.

7. CONCLUSION

Ground-floor landfills , as a novelty in the theory and practice of surface exploitation of mineral resources appeared in 1975 in Bosnia and Herzegovina considerin that in the literature before 1975 they did not exist. Experiments on the ground and then a detailed testing of disposed material enabled ground-floor landfills to become the subject of optimization in surface exploitation of mineral resources, which completely changed the standard method of disposal waste mass in the system multifloor landfills. Construced and designed grounf-floor landfills and significant laboratory , model, and other studies that still followed the basic idea of forming grounf-floor landfills, have shown and proven that such landfills are possible for great heights and for all systems of continuous and discontinuous surface exploitation of mineral resources. The work goal is to re- activate once very intensive research undertaken when considering the problems of ground-floor landfills, especially in light of further development of surface exploitation of energy and other mineral resources on the territory of Bosnia and Herzegovina .

8. LITERATURA

1. Maslov, Mehanika gruntov v praktike striteljstva, Stroj izdat, 1977.
2. Mandžić, E., Popović, N., Savremeni aspekti i metode u razmatranju kosina u površinskoj eksplotaciji, VII Jugoslovensko – Poljsko savjetovanje, Dubrovnik, 1977. str. 67-84.
3. Mandžić, E., Azabagić, S., Granična visina odloženog materijala za slučaj nelineranog kriterija loma, IX Kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo, 1978.
4. Mandžić, E., Junuzović, M., Ivković, S., Cvetković, M., Formiranje jednoetažnih odlagališta u uslovima boksitnih ležišta, V Jugoslavenski simpozij o istraživanju i eksplotaciji boksita, Vlasenica, 1979.,
5. Mandžić, E., Cvetković, M., Kontinuirana i diskontinuirana ovisnost nagiba kosina odlagališta od visine, Saopštenja IV Jugoslovenskog simpozija o površinskoj eksplataciji mineralnih sirovina, Savez inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Jugoslavije, Jugoslavenski komitet za površinsku eksplataciju, 3-6.juni 1981, REIK „Kolubara“ - Lazarevac: 1-21 (separat)
6. Mandžić, E., Junuzović, M., Ivković, S., Formiranje visokih jednoetažnih odlagališta u uslovima boksitnih ležišta Vlasenica, Arhiv za ruderstvo i geologiju, 2-3-4, 1980, Tuzla, str. 15-25.
7. Mandžić, E., Pojava plastičnih zona kod visokih jednoetažnih odlagališta na kosoj podlozi u rješenjeima metodom konačnih elemenata, Saopštenja sa 6. Jugoslovenskog simpozija o mehaniči stijena i podzemnih radovam, Titovo Velenje, 20-23 maj 1985, str. 176-181.
8. Mandžić, E., Stabilnost jednoetažnih odlagališta u riječnoj dolini, Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta u Tuzli, 15-16, 1987., str. 89 – 92.
9. Mandžić, E., Primjena metode konačnih elemenata u rješavanju problema površinske eksplotacije mineralnih sirovina sa aspekta stabilnosti odlagališta, Zbornik radova I Jugoslovenskog simpozija o primjeni matematičkih metoda i računara u ruderstvu, Savez inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Jugoslavije, Komitet za ležišta mineralnih sirovina, Beograd, 1988, 1-10 (separat)
10. Mandžić, E., Žigić, I., Stojnić, D., Formiranje visokih jednoetažnih odlagališta na površinskim kopovima boksita u Vlasenici u uslovima komionskog transporta otkrivke, Saopštenja sa VI Jugoslovenskog simpozija o istraživanju i eksplotaciji boksita u Jugoslaviji, Herceg Novi, Crna Gora, 10-15 oktobar 1988, str. 269-275.
11. Mandžić, E., Upravljanje geomehaničkim procesima u visokim jednoetažnim odlagalištima, Saopštenja VIII Jugoslovenskog simpozija o površinskoj eksplotaciji mineralnih sirovina, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Igalo, Crna Gora, 2-5. oktobar 1991, str. 85-94.

Dragan Komljenovic¹

Preliminary notes

DEVELOPMENT OF ASSET MANAGEMENT IN THE MINING INDUSTRY

Summary: The paper proposes an approach for the asset management in the mining industry. Why it is relevant for the mining industry? Mining companies operate in a complex business and operational environment. They also face significant uncertainties related to natural, technical, technological, market, organisational, economic, financial, political etc. influence factors affecting their management and operations. This issue also includes the impact of rare, disruptive events (natural or human made).

Therefore, the mining industry needs innovative methods for facing increasingly complex reality. A structured and systematic approach regarding its asset management may bring some useful insights for a more efficient decision-making framework. Traditional approaches and tools in decision-making have often been unable to adequately capture, characterize and address those uncertainties and complexity.

The concept of asset management may help in a better understanding of this complex environment providing more realistic insights. Thus, it may help in designing an improved strategic and asset management decision-making framework in the mining industry.

Key words: Strategic Planning, Asset Management, Mining Operations, Complex Systems, Uncertainties

RAZVOJ UPRAVLJANJA DOBRIMA U RUDARSKOJ INDUSTRIJI

Sažetak: Rad predlaže mogući pristup za upravljanje dobrima u rudarskoj industriji. Zašto je to važno za rudarsku industriju? Rudarske kompanije funkcioniрају u kompleksnom poslovnom i operacionom okruženju. One su takođe izložene značajnim neizvjesnostima vezanim za prirodne, tehničke, tehnološke, tržišne, organizacione, ekonomski, finansijske, političke itd. utjecajne faktore vezane za upravljanje i eksploataciju. Ova problematika takođe uključuje rijetke, često katastrofalne događaje (prirodne ili izazvane ljudskim aktivnostima).

Iz tih razloga rudarska industrija ima potrebu za inovativnim metodama da bi se bolje postavila u toj složenoj realnosti. Strukturiran i sistematski pristup upravljanju dobrima može pružiti nove informacije i uvide za efikasniji okvir donošenja odluka. Tradicionalni pristupi u odlučivanju su često u nemogućnosti da odgovarajuće uzmu u obzir, karakteriziraju i nađu rješenja za te neizvjesnosti i složenost.

Koncept upravljanja dobrima može pomoći boljem razumijevanju složenog okruženja pružajući realističniji uvid u tu problematiku. Taj pristup dakle može pomoći u osmišljavanju efikasnijeg okvira strateškog odlučivanja i upravljanja dobrima u rudarstvu.

Ključne riječi: strateško planiranje, upravljanje dobrima, rudarska eksploatacija, složeni sistemi, neizvjesnosti

¹ Researcher, Research Institute, Hydro-Quebec (IREQ),
1800 Boulevard Lionel-Boulet, Varennes, QC, J3X 1S1, Canada, dragan.komljenovic1@videotron.ca

Adjunct professor:

1) Department of Mining, Metallurgical and Materials Engineering, Laval University, Quebec-City, Canada
2) Industrial Research Chair "Risk-based Life Cycle Management of Engineering Systems", University of Waterloo, Canada



1. INTRODUCTION

Asset Management, what does it really mean? In the field of engineering, it is often stereo-typed as being upon maintenance and reliability [8]. Nevertheless, it is much more than that and it will be discussed hereafter. There are several definitions of Asset Management (AsM). A definition provided by British Standards PAS 55 seems to be the most complete in this regard [5]. They define it as follows: *Asset management is a set of systematic and coordinated actions and practices through which an organization optimally and sustainably manages its assets and asset systems, their associated performance, risks and expenditures over their life cycles for the purpose of achieving its organizational strategic plan.* This definition is rather generic and applies to any type and any size of organizations including mining ones.

The same Standard provides the definition of an asset as plant, machinery, property, buildings, vehicles and other items that have a distinct value to an organization.

The newly published International Standard on AsM ISO55000 [16] provides the following definition: *Coordinated activity of an organization to realize value from assets.*

In this context, apart mining equipment and other entities belonging to a mining company, orebodies it exploits ought also to be considered as its assets.

The “value” has to reflect the combination of stakeholders’ expectations, and the best way of satisfying potentially conflicting ones with available resources. It should take into account the absolute constraints (e.g. legal requirements or physical limits). This approach always involves trade-offs between, or combination of, the different interests (e.g. net present value of short-term plus long-term consequences rather than just immediate performance indicators).

Thus, there are common trade-offs, and the need to optimise the balance between short term and long term goals, between costs, risks and performance outcomes, between capital investment and subsequent operating costs, between asset utilization and asset care (reliability, availability, maintenance) [30].

To be successful, asset management has to be holistic, systematic, systemic, risk-based, optimal and sustainable, implemented in an organization with top management commitment, and supported by competent employees. Asset management has to be holistic in the sense that all elements of the framework have to be covered. Excellence in one area does not make up for a gap elsewhere. Apart physical assets, its design should consider a broader context with other types of assets, including human, information, intangible, and financial assets [5], [16].

As per commonly agreed practice, AsM is no so much about “doing things for assets” but about optimally using them to realize best value for an organization and achieve its strategic goals [30]. In fact, asset management should focus on the total business impact. Good asset management is much more than optimisation tools and techniques – it is more about enterprise’s culture and way of working!

Why Asset Management is important for the mining industry?

Globalization and increased competition are keywords used to describe market’s development worldwide. The ability of mining organizations to realize innovative concepts will be decisive to meet the progressive demands on competitiveness or even to their survival. In this context, they need proper tools, methodologies and processes to rationalize and optimize their asset management related decision-making practice in order to enhance their competitiveness and efficiency. Moreover, mining companies operate in a business, natural, technical, organizational, financial and market environment (hereafter called “business and operational environment”), which is characterized by a high degree of inherent uncertainties. A structured approach regarding a strategic planning and asset management may be helpful in addressing this complexity as it has already been demonstrated in various industries.

The paper aims at proposing a global decision-making framework related to both the strategic planning and asset management in the mining industry.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. Asset Management

The concept of Asset Management is emerging as a ‘mainstream’ expectation for competent organisations, and it is relatively young discipline [30]. It has generated significant interest across various industries and is still maturing. Some important achievements in this field will be discussed below. Those experiences and feed-back may be useful in elaborating an asset management framework for the mining industry.

An essential contribution has been brought by British Standards by publishing its PAS 55 Standard upon Asset Management [5]. This PAS has been developed in consultation with a large number of international organizations and individuals from a wide range of industries that are active and proficient in the field of asset management. It is in principle technology neutral and applicable for any company size. This Standard defines several types of assets: physical, which are within its scope, human, financial, information and intangible (reputation, image, morale, social impact etc.).



The Standard states that an asset management system is designed to support the delivery of an organizational strategic plan in order to meet the expectations of a variety of stakeholders. The organizational strategic plan is the starting point for development of the asset management policy, strategy, objectives and plans [5]. The Institute of Asset Management provided more details and clarifications regarding PAS 55 [30]. British Standard also provided guidelines on how to implement PAS 55 [6]. The essential element of a good management system for assets is the clear connectivity between the organization strategic plan and the on-the-ground daily activities of individual departments (planning, engineering, procurement, operations, maintenance, performance management etc.).

International Standard Organization (ISO) published in January 2014 the International Standard on asset management, ISO55000 which is mainly based on PAS 55 [16]. The Standard is composed of a series of three documents: ISO55000 (Asset management — Overview, principles and terminology); ISO55001 (Asset management — Management systems — Requirements); ISO55002 (Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001). It will certainly be the main application reference in the area of asset management in coming years world-wide.

The nuclear power industry has invested significant efforts in elaborating asset management approaches and methods tailored for its needs and particularities. The work has been mainly performed through Electrical Power Research Institute (EPRI), Institute of Nuclear Power Operations (INPO), Nuclear Energy Institute (NEI), International Atomic Energy Agency (IAEA), utilities, regulatory bodies, as well as numerous universities and various research institutions.

This industry has basically developed Nuclear Asset Management (NAM) process of making operational, resource allocation, and risk management decisions at all levels of a nuclear generation business to maximize nuclear power plant value to stakeholders, while maintaining safety to the public and the plant staff [11]. For supporting nuclear utilities in achieving these goals, the NEI issued AP-940, *Nuclear Asset Management Process Description and Guideline* [15].

The nuclear power industry has also elaborated Risk-Informed Asset Management (RIAM), which is a composite financial/engineering method complementary to NAM that uses risk management technology to support equipment long-term planning and investment decisions at the corporate, fleet, plant, system, or equipment levels of nuclear power organizations. It gives decision-makers improved quantitative information regarding investments in asset management at the levels of individual projects and a portfolio of projects. RIAM optimizes economic values and risks, while maintaining acceptable levels of safety and other stakeholder values [12], [13]. In fact, RIAM provides plant operators with a project prioritization and life cycle management planning tool for making long-term maintenance plans, guiding plant budgeting, and determining the sensitivity of a plant's economic risk to the reliability and availability of systems, structures and components (SSC), as well as other technical and economic parameters [13]. Figure 1 depicts the RIAM conceptual model.

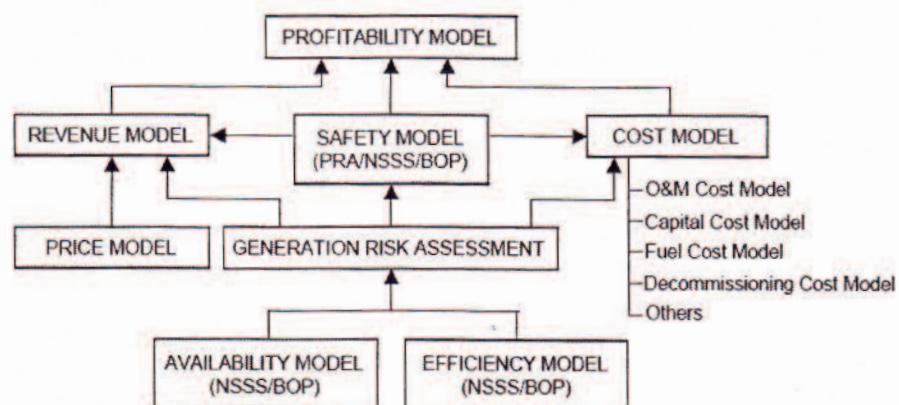


Figure 1. RIAM conceptual model [13]

Some other industry specific processes have also been elaborated. For power distribution systems (power grids) there are several publications, which tackle this topic [1], [7], [9]. The transportation industry has also performed some works in this area [4], [10]. The mining industry starts elaborating some methods related to asset management, but it is at a very beginning [8], [18]. Azapagic and Perdan [3] propose an integrated approach to managing corporate sustainability along whole supply chains. The application of the approach is illustrated by a real case study of a company in the mining and minerals sector. The paper aims at contributing towards a more systematic and structured incorporation of sustainability thinking into corporate practice, as well as providing some practical guidance to mining companies in their efforts to become more sustainable. Knowledge asset management also begins to gain some interest as shown by recent studies [28].



2.2. Forecasting, Uncertainties and Rare Events

Strategic planning and asset management are continuous and long-term activities and commitments of a mining organization. So, forecasting all relevant influence factors of their business and operational environment is vital for practically all economic and business decisions, and represents a key part of a sound decision-making.

Nevertheless, there is some empirical evidence showing that accurate forecasting in the economic and business world is quite challenging due to significant uncertainties, as practically all economic and business activities are subject to events which we are basically unable to predict. Some examples: In the area of economics, who predicted the subprime and credit crunch crises, the Internet bubble, the real estate, savings and loans crises, and other major disasters? In business, who predicted the collapse of Lehman Brothers, Enron or WorldCom? In finance, who predicted the demise of LTCM and Amaranth, or the hundreds of mutual and hedge funds that close down every year after incurring huge losses? [19], [21], [27], [29], [31].

In this context, Makridakis et al, [21] propose a new paradigm: Once we accept that there are known knowns, known unknowns, and unknown unknowns variables which significantly affect forecasting, we can start thinking about the underlying uncertainty in a more systematic manner. The authors argue that in the case of known unknowns, we may be able to estimate and model the uncertainty for some events but not all. It is practically impossible to quantify or model the uncertainty concerning future bubbles in financial or commodity markets, even though one can clearly expect these to occur.

In addition, the society will also continue to face rare often disruptive events that are completely unexpected, and even outside the realm of our imaginations — what Taleb [29] has labelled “Black Swans”². “Black Swan” events really belong to true unknown unknowns variables. This opinion is also shared by other authors [2]. Some researchers use the term “Wildcard” for rare, disruptive events [25], [26].

Thus, estimations of costs of products or projects, future technology, pricing, political and regulatory environment, commodity prices, market developments etc. in the mining industry, and the decisions based on these forecasts are often subject to huge uncertainties.

The fact that forecasts in the mining industry may be inaccurate creates a serious dilemma for decision makers. In the majority of real life situations there may always be doubt as to which the “best” forecast is. In fact, one may conclude that the predictability of the behaviour of practically all complex systems affecting our lives is low due to those uncertainties.

Orrell and McSharry [27], state that complex systems cannot be reduced to simple mathematical laws and be modelled appropriately³. Equations that attempt to represent them are only modest approximations to reality, and are often highly sensitive to external influences and small changes in parameterization or initial conditions. These authors argue that models in complex economic systems can actually be counter-productive if they are taken too literally. Consequently, Orrell and McSharry [27] suggest improving forecasting models by following what is done in systems biology, integrating information from disparate sources in order to achieve such improvements.

On the other hand, physics and engineering have achieved relatively good results in predicting future outcomes (for “mechanical” systems in physics and engineering i.e. *complicated* systems) [14], [22], [23], [24], [27]. By identifying exact patterns and precise relationships, one can extrapolate or interpolate them, to achieve satisfactory forecasts. These patterns can be expressed with exact or almost exact mathematical models. It may be explained by the fact that natural laws ruling in these areas do not change or changes are so slow that can be discarded for the practical purposes. We only need to discover and understand them for an eventual application.

There are at least two types of uncertainty in engineering [20], [32]:

1) Aleatory uncertainty:

It exists when an event occurs in a random manner. This uncertainty can be expressed in terms of probability or frequency. The random equipment failure is a typical example of the aleatory uncertainty. This type of failure is defined as a failure occurring at a predictable rate but at an unpredictable (*i.e.* random) time, which results from one or more of the possible degradation mechanisms in the equipment. A quantitative risk assessment quantifies the aleatory uncertainties upon the occurrences of harmful events.

