



**ЗРГИМ**

**XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '18**

**09 ÷ 11. 11. 2018 година  
Струга**

**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:

**Проф. д-р Благој Голомеов**

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:

**Arberia design, Тетово**

Година:

**2018**

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'18 (11; 2018; Струга)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XI-то

стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'18, 09-11.Ноември.2018 год., Струга;

[главен и одговорен уредник Благој Голомеов; уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2018.-293 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-65530-4-3

а) Рударство – Експлоатација – Минерални сировини – Собири

COBISS.MK-ID 108736778

***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. Македонија;  
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Македонија;  
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;  
Проф. д-р **Слободан Вујиќ**, Рударски Институт, Белград, 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:**

Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип.

### **Потпретседатели:**

Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;  
м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;  
**Митко Крмзов**, Portlant OPC, Струмица.

### **Генерален секретар:**

м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.

## **ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:**

**Мице Тркалески**, Мермерен комбинат, Прилеп;  
**Зоран Костоски**, Мармобианко, Прилеп;  
**Шериф Алиу**, ЗРГИМ, Кавадарци;  
**Филип Петровски**, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;  
м-р **Драги Пелтечки**, Еуромакс Ресурсис, Струмица  
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;  
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш;  
м-р **Зоран Богдановски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци;  
м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп;  
м-р **Костадин Јованов**, ЗРГИМ, Кавадарци;  
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;  
**Чедо Ристовски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
**Антонио Антевски**, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;  
**Дарко Начковски**, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;  
**Димитар Стефановски**, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;  
**Лазе Атанасов**, ДИТИ, Скопје;  
**Пепи Мицев**, Рудник “Бањани”, Скопје;  
**Марија Петровска**, Стопанска Комора, Скопје;  
**Љупчо Трајковски**, ЗРГИМ, Кавадарци;  
**Емил Јорданов**, ГД “Гранит” АД, Скопје;  
**Орхан Рамадановски**, “Кнауф”, Дебар;  
Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;

Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Проф. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип;  
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип.

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

---

**09 Ноември 2018**, Струга  
Република 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**

## **XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

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

# **ПОДЕКС – ПОВЕКС '18**

**Струга**

**09 ÷ 11. 11. 2018 год.**

## **ПРЕДГОВОР**

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (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 сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, 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 десет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016 и 2017 год.) учествуваа повеќе автори од 10 држави, кои презентираа 275 стручни трудови.

За ова единаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '18) пријавени се 37 труда, на автори од 6 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 сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



**AMGEM**

## **XI EXPERT CONFERENCE THEMED:**

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

# **PODEKS - POVEKS '18**

**Struga**

**09 ÷ 11. 11. 2018.**

## **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 10 countries participated in the previous ten conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016 and 2017) presenting 275 expert papers.

Thirty-seven authors from 6 countries have registered their expert papers for the XI<sup>th</sup> conference (PODEKS - POVEKS '18).

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

**XI СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

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

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '18**

Струга  
09 ÷ 11. 11. 2018 год.

## СОДРЖИНА

<b>ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ ИНСТРУМЕНТИ И ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК "САСА" * Борче Гоцевски, Дејан Ивановски, Сергеј Филиппов, Чедо Ристовски, Стојанче Мијалковски.....</b>	<b>1</b>
<b>APPLICATION OF TELEMETRICAL SUPERVISION IN MONITORING THE WORK OF MINING EMPLOYMENT IN RMU "BANOVICI" D.D. BANOVICI * Hamid Husić, Senad Čerčić.....</b>	<b>10</b>
<b>МОДЕЛ НА БЕЗЖИЧНА МРЕЖА ЗА КОМУНИКАЦИОНЕН И МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА БАЗИРАН НА ZIGBEE ТЕХНОЛОГИЈА * Ванчо Аџиски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Стојанче Мијалковски.....</b>	<b>19</b>
<b>ЕРП СИСТЕМИ ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА * Љубица Панова, Митко Крмзов, Теодора Топчева, Никола Механџиски.....</b>	<b>31</b>
<b>ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ МАШИНИ И ТЕХНОЛОГИИ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК "САСА" * Борче Гоцевски, Дејан Ивановски, Сергеј Филиппов, Чедо Ристовски, Стојанче Мијалковски.....</b>	<b>41</b>
<b>ОДРЕДУВАЊЕ НА НАЈВАЖНИТЕ ПАРАМЕТРИ КОИ ИМААТ ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ИСКОРИСТУВАЊЕТО И ОСИРОМАШУВАЊЕТО НА РУДАТА КАЈ ПОДЕТАЖНАТА ОТКОПНА МЕТОДА СО ЗАРУШУВАЊЕ НА РУДАТА ВО РУДНИКОТ САСА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева, Ванчо Гоцевски.....</b>	<b>47</b>
<b>МЕТОДИ ЗА МЕРЕЊЕ НА ПРИМАРНИ НАПРЕГАЊА ВО КАРПЕСТ МАТЕРИЈАЛ * Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова, Стојанче Мијалковски, Ванчо Аџиски.....</b>	<b>57</b>
<b>НОВ ПОВРШИНСКИ КОП ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНА СУРОВИНА АРХИТЕКТОНСКО УКРАСЕН КАМЕН - МЕРМЕР, ЛОКАЛИТЕТ „СОКОЛ“ С. БЕЛОВОДИЦА ОПШТИНА ПРИЛЕП * Кирил Демјански, Никола Чапов.....</b>	<b>65</b>

