



**ЗРГИМ**

**XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '19**

**01 ÷ 03. 11. 2019 година  
Струмица**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

Зборник на трудови:  
**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија**  
[www.zrgim.org.mk](http://www.zrgim.org.mk)

Главен и одговорен уредник:

**Доц. д-р Стојанче Мијалковски**

За издавачот:

**м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.**

Техничка подготовка:

**Доц. д-р Стојанче Мијалковски**

Изработка на насловна страна:

**Доц. д-р Ванчо Аџиски**

Печатница:

**“2–ри Август”, Штип**

Година:

**2019**

Тираж:

**200** примероци

CIP - Каталогизација во публикација  
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'19 (12; 2019; Струмица)  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XII-то стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'19, 01-03.11.2019 година, Струмица; [главен и одговорен уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:  
Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2019.-223 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите  
ISBN 978-608-65530-5-0

а) Рударство – Експлоатација – Минерални сировини – Собири  
COBISS.MK-ID 111373322

***Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.***



## ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

[www.zrgim.org.mk](http://www.zrgim.org.mk)



## КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

## НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Дејан Миравовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Блажо Боев**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;  
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;  
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Владимир Павловиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Божо Колоња**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;  
Проф. д-р **Јакоб Ликар**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;  
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;  
Проф. д-р **Димитар Анастасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Павел Павлов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Иваило Копрев**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;  
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

## **ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:**

### **Претседател:**

**Олег Телној**, Рудник “САСА”, М. Каменица.

### **Потпретседатели:**

Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;  
м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;  
**Митко Крмзов**, ЕКСПЛОТЕЦ МАЦ ДООЕЛ, Радовиш.

### **Генерален секретар:**

м-р **Горан Сарафимов**, ЕКСПЛОТЕЦ МАЦ ДООЕЛ, Радовиш.

## **ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:**

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Блажо Боев**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Тодор Серафимовски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Виолета Стефанова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Виолета Стојанова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Тена Шијакова Иванова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Гоше Петров**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Соња Лепиткова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Ристе Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Горан Тасев**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Марјан Делипетрев**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Ѓорѓи Димов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Благица Донева**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Иван Боев**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Радмила Каранаква Стефанова**, УГД, ФПТН, Штип;  
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;  
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш;  
м-р **Драги Пелтечки**, “Рудплан” ДООЕЛ, Струмица;

м-р **Страше Маневски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Сашо Јовчевски**, Dekra Arbeit, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Андреј Кепевски**, Цементарница “Усје”, Скопје;  
м-р **Игор Стојчески**, Мермерен комбинат, Прилеп;  
м-р **Дејан Ивановски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
м-р **Лазе Атанасов**, ДИТИ, Скопје;  
м-р **Дејан Петров**, Геотехника, Штип;  
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;  
**Мице Тркалески**, Мермерен комбинат, Прилеп;  
**Зоран Костоски**, Мармобианко, Прилеп;  
**Шериф Алиу**, ЗРГИМ, Кавадарци;  
**Филип Петровски**, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;  
**Антонио Антевски**, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;  
**Димитар Стефановски**, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;  
**Дарко Начковски**, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;  
**Чедо Ристовски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
**Емил Јорданов**, ГД “Гранит” АД, Скопје;  
**Борче Ѓоршевски**, “Марковски Компани”, Битола;  
**Миле Милошески**, АД ЕЛЕМ, РЕК Осломеј, Кичево;  
**Миланчо Дамески**, МИСА-МГ, Скопје;  
**Сашко Дамески** МИСА-МГ, Скопје;  
**Лазар Пончев**, Машинокоп, Кавадарци;  
**Игор Трајанов**, Рудник за бакар “Боров Дол”, Радовиш;  
**Илија Лозановски**, Теиком тим, Битола;  
**Иван Купев**, Мобилман, Скопје;  
**Виктор Шотаровски**, Метсо Минералс, Скопје;  
**Љупчо Трајковски**, ЗРГИМ, Кавадарци.

**XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:  
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА  
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”  
- со меѓународно учество –**

---

**01 Ноември 2019**, Струмица  
Република Северна Македонија

**ОРГАНИЗАТОР:**

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ  
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА  
[www.zrgim.org.mk](http://www.zrgim.org.mk)

**КООРГАНИЗАТОР:**

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
[www.ugd.edu.mk](http://www.ugd.edu.mk)



**ЗРГИМ**

## **XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

**“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални суровини”**

# **ПОДЕКС – ПОВЕКС '19**

**Струмица  
01 ÷ 03. 11. 2019 год.**

## **ПРЕДГОВОР**

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните суровини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални суровини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални суровини, традиционално се одржува секоја година во месец ноември. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно-истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните единаесет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 год.) учествуваа повеќе автори од 12 држави, кои презентираа 312 стручни трудови.