2) Epistemic uncertainty:

This type of uncertainty has been referred to as state-of-knowledge uncertainty. There would be no epistemic uncertainty when the true value of aleatory uncertainty can be expressed by exact probabilistic numbers. The existence of this epistemic uncertainty makes decision making under risk difficult and controversial. Some authors suggest that epistemic uncertainties should be handled by sensitivity studies rather than uncertainty propagations [20].

Thus, it is important to adequately take into account all above discussed uncertainties while elaborating a sound strategic and asset management decision-making process for the mining industry. If not, mining organizations may face „messy reality” and suffer from major lack of efficiency or even jeopardize their survival.

² “Black Swan” – what does it mean? First, it is an outlier, as it usually lies outside the realm of regular expectations, because nothing in the past can convincingly point to its possibility. Second, it carries an extreme impact. Third, in spite of its outlier status, human nature makes us elaborate explanations for its occurrence after the fact, making it explainable and predictable [29].

³ Mining companies and their business and operating environment are clearly complex systems facing complex issues and problems.



3. GLOBAL MODEL OF STRATEGIC PLANNING AND ASSET MANAGEMENT IN MINING

This paper proposes a global framework regarding the strategic planning and asset management for the mining industry. It tends to integrate all relevant engineering, natural, operational, organisational, economic, financial, as well as other quantitative, qualitative and intangible influence factors in a structured and systematic manner. The impact of uncertainties and complexity of business and operational environment is systematically taken into consideration. Such integrated model has not been considered in existing studies in this field.

The approach also takes into account the impact of rare, disruptive events⁴ on the overall strategic and asset management decision-making. This aspect has been usually neglected in both existing research works and practice despite the fact that it could have severe consequences on the performance of mining companies.

The approach is intended to be generic, applicable and adaptable to any size and any type of mining enterprises. However, it should be stressed that this approach is suggested not for day-to-day decision-making, but rather to strategic and asset management decisions affecting both mid and long term performance, and sustainability of a mining company.

Figure 2 presents a proposed high-level global model (framework) in this regard, which contains six sub-models:

1. Market and revenue sub-model,
2. Sub-model of reliability, availability and maintenance (RAM) factors
3. Sub-model of operations and operational constraints,
4. Cost sub-model,
5. Organisational sub-model, and
6. Sub-model of impact with regard to other influence factors.

The global model has to continuously take into consideration and to integrate overall feed-backs from various sub-models, requirements of continuous improvement, and organisation's strategic orientation including stakeholders' requirements and expectations, sustainable development goals, as well as the impact of risk management constraints (Figure 2).

It should be mentioned that the sub-models and/or their constitutive parts listed here may exist in various forms or have been used in the mining industry. They have been mostly developed by using traditional, deterministic techniques with some improvements by probabilistic approaches. However, additional research works are needed in order to identify and map uncertainties and parts in those sub-models where the complexity attributes dominate. In such cases, they may be enhanced to reflect the complexity of business and operational environment of mining companies.

In the end, it is necessary to perform a final, coherent integration of these sub-models into a definitive, holistic transition function representing a final decision-making model (Figure 2). The later should adequately reflect the whole complexity of the business and operational environment in the mining industry.

⁴ Such events may have external or internal origin. They can vary in intensity and duration, and usually include, but are not limited to: natural disasters and severe weather conditions, sharp or long economy declines, financial and market crashes, major industrial accidents, major failures of critical assets, their loss or theft, loss of key expertise, major labour conflicts, loss of key suppliers, prolonged loss of power or energy supply, major legal pursuits, payment defaults or a loss of major customers, new laws and regulations radically changing regulatory environment, extremely negative treatment in mass-media causing an unfavourable business environment, radical political changes or lasting political turmoil, terrorist attacks, wars and armed conflicts or any plausible combination of those events. Obviously, all above enumerated events are not applicable to all mining organizations, and certain may be missing. A selection of credible events in a specific context should be performed. Such events are related to "known-unknown" uncertainties i.e. it is known that they may occur (they are not entirely unexpected), but it is usually unknown when they would happen (probability of occurrence, which is generally small), and what would be their duration, and the gravity of consequences.

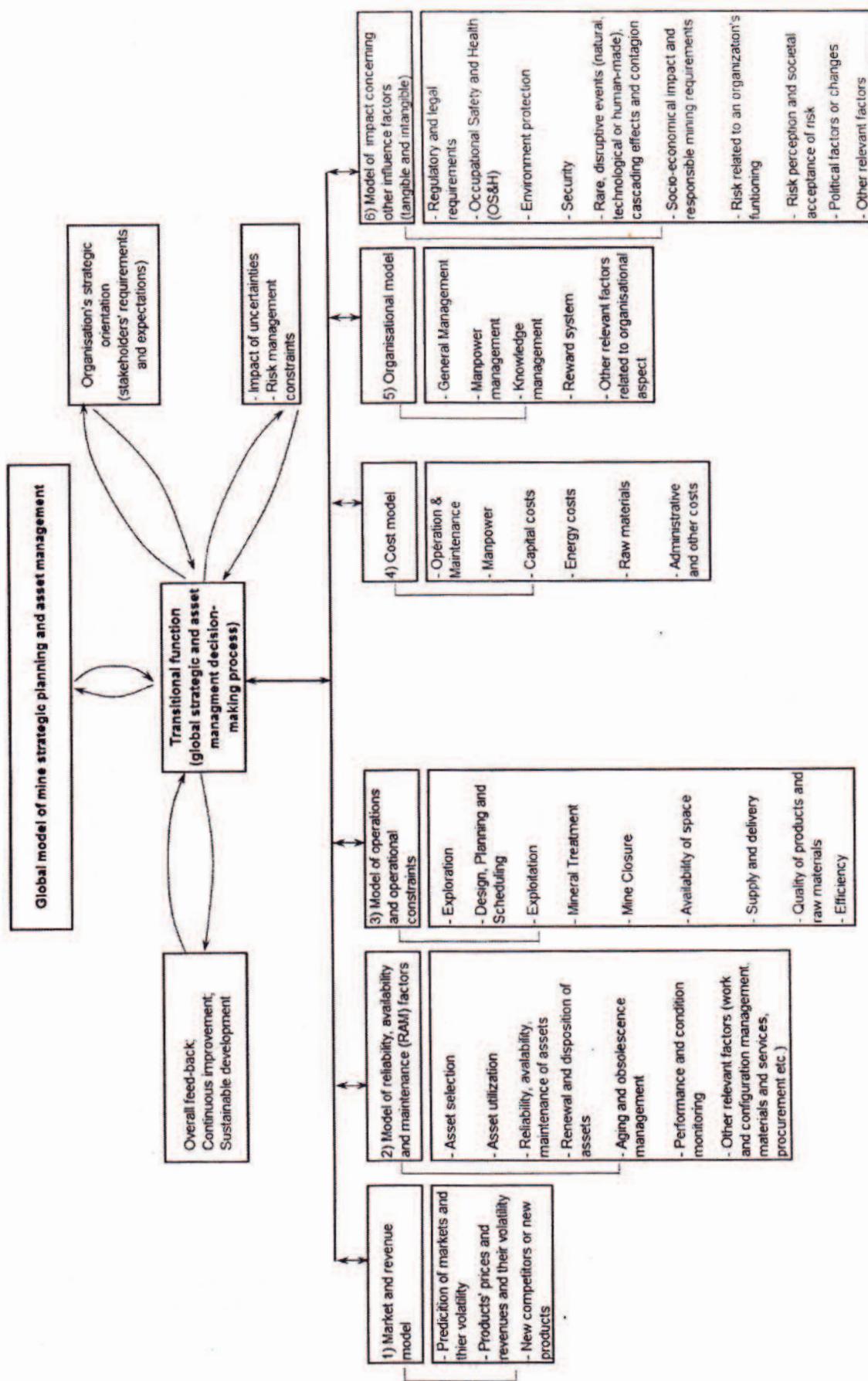


Figure 2. Global model of mine strategic planning and asset management



4. CONCLUSION

Facing tough competition, mining companies worldwide are constantly forced to produce more at lower cost. They are also confronted to a highly complex business and operational environment which also includes intrinsic uncertainties related to business, natural, technical, technological, organizational, regulatory, legal, financial, market, environment influence factors. The strategic planning and a sound asset management play a key role in this environment.

In such a context, the mining industry tends to develop various processes and approaches, which may enable addressing these issues. They are often based on traditional approaches which are generally unable to adequately grasp and tackle the above mentioned complexities and uncertainties. The paper presents an approach for strategic and asset management decision-making framework for mining companies.

The mining industry has not yet developed its own adequate decision-making framework for this purpose contrary to some achievements and experience in other industries. Once elaborated and adapted to mining, it may assist decision-makers in key decision-making processes and asset management by providing more realistic insights. The proposed approach may easily complement existing traditional approaches and also intends to integrate them into a holistic process.

The proposed model may bring some tangible benefits to mining companies. They include, but are not limited to (see also [5]):

- Elaboration of a robust and integrated strategic and asset management decision-making framework with a rigorous scientific and technical basis;
- Increased robustness, resilience and flexibility of mining organizations facing numerous uncertain future scenarios including plausible rare, disruptive events;
- Optimised return on investment and growth;
- Long-term planning, and performance sustainability;
- The ability to demonstrate best value-for-money within a constrained funding regime;
- Compliance with regard to the required standards and legislation;
- Improved health, safety and environmental performance;
- Improved corporate reputation, and benefits which may include enhanced shareholder value, better staff satisfaction and more efficient and effective procurement from the supply chain; the ability to demonstrate that sustainable development is actively considered within the strategic planning and management of the assets over their life cycles.

The mining industry also needs to better understand the scope, benefits and challenges of application of the concept of asset management. It should be investigated through both future research and actual applications. They include, but are not limited to:

- Develop a detailed model of mine strategic planning and asset management
- Analyse and define a right balance between the use of traditional and novel approaches. It also includes reasonable combinations of those two approaches within a global methodology.
- Define and characterise more accurately the nature and strength of interconnections between sub-models and their constitutive parts as well as associate uncertainties.
- Pursue detailed studies of sub-systems and constitutive parts of the global model in order to achieve a better understanding and refine the global model
- Identify and map in a more detailed way associated characteristics of complexity for both sub-systems and their constitutive parts
- Conceive and carry out some pilot projects with actual mining enterprises in order to validate the model, and to acquire a better understanding of the approach.

It is also worth emphasizing that similar approaches may be developed for other industries.

5. REFERENCES

1. Adoghe, A.U., Awosome, C.O.A., Ekeh, J.C. (2013), Asset Maintenance Planning in Electric Power Distribution Network Using Statistical Analysis of Outage Data, *Electrical Power & Energy Systems*, 47, 424-435
2. Aven, T. (2013), On the Meaning of a Black Swan in a Risk Context, *Safety Science*, 57, 44-51.
3. Azapagic, A and Perdan, S. (2010), Corporate sustainability management: a methodology and a case study in the mining and minerals sector, *Int. J. of Mining and Mineral Engineering*, Vol.2, No.4, 310 - 337
4. Ballis, A., Dimitriou, L. (2010), Issues on Railway Wagon Asset Management Using Advanced Information Systems, *Transportation Research Part C*, 18, 807-820
5. British Standard Institution BSi, (2008), *PAS 55-1: 2008, Asset Management, Part 1: Specification for the optimized management of physical assets*, Standard.
6. British Standard Institution BSi, (2009), *PAS 55-2: 2008, Asset Management, Part 2: Guidelines for the application of PAS 55-2*, Standard.



7. Catrinu, M.D., Nordgard, E.E. (2011), Integrating Risk Analysis and Multi-Criteria Decision Support under Uncertainty in Electricity Distribution System Asset Management, *Reliability Engineering and System Safety*, 96, 663-670
8. Cornford, A, (2014), *How can Asset Management be the Path to Financial Enlightenment?*, 2014 SME Annual Meeting & Exhibit, *Leadership in Uncertain Times*, February 23-26, 2014, Salt Lake City, Utah, USA
9. Dashti, R., Yousefi, S. (2013), Reliability Based Asset Management in Electrical Distribution Systems, *Reliability Engineering and System Safety*, 112, 12-136
10. Dorman, D.L. (2002), Asset Management: Remedy for Addressing the Fiscal Challenges Facing Highway Infrastructure, *International Journal of Transport Management*, 1, 41-54
11. Electric Power Research Institute, *Nuclear Asset Management (NAM) Process Model*, EPRI, 1015091, Palo Alto, CA, 2007
12. Electric Power Research Institute, Risk-Informed Asset Management (RIAM), Method, Process, and Business Requirements, EPRI, 1009632, Palo Alto, CA: 2005
13. Electric Power Research Institute, *Risk-Informed Asset Management (RIAM), Development Plan*, EPRI, 1006268, Palo Alto, CA, 2002
14. Graça, D.S. (2012), Noncomputability, unpredictability, and financial markets, *Complexity*, 6, vol. 17, 24-30
15. Huffman, K., (2007), *Nuclear Asset Management, Presentation Power Point*, EPRI, January 2007 ERWG Meeting
16. ISO55000, (2014), *Asset Management – Overview, Principles and Terminology*, International Standard
17. Jardine, A.K.S., Tsang, A.H.C. (2013), *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications, Second Edition*, CRC Press; Taylor&Francis Group, Boca Raton, London, New York.
18. Komljenovic, D. (2007), Development of Risk-Informed, Performance-Based Asset Management in Mining, *International Journal of Mining Reclamation and Environment*, 22:2; 145-153
19. Kreye, M.E., Goh, Y.M., Newnes, L.B., Goodwin, P. (2012), Approaches to Displaying Information to Assist Decision Under Uncertainty, *Omega*, 40, 682-692
20. Kumamoto, H. (2007), *Satisfying Safety Goals by Probabilistic Risk Assessment*, Springer Series in Reliability Engineering series ISSN 1614-7839, Springer-Verlag London Limited
21. Makridakis, S., Hogarth, R.M., Gaba, A. (2009), Forecasting and Uncertainty in the Economic and Business World, *International Journal of Forecasting*, 25, 794-812
22. Makridakis, S., Taleb, N. (2009a), Decision-Making and Planning Under low Levels of Predictability, *International Journal of Forecasting*, 25, 716-733.
23. Makridakis, S., Taleb, N. (2009b), Living in a World of low Levels of Predictability, *International Journal of Forecasting*, 25, 840-844.
24. Mandelbrot, B., Taleb, N. (2006), *A focus on the exceptions that prove the rule*, Financial Times, March 23th, 2006, <http://www.ft.com/intl/cms/s/2/5372968a-ba82-11da-980d-0000779e2340.html#axzz2mDpbON9> (accessed on 2014/11/06)
25. Markmann, C, Darkow, I-L, Von der Graht, H. (2013), A Delphi-Based Risk Analysis — Identifying and Assessing Future Challenges for Supply Chain Security in a Multi-stakeholder Environment, *Technological Forecasting & Social Change*. 80, 1815-1833
26. Mendonça, S., Pina e Cunha, M., Ruff, F., Kaivo-oja, J. (2009), Venturing into Wilderness, Preparing for Wild Cards in the Civil Aircraft and Asset-Management Industries, *Long Range Planning*, 42, 23-41
27. Orrell, D., McSharry, P. (2009), System Economics: Overcoming the Pitfalls of Forecasting Models via a Multidisciplinary Approach, *International Journal of Forecasting*, 25, 724-743
28. Schiuma, G., Carlucci, D., Sole, F. (2012), Applying a Systems Thinking Framework to Assess Knowledge Assets Dynamics for Business Performance Improvement, *Expert Systems with Applications*, 39, 8044-8050
29. Taleb, N. (2010), *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable (Second Edition)*. Random House Trade Paperbacks, New York
30. The Institute of Asset Management, (2012), *Asset Management – an Anatomy, Version 1.1*, <http://theiam.org/knowledge> (accessed on 2014/11/06)
31. Triana, P. (2009), *Lecturing Birds on Flying: Can Mathematical Theories Destroy the Financial Markets?*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey
32. U.S Nuclear Regulatory Commission (NRC), (2013), *Guidance on the Treatment of Uncertainties Associated with PRAs in Risk-Informed Decision Making - Draft Report for Comments (NUREG-1855, Revision 1)*, Washington, DC 20555-0001

Nicolae Daniel Stoica¹

Preliminary notes

TOWARDS THE USING OF ENERGY DISSIPATION OPTION IN ETABS PROGRAM

Summary: Determining the damage regions of a structure (even it is only about the tendencies) concerning all structural vulnerabilities, otherwise than using building physical natural models and testing them in laboratory conditions, just using computational models and structural design programs (ETABS, SAP2000) is a goal of all specialists in the field.

Key words: ETABS, virtual, work, energy, dissipation.

THE PAPERS' TITLE IN BOSNIAN, SERBIAN, CROATIAN IN SEVERAL LINES IF NECESSARY (STYLE PAPERTITLE)

Summary in Bosnian, Serbian, Croatian: (Style SummTitle) This part of the first page is reserved for Summary in Bosnian, Serbian, Croatian . The Editorial Board will make the translation of yours Summary in English, approximately in the same number of lines. Style **Summary**. Please, leave the empty space until the end of the first page and begin with the text of paper at second page. Fill the footnote with author's (and co-author's) data.

Key words in Bosnian, Serbian, Croatian: (Style SummTitle) The Editorial Board will make the translation of yours Key Words. Maximum 10 key words, i.e., two lines. Style **Summary**.



1. INTRODUCTION

Although used for thousands of years, the masonry as a building material is still not sufficiently well known. For most young engineers, the using of masonry for structures (in the form of ceramic blocks or solid bricks, various mortars, unreinforced or reinforced or confined) by all the calculations requests to be made, according to both Romanian codes P100 (Eurocode 8) and CR6 (Eurocode 6) begin to be easily avoided passing to other structural types.