<b>МЕТОДА ЗА ДОБИВАЊЕ НА БЛОКОВИ ВО РУДНИЦИ ЗА АРХИТЕКТОНСКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН</b> * Николче Р`жаникоски, Ристо Дамбов, Игор Стојчески, Христијан Станојоски.....	72
<b>TECHNOLOGICAL METHODS FOR OPENCAST EXTRACTION WITH A SURFACE MINER</b> * Daniel Georgiev, Ivan Mitev, Dimitar Kaykov, Ivaylo Koprev.....	79
<b>LIPICA LIMESTONE DIMENSION STONE BLOCKS COMPACTNESS CLASSIFICATION</b> * Andrej Kos, Jože Kortnik .....	86
<b>ПРИМЕНА НА НЕЕКСПЛОЗИВНИ ЕКСПАНДИРАЧКИ СРЕДСТВА ЗА КРШЕЊЕ НА БЛОКОВИ ЗА ГОЛЕМИ ПРЕЧНИЦИ</b> * Ристо Дамбов, Игор Стојчески, Никола Р`жаникоски, Илија Дамбов, Христијан Станојоски.....	96
<b>МИНИРАЊЕ НАТПАТНИК НА АВТОПАТ МИЛАДИНОВЦИ-ШТИП НА СТАЦИОНАЖА КМ34+972,46. (РАЦКРСНИЦА ЕРЏЕЛИЈА)</b> * Стојанче Тренчевски, Емил Јорданов.....	106
<b>FLY ROCKS IN SURFACE MINE DURING THE BLASTING</b> * Frashër Brahimaj, Risto Dambov.....	113
<b>SEISMIC IMPACT FROM MASSIVE BLASTINGS ON AROUND OBJECTS</b> * Risto Dambov, Frashër Brahimaj, Ejup Ljatifi, Ilija Dambov.....	120
<b>БЕЗБЕДНО РАБОТНО МЕСТО ВО РУДАРСТВОТО</b> * Анкица Илијева Стошиќ.....	126
<b>ИЗРАБОТКА НА ГЕОЛОШКИ МОДЕЛ ВО “ЛИПФРОГ ГЕО” СОФТВЕР</b> * Љупче Кулаков, Oğuz Egemen.....	134
<b>THE SAFE AND EFFECTIVE ACQUISITION OF GEO-RESOURCES AS THE MAIN OBJECTIVE OF GEOMECHANICS</b> * Georgi Dachev, Kiril Kutsarov, Daniel Georgiev.....	143
<b>ГЕОЛОШКИ И ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ИЗВЕДБА НА УСЕЦИ</b> * Орце Петковски, Ванчо Ангелов.....	150
<b>ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ И МИНЕРАЛОШКО - ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТКИ НА БАЗАЛТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ КАМЕНО БРДО, ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА</b> * Орце Спасовски, Даниел Спасовски.....	158
<b>МОЖНОСТ ЗА ПРИМЕНА НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН НА НАОЃАЛИШТЕТО ЖИВОЈНО</b> * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Дамбов, Ристо Поповски, Пеце Муртановски.....	165