За ова дванаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '19) пријавени се 25 труда, на автори од 2 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните суровини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



**AMGEM**

## **XII EXPERT CONFERENCE THEMED:**

**“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”**

# **PODEKS - POVEKS '19**

**Strumica**

**01 ÷ 03. 11. 2019.**

## **FOREWORD**

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, has been organized annually during November. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 12 countries participated in the previous eleven conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 and 2018) presenting 312 expert papers.

Twenty-five authors from 2 countries have registered their expert papers for the XII<sup>th</sup> conference (PODEKS - POVEKS '19).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors





**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Македонија

**XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

**Технологија на подземна и површинска експлоатација  
на минерални сировини**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '19**

Струмица  
01 ÷ 03. 11. 2019 год.

## **СОДРЖИНА**

<b>ПРИМЕНА НА ТЕЛЕСКОПСКИ ЛАФЕТ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “САСА” * Дејан Ивановски, Стојанче Мијалковски, Борче Гоцевски, Стојне Стоиловски.....</b>	<b>1</b>
<b>МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ЕВАЛУАЦИЈА НА ВРЕМЕТО ЗА ЕВАКУАЦИЈА ВО СЛУЧАЈ НА ПОЖАР ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Ванчо Аџиски, Зоран Десподов, Далибор Серафимовски, Стојанче Мијалковски.....</b>	<b>12</b>
<b>ПРИМЕНА НА МАШИНКА „CAN-BLAST“ ЗА МАШИНСКО ПОЛНЕЊЕ НА МИНСКИ ДУПЧОТИНИ СО ПАТРОНИРАНИ ЕКСПЛОЗИВИ * Ристо Дамбов, Дејан Ивановски, Илија Дамбов.....</b>	<b>22</b>
<b>МОДЕЛСКИ ИСПИТУВАЊА ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ИСКОРИСТУВАЊЕТО И ОСИРОМАШУВАЊЕТО НА РУДАТА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева.....</b>	<b>33</b>
<b>ПРОЦЕНКА НА ОДРЖЛИВОСТ НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски.....</b>	<b>43</b>
<b>ОПШТИ ТЕОРИСКИ ПОСТАВКИ ОКОЛУ ПОТРЕБАТА И ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ГЕОЛОШКО СКЛАДИРАЊЕ НА ГАСОТ CO<sub>2</sub> ВО СООДВЕТНИ ЛИТОЛОШКИ ФОРМАЦИИ * Силвана Пешовска, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски .....</b>	<b>53</b>
<b>УРИВАЊЕ СО МИНИРАЊЕ, НА ПОСТОЕЧКИ АРМИСКИ ФОРТИФИКАЦИСКИ ОБЈЕКТ (БУНКЕР) ОД ТРАСАТА НА ЕКСПРЕСНИОТ ПАТ ШТИП - РАДОВИШ * Миле Стефанов, Сашо Андреев, Блаже Митев.....</b>	<b>64</b>