Reinforced concrete theory provides answers much easier to understand and easier to apply, so it is more convenient to accept a reinforced concrete structure (a frame or dual one) instead of masonry building with structural masonry walls.

Generally speaking, when theorists cannot consistently establish a behavior theory (or a constitutive law) for a structural material and for the structures made with this material, appeals to testing models, preferably in natural scale.

Costs are absolutely significant and the models cannot be no matter how large, depending of the height of laboratories, shaking table surface and weight they can carry, etc. And it should be noted that no laboratory (usually private) will build a natural model directly on the shaking table, careless of the material engineered in the structure, because it means that during that period, the shaking table is unusable. It is not economically acceptable to have the shaking table "locked" because it must work to obtain funds for laboratories. Actual models are built in another area of the laboratory and then are moved on the shaking table. For this reason, the weight patterns cannot be higher than existing equipment can carry in laboratories.

Determining the damage regions of a structure (even it is only about the tendencies) concerning all structural vulnerabilities, otherwise than using building physical natural models and testing them in laboratory conditions, just using computational models and structural design programs (ETABS, SAP2000) is a goal of all specialists in the field.

2. ABOUT THE USING OF ENERGY DISSIPATION

In what follows we try the comparisons between structural responses for real models and numerical models, determining a method to provide sufficiently clear answers and precise about the behavior and tendencies.

As a "tool" to work is preferably using a computer program very well-known and appreciated by specialists who have decades of testing and successive improvements: ETABS, in the latest 2013 version 3.1.3. Practically 99% of all the world's major buildings were designed with the program. After the appearance like mushrooms of dozens of similar programs, answers more or less similar, yet it is not hard to say that the "old" ETABS in a young shape version remains a leader of structural analysis tools. And that there is an inter-communication continues with similar oriented products, the same company offers unlimited solutions.

To determine the damage trends or tendencies, with structural responses in the form of dissipated energy (called virtual work, in the program) can get very specific information.

Using simplified calculations with strong seismic forces introduced as "unitary" or basic seismic base coefficient, regardless of the intensity of the forces, the program provides clear trends/tendencies of energy dissipation in the structure.

This is provided in percent and going the simple idea that any damage means to exceed 50%, low (50-60 %), moderate (70-80 %) or heavy (90-100 %) can form a general picture on the entire structure behavior.

Knowing the sensibilities or structural vulnerabilities, experts can focus their efforts in order to avoid or mitigate them so that they can be avoided local collapses and especially progressive collapses inevitably lead to general collapse, significant loss of lives and economic.

So after all the studies conducted and are presented in what follows, concluded that using structural responses provided in the form of dissipated energy is favorable for engineers and scientists.

Research purposes, starting from the information coherent and concrete can be made specific and complex computational models that provide answers clear enough for theorists to create rules, simple, easy to use and clear, instead of copying formulas given by various specialists from different areas of the world, using different units of measurement.

After you have used dozens of types of modeling, simple or complex, with a much more cumbersome responses obtained, it seems that the simplest form "picture" of energy dissipated in a structure (in this paper of masonry, but in the end it does not matter any type of structure or material) offers the most natural responses on upcoming degradation and especially areas where they will develop.

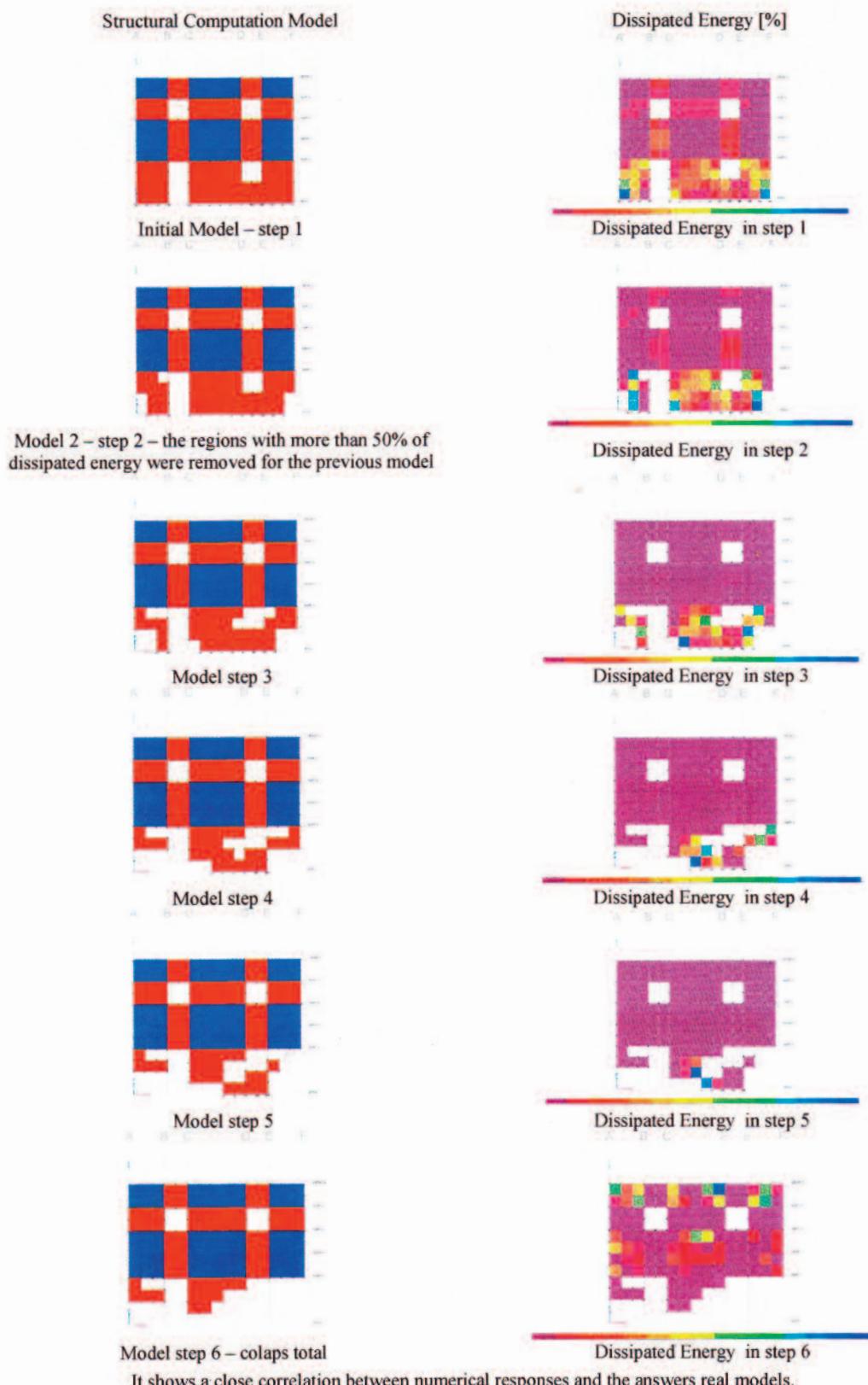
Next studies (four in number) come mainly from attempts to achieve numerical validations on seismic tests performed on shaking tables.

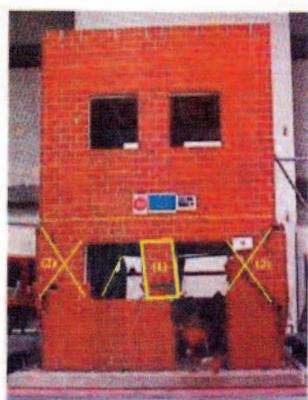
After determining failure modes and areas of sensitivities or vulnerabilities, engineers will know what they have to do.



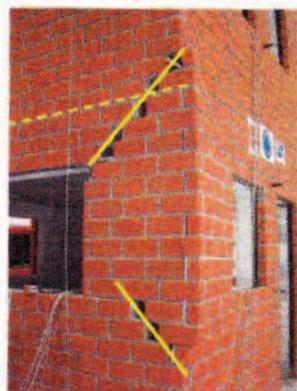
3. STUDY CASES – VERSION 1 – WALL 1

- Red areas models - real characteristics masonry spandrels and piers
- Blue areas models - infinitely rigid joints





a - Real Model 1

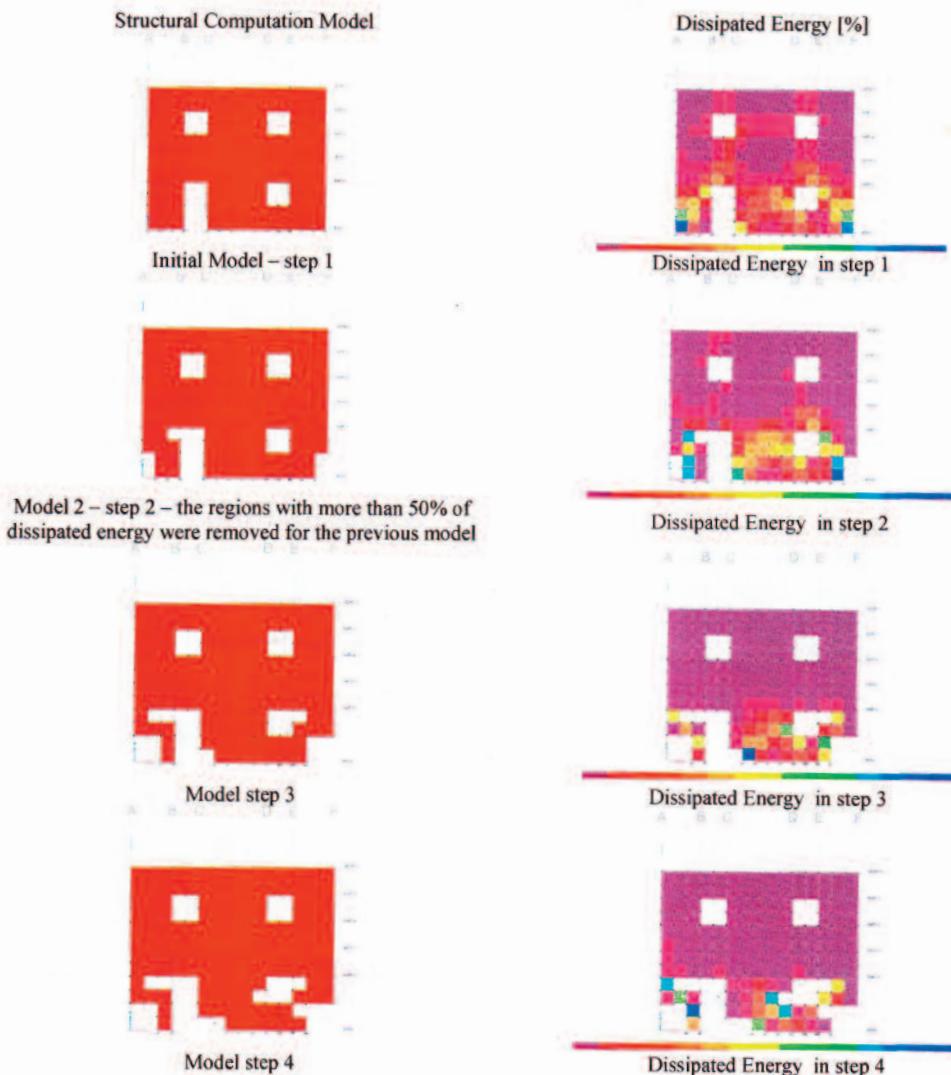


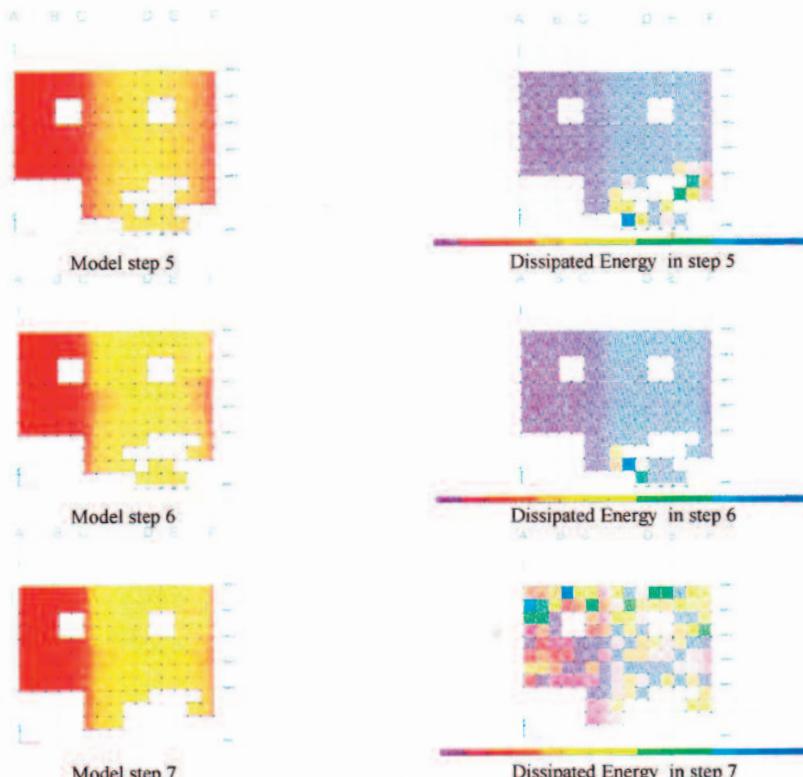
b - Real Model 2

Figure 1. The colaps mechanisms of the models

4. STUDY CASES

- Red areas models - real characteristics masonry spandrels and piers
- Blue areas models – normal/real joints





It shows a close correlation between numerical responses and the answers real models.
Table 2. Figures with models and energy dissipation

It is found that there is not a big difference between the models with rigid joints and the normal joints behavior both types of models are relatively similar in terms of dissipated energy. The difference consist just in one step more.

Between variant modeling with rigid nodes and the normal nodes are found with a difference of two steps before collapsing, but ultimately it is but a matter of modeling and model your response time. Finally, the behavior is correct, and the same. It can thus be considered, taking into consideration the calculations that follow, that whatever type of modeling local convergence and partial collapses the general collapse is the same.

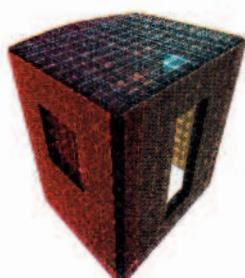
For these models tested at LNEC Lisbon Laboratory, the answers were similar for the real 3d models on the shaking table and the models "tested" in the ETABS program.

After the first sets of tests, both on shaking tables and by numerical procedures, the failure mechanisms obtained are more or less similar. [5-10]

5. STUDY CASES – VERSION 3 – MODEL 1 – CERAMIC BLOCKS

- Unreinforced masonry with ceramic blocks with RC slab

Structural ETABS computation model

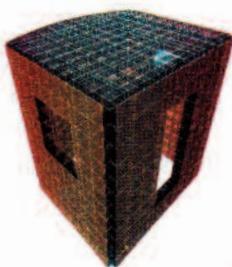


Front wall – initial

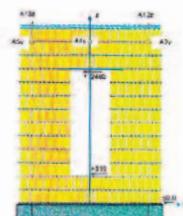
Real 3d model tested on the ISMES shaking table



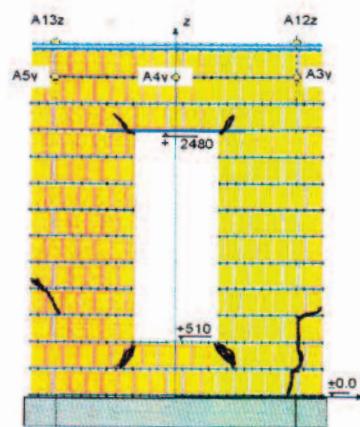
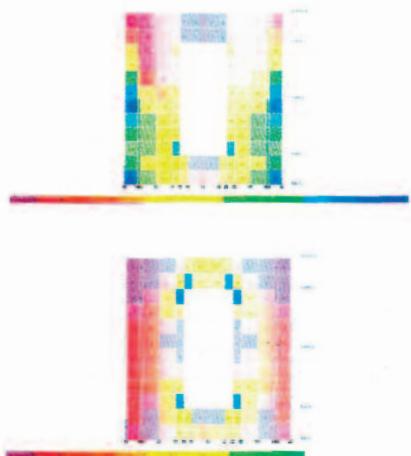
Real 3d model tested on the ISMES shaking table



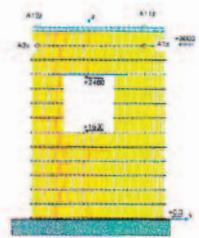
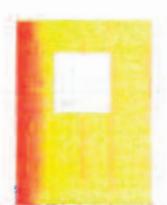
Front wall – initial



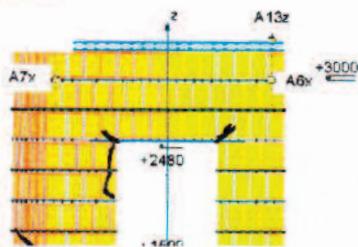
Front wall – after tests



Front wall – after tests



Lateral wall – after tests



In the tests carried out on the shaking table the following schedule were followed it resulted a template of collapse mode. [1-4]

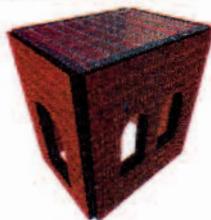
6. STUDY CASES – VERSION 4 – MODEL 2 – SOLID BRICKS

- Unreinforced masonry with solid bricks with wooden slab

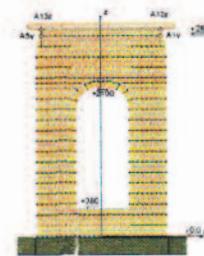
One can observe a strong correlation between the shaking table faults and indications provided by the energy dissipated in models made with ETABS program.

Most fissures and cracks found are pierced. For solid bricks the fragile / brittle premature failures did not find. Usually the solid bricks fissure later than the cored/ceramic blocks.