<b>ВЛИЈАНИЕ НА СУБЈЕКТИВНОСТА ПРИ ДОНЕСУВАЊЕ ОДЛУКИ СО УПОТРЕБА НА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКИ МЕТОДИ * Пеце Муртановски, Александар Стоилков, Сашо Цветковски, Маја Јованова.....</b>	<b>172</b>
<b>FOSTER OF MINING WASTE RECYCLING AND 3R PRINCIPLES IN MINING INDUSTRY * Kemajl Zeqiri, Musa Shabani, Avdi Konjuhi, Festim Kutllovci.....</b>	<b>176</b>
<b>ПАСИВЕН ТРЕТМАН НА РУДНИЧКИ ВОДИ * Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов.....</b>	<b>183</b>
<b>ПРОЦЕНКА ОД ОДГОВОРНОСТ ЗА ЕКОЛОШКА ШТЕТА ДПТУ „РУДНИК БУЧИМ“- ДОО РАДОВИШ * Славјанка Пејчиновска - Андонова, Тања Николовска, Саре Сарафилоски.....</b>	<b>195</b>
<b>КВАЛИТАТИВНИ И КВАНТИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛИНИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО КОКОШИЊЕ (РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА) * Орце Спасовски, Даниел Спасовски.....</b>	<b>204</b>
<b>КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ДИЈАБАЗОТ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ “ГАВРАН“, ОПШТИНА СТРУМИЦА И МОЖНОСТ ЗА НЕГОВО КОРИСТЕЊЕ КАКО ГРАДЕЖНО - ТЕХНИЧКИ КАМЕН * Љупче Ефнушев, Ѓорги Димов, Благица Донева.....</b>	<b>212</b>
<b>ПРИМЕНА НА ОПАЛИЗИРАНИОТ ТУФ ВО ИЗРАБОТКА НА БИОФИЛТРИ * Крсто Блажев, Благица Донева, Ѓорги Димов, Марјан Делипетрев.....</b>	<b>219</b>
<b>ХИДРОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОДЗЕМНИТЕ И ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ОД РУДНОТО НАОЃАЛИШТЕ „ЛУКЕ“ – КРИВА ПАЛАНКА * Војо Мирчовски, Виолета Стефанова, Гоше Петров, Ласте Ивановски, Силвана Пешовска, Ванчо Ангелов, Бојан Стрезовски..</b>	<b>224</b>
<b>АНАЛИЗА НА ГЕОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ КАКО ПРЕДУСЛОВ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЗАПАДНИОТ ДЕЛ НА НАОЃАЛИШТЕТО ЗА ЈАГЛЕН „БРОД-ГНЕОТИНО“ * Ласте Ивановски, Бојан Стрезовски, Симона Трајчева, Александар Стоилков, Пеце Муртановски, Маја Јованова, Горанчо Гроздановски.....</b>	<b>235</b>
<b>ИДЕНТИФИКАЦИЈА НА МИНЕРАЛИТЕ ОД СИВЕЦ СО ПРИМЕНА НА XRD МЕТОДА * Тена Шијакова-Иванова, Мартин Петрески.....</b>	<b>244</b>
<b>РЕЗУЛТАТИ ОД ШЛИХОВСКА ПРОСПЕКЦИЈА – РЕКА ОТИЊА, ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА * Виолета Стефанова, Виолета Стојанова, Војо Мирчовски .....</b>	<b>254</b>
<b>ЛИТОСТРАТИГРАФСКА КОРЕЛАЦИЈА НА ЕОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ ОД ДУПЧОТИНИТЕ ВО ТИКВЕШКИОТ И ОВЧЕПОЛСКИОТ БАСЕН, Р. МАКЕДОНИЈА * Виолета Стојанова, Гоше Петров, Виолета Стефанова...</b>	<b>260</b>