<b>ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ДУПЧАЧКО-МИНЕРСКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ТРАСАТА НА АВТОПАТОТ КИЧЕВО-ОХРИД ВО ЗОНАТА НА ИЗВОРОТ НА РЕКА ТРЕСКА</b> * Александар Пановски, Блажо Митев, Миле Стефанов, Мирослав Влачо, Александар Велков, Драги Дојчиновски, Игор Ѓоргиев.....	72
<b>КОМПАРАТИВНО ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ПРИ КРОЕЊЕ НА МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ</b> * Ристо Дамбов, Радмила Каранакова Стефановска, Игор Стојчески.....	83
<b>ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ МАШИНИ ЗА ДОРАБОТКА И ДОБИВАЊЕ НА КОМЕРЦИЈАЛНИ МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ</b> * Николче Р`жаникоски, Игор Стојчески, Љупче Петрески.....	93
<b>КОМПАРАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИ ДОБИЕНИ ОД СИТОВА АНАЛИЗА И ЛАСЕРЕН ДИФРАКЦИОНЕН ГРАНУЛОМЕТАР</b> * Афродита Зенделска, Мирјана Голомеова, Благој Голомеов.....	101
<b>ПРЕПОЗНАВАЊЕ ОПАСНОСТИ И УПРАВУВАЊЕ СО РИЗИК</b> * Анкица Илијева Стошиќ.....	109
<b>ПРОЦЕНКА НА РИЗИК НА РАБОТНО МЕСТО – ГЕОФИЗИЧАР ПРИ ИСТРАЖУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ</b> * Марјан Делипетрев, Благица Донева, Ѓорги Димов, Зоран Панов, Радмила Каранакова Стефановска, Роберт Филиповски.....	119
<b>MANAGING OF MINING INDUSTRY IN KOSOVO – INSTITUTIONAL AND LEGAL FRAMEWORK</b> * Kemajl Zeqiri, Musa Shabani, Avdi Konjuhi.....	124
<b>ЗАГАДУВАЊЕ НА ВОЗДУХОТ СО ПРАШИНА ВО ГРАДОТ КАВАДАРЦИ. ОДРЕДУВАЊЕ НА ФАЗНАТА ЗАСТАПЕНОСТ СО ПРИМЕНА НА СКАНИНГ ЕЛЕКТРОНСКА МИКРОСКОПИЈА (СЕМ) И ЕНЕРГЕТСКА ДИСПЕРЗИВНА СПЕКТРОСКОПИЈА (ЕДС)</b> * Иван Боев...	128
<b>ГЕОМЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛИНАТА ОД НАОЃАЛИШТЕТО „ГРАДЕЦ” – ВИНИЦА И НЕЈЗИНА ПРИМЕНА</b> * Ѓорги Димов, Благица Донева, Војо Мирчовски, Марјан Делипетрев.....	143
<b>МЕТОДИ НА ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА МЕРМЕРИЗИРАН ВАРОВНИК</b> * Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски.....	151
<b>ГЕОЕЛЕКТРИЧНИ МЕТОДИ ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ</b> * Благица Донева, Ѓорги Димов, Марјан Делипетрев.....	161
<b>ХЕМИСКИ СОСТАВ НА АЛАТКИТЕ КОИ СЕ КОРИСТЕНИ ПРИ ЕКСПЛОТАЦИЈАТА НА МЕРМЕРИТЕ ЗА ВРЕМЕ НА РИМСКИОТ ПЕРИОД НА ПРОСТОРОТ НА ПРИЛЕП, РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА</b> * Иван Боев, Блажо Боев.....	169

<b>ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО АСАНЛИСКО ПОЛЕ ВО БЛИЗИНА НА ДОЈРАНСКОТО ЕЗЕРО</b> * Војо Мирчовски, Стојан Михајловски, Виолета Стефанова, Ѓорѓи Димов.....	178
<b>ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОЛИГОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО КОЧАНСКАТА КОТЛИНА, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА</b> * Виолета Стојанова, Гоше Петров, Виолета Стефанова.....	189
<b>СЕИЗМИЧНОСТ НА ПЕЛАГОНИСКИ ХОРСТ – АНТИКЛИНОРИУМ ЗА ПЕРИОДОТ ОД 1970-2018</b> * Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска, Драгана Черних – Анастасовска.....	196
<b>ПРОМЕНИ ВО ПРИРОДНАТА ОКОЛИНА ПРЕДИЗВИКАНИ ОД ЗЕМЈОТРЕС</b> * Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска, Драгана Черних—Анастасовска.....	206
<b>ПРОБНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА ПРИ ГЕОЛОШКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА НАОЃАЛИШТА НА АРХИТЕКТинСКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН</b> * Орце Спасовски.....	216
<b>ЕВРОПСКИ ПРЕДИЗВИЦИ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА МИЛТА/ТИЊАТА ОД ИНДУСТРИСКИ ПРОЦЕСИ И ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА</b> * Соња Лепиткова, Влатко Трпески.....	224



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

## XII<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

# ПОДЕКС – ПОВЕКС '19

Струмица  
01 – 03. 11. 2019 год.

## КОМПАРАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИ ДОБИЕНИ ОД СИТОВА АНАЛИЗА И ЛАСЕРЕН ДИФРАКЦИОНЕН ГРАНУЛОМЕТАР

**Афродита Зенделска<sup>1</sup>, Мирјана Голомеова<sup>1</sup>, Благој Голомеов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,  
Штип, Р. Северна Македонија

**Апстракт:** Во овој труд е прикажана споредба на гранулометрискиот состав на проби од оловно - цинкова флотација со примена на две различни методи: ситова анализа и автоматска метода со ласерен гранулометар. За ситова анализа користена е Tayler-ова серија на сита, а за автоматската метода користен е ласерен гранулометар SALD-3101 од производителот Shimadzu.

Констатирано е отстапување во гранулометрискиот состав добиен со ситова анализа и со ласерен гранулометар, кое се должи на раличните техники за дефинирање на големината на зрната. Трендот на движење на кривите според двете методи е ист и може да се заклучи дека и двете методи може успешно да се користат.