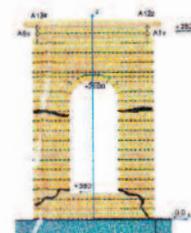
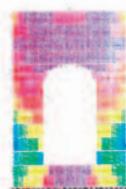
Structural ETABS computation model



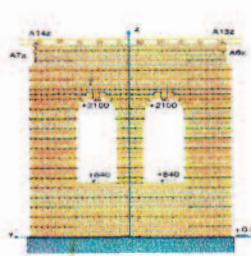
Real 3d model tested on the ISMES shaking table



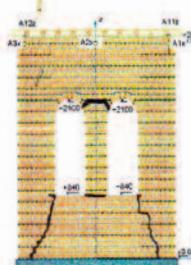
Front wall – after tests



Lateral wall - initial



Lateral wall – after tests



Rare wall – initial

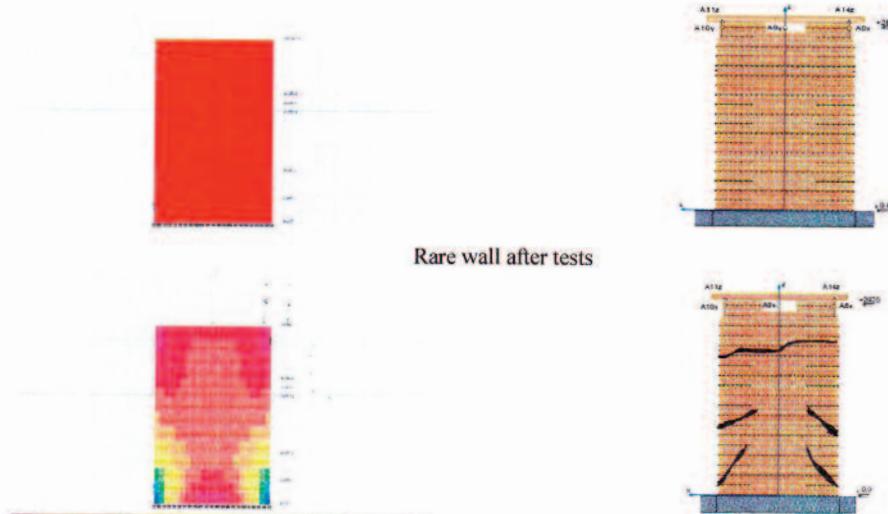


Table 4. Figures with models and energy dissipation

In the tests carried out on the shaking table the following schedule were followed it resulted a template of collapse mode. [1-4]

7. GENERAL CONCLUSIONS

Using a numerical tool - the program ETABS 2013 - models were made similar to the real 3D structural model analysis carried onto shaking table. It is found that the structural responses of the 3D system analysis form of the energy dissipation pattern provide sufficiently close the collapse tendencies like in the real 3D shaking table procedure.

It is estimated that in the future, based on dissipated energy paths, depending on the size of the finite element (FE) using numerical models provides sufficient information about the structural vulnerabilities, so to avoid the realization of real expensive models. It is found that the structural responses of the a 3D system calculation by the form of dissipated energy provide sufficiently close the same results to what was found in the real model.

8. REFERENCES

1. Sofronie, R., Bergamo G., Stoica, D., Toanchina, M., „Civil structures of reinforced masonry without rc-structural members”. *Proceedings of the National Convention on Structural Failures and Reliability of Civil Structures*. University of Architecture, Venice 6-7 December 2001, pp.347-358.
2. Sofronie, R., Bergamo G., Stoica, D., Toanchină, M., „Seismic response of masonry buildings reinforced with polymer grids.” *Third World Conference on Structural Control* Como – Italy 7-12 April 2002;
3. Sofronie, R., Bergamo G., Stoica, D., Toanchină, M., „Buildings of composed masonry with cored or solid bricks?” *Proceedings of the XXX IAHS Congress on Housing*. 9-13 September 2002, University of Coimbra – Portugal
4. Sofronie, R., Franchioni, G., Bergamo G., Stoica, D., Toanchină, M., „Masonry irregular buildings reinforced with polymer grids” *Proceedings of the 3rd European Workshop on Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures*. 17-18 September 2002, Florence, Italy
5. Plumier A., Doneux C., Caporaletti V., Ferrario F., Stoica D., Guide technique parassismique belge pour maisons individuelles, SSTC, Universite de Liege
6. Plumier,A., Stoica, D., – Seismic behavior of non-engineered masonry structures / First part – Synthesis on numerical modelling of masonry walls behavior / First draft – March 2003 – University of Liege – Belgium
7. Plumier,A., Stoica, D., — Seismic behavior of non-engineered masonry structures / Second part – The optimization of simple numerical methods able to simulate the behavior of masonry structures / First draft – May 2003 – University of Liege – Belgium
8. Plumier,A., Stoica, D., – Seismic behavior of non-engineered masonry structures / Third part - Towards the comparisons of different masonry analysis models and methods / First draft – August 2003 – University of Liege – Belgium
9. Plumier,A., Stoica, D., – Seismic behavior of non-engineered masonry structures - Fourth Part - Development of Design Tools for Masonry Structures / First draft November 2003 – University of Liege – Belgium
10. Plumier,A., Stoica, D., – About connection forces between slabs and structural walls during the horizontal and vertical seismic action - University of Liege Review – October 2003

Ruža Čeliković¹
Edis Imamović²
Rusmir Salihović³

Originalni naučni rad

ANALIZA PODATAKA KONTINUIRANOG GNSS MJERENJA NA PODRUČJU JAME TUŠANJ ZA PERIOD 2011-2013. GODINE

Sažetak: Metode GPS/GNSS sve su prisutnije u realizaciji geodetskog monitoringa. Kontinuirani monitoring u zoni uticaja rudarskih radova mogao bi pružiti novi kvalitet u sprečavanju posljedica rudarske aktivnosti. Kontinuirano geodetsko praćenje bilo bi osnova za utvrđivanje trenda konsolidacije terena na osnovu kompleksne analize podataka cijelokupnog monitoringa koji se obavlja.

Problem uticaja rudarske aktivnosti prisutan je i na području Tuzle. U zoni uticaja eksploatacije tuzlanskog sonog ležišta još je aktivan proces pomjeranja terena, tako da se i dalje vrše geodetska mjerena za praćenje navedenog procesa. U okviru NATO projekta, pored ostalog, nabavljena je, i uvedena u rad, GNSS oprema za kontinuirana GNSS mjerena. Od 2010. godine, pored periodičnih, vrše se i kontinuirana GPS mjerena. U cilju sagledavanja mogućnosti primjene navedene tehnologije, analizirani su podaci prikupljeni ovom tehnologijom za GNSS monitoring stanici na području Tušnja.

Ključne riječi: Monitoring, pomjeranje, eksplatacija, GNSS, referentna stanica, monitoring stanica.

DATA ANALYSIS OF THE CONTINUOUSLY GNSS SURVEYING THE MINING PIT TUŠANJ FOR THE PERIOD 2011-2013 YEAR

Summary: GPS/GNSS methods are becoming more frequent in the implementation of monitoring. Continuous monitoring in the zone affected by mining activities could provide a new quality in the prevention of the consequences of mining activities. Continuous geodetic monitoring would be the basis for the calculation of the consolidation of terrain based on a complex analysis the overall monitoring data which already in progress.

The Problem of influence of mining activities is also present in the Tuzla area. In the zone of influence the exploitation in Tuzla's salt deposits, the process of moving field is still active, and because of that is continues with geodetic measurements and monitor this process. Within of the NATO project, among other things, is purchased and placed in the work GNSS equipment for continuous GNSS measurements. Since 2010., besides the periodic, are performed and performing the continuous GPS measurements too. In order to analyze the possibilities of applying these technologies, we analyzed the data collected by this technology for GNSS monitoring station in the area Tušnja.

Key words: Monitoring, movements, exploitation, GNSS, reference station, monitoring station

¹ Prof. Ruža Čeliković, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, ruza.celikovic@untz.ba

² Mr. Edis Imamović, dipl. ing. geod. Općina Tuzla, imamovi_edis1983@hotmail.com

³ Mr. Rusmir Salihović, dipl. ing. geod. Općina Tuzla, rusmirs@tuzla.ba

1. UVOD

Rudarska eksploatacija mineralnih sirovina neminovno dovodi do prostornih promjena na području rudarskih radova. Podzemna eksploatacija za posljedicu ima razvoj procesa pomjeranja stijenskog masiva i površine terena u zoni rudarskih radova. Manifestacija ovih procesa na površini terena ogleda se u promjeni karakteristika površine terena koja je u funkciji vremena. Razvoj procesa stvara rizik od nastanka materijalnih šteta, ponekad i sa katastrofalnim posljedicama. Zbog toga postoji i zakonska obaveza rudnika da, prije svega, geodetskim metodama, prati ponašanje površine terena u zoni uticaja rudarskih radova. Razvoj novih tehnologija omogućio je i razvoj novih metoda za prikupljanje prostorno-vremenskih podataka, pa tako i podataka o prirodnim i tehnogenim procesima vezanim za površinu Zemlje.

Tehnologija satelitskog pozicioniranja (GNSS) sve je prisutnija u svim sferama ljudske djelatnosti. GNSS tehnologija podrazumijeva aktuelne sisteme pozicioniranja GPS i GLONASS, kao i sisteme u razvoju (GALILEO, COMPASS). Posebna oblast primjene metoda satelitskog pozicioniranja, odnosno metoda GNSS mjerjenja je u praćenju prirodnih i tehnogenih procesa vezanih za površinu terena.

Praćenje navedenih procesa uobičajeno je preko određenog skupa diskretnih tačaka. GNSS tehnologija pruža mogućnost i kontinuiranog praćenja u vremenu. Za praćenje procesa koriste se ponovljena ili kontinuirana GNSS mjerjenja na fizički stabilizovanim tačkama (tačkama pasivne ili aktivne referentne osnove/mreže).

Proces pomjeranja površine terena, sa drastičnim posljedicama, karakterističan je za grad Tuzlu. Ležište soli u Tuzli se nalazi ispod gradskog područja. Dubina zalijeganja je promjenljiva i kreće se od cca 150 metara u jugoistočnom dijelu, do cca 600 metara, u sjeverozapadnom dijelu ležišta /7/. Industrijska proizvodnja slane vode započela je 1886. godine, u istočnom dijelu ležišta na reviru Trnovac-Hukalo, crpljenjem slane vode putem dubokih bušotina (sonih bunara). Intenzivna prizvodnja slane vode uzrokovala je intenzivna pomjeranja i deformacije terena u urbanom području grada, sa drastičnim posljedicama na objekte /5/. Eksploatacija kamene soli jamskim putem počinje 1967. godine. U periodu od 1983. do 1991. godine, pored nekontrolisanog izluživanja na reviru Trnovac-Hukalo, vrši se i kontrolisano izluživanje iz prostorija jame "Tušanj".

Zbog posljedica eksploatacije donesena je odluka o prestanku eksploatacije tuzlanskog sonog ležišta. U periodu 2002.-2004. godine izvršeno je potapanje jame "Tušanj". U periodu od marta 2006. do maja 2007. godine vrši se postupna obustava eksploatacije na sonim bunarima /3/. Rudnik soli Tuzla i općina Tuzla i nakon obustave eksploatacije vrše periodična geodetska mjerjenja.

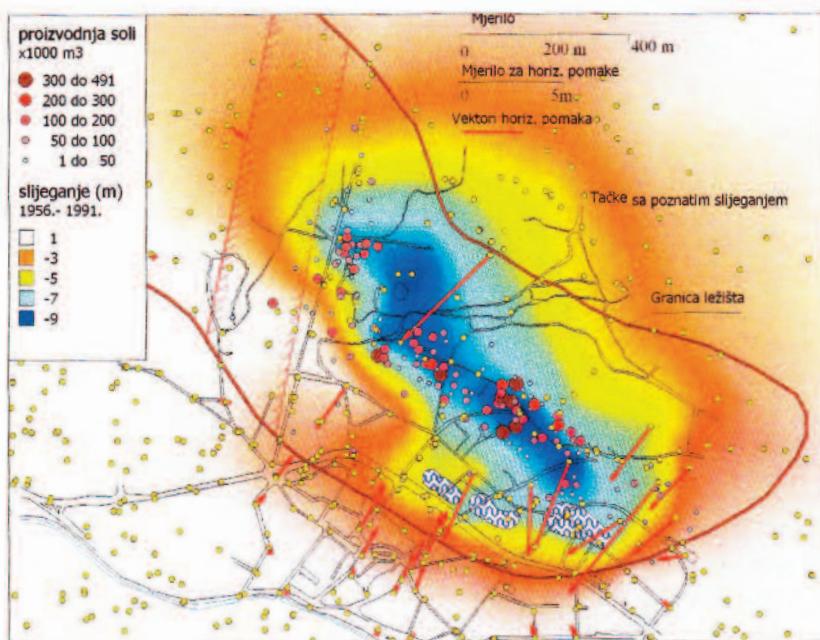
'Slijeganje' terena u zoni uticaja eksploatacije tuzlanskog sonog ležišta trenutno je ograničavajući faktor u prostornom planiranju Tuzle, odnosno planiranju korištenja zemljišta. Za potrebe prostornog planiranja općina Tuzla je, 2013. godine, pokrenula novi projekat geodetskog praćenja ponašanja terena u zoni uticaja eksploatacije sonog ležišta Tuzla. Ovim projektom će biti objedinjena rudnička i općinska mjerjenja.

Takođe, u okviru istraživanja kroz NATO projekat izvedene su, 2011. godine, dvije serije mjerjenja GNSS tehnologijom /4/. Pored ovih mjerjenja, u okviru NATO projekta, nabavljena je i uvedena u rad oprema za kontinuirano GNSS praćenje položaja monitoring stanica /5/. U nastavku će biti prezentovani rezultati kontinuiranog GNSS praćenja na lokalitetu Tušanj. Za informaciju dat je kratak prikaz dosada registrovanih pomjeranja geodetskim metodama.

2. PRAĆENJE POMJERANJA POVRŠINE TERENA U TUZLI

U cilju praćenja i izučavanja samog procesa pomjerenja površine terena mjerena u cilju određivanja prostornih koordinata, odnosno promjene položaja stabiliziranih tačaka. Nakon 1991. godine geodetska opažanja vršena su u smanjenom obimu i sa neujednačenim vremenskim razmakom.

Broj opažanih tačaka se mijenja tokom vremena. Za period do 1991. godine, postoji oko 330 tačaka sa poznatim vertikalnim pomjerenjem, a oko 40 tačaka sa poznatim horizontalnim pomjerenjem /2/. Na slici 1 prikazane su tačke za koje su poznata vertikalna pomjerenja/slijeganja za period 1956. - 1991. godine i model ulegnuća generisan na osnovu slijeganja u datim tačkama. Maksimalno slijeganje, za ovaj period, je preko 9 metara. Maksimalno horizontalno pomjerenje za ovaj period iznosilo je oko 6,7 m /1/. Na slici 1 horizontalna pomjerenja su prikazana kao vektori. Pored tačaka sa poznatim pomjerenjem prikazani su i eksploracioni bunari. Veličina simbola za bunare proporcionalna je ukupnoj proizvodnji pojedinih bunara. Za orijentaciju, prikazan je dio ulica iz 1965. godine kao i vještačka jezera izgrađena nakon 2006. godine u zoni najvećih slijeganja.



Slika 1. Opažane tačke i pomjerenja u zoni eksploracije tuzlanskog sonog ležišta (1956.-1991.)

2.1. Praćenje pomjerenja terena tokom obustave eksploracije

U sklopu projekta potapanja jame „Tušanj“ predviđena su geodetska opažanja tačaka stabiliziranih iznad jame Tušanj. Od aprila 2002. do jula/avgusta 2004. godine izvedeno je pet serija mjerena. Opažano je oko 200 tačaka, a za 78 tačaka poznato je vertikalno pomjerenje za navedeni period /3/. Registrovano slijeganje iznad jame Tušanj, za period od 27 mjeseci, iznosilo je do 0,092 m.

Tokom planske obustave rada sonih bunara, prema Dopunskom rudarskom projektu (DPR), takođe su vršena geodetska mjerena za određivanje kako vertikalnih tako i horizontalnih pomjerenja. Geodetska mjerena su nastavljena i nakon prestanka eksploracije. Od juna 2007. do novembra 2012. godine realizovano je više serija mjerena sa različitim brojem opažanih tačaka. Maksimalno slijeganje na lokalitetu Trnovac registrovano je na tačkama koje nisu opažane u svim serijama. Za period od oktobra 2008. do novembra 2012. godine je registrovano slijeganje od 0,532 m. Ovo pokazuje da se i nakon prestanka eksploracije mogu očekivati zнатна pomjerenja.

3. KONTINUIRANO PRAĆENJE POMJERANJA TERENA

Marta 2009. godine počela je realizacija Nato projekta (Development of a Monitoring NATO Project EPS.EAP.SFP 983305) "System to Counter manage the Risks of Subsidence Deformation on the Population of Tuzla (Bosnia)" u koji su uključeni, pored predstavnika RGGF-a Univerziteta u Tuzli i predstavnika Univerziteta iz Bolonje, i predstavnici opštine Tuzla i Tuzlanskog kantona. Cilj projekta bio je nabavka opreme za monitoring u zoni uticaja eksploracije tuzlanskog sonog ležišta/5/. Za potrebe geodetskog monitoriga, pored ostalog, nabavljena je GNSS oprema za kontinuirana GNSS opažanja.

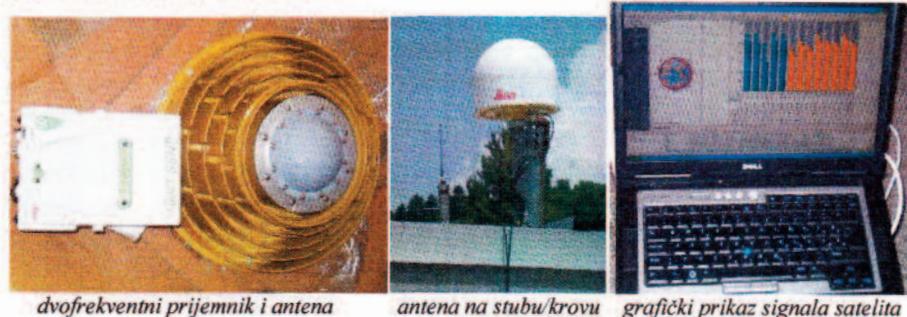
3.1. Sistem za kontinuirano praćenje pomjeranja

U okviru NATO projekta nabavljena je, pored ostalog, GNSS oprema za kontinuirana GNSS opažanja, koja se sastoji od:

- GNSS referentne stanice (prijemnik GRX1200+GNSS, antena AT504 GG) (Slika 2.)
- GNSS monitoring stanica (prijemnik GMX902 GG, antena AX1203+GNSS)

Ove GNSS stanice povezane su u sistem putem internet veze.