<b>ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОФИОЛИТСКИОТ МАСИВ ДЕМИР КАПИЈА – ГЕВГЕЛИЈА * Гоше Петров, Виолета Стојанова, Војо Мирчовски.....</b>	<b>268</b>
<b>СЕИЗМОЛОШКА ОПСЕРВАТОРИЈА – СЕИЗМИЧКИ МОНИТОРИНГ И ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИ * Јасмина Најдовска, Катерина Дрогрешка, Драгана Черних – Анастасовска.....</b>	<b>274</b>
<b>МАКРОСЕИЗМИЧКИ ЕФЕКТИ ОД ЗЕМЈОТРЕСОТ НА 11 СЕПТЕМВРИ 2016 ГОДИНА ВО СКОПСКАТА КОТЛИНА И ОКОЛИНАТА * Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска, Драгана Черних Анастасовска.....</b>	<b>284</b>
<b>НОВИ СОЗНАНИЈА ЗА БИОАКУМУЛАТИВНИОТ КАПАЦИТЕТ НА ДИАТОМЕТИТЕ ЗА ТЕШКИ МЕТАЛИ-ИСТРАЖУВАЊА ВО ОБЛАСТА АЛШАР, МОЖНОСТ ЗА НОВ ПРИСТАП ВО МЕТОДИТЕ НА БИОРЕМЕДИЈАЦИЈА * Иван Боев.....</b>	<b>294</b>



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

**XI<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '18**

Струга  
09 – 11. 11. 2018 год.

## **МОДЕЛ НА БЕЗЖИЧНА МРЕЖА ЗА КОМУНИКАЦИОНЕН И МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА БАЗИРАН НА ZIGBEE ТЕХНОЛОГИЈА**

**Ванчо Аџиски<sup>1</sup>, Зоран Десподов<sup>1</sup>, Дејан Мираковски<sup>1</sup>,  
Стојанче Мијалковски<sup>1</sup>**

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

**Апстракт:** Целта на оваа студија е преку користење на нови технологии да предложи сигурен и ефикасен комуникационен и мониторинг систем во рудниците за подземна експлоатација. За да се постигне оваа цел, анализирани се повеќе безжични мрежни системи од кои ZigBee технологијата се издвојува како најефикасна за инсталација и одржување во рудниците за подземна експлоатација. Предложениот систем во оваа студија има можност да ја интегрира ZigBee безжична мрежна технологија со различни сензори и да овозможи комуникација, мониторинг и контрола во рудниците за подземна експлоатација. Исто така во оваа студија е претставено и едно сценарио за имплементација на ZigBee безжичната мрежна технологија за подобрување на системот за евакуација во случај на пожар во рудник за подземна експлоатација.

**Клучни зборови:** ZigBee, безжична мрежа, систем, сензори, рудник за подземна експлоатација

## **WIRELESS NETWORK MODEL FOR COMMUNICATION AND MONITORING SYSTEM IN UNDERGROUND MINES BASED ON ZIGBEE TECHNOLOGY**

**Vancho Adjiski<sup>1</sup>, Zoran Despodov<sup>1</sup>, Dejan Mirakovski<sup>1</sup>,  
Stojance Mijalkovski<sup>1</sup>**

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

**Abstract:** The purpose of this study is to propose a reliable and efficient communication and monitoring system in underground mines. In order to achieve this goal, wireless networking systems have been analyzed, from which ZigBee technology is distinguished as the most efficient for installation and maintenance in underground mines. The proposed system in this study has the ability to integrate ZigBee wireless network technology with various sensors and enable communication, monitoring and control in underground mines. Also in this study is presented one scenario for implementation of ZigBee wireless network technology to improve the evacuation system in case of fire in underground mines.

**Keywords:** ZigBee, wireless network, system, sensors, underground mines

## 1. ВОВЕД

Со предизвикувачките работни услови и константната промена на топологијата на секој рудник за подземна експлоатација, ефективен комуникационен и мониторинг систем се од големо значење, заедно со целите за безбедно и ефикасно работење. Автоматизацијата преку далечински и автоматски системи доведе до подобрувања на здравјето и безбедноста на работното место за вработените во рудниците за подземна експлоатација. Во овој контекст, безжичните сензорски мрежи започнаа да се користат со забрзано темпо за комуникационен и мониторинг систем на сите работни параметри кои се клучни за безбедно работење во рудниците за подземна експлоатација.

Годишни статистички податоци за несреќи настанати при работа во рудниците за подземна експлоатација ја поткрепуваат важноста за користење на безжичните сензорски мрежи за минимизирање на повредите, смртните случаи, оштетување на опремата и неочекувани трошоци [6, 8]. Во оваа студија е разработен модел на безжична сензорска мрежа која е базирана на ZigBee технологија.