**Клучни зборови:** ситова анализа, ласерен гранулометар, гранулометриски состав.

## COMPARISON OF SIEVE ANALYSIS AND THE LASER DIFFRACTION METHOD

**Afrodita Zendelska<sup>1</sup>, Mirjana Golomeova<sup>1</sup>, Blagoj Golomeov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip,  
R. of North Macedonia

**Abstract:** This paper presents a comparison of the determination of particle size distribution of samples taken from Pb-Zn flotation using two different methods: sieve analysis and automatic method. The sieve analysis was performed with the Tayler series of sieves, and for automatic method was used the SALD-3101 laser diffraction particle size analyzer from Shimadzu.

Deviation was concluded in the of particle size distribution obtained by sieve analysis and laser granulometer, due to different techniques for grain size determination. The trend of curves moving according to both methods is the same and it can be concluded that both methods can be used successfully.

**Keywords:** sieve analysis, laser diffraction particle size analyzer, particle size distribution.

## 1. ВОВЕД

Рудната проба е составена од парчиња и зрна, различни по облик и големина. Разновидноста во обликот на зрната го отежнува и донекаде има влијание на одредувањето на големината на зрната. Само на зрната со правилен облик може точно и релативно едноставно да им се одреди дијаметарот. Кај сферичните зрна е доволно да се определи дијаметарот и со тоа да се дефинираат сите други својства (волумен, површина и специфична површина). Кај зрната со облик на коцка, посебно кај оние кои се карактеризираат со цепливост по куб, одредувањето на нивните својства е посложено. Големината на зрната може да се дефинира со должината на работ, со дијагоналата на страната или со дијагоналата на коцката. Според земениот параметар, понатаму можат да се одредат и останатите геометриски својства на зрната.

Големината на парчињата или зрната со неправилен облик, може да се претстави со средниот дијаметар  $d_{sr.}$ , имајќи предвид дека зрната може да се дефинираат со линиски големини, во три заемно нормални насоки: должина -  $l$ , ширина -  $b$  и висина -  $h$ . Во зависност од начинот на одредување и достапноста за мерење на одделните димензии, средниот дијаметар на зрната може да се пресмета на еден од следните начини:

$$d_{sr.} = b$$

т.е. големината на зрната е дефинирана со средниот дијаметар, кој ја означува неговата ширина. На овој начин, големината на зрната се одредува, најчесто, со нивно просејување низ сита со квадратни отвори. Притоа, претпоставка е дека зрната проаѓаат низ отворите на ситата така што нивната должина ( $l$ ) е нормална на површината на ситото. Кога се достапни за мерење две димензии - должина и ширина ( $l$  и  $b$ ), како што е случај кај микроскопското одредување, големината на зрната може да се изрази преку средниот дијаметар:

- средна аритметичка вредност на најголемите димензии:

$$d_{sr.} = \frac{l + b}{2}$$

- средна геометриска вредност на најголемите димензии:

$$d_{sr.} = \sqrt{l \cdot b}$$

Во случај кога може да се измерат сите три димензии на зрната, тогаш средниот дијаметар е еднаков на:

- средна аритметичка вредност на димензиите:

$$d_{sr.} = \frac{l + b + h}{3}$$

- средна геометриска вредност на димензиите:

$$d_{sr.} = \sqrt[3]{l \cdot b \cdot h}$$

На кој начин ќе се пресмета средниот дијаметар на зрната, ќе зависи од големината на зрната и условите на работа. Одредувањето на големината на зрната во една маса на овој начин е практично неизводливо. Бидејќи минералните зрна главно имаат неправилен облик, единствено ни преостанува истиот да се замени со еквавалентна форма. За еквавалентна форма најчесто се усвојува сферичната, што овозможува лесно пресметување на волуменот, површината, специфичната површина, брзината на паѓање на зрната во вода и воздух итн.

За одредување на составот на суровината според крупност, во пракса се користат: ситова, седиментациска, микроскопска и автоматска анализа (Ласерен гранулометар).

Секоја техника ја дефинира големината на честичката на различен начин и со тоа се мерат различни својства на истиот материјал.

Со сеењето се дефинира дијаметарот на честичките како должина на страната на квадратниот отвор преку кој честичката може да помине.

Со седиментациската анализа се дефинира дијаметарот на честичката како дијаметар на еквивалентна сфера која се таложи со иста брзина како и честичката чија што големина ја одредуваме, т.н. стоксов дијаметар. Сферата обично се поистоветува со сфера со густина на кварц.

Дијаметарот на честичките одреден со ласерен гранулометар е еквивалентен на дијаметарот на сферата која дава иста дифракција како и честичката. Ласерниот гранулометар ја гледа честичката како дводимензионален предмет и големината на зрното ја дава како функција од напречниот пресек на површината на таа честичка.

Неколку автори имаат работено на споредба на резултати добиени од анализа користејќи ласерен гранулометар и ситова анализа [2], [4], [5], и резултати добиени со анализа користејќи ласерен гранулометар и седиментација [3].