Programske komponente sistema su Leica GNSS Spider i GNSS QC. Leica GNSS Spider je softver za centralizovano kontrolisanje i rad za jednu referentnu stanicu ili mrežu referentnih stanica kao i prikupljanje i distribuciju podataka sa senzora. GNSS QC softver služi kao dodatak Leica GNSS Spideru za praćenje kvaliteta GPS/GLONASS podataka i kreiranje izvještaja /URL 1/.



Slika 2. Komponente sistema za kontinuirani monitorig

GNSS QC je namijenjen za računanje i grafički i numerički prikaz pomjeranja. Uz Leica GNSS Spider predviđen je za praćenje deformacija korištenjem GPS/GLONASS satelitskih sistema i praćenje integriteta referentnih stanica /URL 1/.

Referentna stanica postavljena je na lokalitetu izvan zone uticaja izluživanja (zgrada Općine Tuzla). Kao kritično područje definisano je i područje iznad potopljene jame Tušanj /5, 6/. Zbog toga je na lokalitetu iznad potopljene jame Tušanj postavljen jedan GNSS prijemnik/monitoring stanica, koja kontinuirano prikuplja podatke i, putem internet veze, posleđuje na server.

Sistem je namijenjen za određivanje koordinata monitoring stanice u realnom vremenu (RTK). Mjerenja i određivanje koordinata vrši se svake sekunde i rezultati mogu biti pokazani u grafičkom ili numeričkom obliku. U okviru instalisanih programa vrši se automatska obrada prikupljenih podataka i računaju koordinate stanice Tušanj u realnom vremenu, pri čemu su koordinate referentne stanice Tuzla fiksne.

Prikupljeni podaci se arhiviraju u fajlove za vremenski interval od 1 sata (3600 zapisa). Ovako formirani zapisi podataka predstavljaju vremenske serije, čijom analizom se može utvrditi postoji li trend, periodičnost ili cikličnost u promjeni vrijednosti koordinata, a za kraće ili duže vremenske periode. Zbog povremenih prekida u internet vezi satni RTK fajlovi ne sadrže uvijek isti broj zapisa/mjerenja.

3.2. Podaci mjerenja u realnom vremenu (RTK podaci)

Podaci kontinuiranog monitoringa prikupljaju se od septembra 2010. godine. U septembru 2011. godine (20.09.2011.) određene su koordinate stanice Tuzla i Tušanj u odnosu na mrežu referentnih GNSS stanica u BiH, tj. pozicioni sistem FBiHPOS u ETRF2000 koordinatnom sistemu. U tabeli 1 su date koordinate ovih stanica, kao i standardno odstupanje sa kojim su određene koordinate.

stanica	Latituda (ϕ)	Longituda (λ)	h (m)	Sd_lat(m)	Sd_long(m)	Sd_h(m)
Tuzla	44° 31,9628712'	18° 41,2619012'	304,4280	0,0036	0,0034	0,0032
Tušanj	44° 32,9493660'	18° 39,9947315'	304,6218	0,0036	0,0034	0,0031

Tabela 1: koordinate GNSS stanica

Obzirom na ovu činjenicu, analizirani su podaci za period nakon septembra 2011. godine. U tabeli 2 prikazana je struktura fajla koji sadrži podatke RTK mjerenja. U koloni 2 je vrijeme u obliku hhmmss, a u koloni 3 je datum. U kolonama 4 i 6 su vrijednosti latitude i longitude u obliku ddmm,mmmmmm (stepeni minute). U kolonama 5 i 7 su oznake hemisfere. Kolone 8, 9 i 10 sadrže oznaku za tip rješenje, broj satelita i kvalitet pozicioniranja (procijenjena greška pozicioniranja (m)). U koloni 11 je visina (elipsoidna), a u koloni 12 je oznaka jedinice za visine. Kolona 13 sadrži vrijednost GDOP faktora. U kolonama od 14 do 19 dati su elementi kovariacione matrice.

Tip podatka	sat	datum	Latitude (ϕ) (ddmm.mm.)	N	Longitude (λ) (ddmm.mm.)	E	tip tjes	broj satel	Kval Pozic	Visina(h) (m)	M	GDOP	Element kov. matr
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
SGPLMM	1 19 54	12.8.2010	4432,950650	N	1839,995575	E	3	14	0,015	302,432	M	2,9	0,546575
SGPLMM	1 19 55	12.8.2010	4432,950647	N	1839,995574	E	3	8	0,017	302,424	M	2,9	0,631691

Tabela 2. Struktura fajla sa podacima RTK mjerena

Da bi se dobio uvid u tačnost RTK mjerena, analizirana su odstupanja pojedinačnih koordinata od srednje vrijednosti određene za jednosatne RTK fajlove. Za latitudu i longitudu odstupanja su preračunata u linearne veličine (metre). Kod preračunavanja, budući da se radi o malom području, Zemlja se može smatrati kuglom poluprečnika $R = 6371000$ m, pa su rastojanja računato kao dužina kružnog luka.

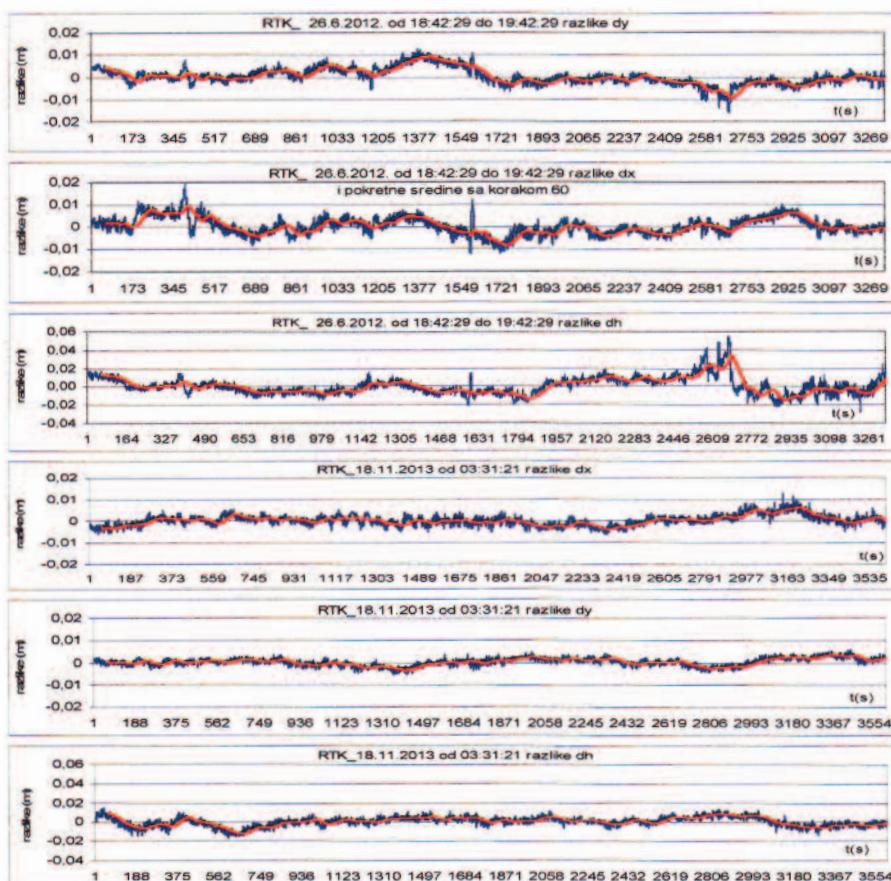
Odstupanja u pravcima latitude (dx) i longitude (dy) računata su po sledećim izrazima:

$$dx \text{ (m)} = 6371000 * (\phi_i - \phi_s)$$

$$dy \text{ (m)} = 6371000 * \cos(\phi) * (\lambda_i - \lambda_s)$$

gdje je: $\phi_i, \phi_s, \lambda_i, \lambda_s$ - pojedinačne i srednje koordinate ϕ i λ .

Za ilustraciju rasipanja pojedinačnih vrijednosti oko aritmetičke sredine urađeni su grafički prikazi razlike pojedinačnih i srednje vrijednosti koordinata iz dva RTK fajla, a za vremenski interval od jednog sata (Slika 3.). Vidljivo je da su varijacije oko srednje vrijednosti intervalne, sa neujednačenom širinom intervala. Za ovaj skup podataka urađena je transformacija pokretnom sredinom, sa korakom 60, što odgovara vremenskom intervalu od jedne minute. Transformacijom je značajno smanjena širina intervala rasipanja oko srednje vrijednosti (Slika 3.).



Za prikaz mogućnosti ovog sistema, odnosno tačnosti pozicioniranja u realnom i blisko-realnom vremenu, prikupljeni podaci su statistički obradjeni. Kao uzorak iz (osnovnog) skupa RTK podataka obrađivani su podaci jednosatnih RTK fajlova za različite dane tokom perioda 2011. - 2013. godine.

Statistički parametri koji su određivani za koordinate i visinu su:

- Aritmetička sredina
- Standardno odstupanje
- Raspon (max-min)

Obrađeni su podaci iz više RTK satnih fajlova, a za različite datume i sate. U tabeli 4 dati su rezultati statističke obrade RTK satnih fajlova za nekoliko dana iz novembra 2011. godine. Tabela sadrži statističke parametre za 7 fajlova/podskupova u kojima se broj podataka (n) kreće od 3352 do 3600 (ukupno 24385 mjerena). Fajlovi sadrže podatke za isti period dana.

n	Datum i vrijeme	Sredina_lat	StDev_lat(m)	Rang_lat(m)	Sredina_long	StDev_long(m)	Rang_long(m)	Sredina_h	StDev_h (m)	Rang_h (m)
3352	9.11.2011_02:23:11	4432,9493630	0,0025	0,0209	1839,9947369	0,0020	0,0117	304,6213	0,0056	0,038
3508	10.11.2011_02:21:59	4432,9493629	0,0027	0,0172	1839,9947371	0,0014	0,0098	304,6189	0,0051	0,041
3445	11.11.2011_02:22:01	4432,9493630	0,0023	0,0158	1839,9947369	0,0013	0,0100	304,6175	0,0052	0,035
3600	12.11.2011_02:21:58	4432,9493629	0,0018	0,0141	1839,9947370	0,0014	0,0103	304,6196	0,0047	0,035
3502	13.11.2011_02:21:57	4432,9493633	0,0021	0,0158	1839,9947363	0,0017	0,0111	304,6203	0,0050	0,037
3554	14.11.2011_02:21:55	4432,9493625	0,0022	0,0165	1839,9947365	0,0016	0,0112	304,6171	0,0052	0,036
3424	15.11.2011_00:22:03	4432,9493633	0,0030	0,0180	1839,9947372	0,0018	0,0112	304,6167	0,0050	0,033
24385	sredina	4432,9493630	0,0024	0,0169	1839,9947368	0,0016	0,0107	304,6188	0,0051	0,0364
	Raspon(m)-max-min	0,0015	0,0012	0,0068	0,0016	0,0007	0,0019	0,0045	0,0009	0,008

Tabela 4. Rezultati statističke obrade RTK fajlova iz novembra 2011.godine

Tabela 5 sadrži statističke parametre za 15 fajlova/podskupova iz 2012. godine, u kojima se broj podataka (n) kreće od 2386 do 3600 (ukupno 48233 mjerena). Fajlovi sadrže podatke mjerena iz različitih mjeseci, kao i različitih perioda dana.

n	Datum i vrijeme	Sredina_lat	Stdev_lat(m)	Sredina_long	Stdev_long(m)	Sredina_h	Stdev_h (m)
3600	10.01.12_09:29:34 10:29:34	4432,9493644	0,0048	1839,9947360	0,0046	304,6156	0,009
2714	10.01.12_19:29:42 20:28:05	4432,9493636	0,0023	1839,9947358	0,0022	304,6257	0,0056
3600	10.02.12_16:26:24 17:26:23	4432,9493635	0,0033	1839,9947340	0,003	304,6214	0,0101
2964	10.02.12_08:25:26 09:26:24	4432,9493622	0,0031	1839,9947370	0,002	304,6331	0,0045
2539	11.03.12_23:33:39 00:33:38	4432,9493637	0,0032	1839,9947368	0,0016	304,6172	0,0047
3322	10.04.12_06:24:28 07:19:49	4432,9493625	0,002	1839,9947366	0,0028	304,6174	0,0061
3598	11.05.12_10:34:14 11:34:13	4432,9493660	0,0046	1839,9947361	0,0033	304,6154	0,0123
3247	11.05.12_18:34:13 19:34:12	4432,9493656	0,005	1839,9947369	0,0035	304,6125	0,0077
3381	10.06.12_20:21:37 21:17:57	4432,9493665	0,0047	1839,9947406	0,0042	304,6195	0,0146
2884	10.07.12_20:42:49 21:35:32	4432,9493652	0,0039	1839,9947357	0,0031	304,6141	0,0052
3600	10.08.12_13:26:13 14:26:12	4432,9493660	0,0081	1839,9947349	0,004	304,6338	0,0131
3368	26.09.12_00:21:41 01:21:23	4432,9493651	0,0026	1839,9947376	0,0016	304,6197	0,0059
3430	22.10.12_18:25:0 19:24:27	4432,9493663	0,0028	1839,9947365	0,0018	304,6186	0,0044
3600	25.10.12_15:25:45 16:25:45	4432,9493653	0,0029	1839,9947354	0,0035	304,6181	0,0054
2386	25.10.12_18:59:43 19:59:43	4432,9493652	0,0037	1839,9947365	0,0028	304,6199	0,0054
48233	Sredina_n	4432,9493647	0,0038	1839,9947365	0,0029	304,6201	0,0076
	Raspon(m)	0,0080	0,0061	0,0087	0,0030	0,0213	0,0102

Tabela 5: Rezultati statističke obrade RTK fajlova iz 2012. godine

U tabeli 6 date su vrijednosti statističkih parametara za 9 satnih RTK fajlova iz novembra 2013. godinne (30518 zapisu). Fajlovi sadrže podatke za različite datume i periode dana.

n	Datum i vrijeme	Sredina_lat	Stdev_lat(m)	Sredina_long	Stdev_long(m)	Sredina_h	Stdev_h (m)
3518	19.11.13_05:31:18	4432,9493630	0,0048	1839,9947376	0,0054	304,6156	0,0108
3600	18.11.13_15:31:19	4432,9493681	0,0028	1839,9947327	0,0019	304,6155	0,0038
3600	16.11.13_13:31:22	4432,9493672	0,0041	1839,9947333	0,0035	304,6176	0,0063
3600	17.11.13_21:31:22	4432,9493637	0,0048	1839,9947364	0,0068	304,6190	0,0135
1998	18.11.13_00:31:22	4432,9493647	0,0035	1839,9947352	0,0038	304,6156	0,0102
3600	18.11.13_03:31:23	4432,9493638	0,0025	1839,9947361	0,0018	304,6160	0,0050
3520	22.11.13_04:31:13	4432,9493649	0,0039	1839,9947357	0,0023	304,6151	0,0058
3509	25.11.13_16:31:21	4432,9493661	0,0039	1839,9947347	0,0020	304,6130	0,0059
3573	29.11.13_16:31:48	4432,9493662	0,0028	1839,9947348	0,0020	304,6148	0,0059
30518	sredina	4432,9493653	0,0037	1839,9947352	0,0033	304,6158	0,0075
	raspon (m)	0,0092	0,0023	0,0066	0,005	0,006	0,0097

Tabela 6: Vrijednosti statističkih parametara za nekoliko satnih RTK fajlova iz novembra 2013.

Na kraju tabela 4, 5 i 6 date su srednje vrijednosti i širina intervala raspanja (raspon_m) za pojedine parametre iz skupa analiziranih fajlova.



4. ANALIZA REZULTATA

Analizirana su tri podskupa RTK satnih fajlova iz različitih perioda/godina. Ukupan broj analiziranih zapis/mjerena je 103136 (24385+48233 +30518) koji su sadržani u 29 RTK satnih fajlova.

Iz tabela 4, 5 i 6 je vidljivo da je za prvi podskup značajno manji interval rasipanja i srednjih vrijednosti i standarnih odstupanja za longitudu i latitudu u odnosu na druga dva podskupa. Za prvi podskup srednje vrijednosti pojedinih RTK satnih fajlova su gotovo identične, interval rasipanja srednjih vrijednosti longitude i latitude za ovaj skup RTK satnih fajlova je do 1,6 mm. Razlike srednjih vrijednosti visina su nešto veće i kreću se u intervalu do 4,5 mm. Vrijednosti standarnog odstupanja za koordinate su vrlo ujednačene sa varijacijama oko 1 mm. Za fajlove iz 2012. i 2013. godine, interval rasipanja srednjih vrijednosti je znatno širi. Takođe su i standardna odstupanja kao i njihove varijacije veće u odnosu na predhodni skup. Vrijednosti pokazatelja za novembar 2013. su vrlo bliske vrijednostima za 2012. godinu. Jedino su varijacije srednjih visina znatno manje, ali standardna odstupanja se ne razlikuju značajnije.

Ako se pak uporede srednje vrijednosti koordinata iz razmatranih perioda, (novembar 2011., januar_oktobar 2012. i novembar 2013.) vidljivo je da su razlike za latitudu i longitudu bliske vrijednosti standardnog odstupanja, a za visinu su znatno manje od standardnog odstupanja (Tabela 7).