ZigBee е нова технологија која е базирана на стандардот IEEE 802.15.4, која обезбедува подобри услови за комуникационен и мониторинг систем во рудниците за подземна експлоатација во споредба со другите безжични сензорски мрежи.

ZigBee технологијата има прифатливи комуникациски растојанија помеѓу јазлите, ниска потрошувачка на енергија од страна на сензорските јазли и ниска севкупна сложеност. Во комуникациските мрежи, еден јазол е точка за конекција, точка за редистрибуција или крајна точка за комуникација. Дефиницијата за јазол зависи од мрежата и протоколниот слој на кој припаѓа. Исто така, јазлите на ZigBee технологијата, инсталацијата и одржувањето на мрежата се многу економични во споредба со другите типови за безжична мрежна инсталација. ZigBee мрежата не бара никаква пристапна точка или централен јазол за пренос на податоци помеѓу кластери. Иако ZigBee мрежата има многу ниска стапка за пренос на податоци со максимални 250 kbps, таа нуди огромни можности за примена во рудниците за подземна експлоатација [11].

Оваа студија демонстрира иновативната интеграција на ZigBee технологијата во еден систем за комуникација и мониторинг на амбиенталните и работните параметри во рудниците за подземна експлоатација. Безбедноста при работа може значително да се подобри преку подобро управување со вентилацијата и подобрување на комуникацијата во вонредни ситуации преку праќање на текстуални пораки на мобилни уреди кои можат да бидат од клучно значење за безбедна евакуација на сите вработени. Интегрираниот ZigBee безжичен систем прима податоци од развиените јазли кои се поврзани со сензори кои можат да ги мерат различните работни параметри и истите податоци да се испраќаат до централен систем на површината кој врши мониторинг на целиот рудник (Слика 1).



Слика 1. Потенцијални функции и апликации на ZigBee безжичната мрежна технологија во рудниците за подземна експлоатација

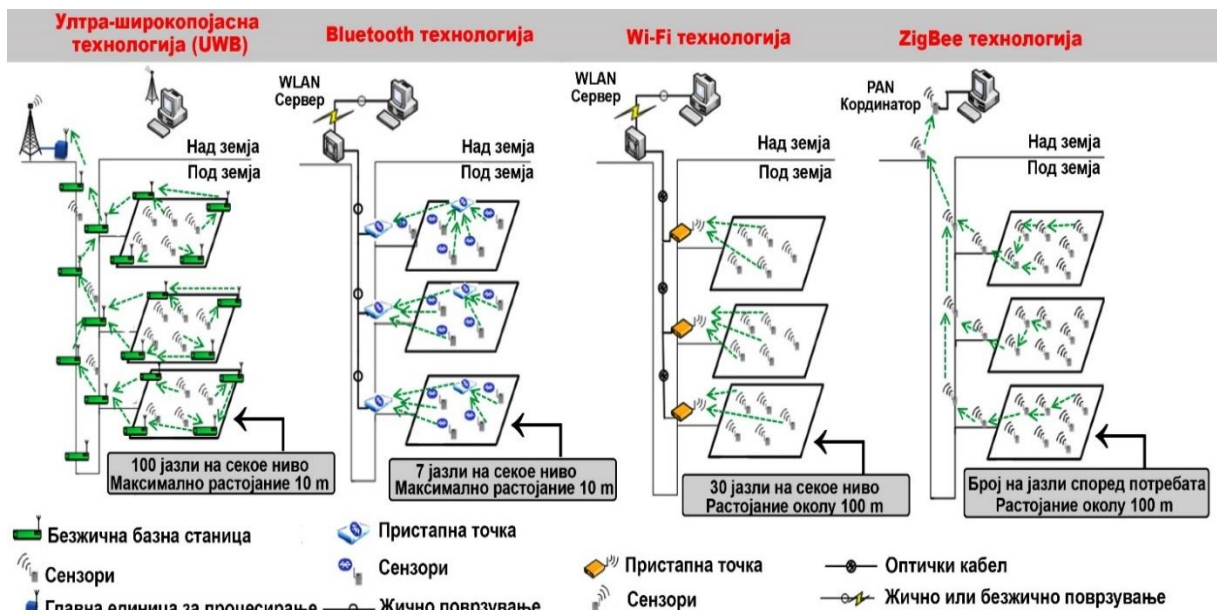
## 2. БЕЗЖИЧНИТЕ СЕНЗОРСКИ МРЕЖИ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Зголемувањето на безбедноста и здравјето при работа е приоритет број еден во секој рудник за подземна експлоатација. Безжичните сензорски мрежи играат значајна улога во примената на системите кои можат да собираат и пренесуваат информации што се карактеризираат со безбедносни атрибути [13]. Можноста на безжичните сензорски мрежи да извршуваат различни задачи може да се зголеми со нивно поврзување со различни сензори за механички, термички, биолошки, хемиски, оптички и магнетски мониторинг [3].