Целта на овој труд е да се направи споредба на гранулометрискиот состав на неколку различни проби од оловно - цинкова флотација добиен со ситова анализа и ласерен гранулометар. И двете анализи се изведени во медиум вода.

## **2. СИТОВА АНАЛИЗА**

Ситовата анализа е често применувана анализа во подготовката на минерални суровини. Се користи за одредување на гранулометрискиот состав на пробата, за класирање на суровината во готови производи, за контрола на процесот на уситнување на суровината, во рамките на лабораториски испитувања, во научноистражувачката работа итн.

Ситовата анализа претставува процес на раздвојување на пробата на класи со различна крупност, со помал или поголем распон, со помош на сита.

За класирање на ситнозрнест материјал се користат стандардни лабораториски сита. Овие сита се кружни и изработени од материјал кој не 'рѓосува. Имаат специјална рамка која им овозможува ситата да се постават во слог (едно врз друго) и материјалот да се просејува истовремено низ повеќе сита.

Врз точноста на ситовата анализа може да влијаат и други фактори, како што се: прецизноста на земањето на средната проба, педантноста со која се изведува анализата, истрошеноста на мрежата на ситото и варирањето во отворите на ситата. Ако повеќето фактори се исклучат во текот на просејувањето, тогаш точноста на ситовата анализа е во границите 0.5 - 1.0%.

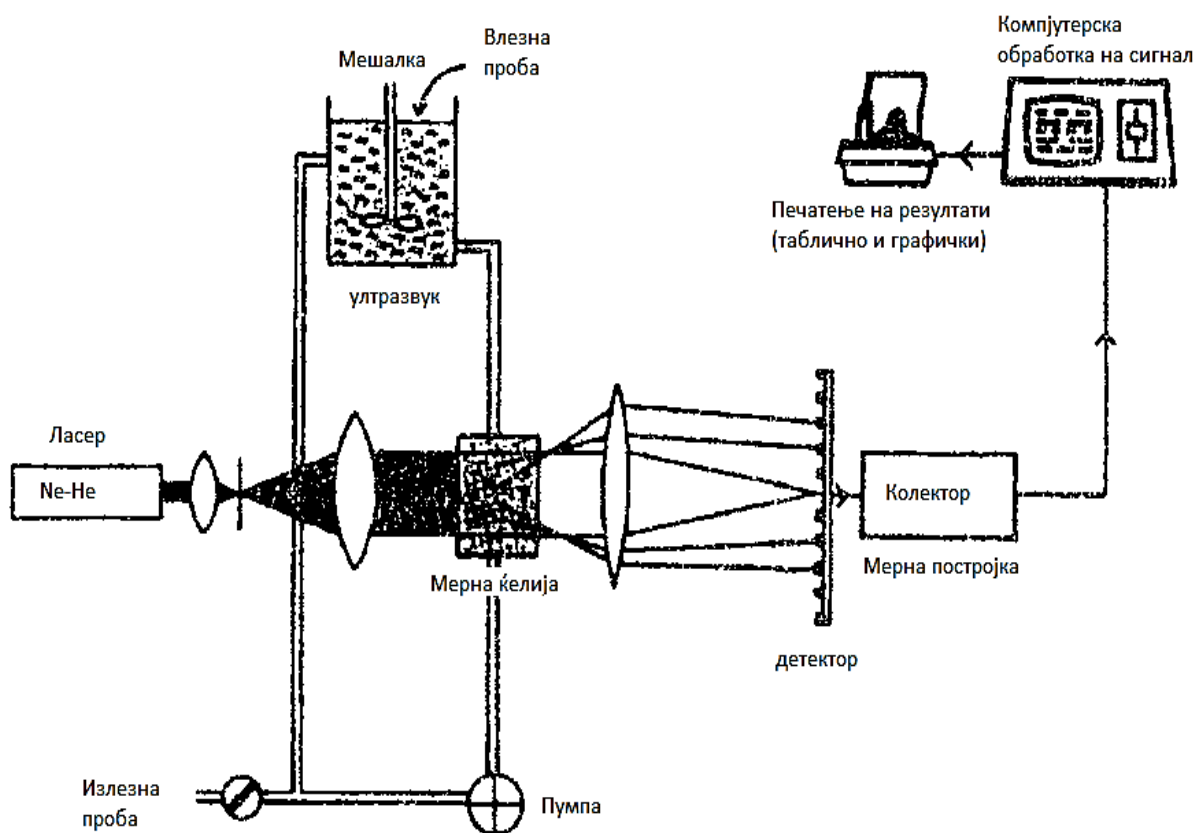
Суровините кои се мелени, а посебно оние кои се третираат со флотациска концентрација, по извршеното мокро просејување заклучно со сито од 200 меша (0.074 mm) или 400 меша (0.037mm), треба да се класираат во тесни класи на крупност. Ова класирање може да се изведе со седиментација или елутријација во вода, воздух и поретко во тешки течности [1].