Period	dx (m)	dy(m)	dh(m)
2012-Nov2011	0,0031	-0,0004	0,0013
Nov2013-2012	0,0011	-0,0017	0,0031
Nov2013- Nov2011	0,0043	-0,0021	-0,0030

Tabela 7. Razlike srednjih vrijednosti koordinata iz različitih perioda

Takođe je izvršeno poređenje koordinata Tušnja, određenih iz statičkih GNSS mjerena u mreži BiHPOS 20.09.2011. (početne koordinate), i srednjih vrijednosti koordinata određenih iz navedena tri skupa satnih RTK mjerena. U tabeli 8 date su vrijednosti koordinata, standardno odstupanje, te razlike koordinata preračunate u metre.

periodi	dx(m)	dy(m)	dh(m)
Početne – RTK_nov2011.	0,006	-0,007	0,003
Početne -RTK_2012. g.	0,002	-0,007	0,002
Početne -RTK_nov2013.	0,001	-0,005	0,006

Tabela 8. Razlike početnih koordinata Tušnja i srednjih RTK koordinata iz različitih perioda

Najmanje razlike početnih i RTK koordinata za novenbar 2013. godine su bliske vrijednostima standardnih odstupanja. Tačnost određivanja koordinata, iskazana kroz RMS, odnosno standardno odstupanje kreće se do 4 mm.

Razlike srednjih vrijednosti kordinata za skupove RTK podataka iz novembra 2011. i novembra 2013. godine su do 4 mm. Prosječna vrijednost standardnog odstupanja za koordinate iz RTK satnih fajlova je oko 4 mm, pa se može smatrati da su razlike koordinata iz pojedinih perioda u granicama tačnosti određivanja istih. Razlike srednjih visina su znatno manje od standardnog odstupanja za visine. Treba naglasiti da srednje vrijednosti iz RTK fajlova za isti sat dana (7 fajlova iz novembra 2011.) imaju vrlo male varijacije (do 1,5 mm). Ovo je vjerovatno povezano sa kvalitetom satelitskih signala koji je promjenjiv tokom dana.

5. ZAKLJUČAK

Analiza rezultata mjerena ukazuje na stabilnost stanice Tušanj. Razlike srednjih vrijednosti kordinata za skupove RTK podataka iz novembra 2011. i novembra 2013. godine su do 4 mm, to se može zaključiti da su razlike u granicama tačnosti određivanja istih, odnosno da nije bilo promjene položaja tačke/stanice. Takođe, hronološki posložene srednje vrijednosti koordinata satnih fajlova ne pokazuju trend.

Za vremenske serije RTK koordinata, transformisane pomicnom sredinom sa pomakom od 60, odstupanja od sredine ne prelaze 10 mm. Odavde slijedi da se iz RTK mjerena u intervalu od jedne minute mogu odrediti koordinate sa tačnošću do 10 mm.

Rezultati ove analize su uvod u kompleksniju analizu GNSS kontinuiranih mjerena uključujući i drugu monitoring stanicu na području kopleksa 'Panonika', na kojoj su već registravana znatnija pomjeranja.

Iz navedenog proizilazi i zaključak da je ova tehnologija podesna za praćenje pomjeranja terena, odnosno praćenje ponašanja objekata u zoni uticaja rudarskih radova. Poznato je da kod podzemne eksploatacije uglja, u aktivnoj fazi procesa pomjeranja, dnevna pomjeranja tačaka mogu iznositi i do nekoliko centimetara. Takođe brzina kretanja masa na aktivnim klizištima može biti i subdecimetsarska, tako da bi kontinuirano praćenje moglo dati važne informacije o karakteru klizišta.

CONCLUSION

The analysis of results indicates a stability of Tušanj station. The differences in average values on coordinates from RTK data sets, from November 2011 and November 2013 are up to 4 mm. The average valuation of standard deviation for the coordinates in November 2013 was 3.8 mm and 2.9 mm, that there was no changes on point/station position. Also, chronologically arranged average values on coordinates of the hourly files shows no trend.

For the time series RTK coordinates which have been transformed with a removable mid, with displacement of 60, the deviations from the mean value does not exceed 10 mm. It follows that on the basis of RTK measurements at intervals of one minute can determine the coordinates with an accuracy of up to 10 mm.

The results of this analyzes are only an introduction in a more complex analysis of GNSS continuous measurement and monitoring stations in the area of complex „Panonica“ at which are already registered considerable displacement.

Follows from the foregoing the conclusion that this technology conducive for movements monitoring of the ground, or monitoring the behavior of objects in the zone affected by of mining activities. It is known that the underground exploitation of coal, in the active phase of movements process, daily point displacements can be up to few centimeters. Also movement speed masses on active landslides can be subdecimetarska, so that the continuous monitoring could provide important information about the character of landslides.

6. LITERATURA

1. Čeliković R., Dervišević R., Sijerčić I., Salihović R., Mancini F., Stecchi F. (2010): Ground surface movements in the area of salt exploitation in Tuzla (Bosnia and Herzegovina), XIX Congress of the Carpathian –Balkan Geological Association, proceeding vol I, I, pp 121-129, Thessaloniki Greece,
2. Čeliković, R. (2007): Promjene ulijeganja površine terena u gradu Tuzli u zavisnosti od proizvodnje soli metodom nekontrolisanog izluživanja, Zbornik radova RGGF-a, broj XXXI, Tuzla.
3. Čeliković, R. (2006): Pomjeranje površine terena tokom početne faze obustave eksploatacije tuzlanskog sonog ležišta metodom nekontrolisanog izluživanja, Međunarodna konferencija 'Trendovi u savremenom rудarstvu', Monografija zbornika radova, Tuzla.
4. Čeliković, R., Imamović, E., Salihović, R., Sušić, A. (2014): Prostorno vremenska analiza vertikalnih pomjeranja terena u Tuzli za period 2008-2012, Naučno-stručni simpozijum GEO-EXPO 2014, zbornik radova, str. 38-44, Mostar.
5. Mancini, F., Stecchi, F., Zanni, M., Gabianelli, G. (2008): Monitoring ground subsidence induced by salt mining in the city Tuzla (Bosnia and Herzegovina). Environmental Geology Journal Special Issue. 58, 381-389.
6. Mancini, F., Stecchi, F., Dervišević, R., Čeliković, R., Gabianelli, G. (2009): Recent geodetic surveys and multi-hazards assessment in he sinking town of Tuzla (BiH).
7. Soklić, I. (1964.): Postnak i struktura tuzlanskog basena. Geološki glasnik br.10, Sarajevo.
8. Zuber, R., Efendić, M. 1975, Ispitivanje deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Simpozij o zaštiti čovjekove sredine od posljedica podzemne eksploatacije mineralnih sirovina, zbornik radova, str.163-177, Tuzla
9. [URL 1]: Leica GNSS Spider i Leica GNSS QC <http://www.geokom.ba/>

Sejfudin Vrabac¹
Izudin Đulović²
Zlatko Ječmenica³

Originalni naučni rad

BADEN I SARMAT U PROFILU BUŠOTINE KR-5 KOD UGLJEVIKA

Sažetak: Istražna bušotina KR-5 realizovana je 2014. godine na brdu Prokos kod Ugljevika (sjeveroistočna Bosna i Hercegovina). Koordinate ove bušotine su: $y = 6578371$ i $x = 4948818$. Tokom srednjeg miocena lokalitet ove bušotine pripadao je južnom, priobalskom dijelu Centralnog Paratetisa. Na osnovu paleontoloških istraživanja sedimenti u profilu bušotine KR-5 raščlanjeni su na: donji baden, srednji baden, gornji baden i donji sarmat. Donji baden je debeo oko 70 m i predstavljen je zonom Globigerinoides trilobus i Orbula suturalis koja je ekvivalentna Gornjoj Lagenidnoj zoni Bečkog bazena. U ovoj stratigrafskoj jedinici dominiraju masivni laporci sa podređenim učešćem litotamnijskih krečnjaka i laminiranih laporaca. Srednji baden je dokazan zonom Asterigerinata planorbis i Cibicidoides ungerianus ungerianus, što predstavlja prvo izdvajanje ove zone, kako na području Ugljevika tako i sjeverne Bosne i Hercegovine. Srednji baden je predstavljen krečnjacima i laporcima, a debeljina mu je oko 10 m. Gornji baden je podijeljen na zonu Bolivina dilatata maxima i zonu Ammonia viennensis. Ovo je prvo izdvajanje navedenih zona u području Ugljevika. Debeljina mu je oko 80 m. Gornji baden je predstavljen masivnim laporcima, laminiranim laporcima i krečnjacima. Donji sarmat čine krečnjaci koji su na osnovu makrofaune definisani kao Erilia slojevi. Na osnovu superpozicije i korelacije sa susjednim profilima, najstariji dio donjeg sarmata predstavljen laminiranim glinama i krečnjacima, može se svrstati u Mohrensternia slojeve. Debeljina donjeg sarmata je oko 40 m.

Sedimenti profila bušotine KR-5 taloženi su u priobalskom dijelu Centralnog Paratetisa gdje su bile česte oscilacije nivoa mora. Masivni laporci donjeg badena taloženi su u cirkalitoralu odnosno na dubinama 50-200 m, a laminirani laporci badena, laminirane gline sarmata, kao i krečnjaci badena i sarmata, taloženi su na dubinama manjim od 50 m odnosno u infralitoralu.

Ključne riječi: baden, sarmat, foraminifere, mekušci, biostratigrafske jedinice, Ugljevik, Bosna i Hercegovina.

BADENIAN AND SARMATIAN IN THE CROSS SECTION OF THE BOREHOLE KR-5 NEAR UGLJEVIK

Summary: The exploring borehole KR-5 has been realized in 2014. year on the hill Prokos near Ugljevik (northeast Bosnia and Herzegovina). Coordinates of this borehole are: $y = 6578371$ and $x = 4948818$. During the Middle Miocene the locality of this borehole was positioned on the southern margin of the Central Paratethys. On the basis of the paleontological researches the sediments in the cross section of the borehole KR-5 have been divided to the: Lower Badenian, Middle Badenian, Upper Badenian and Lower Sarmatian. The Lower Badenian is thick about 70 m thick and represented by the Zone Globigerinoides trilobus and Orbula suturalis which is equivalent of the Upper Lagenidae Zone of the Vienna Basin. In this stratigraphic unit massive marls are dominant, and lithothamnium limestones and laminated marls have less participation. The Middle Badenian is determined by the Zone Asterigerinata planorbis and Cibicidoides ungerianus ungerianus. This Zone is recognised for the first time in the area of Ugljevik and north Bosnia and Herzegovina. The Middle Badenian is represented by limestones and marls, and has thickness of about 10 m. The Upper Badenian comprises Bolivina dilatata maxima and Ammonia viennensis Zones. These zones are recognised for the first time in the area of Ugljevik too. The thickness of the Upper Badenian is about 80 m. This stratigraphic unit is represented by massive marls, laminated marls and limestones. The Lower Sarmatian consists of limestones correlated largely with the Erilia beds based on the macrofauna. lowermost part (laminated clays and limestones) can be correlated with the Mohrensternia beds based on the neighboring surface outcrops. The thickness of the Lower Sarmatian is about 40 m.

Sediments in the borehole KR-5 were deposited in the coastal area of the Central Paratethys and reflected therefore common oscillations of the sea level. Massive marls of the Lower Badenian were deposited in the circalittoral on depths 50-200 m, and laminated marls of the Badenian, laminated clays of the Sarmatian, as limestones of the Badenian and the Sarmatian, were deposited on depths less than 50 m that is infralittoral.

Key words: Badenian, Sarmatian, foraminifera, molluscs, biostratigraphic units, Ugljevik, Bosnia and Herzegovina.

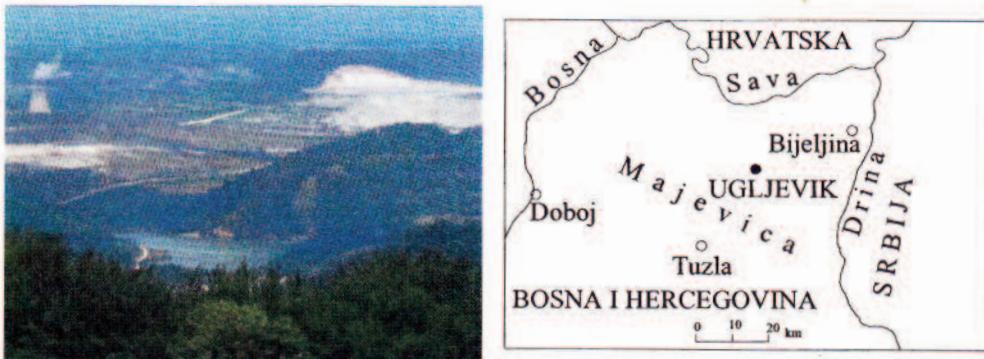
¹ Dr. sc., Redovni profesor, Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosna i Hercegovina, sejfudin.vrabac@untz.ba

² Dr. sc., Vanredni profesor, Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosna i Hercegovina, izudin.dulovic@untz.ba

³ Mr. sc., Rudnik i Termoelektrana Ugljevik, Ugljevik, Bosna i Hercegovina, zlatko.jecmenica@gmail.com

1. UVOD

Istražna bušotina KR-5 rađena je 2014. godine u cilju obezbjeđenja rezervi krečnjaka koji će se koristiti za odsumporavanje dimnih gasova u Termoelektrani Ugljevik. Locirana je oko 1 km istočno-jugoistočno od Termoelektrane Ugljevik na brdu Prokos, odnosno oko 400 m sjeverno od završne kosine površinskog kopa Bogutovo Selo koja se vidi na sl. 1. Koordinate ove bušotine su: y = 6578371 i x = 4948818.



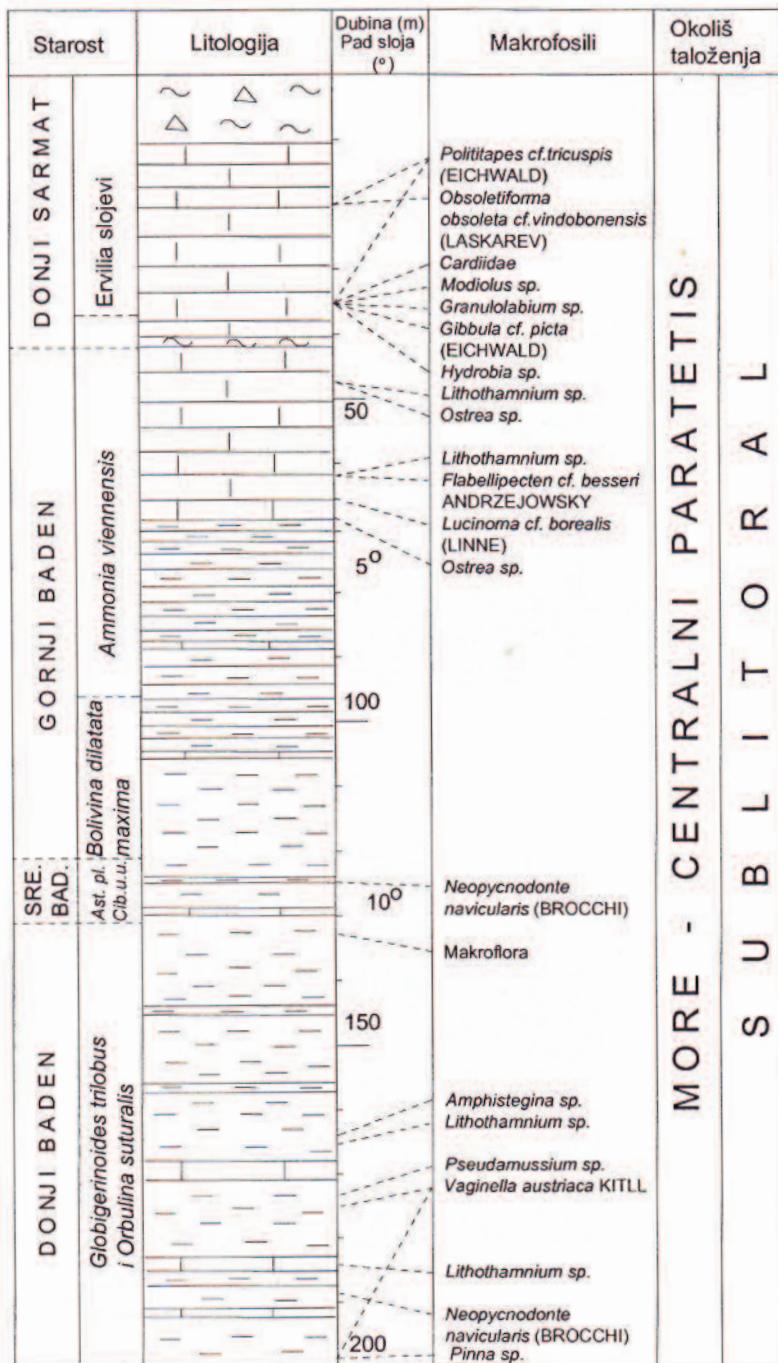
Slika 1. Brdo Prokos na kome je locirana istražna bušotina KR-5 (u gornjem desnom uglu slike vide se sedimenti srednjeg miocena na završnoj sjevernoj kosini površinskog kopa Bogutovo Selo)

Kompletan bušotinu realizovana je s jezgrovanjem a njena krajnja dubina je 200 m. Prvih 67 m bušeno je kroz krečnjake i iz ovog intervala sačuvano je samo 6 uzoraka za makropaleontološka istraživanja. Ostali dio jezgra nije sačuvan. Jezgro izvađeno od 67-200 m detaljno je snimljeno i iz njega je uzeto 10 uzoraka za mikropaleontološka istraživanja. Na osnovu paleontoloških analiza ustanovljeno je da sedimenti u profilu istražne bušotine KR-5 pripadaju marinskom srednjem miocenu Centralnog Paratetisa. Srednjemiocenski sedimenti otkriveni na završnoj kosini površinskog kopa Bogutovo Selo, takođe su detaljno istraženi, ali rezultati ovih istraživanja biti će objavljeni u posebnom radu.