Најчестите бежичните сензорски мрежи кои се користат за комуникационен и мониторинг систем во рудниците за подземна експлоатација се:

- Ултра-широкопојасна технологија (UWB),
- Bluetooth технологија,
- Wi-Fi технологија и
- ZigBee технологија.

Системската архитектура за апликација на овие бежичните сензорски мрежи во рудниците за подземна експлоатација е прикажана на Слика 2.



**Слика 2.** Системска архитектура на најчесто користените безжични мрежни технологии во рудниците за подземна експлоатација

Во Табела 1, се сумирани главните карактеристики на погоре наведените безжични сензорски мрежи [1, 2].

**Табела 1.** Споредба на најчесто користените безжични сензорски мрежи во рудниците за подземна експлоатација

	UWB	Bluetooth	Wi-Fi	ZigBee
<b>Комуникациско растојание помеѓу јазли (m)</b>	< 10	10	50-100	50-500
<b>Фреквенција (GHz)</b>	3.1 - 10.6	2.4	2.4 или 5	2.4
<b>Брзина за пренос на податоци (Mbps)</b>	100-500	1	11	$250 \times 10^{-3}$
<b>Мрежен капацитет (број на јазли)</b>	10-500	7	32	65536
<b>Потрошувачка на енергија (mW)</b>	30	1-100	500 -1000	20-40
<b>Комплексност при инсталација</b>	Средна	Висока	Висока	Ниска

Како што е прикажано во Табела 1, UWB технологијата ја задоволува брзината за трансфер на податоци, мрежниот капацитет и ниска потрошувачка на енергија по јазол, но ограничувањето во максималното далечинското растојание за пренос на податоци може да предизвика застој во самите јазли кои се инсталирани во подземните рударски простории. Така, рутирањето на сообраќајот со податоци би претставувало голем проблем со користењето на UWB технологијата.

Bluetooth има ограничена применливост поради нејзиното кратко комуникациско растојание помеѓу јазлите (т.е. бара голем број на јазли по рударска просторија) и нискиот мрежен капацитет.



Wi-Fi е вообичаена безжична технологија што се користи во подземните рудници, бидејќи има соодветно комуникациско растојание и висока брзина на проток на информации. Некои негативни аспекти на оваа безжична мрежа се јазлите со голема потрошувачка на енергија, потребата за инфраструктурни пристапни точки за кластери, континуирано снабдување со електрична енергија и поврзувања на пристапните точки со кабли.

ZigBee е нова безжична технологија која ги комбинира тековните технички достигнувања на останатите безжични сензорски мрежи. Оваа технологија има поголеми комуникациски растојанија помеѓу јазлите, различни видови на вмрежување, ниска потрошувачка на енергија и ниска сложеност, како што е прикажано во Табела 1. Исто така, ZigBee технологијата е доста ефтина за инсталација и одржување во споредба со другите безжични сензорски мрежи и не бара централен јазол за пренос на податоци помеѓу кластери. Иако ZigBee безжичната мрежна технологија има многу ниска брзина за пренос на податоци (250 kbps) за слика, глас и видео комуникација, таа е способна да обезбеди мрежни апликации за пренос на податоци помеѓу јазли кои можат да бидат од големо значење за зголемување на безбедноста и ефикасноста при работа во рудниците за подземна експлоатација.

### **3. ПРИМЕНА НА ZIGBEE БЕЗЖИЧНАТА МРЕЖНА ТЕХНОЛОГИЈА ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА**

ZigBee е нова безжична мрежна технологија базирана на стандардот IEEE 802.15.4. Овој стандард ја воведува ZigBee технологијата со ниска брзина за пренос на податоци и ниска потрошувачка на енергија за инсталирање на безжична мрежа. ZigBee обезбедува сигурна инфраструктура која има механизам за избегнување и мешање со други ZigBee мрежи кои во близина комуницираат на иста фреквенција [7].