Слика 1. Лабораторски сита

### 3. ЛАСЕРЕН ГРАНУЛОМЕТАР

За автоматска анализа на крупноста на финозрнест материјал конструирани се апарати од различни водечки фирми како што се MALVERN, HORIBA, FRITSCH, SHIMADZU и др. Материјалот кој се подложува на анализа треба да биде во суспендирана состојба (некои апарати имаат можност за мерење и во сува состојба). Границите на мерењето може да се изберат помеѓу 0,2 до 11000-2000  $\mu\text{m}$ , а најмалите граници вклучуваат честици со големина од 0,2 до 40  $\mu\text{m}$ . Потребното време на мерење е околу 2-3 минути. Независно од видот на анализаторот, апаратите се состојат од три основни дела (слика 2): постројка за мерење, постројка за диспергирање на суспензијата и електронска постројка [1].



Слика 2. Принцип на дејствување на ласерните гранулометри

*Постројката за мерење од левата страна има He-Ne ласер и оптички систем за генерирање на ласерните зраци во една точка. На десната страна на уредот се наоѓа мултиелементен детектор со засилувач за регистрирање на дифракциониот модел. Помеѓу двете страни на уредот е поставена мерна ќелија, во која циркулира суспензијата. Мерната ќелија е подвижна и може да се позиционира во зависност од границите на мерењето. Сидовите на ќелијата се стаклени и низ нив поминуваат ласерните зраци. Кај некои модификации може да претставуваат стаклени леќи. Кога зракот ќе најде на честица се прекршува под определен агол, кој зависи од големината на честицата и образува дифракционен круг. Секоја мрежа од дифракциони кругови е на растојание една од друга, строго зависно од дијаметарот на честиците. Интензитетот отчитан од секој детектор е збир на интензитетите на честиците со определена големина.*

*Уредот за диспергирање на суспензијата се состои од ултразвучна када (со можност за промена на интензитетот на звукот) заполнета со вода или друга течност (бензол, спирт и др.), во зависност од густината на испитуваниот материјал. Во неа се додава пробата со тежина не повеќе од 1-2 g. За добро диспергирање на добиената суспензија во кадата е потопена мешалка, чии вртежи може да се менуваат. Кадата е поврзана со центрифугална пумпа за диспергирање и транспортирање на суспензијата во мерниот уред.*

*Електронски уред - Расејаната светлина се фокусира од оптички систем врз специјален мултиелементен детектор. Пристапната електроника непрекинато го скенира детекторот, чиј излезен сигнал поминува преку засилувач и бројчен преобразувач на сигналот, по што тој пристапува во компјутер и се обработува од компјутерска програма. Резултатите за распределбата на честиците според големина се прикажуваат на екранот од мониторот во таблична форма и како хистограм (поединечно и кумулативно).*