Marinske sedimente srednjeg miocena okoline Ugljevika istraživali su: Miljuš (1961), Pantić et al. (1964), Čičić (1964), Petrović et al. (1969, 1990), Vrabac & Mihajlović (1990), Rundić (1994), Soklić & Vrabac (1995), Savić et al. (2005), Mandić et al. (2009), Vrabac et al. (2010, 2011, 2013), Pezelj et al. (2013), i drugi. Stratigrafske karakteristike sedimenata u profilu bušotine KR-5.

2. STRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE SEDIMENATA U PROFILU BUŠOTINE KR-5

Na osnovu paleontoloških istraživanja sedimenti profila bušotine KR-5 raščlanjeni su na donji baden, srednji baden, gornji baden i donji sarmat (sl. 2).



LEGENDA:

- [Icon: wavy line with triangle] Gline sa fragmentima krečnjaka
- [Icon: horizontal line with vertical dashes] Slojeviti krečnjaci
- [Icon: wavy line with dots] Laminirane gline
- [Icon: horizontal line with diagonal dashes] Laminirani laporci
- [Icon: solid horizontal line] Masivni laporci

Koordinate: y=6 578 371; x=4 948 818

Slika 2. Stratigrafski stub srednjeg miocena u bušotini KR-5

2.1. Donji baden

Ovaj stratigrafski član definisan je na osnovu foraminifera u uzorcima od 133,8-200,0 m. Sedimenti donjeg badena pripadaju zoni *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis*. Identičnu zonu u buštinama rejona Glinje i Peljave izdvojili su Petrović et al. (1969). Prema Pezelj et al. (2013) ova zona je sinhrona sa Gornjom Lagenidnom zonom Bečkog bazena. Na osnovu krečnjačkog nanoplanktona kojeg su u području Ugljevika definisali Mihajlović (Vrabac & Mihajlović, 1990) i Čorić (Vrabac et al., 2013) proizilazi da navedena foraminferska zona pripada zoni NN6 (Martini, 1971).

Donjebadenski sedimenti istraživanog profila dominantno su predstavljeni laporcima bez izražene slojevitosti (sl. 3) u kojima se mjestimično pojavljuju laminirani laporci i proslojci *litotamnijskih* krečnjaka (sl. 4).



Slika 3. Donjebadenski masivni laporci u intervalu 187-200 m



Slika 4. Donjebadenski litotamnijski krečnjak sa dubine 166,7 m

U masivnim laporcima nadeni su: *Pseudamussium* sp., *Neopycnodonte navicularis* (BROCCHI), *Pinna* sp. i *Vaginella austriaca* KITTL (sl. 5).



Slika 5. *Vaginella austriaca* KITTL u donjebadenskom masivnom laporcu sa dubine 176,5 m

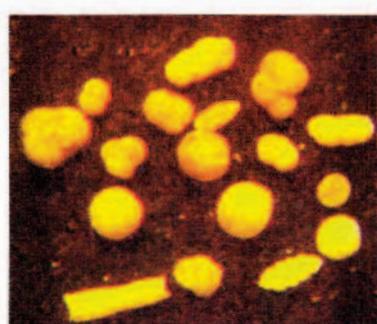
Brojne krljušti riba zastupljene su u intervalu 158-159 m, a mnoštvo *amfistegina* prisutno je na dubini 165 m. Na dubini 133,5 m laporci sadrže ugljenificirane fragmente makroflore dužine preko 76 mm (prečnik jezgra) i širine oko 1 cm.

Mikropaleontološki uzorak sa dubine 200 m čini sivi laporac u kome su rijetko prisutne ljuštute *pteropoda* (*Vaginella austriaca* KITLL) i sitni kapci školjkaša koji vjerovatno pripadaju *korbulama*. U uzorku su određeni fragmenti ehinida i foraminifere (sl. 6) koje su relativno rijetko zastupljene. Određene su sljedeće foraminifere: *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Lenticulina inornata* (d' ORBIGNY), *Spirorutilus carinatus* (d' ORBIGNY), *Semivulvulina deperdita* (d' ORBIGNY), *Pullenia bulloides* (d' ORBIGNY), *Bulimina buchiana* d' ORBIGNY, *Praeglobobulimina pupoides* (d' ORBIGNY) i *Dentalina* sp..



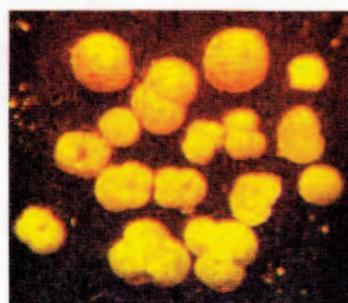
Slika 6. Asocijacija foraminifera iz donjebadenske zone *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis* (uzorak sa dubine 200 m)

Sivi laporac sa dubine 154,5 m sadrži fragmente krljušti riba i bodlji ehinida. Foraminifere su relativno često zastupljene sa izrazitom dominacijom planktonskih formi. Određene su sljedeće foraminifere (sl. 7): *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Globigerina bulloides* (d' ORBIGNY), *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY), *Pappina parkeri* (KARRER), *Valvularia complanata* (d' ORBIGNY), *Bulimina* sp., *Bolivina* sp. i *Pyramidalina* sp.



Slika 7. Asocijacija foraminifera iz donjebadenske zone *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis* (uzorak sa dubine 154,5 m)

Najmladi dio donjeg badena predstavlja uzorak sivog laporca sa dubine 133,8 m. Pored fragmenata krljušti riba, nađene su foraminifere koje su relativno često zastupljene sa izrazitom dominacijom planktonskih formi. Određene su sljedeće vrste (sl. 8): *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Globigerina bulloides* (d' ORBIGNY), *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY), *Nonion commune* (d' ORBIGNY) i *Cibicidoides* sp..



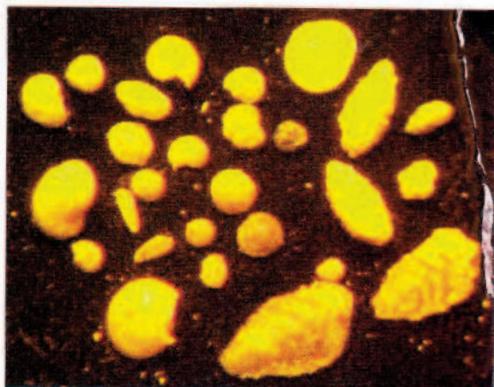
Slika 8. Asocijacija foraminifera iz donjebadenske zone *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis* (uzorak sa dubine 133,8 m)

2.2. Srednji baden

Sedimenti srednjeg badena definisani su zonom *Asterigerinata planorbis* i *Cibicidoides ungerianus ungerianus*. Zanimljivo je da je ovo prvi profil, kako na području Ugljevika, tako i sjeverne Bosne i Hercegovine, na kome je srednji baden predstavljen navedenom zonom. Do sada je na području Ugljevika srednji baden izdvajan na osnovu zone *S. carinatus* (Pezelj et al., 2013) koja je raščlanjavana na podzone *B. elongata* i *U. bononiensis compressa* (Petrović et al., 1969 i 1990; Vrabac & Mihajlović, 1990).

Srednji baden je predstavljen sivim laporcima koji su mjestimično laminirani, i *litotamnijskim* krečnjacima u kojima su nađeni korali. U sivim laporcima definisan je školjkaš *Neopycnodonte navicularis* (BROCCHI). Padni uglovi slojeva su oko 10 stepeni.

Sa dubine 124,7 m potiče uzorak sivog laporca u kojem su često zastupljeni fragmenti ljuštura mekušaca. U šlemovanom materijalu pronađeni su fragmenti bodlji echinida i vrlo rijetke spikule silicispongija. Foraminifere su relativno rijetko zastupljene sa izrazitom dominacijom bentoskih formi među kojima vodeće učešće imaju *Asterigerinata* i *Cibicidoides*. Odredene su sljedeće foraminifere (sl. 9): *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY), *Cibicidoides ungerianus ungerianus* (d' ORBIGNY), *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA, *Pappina parkeri* (KARRER), *Spirorutilus carinatus* (d' ORBIGNY), *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerina bulloides* (d' ORBIGNY), *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN & JARVIS), *Nonion commune* (d' ORBIGNY), *Lenticulina inornata* (d' ORBIGNY), *Melonis pompilioides* (FICHTEL & MOLL), *Amphistegina mammilla* (FICHTEL & MOLL) i *Bulimina* sp..



Slika 9. Asocijacija foraminifera iz srednjebadenske zone *Asterigerinata planorbis* & *Cibicidoides ungerianus ungerianus* (uzorak sa dubine 124,7 m)

2.3. Gornji baden

U profilu bušotine KR-5 gornji baden je dokazan foraminferskim zonama *Bolivina dilatata maxima* i *Ammonia viennensis*. Ovo je takođe prvi profil na području Ugljevika na kome je gornji baden predstavljen navedenim zonama. Gornji baden je na drugim profilima izdvajan na osnovu zone *Elphidium crispum* (Petrović et al., 1990) ili *Bulimina* – *Bolivina* zone i *Elphidium crispum* zone (Savić et al., 2005). U Tuzlanskom bazenu gornji baden je takođe predstavljen zonom *Bolivina dilatata maxima* i *Ammonia viennensis* (Petrović et al., 1990; Vrabac, 1999; Čorić et al., 2007).

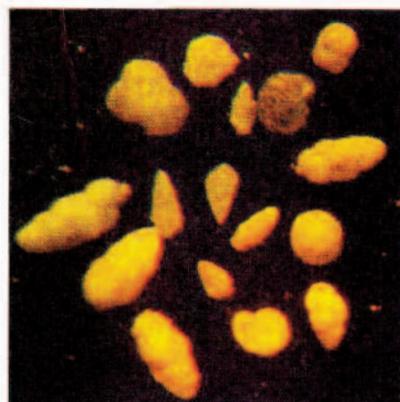
Zona *Bolivina dilatata maxima* definisana je na osnovu uzorka sa dubine: 115,5 m, 108,5 m i 99,1 m. U donjem dijelu ove zone nalaze se sivi, masivni laporci, dok u gornjem dijelu dominiraju laminirani laporci. U središnjem dijelu navedene zone na dubini 105,0–105,6 m zastupljen je krečnjak.

U sivom laporcu sa dubine 115,5 m makroskopski su uočeni fragmenti ljuštura mekušaca. Šlemovani materijal sadrži veoma rijetke četveroosne spikule silicispongija. Foraminifere su relativno često zastupljene sa dominacijom podvrste *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA. Odredene su sljedeće foraminifere (sl. 10): *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA, *Pappina parkeri* (KARRER), *Lenticulina inornata* (d' ORBIGNY), *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY), *Globigerina bulloides* d' ORBIGNY, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Cibicidoides ungerianus ungerianus* (d' ORBIGNY), *Nonion commune* (d' ORBIGNY), *Uvigerina* sp., *Bulimina* sp., *Elphidium* sp., *Neugeborina longiscata* (d' ORBIGNY), *Plectofrondicularia* sp., *Marginulina* sp., *Furstenkoina acuta* (d' ORBIGNY) i *Stilostomella* sp..



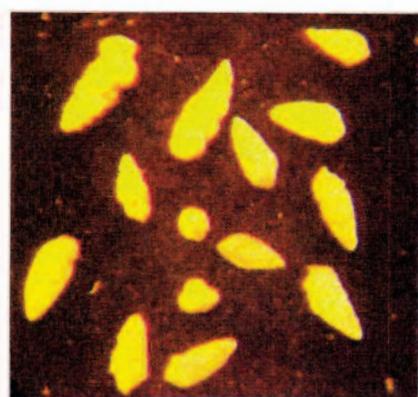
Slika 10. Asocijacija foraminifera iz gornjebadenske zone *Bolivina dilatata maxima* (uzorak sa dubine 115,5 m)

Uzorak laporca sa dubine 108,5 m sadrži rijetke fragmente bodlji ehnida, krljušti riba, spikula silicispongija i kapke ostrakoda. Foraminifere su relativno rijetko zastupljene a među njima dominira *Bolivina*. Definisane su sljedeće vrste (sl. 11): *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA, *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY), *Cibicidoides ungerianus ungerianus* (d' ORBIGNY), *Velapertina indigena* (LUCKOWSKA), *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Uvigerina semiornata* d' ORBIGNY, *Uvigerina* sp., *Elphidium* sp. i *Bulimina* sp..



Slika 11. Asocijacija foraminifera iz gornjebadenske zone *Bolivina dilatata maxima* (uzorak sa dubine 108,5 m)

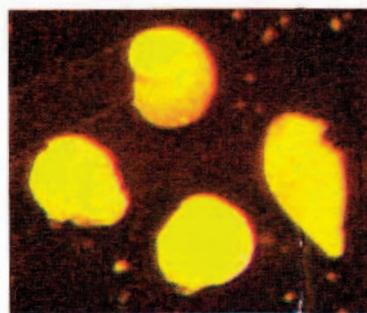
Laporac sa dubine 99,1 m na dužini jezgra 6 cm nema slojnih površina. Sadrži česte fragmente ljuštura mekušaca. U šlemovanom materijalu određene su jednoosne i četveroosne spikule silicispongija. Foraminifere su često zastupljene sa dominacijom roda *Bolivina*. Određene su sljedeće foraminifere (sl. 12): *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA, *Bulimina elongata elongata* CICHA & ZAPLETALOVA, *Globigerina bulloides* d' ORBIGNY i *Ammonia viennensis* (d' ORBIGNY).



Slika 12. Asocijacija foraminifera iz gornjebadenske zone *Bolivina dilatata maxima* (uzorak sa dubine 99,1 m)

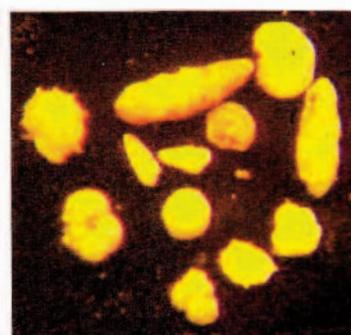
Zona *Ammonia viennensis* određena je na osnovu foraminifera iz uzorka sa dubine: 89,5 m, 78,7 m i 69,7 m. Donji dio ove zone predstavljen je laminiranim, sivim i svijetlosivim laporcima u kojima je u intervalu 85,9-86,8 m zastupljen svijetlosivi kalkarenit. Gornji dio zone čine različiti krečnjaci. U laminiranim laporcima su na 75,8 m i 91,2 m izmjereni padni uglovi lamina 5 stepeni.

Sivi, laminirani laporac sa dubine 89,5 m sadrži fragmente ugljenificiranog bilja i krljušti riba. Mikropaleontološkim istraživanjem određene su relativno česte jednoosne i četveroosne spikule silicispongija, kapci ostrakoda i fragmenti bodlji ehinida. Foraminifere su rijetko zastupljene i predstavljene su isključivo bentoskim formama (sl. 13): *Ammonia viennensis* (d' ORBIGNY), *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA, *Cibicidoides* sp. i *Elphidium* sp..



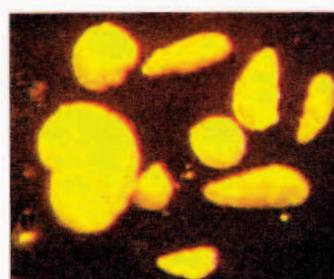
Slika 13. Asocijacija foraminifera iz gornjebadenske zone *Ammonia viennensis* (uzorak sa dubine 89,5 m)

Uzorak sivog, laminiranog laporca sa dubine 78,7 m karakteriše se sivim i svijetlosivim laminama deblijine 1-3 mm. Mikroskopski su u njima definisane vrlo česte jednoosne i četveroosne spikule silicispongija, ostrakodi, fragmenti bodlji ehinida i krljušti riba. Foraminifere su rijetko zastupljene sa izrazitom dominacijom bentoskih formi. Određene su sljedeće foraminifere (sl. 14): *Ammonia viennensis* (d' ORBIGNY), *Bolivina dilatata maxima* CICHA & ZAPLETALOVA, *Bulimina elongata elongata* d' ORBIGNY, *Globigerina bulloides* d' ORBIGNY, *Elphidium aculeatum* (d' ORBIGNY) i *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY).



Slika 14. Asocijacija foraminifera iz gornjebadenske zone *Ammonia viennensis* (uzorak sa dubine 78,7 m)

Na 69,7 m zastupljen je laminirani laporac sa sivim i svijetlosivim laminama deblijine 1-3 mm. U njemu su prisutni milimetarski fragmenti ugljenificiranog bilja. Mikroskopski su konstatovane brojne jednoosne i četveroosne spikule silicispongija, bodlje ehinida, ostrakodi i fragmenti krljušti riba. Foraminifere su rijetko zastupljene i predstavljene su bentoskim formama (sl. 15): *Ammonia viennensis* (d' ORBIGNY), *Bulimina elongata elongata* d' ORBIGNY, *Bulimina* sp., *Elphidium* sp. i *Nonion commune* (d' ORBIGNY).



Slika 15. Asocijacija foraminifera iz gornjebadenske zone *Ammonia viennensis* (uzorak sa dubine 69,7 m)

Uzorak sa 64,2 m predstavlja sivi do svijetlosivi kalkarenit sa jednim unutrašnjim otiskom kapka školjkaša *Lucinoma cf. borealis* (LINNE) (sl. 16). Dužina i visina kapka je oko 2,5 cm.



Slika 16. *Lucinoma cf. borealis* (LINNE) u gornjebadenskom kalkarenitu (uzorak sa dubine 64,2 m)

Sa dubine 61,6 m je uzorak svijetlosivog, *litotamnijskog* krečnjaka u kome je nađen jedan fragment kapka *Flabellipecten cf. besseri* (ANDRZEJOWSKY). U svijetlosivom do žućkastom, *litotamnijskom* krečnjaku sa dubine 47,6 m prisutan je fragment kapka *Ostrea* sp..

Gornjebadenske krečnjake područja Ugljevika istraživao je Rundić (1994) i definisao biosparite i biomikrite u kojima je odredio: alge, *Borelis* sp., *Elphidium* sp., ostreje i kardide.