ZigBee мрежите можат да поддржат до 65 536 сензорни јазли во еден систем. Агрегацијата на податоци во реално време им овозможува да обезбедат гаранција за ограничено одложување, така што е способна за собирање, обработка и пренесување на податоци со многу кратко време на одложување. Со други зборови, сензорските јазли, вклучувајќи ги стационарните и мобилните, можат автономно да се вклучат во мрежата и да комуницираат помеѓу себе, што овозможува на безжичната мрежа да праќа податоци од јазол до јазол до финалната дестинација. Ако некој јазол престане да функционира од технички причини тогаш неговата функција за пренос на податоци го превзема наредниот јазол само доколку е во капацитетскиот домет на комуникациското растојание. Овие значајни карактеристики на ZigBee безжичните мрежи отворија нови можности за нејзина примена во рудниците за подземна експлоатација.

Концептот на микро-сензори и нивно безжично поврзување со мобилни и стационарни јазли е ветувачка област за нови апликации во рудниците за подземна експлоатација кои можеме да ги категоризираме на следниов начин:

#### **а) Потенцијални апликации на стационарни сензорни јазли:**

- *Комуникација*: ограничена говорна комуникација или текстуални пораки;
- *Мониторинг на работната средина*: мерење на квалитетот и количината на воздух како и откривање на гас и пожар;
- *Мониторинг на стабилноста на подземните рударски објекти*: периодичен пренос на податоци од геотехнички инструменти;

- *Управување со производството*: во реално време пренос на оперативни информации за работната опрема и механизација.

#### б) Потенцијални апликации на мобилните сензорни јазли:

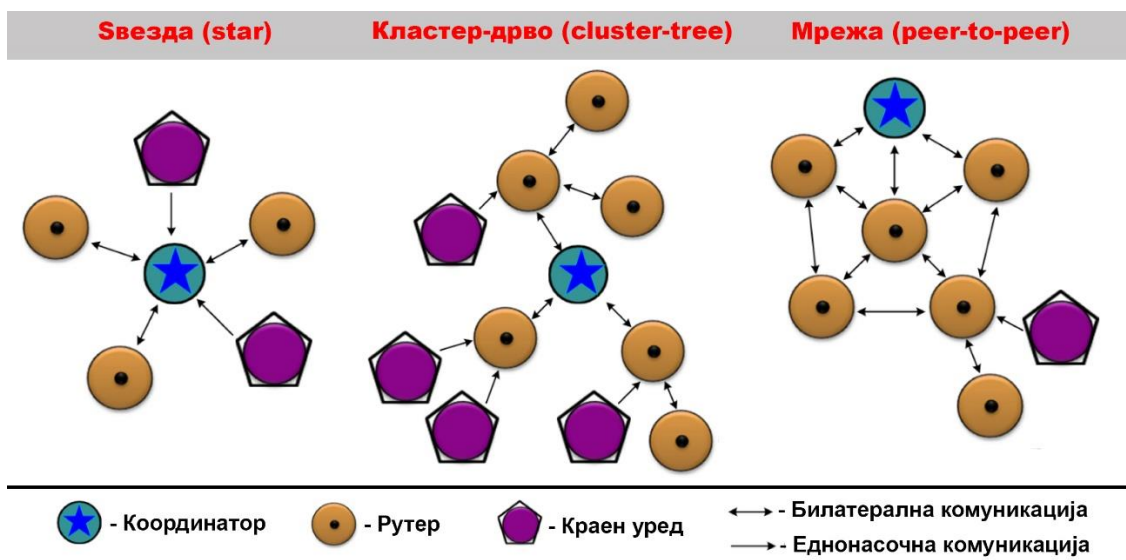
- *Логистички систем*: позиционирање на рударите;
- *Управување со транспортот*: следење на мобилната опрема и контрола на сообраќајни сигнали;
- *Евакуационен систем*: поддршка на системот за евакуација преку праќање на текстуални пораки и преку системот за позиционирање.