#### **4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

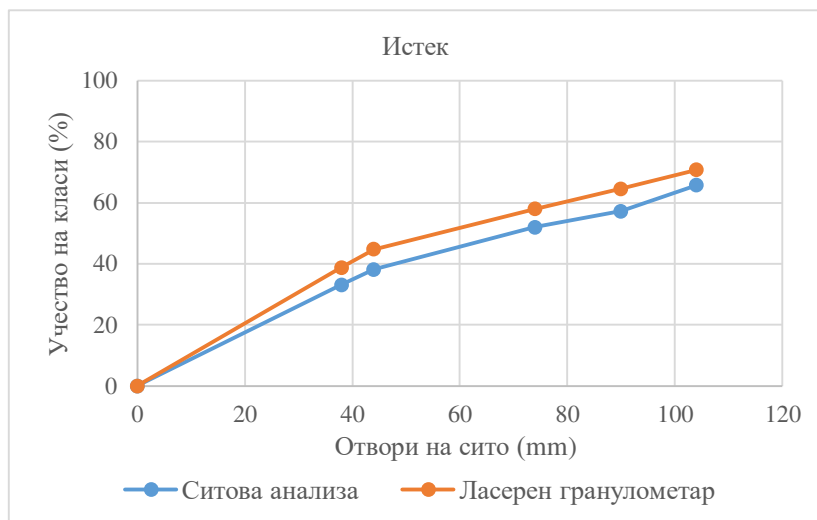
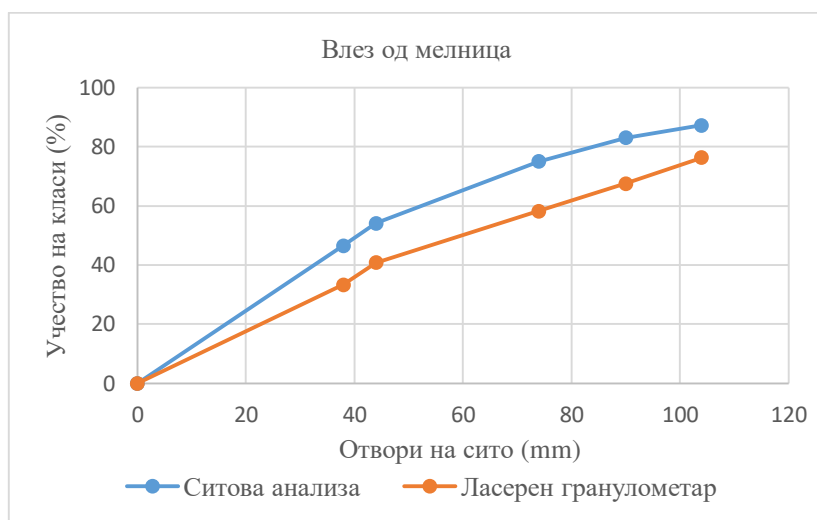
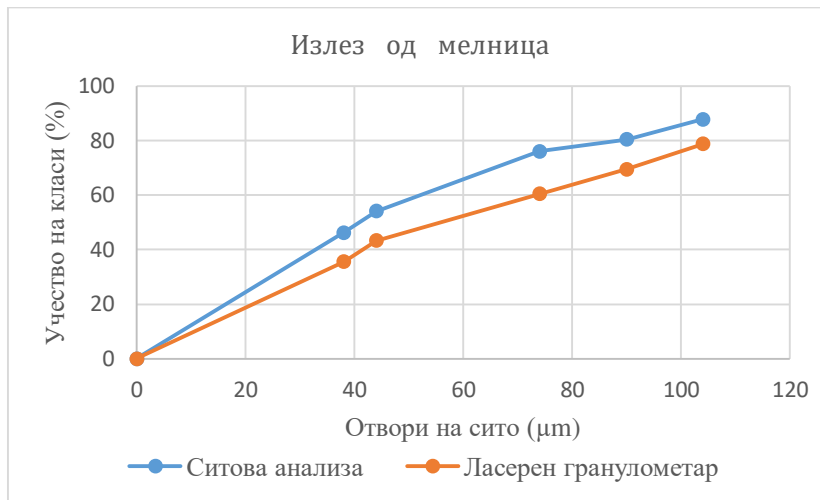
За да се направи споредба на гранулометрискиот состав добиен со ситова анализа и ласерен гранулометар, земени се проби од погон за флотација на оловно - цинкова руда: влез и излез во мелница за домелување на груб цинков концентрат, оловен концентрат, цинков концентрат и јаловина (истек).

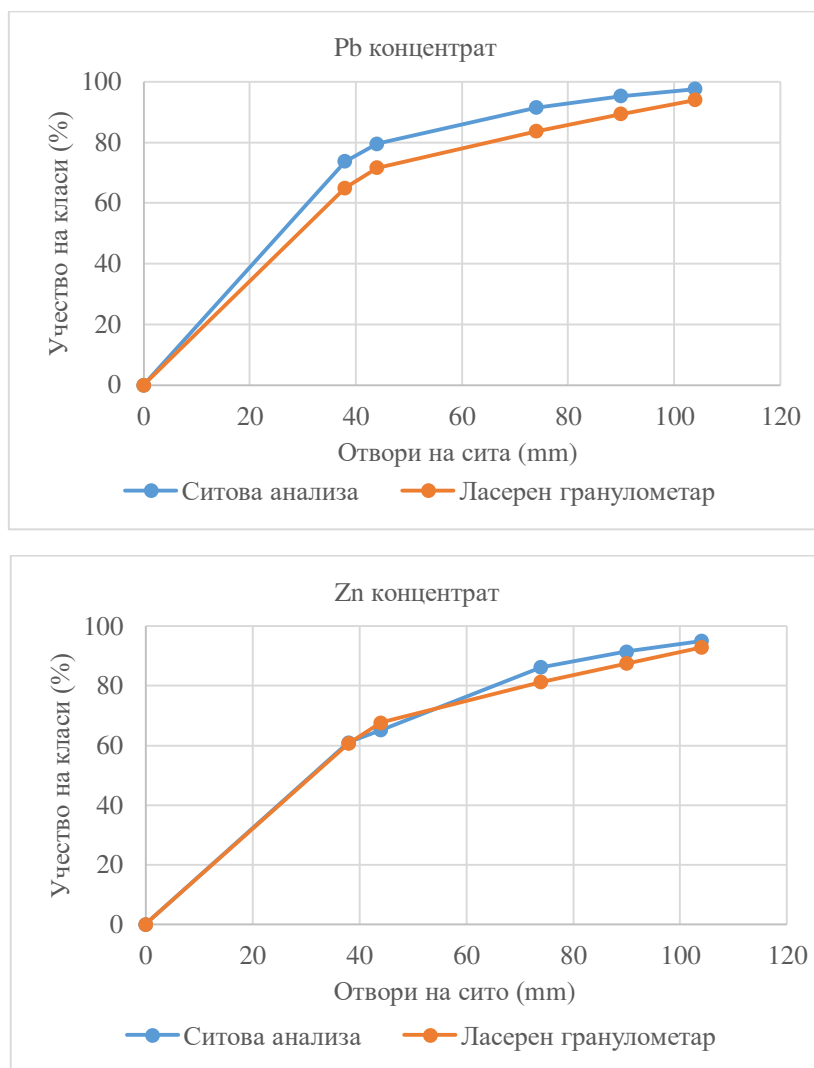
За ситовата анализа користени се сита од Taylor-овата серија, а истата е извршена рачно во медиум вода. Отворите на ситата се: 0.104, 0.088, 0.074, 0.043 и 0.038 mm.