2.4. Donji sarmat

U profilu bušotine KR-5 donji sarmat je najvjerovatnije konkordantan na gornjem badenu. Snimajući profile krečnjaka na brdu Prokos, Vučjak i Baljak, Miljuš (1961) i Čičić (1964) ističu da su preko badenskih krečnjaka konkordantno zastupljeni banchi laporovitih krečnjaka donjeg sarmata. Prelaz iz badena u sarmat, po njihovom mišljenju, je sasvim postupan, tako da se krečnjaci jednog i drugog kata po izgledu skoro ne razlikuju, izuzev kada sadrže karakterističnu makrofaunu. Međutim, treba istaći da se oko 400 m južno od istraživanog profila bušotine KR-5 sedimenti donjeg sarmata nalaze diskordantno na gornjem badenu. Profil Spasine na kome je dokazan diskordantan odnos katova srednjeg miocena je detaljno istražen a rezultati ovih istraživanja biti će objavljeni u posebnom radu. Diskordancija na profilu Spasine uzrokovana je blizinom obale Centralnog Paratetisa. Zbog toga što se lokacija profila KR-5, tokom srednjeg miocena, nalazila dalje od obale nego lokacija profila Spasine, logično je da odnos badena i sarmata na profilu KR-5 bude konkordantan. Diskordantan odnos badena i sarmata, na profilu snimljenom na sjevernim etažama površinskog kopa Bogutovo Selom, konstatovali su Vrabac & Mihajlović (1990).

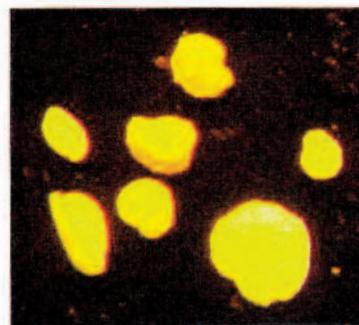
Principom superpozicije laminirane, žućkaste gline (identične gline su zastupljene u osnovi donjeg sarmata na profilu Spasine) i oko 5 m najstarijih krečnjaka, mogu se stratigrafski izdvojiti kao stariji dio donjeg sarmata odnosno *Mohrensternia* slojevi. Mlađi dio donjeg sarmata u intervalu 20,3-35,1 m dokazan je mekušcima (sl. 17). *Polititapes cf. tricuspis* (EICHWALD), *Obsoletiforma obsoleta cf. vindobonensis* (LASKAREV), *Cardiidae*, *Modiolus* sp., *Granulolabium* sp., *Gibbula cf. picta* (EICHWALD) i *Hydrobia* sp.. Ovakva asocijacija mekušaca na prostoru sjeverne Bosne i Hercegovine karakteristična je za *Ervilia* slojeve (Soklić & Vrabac, 1995). Istražujući sarmat okoline Ugljevika Petrović et al. (1969) su istakli da se *Ervilia* slojevi nisu mogli podijeliti na donje i gornje.



Slika 17. Donjesarmsatski mekušci u krečnjaku iz *Ervilia* slojeva (uzorak sa dubine 35,1 m)

Donjesarmatski mekušci su očuvani isključivo u vidu otisaka kapaka i kalupa, dok su u krečnjacima gornjeg badena uglavnom očuvani kapci mekušaca.

Žućkasti, oolitični kalkarenit sa dubine 17, 6 m sadrži rijetke ostrakode i bentoske foraminifere (sl. 18): *Elphidium hauerinum* (d' ORBIGNY), *Elphidium* sp., *Anomalinoides dividens* (d' ORBIGNY), *Quinqueloculina* sp. i *Dentalina cf. haueri* d' ORBIGNY. Ova asocijacija foraminifera može se svrstati u zonu *Elphidium hauerinum* koja u Centralnom Paratetisu odgovara donjim *Ervilia* slojevima (Mandić et al. 2002).



Slika 18. Asocijacija foraminifera iz *Ervilia* slojeva donjeg sarmata (uzorak sa dubine 17,6 m)

3. UVJETI SEDIMENTACIJE TOKOM BADENA I DONJEG SARMATA

Transgresija Paratetisa na području sjeverne Bosne i Hercegovine bila je početkom donjeg badena (Ćorić et al., 2009). S obzirom da je istraživani profil lociran u priobalskom području Centralnog Paratetisa ovdje je često dolazilo do promjena sedimentacionih uvjeta uzrokovanih regionalnim promjenama nivoa mora (Rögl 1999; Kovač et al., 2007; Holcova, 2008).

U badenu, nakon transgresije Paratetisa na ovom lokalitetu Ugljevika taloženje sedimenata vrši se u sublitoralu. Na osnovu litoloških i paleontoloških karakteristika sedimenata može se reći da je ovdje tokom badena more imalo trend opličavanja slično uvjetima koji su konstatovani u dijelu Bečkog bazena na profilu bušotine Baden –Sooss (Baldi & Hohenegger, 2008). Na opličavanje ukazuju proslojci *litotamnijskih* krečnjaka i paketi laminiranih laporaca, koji su taloženi na dubinama manjim od 50 m odnosno u infralitoralu. Na lagunske uvjete sedimentacije laminiranih laporaca badena Bogutovog Sela ukazuju Savić et al. (2005). Masivni laporci donjeg badena sa *pteropodima*, *Pinna*, *Pseudamussium* sp., *Neopycnodonte navicularis* i dr., taloženi su u cirkalitoralu odnosno na dubinama 50-200 m. Na regionalni pad nivoa vode Centralnog Paratetisa tokom srednjeg badena ukazuju Kovač et al. (2007). Na istraživanom profilu bušotine KR-5 srednji baden je predstavljen zonom *Asterigerinata planorbis* i *Cibicidoides ungerianus ungerianus*. Ova asocijacija foraminifera je karakteristična za izrazito oksidacionu zonu unutrašnjeg šelfa i dubinu oko 35 m (Pezelj et al., 2013). U gornjem badenu sedimenti mlađeg dijela zone *Bolivina dilatata maxima* i sedimenti kompletne zone *Ammonia viennensis*, taloženi su u infralitoralu. O tome svjedoče kako litološke karakteristike sedimenata tako i fosili (*Lithothamnum*, *Ammonia*, *Ostrea*, česte jednoosne i četveroosne silikatne spikule spongija, itd.). Normalan salinitet morske vode bio je vjerovatno tokom cijelog badena na što ukazuju ostaci stenohalinskih organizama kao što su ehinidi. Fragmenti bodljici ehinida pronađeni su u skoro svim mikropaleontološkim uzorcima iz donjeg, srednjeg i gornjeg badena. Toploljubive foraminifere kao što su *Globigerinoides* i *Orbulina* indiciraju tropске do subtropske uvjete (Rupp & Hohenegger, 2008).

Tokom sarmata uslijed izolacije Centralnog Paratetisa dolazi do znatnog osiromašenja organskog svijeta (Holcova, 2008). Što se tiče dubine u području istraživanog profila KR-5 ona je ostala u okvirima infralitorala o čemu svjedoči kontinuitet taloženja krečnjaka iz završnog dijela gornjeg badena u donji sarmat. Zanimljivo je da u sarmatskim krečnjacima silikatne spikule spongija nisu nađene što je vjerovatno posljedica pada saliniteta morske vode u sarmatu.

4. ZAKLJUČAK

U profilu istražne bušotine KR-5 kod Ugljevika na osnovu foraminifera i mekušaca definisani su sedimenti badena i donjeg sarmata. Baden je na osnovu foraminifera raščlanjen na: donji, srednji i gornji. Donji baden ima debljinu oko 70 m i predstavljen je zonom *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis*. U donjem badenu dominiraju masivni laporci sa podređenim učešćem litotamnijskih krečnjaka i laminiranih laporaca. Srednji baden je dokazan zonom *Asterigerinata planorbis* i *Cibicidoides ungerianus ungerianus*. Debljina mu je oko 10 m a u njemu su zastupljeni krečnjaci i laporci. Gornji baden je podjeljen na zonu *Bolivina dilatata maxima* i zonu *Ammonia viennensis*.



Identična podjela donjeg i gornjeg badena na foraminferske zone izvršena je i u Tuzlanskom bazenu. Debljina gornjeg badena je oko 80 m. Sedimente gornjeg badena čine masivni i laminirani laporci kao i krečnjaci koji predstavljaju završni litološki član badena. Donji sarmat predstavljaju krečnjaci koji su na osnovu makrofaune definisani kao *Ervilia* slojevi. Na osnovu superpozicije i korelacije sa susjednim profilima, najstariji dio sarmata (laminirane gline i krečnjaci) može se svrstati u *Mohrensternia* slojeve. Debljina donjeg sarmata je oko 40 m.

Taloženje sedimenata istraživanog profila vršeno je u priobalskim uvjetima Centralnog Paratetisa uz česte oscilacije nivoa mora. Masivni laporci donjeg badena taloženi su u okviru cirkalitorala odnosno na dubinama 50-200 m, dok su laminirani laporci badena, laminirane gline sarmata i krečnjaci badena i sarmata taloženi na dubinama manjim od 50 m odnosno u infralitoralu.

Veliko prisustvo silikatnih spikula spongija u klastičnim krečnjacima gornjeg badena negativno će se odraziti na njihovu primjenu u Termoelektrani Ugljevik jer su za odsumporavanje dimnih gasova pogodni oni krečnjaci koji sadrže manje od 3 % silicijuma. Stoga će prednost za navedenu svrhu imati *litolamnijski* krečnjaci badena i krečnjaci sarmata u kojima nema silikatnih spikula spongija.

CONCLUSION

In the cross section of the borehole KR-5 near Ugljevik on the basis foraminifera and molluscs sediments of the Badenian and the Lower Sarmatian have been defined. On the basis of foraminifera the Badenian has been divided on the: Lower Badenian, Middle Badenian and Upper Badenian. The Lower Badenian has thickness of about 70 m and is represented by the *Globigerinoides trilobus* and *Orbulina suturalis* Zone. In the Lower Badenian massive marls, and *Lithothamnium* limestones are dominated whereas laminated marls have less participation. The Middle Badenian is determinated by the presence of *Asterigerinata planorbis* and *Cibicidoides ungerianus ungerianus* Zone. Its thickness is about 10 m. The Middle Badenian is represented by limestones and marls. The Upper Badenian is divided into the *Bolivina dilatata maxima* Zone in the lower part and the *Ammonia viennensis* Zone in the upper part. Identical division of the Lower Badenian and the Upper Badenian on foraminiferal zones have been done in the Tuzla besen. The thickness of the Upper Badenian is about 80 m. Sediments of the Upper Badenian comprise massive marls, and laminated marls, superposed by limestones marking the topmost Badenian interval. The Lower Sarmatian is consisting of limestones which are determinated on the basis of macrofauna as *Ervilia* beds. Basis on superposition and correlation with neighboring outcrops, the oldest part of the Lower Sarmatian (laminated clays and limestones) can be attributed to the *Mohrensternia* beds. The thickness of the Lower Sarmatian is about 40 m.

Deposition of the investigated sediments was in the coastal area of the Central Paratethys with often oscillations of the sea level. Massive marls of the Lower Badenian were deposited in the circalittoral on depths 50-200 m, and laminated marls of the Badenian, laminated clays of the Sarmatian, as well as the limestones of the Badenian and the Sarmatian, were deposited on depths less than 50 m that is infralittoral.

Big presence silicious spicules of *Spongiae* in clastic limestones of the Upper Badenian is their negative characteristic for desulphurisation of flue gases in the Thermoelectrane Ugljevik. For desulphurisation of flue gases are suitable limestones which contains less than 3 % silicium. Because of that priority for mentioned implementation will be have *lithothamnium* limestones of the Badenian and limestones of the Sarmatian which don't contains silicious spicules of *Spongiae*.

Zahvalnica

Zahvaljujemo se Rudniku i Termoelektrani Ugljevik koji su finansijski podržali realizaciju ovih istraživanja. Posebnu zahvalnost upućujemo recenzentima rada Olegu Mandiću (Department of Geology and Paleontology, Natural History Museum Vienna) i Stjepanu Ćoriću (Geological Survey of Austria) koji su dali korektne primjedbe i prijedloge.

5. LITERATURA

1. Atanacković M., 1985: Mekušci morskog miocena Bosne. Geoinženjering, 1-305, Sarajevo.
2. Cicha I., Rögl F., Rupp. C & Ctyroka, 1998: Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys. Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., 549, 1-325, Frankfurt.
3. Čiđić S., 1964: Geološki sastav i tektonika sjeveroistočnog dijela planine Majevice s naročitim osvrtom na geološko-ekonomski značaj ležišta mrkog uglja. Posebno izdanie Geološkog glasnika, 6,1-175, Sarajevo.
4. Baldi K. & Hohenegger J., 2008: Paleoecology of benthic foraminifera of the Baden-Sooss section (Badenian, Middle Miocene, Vienna Basin, Austria). Geologica Carpathica, 59, 5, 411-424, Bratislava.



5. Ćorić S., Vrabac S., Ferhatbegović Z. & Đulović I., 2007: Biostratigraphy of Middle Miocene Sediments from the Tuzla Basin (North-eastern Bosnia) Based on Foraminifera and Calcareous Nannoplankton. *Neogene of Central and South-Eastern Europe, 2 Inter. Works. Joannea-Geol. und Pal.*, 9, 21-23, Graz.
6. Ćorić S., Pavelić D., Rögl F., Mandić O., Vrabac S., Avanić R., Jerković L. & Vranjković A., 2009: Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geologia Croatica*, 62/1, 31-43, Zagreb.
7. Holcova K., 2008: Foraminiferal species diversity in the Central Paratethys – a reflection of global or local events ? *Geologica Carpathica*, 59, 1, 71-85, Bratislava.
8. Kojumdžieva E. & Strašimirov B., 1960: *Fosilite na Blgarija*, 7, Torton. Blg. akad. nauk, 1-380, Sofija.
9. Kojumdžieva E., 1969: *Fosilite na Blgarija*, 8, Sarmat. Blg. akad. nauk, 1-223, Sofija.
10. Kovač M., Andreyeva-Grigorovich A., Bajraktarević Z., Filipesku S., Brzobohaty R., Filipesku S., Fodor L., Harzhauser M., Nagymarosy A., Oszczypko N., Pavelić D., Rögl F., Saftić B., Sliva L. & Studencka B., 2007: Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: Paleogeogrphy, climate and eustatic sea-level changes. *Geologica Carpathica*, 58, 6, 579-606, Bratislava.
11. Mandić O., Harzhauser M., Spezzaferri S. & Zuschin M., 2002: The paleoenvironment of an Early Middle Miocene Paratethys sequence in NE Austria with special emphasis on Paleoecology of mollusks and foraminifera. *Geobios*, 35 (M.S. 24), 193-206.
12. Martini E., 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. – Proc. 2nd Plankt. conf. Roma 1970: 739-785, Roma.
13. Miljuš P., 1961: Rezultati geološkog kartiranja Bosanske Posavine. *Geološki glasnik*, 5, 77-95, Sarajevo.
14. Pantić N., Eremija M. & Petrović M., 1964: Biostratigrafska analiza miocenske flore i faune iz okoline Ugljevika. *Geol. glasnik*, 10, 27-62, Sarajevo.
15. Petrović M., Eremija M. & Pantić N., 1969: Biostratigrafska analiza faune iz okoline Ugljevika. *Geološki anali Balk. pol.*, 34, 20-43, Beograd.
16. Petrović M., Eremija M. & Rundić Lj., 1990: Uporedni biostratigrafski pregled badenskog kata okoline Tuzle i Ugljevika. XII kongres geologa Jugoslavije, knj. I, 152-161, Ohrid.
17. Pezelj Đ., Mandić O. & Ćorić S., 2013: Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian Basin during initial Middle Miocene marine flooding. *Geologica Carpathica*, 64, 1, 81-100, Bratislava.
18. Rögl F., 1999: Short note Mediterranean and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (short overview). *Geologica Carpathica*, 50, 4, 339-349, Bratislava.
19. Rundić Lj., 1994: Badenski karbonati severoistočne Majevice (Bosna). *Geol. an. Balk. poluos.*, 58, 2, 101-114, Beograd.
20. Rupp, C. & Hohenegger J., 2008: Paleoecology of planktonic foraminifera from the Baden-Sooss Section (Middle Miocene, Badenian, Vienna Basin, Austria). *Geologica Carpathica*, 59, 5, 425-445, Bratislava.
21. Savić Lj., Krstić N., Trofimović N., Ječmenica Z. & Jovanović G., 2005: Badenske lagune Ugljevika. *Zapisnici Srpskog geološkog društva*, 25-33, Beograd.
22. Soklić I. & Vrabac S., 1995: Fauna moluska i biostratigrafija sarmata sjeverne Bosne. *Geološki glasnik*, 33, 31-43, Sarajevo.
23. Vrabac S. & Mihajlović D., 1990: Paleontološko-biostratigrafske odlike i odnos badena i sarmata na površinskom kopu Bogutovo Selo kod Ugljevika (SI Bosna). XII kongres geologa Jugoslavije, knj. I, 312-328, Ohrid.
24. Vrabac S., 1999: Facijalne i biostratigrafske odlike badena i sarmata sjeverne Bosne. Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli, 1-107, Tuzla.
25. Vrabac S., Ferhatbegović Z., Đulović I. & Tomić R., 2010: Facijalne i biostratigrafske karakteristike donjobadenskih sedimenata u profilu bušotine E – 160 na površinskom kopu Bogutovo Selo kod Ugljevika (SI Bosna). *Zbornik radova RGGF-a (specijalno izdanje)*, 179-187, Tuzla.
26. Vrabac S., Đulović I. & Tomić R., 2011: Paleogen i neogen na profilu Vučjak u ugljonosnom bazenu Ugljevik. IV savjetovanje geologa BiH sa međunar. učešćem, *Zbornik radova*, 3-12, Sarajevo.
27. Vrabac S., Ćorić S., Đulović I. & Ječmenica Z., 2013: Biostratigrafske zone donjeg badena u profilu bušotine Ui – 568/3 kod Ugljevika. *Zbornik radova V savj. geologa BiH sa međunarodnim učešćem*, 136-145, Pale.

ISSN 2303-5145

A standard one-dimensional barcode representing the ISSN number 2303-5145.

9 772303 514003