За одредување на гранулометрискиот состав со помош на ласерен гранулометар користен е инструментот Laser Diffraction Particle Size Analyzer SALD-3101 од производителот Shimadzu. Со овој инструмент се одредува распределбата на големината на честичките (гранулометриски состав) во широк спектар на честички со дијаметар од 0,05  $\mu\text{m}$  до 3000  $\mu\text{m}$  во медиум вода.

На слика 3 се прикажани споредбени графици за гранулометрискиот состав одреден со ситова анализа и со помош на ласерен гранулометар за сите испитувани проби.







**Слика 3.** Гранулометриски состав одреден со ситова анализа и ласерен гранулометар

Според резултатите кои може да се видат на слика 3 може да се констатира дека се појавува отстапување за учеството на дадените класи добиено со ситова анализа и ласерен гранулометар. Ова е очекувано бидејќи станува збор за различни техники за дефинирање на големината на честичката и се мерат различни својства на истиот материјал. Разликата е во граници од околу 5 до 15 процентуални единици. Најголема разлика се јавува кај влезот и излезот од мелницата, додека кај останатите примероци е околу 5 – 8 процентуални единици. Најмали отстапувања се јавуваат кај истекот. Сепак може да се констатира дека трендот на движење на кривите според двете методи е ист и успешно може да се користат и едната и другата метода.

## 5. ЗАКЛУЧОК

Денес, определувањето на гранулометрискиот состав има широк спектар на примена и можности. Во зависност од количината на материјалот за испитување,

потребната точност или потребното време за анализа, достапни се и може да се изберат неколку различни методи.

Ситовата анализа одзема многу повеќе време, неколку часа, за разлика од ласерната дифракција каде резултатите се добиваат многу брзо, за неколку минути. За ситова анализа потребна е поголема количина на проба, во зависност од крупноста на материјалот, а за ласерната дифракција се доволни 1-2 g и максималниот дијаметар на зрната во пробата не смее да надмине 3 mm.

Една од предностите на ситовата анализа пониската цена во споредба со цената за набавка на уредот кој користи ласерска дифракција.

Во ситуации кога имаме кратко време за испитување и кога веднаш се очекува резултат најдобро е да се направи анализа со помош на ласерен гранулометар. Анализата на резултатите од користените методи, ситова анализа и ласерен гранулометар, овозможува да се дојде до заклучок дека овие методи може успешно да се искористат за одредување на гранулометрискиот состав и да се споредуваат една со друга.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] М. Голомеова, Б. Голомеов (2012) Методи на испитување во минералната технологија, Универзитет „Гоце Делчев“ Штип <http://e-lib.ugd.edu.mk/133>
- [2] K. Žegelen, D. Grygier, A. Ambroziak, M. Tulej (2016) Particle size distribution determination methods comparison based on sieve analysis and laser method, Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences, Vol.IV, No.1
- [3] V. Ferro, S. Mirabile (2009) Comparing particle size distribution analysis by sedimentation and laser diffraction method, J. of Ag. Eng. - Riv. di Ing. Agr., 2, 35-43
- [4] M. Hrnčirova, J. Pospíšil, M. Špiláček (2013) Size analysis of solid particles using laser diffraction and sieve analysis, Engineering Mechanics, Vol. 20, No. 3/4, p. 309–318
- [5] M. Zárbynická, J. Pospíšil, M. Špiláček (2012) Comparison of sieve analysis and laser diffraction for size distribution of fine ash particles, 31 Setkani Kateder Mechaniky Tekutin a Termomechaniky, 26-28 června 2012, Mikulov