### 3.1 Топологија на ZigBee безжичната мрежна технологијата во рудниците за подземна експлоатација

Топологијата се однесува на конфигурацијата на јазли (хардвер) кои ја воспоставуваат безжична мрежа и начинот за пренос на податоците во самата мрежа. Според стандардот IEEE 802.15.4, ZigBee мрежите поддржуваат три различни функции на јазли кои вклучуваат: координатор (gateway), рутер (router) и краен уред [4]. Функционалноста на овие јазли е следнава:

1. *Координатор*: овој јазол ја поставува и контролира безжичната мрежата и ги складира информациите што се бараат од другите јазли. Исто така тој работи како терминал за другите јазли на мрежата.
2. *Рутер*: овој јазол врши пренос на податоци помеѓу координаторот и другите учеснички јазли, како и прифаќање на податоци од поставените мобилни или стационарни сензори кои вршат мониторинг на работната околина. Овој тип на јазол ја проширува покриеноста на мрежната област и се стреми да одржува комуникациски правци ако се појават еден или повеќе технички неисправни јазли.
3. *Краен уред*: овој јазол може само да прима или да пренесува податоци. Соодветно на тоа, тој мора да биде поставен за директна комуникација со најблискиот функционален јазол или координатор.

Поради техничката функција на овие типови на јазли, можни се три мрежни топологии: ѕвезда (star), кластер-дрво (cluster-tree) и мрежа (peer-to-peer). Слика 3, илустрира како се диференцираат овие топологии за да воспостават функционална мрежа помеѓу поставените јазли.



**Слика 3.** Мрежна архитектура на трите можни ZigBee топологии

Во топологијата ѕвезда, координаторот има одговорност да комуницира со секој јазол преку мрежата. Оваа топологија е соодветна за системи за кои е потребна централизирана апликација за пренос во реално време.

Во топологијата на кластер-дрво, секој полно функционален јазол прво се поврзува директно во мрежата обезбедена од координаторот а потоа ги повикува другите јазли во неговите гранки да се поврзат со мрежата и истите можат да се сметаат за координатор на сопствените гранки во мрежата.

Во топологија мрежа, секој јазол може да комуницира со било кој јазол во неговата област на покриеност. Оваа топологија може лесно да се проширува со додавање на функционални јазли [10].

#### 4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Предностите од воведувањето и користењето на ZigBee безжичната мрежна технологија во рудниците за подземна експлоатација ги надминуваат нејзините недостатоци што е потврдено и од многуте истражувања од оваа област. Во овој дел ќе ги сумираме некои од карактеристиките на ZigBee безжичната мрежна технологија.

I) *Енергетски ефикасни*: ZigBee безжичната мрежна технологија е позната по многу ниска потрошувачка на енергија како што е прикажано во Табела 1. ZigBee јазлите се познати по ниската потрошувачка на енергија поради ефикасно користење на енергијата додека пренесуваат радио сигнали, и уште поважно поради интелигентното управување со батеријата во режим на мирување. Ваквата способност овозможува да се програмира секој ZigBee јазол така што автоматски да се префрли во режим на мирување кога нема потреба да снима или пренесува податоци. Потрошувачката на енергија за време на чекање за комуникација со околните јазли додека е во режим на мирување е дури и занемарлива. Батеријата, како резултат на ова може да има животен век од околу пет години.

II) *Економски оправдани*: технологијата ZigBee е најекономична поради неколку причини. Прво, има поефтини модули во споредба со Wi-Fi технологијата, деталите за ова се илустрирани во Табела 2, [12].

**Табела 2.** Споредба на трошоците помеѓу ZigBee и Wi-Fi мрежите

Безжичната мрежна технологија	Цена
ZigBee	Модул: ~ \$2.75 - \$3.5 Кабел: \$0 Пристапна точка: \$0/свич
Wi-Fi	Модул: ~ \$8 - \$16 Кабел: \$0 Пристапна точка/свич: \$20 - 50

Како што можеме да видиме во оваа табела, воспоставувањето на ZigBee безжичната мрежна технологија која не бара никаква пристапна точка е поекономично решение за безжично вмрежување во рудниците за подземна експлоатација. Исто така ZigBee безжичната мрежна технологија доаѓа со бесплатни лиценци за емитување во фреквентниот спектар.

III) *Флексибилност во фреквентен опсег*: ZigBee безжичната мрежна технологија го користи фреквентниот опсег од 2.4 GHz на глобално ниво а исто така овозможува и други регионални операции на опсег како што се 868 MHz во

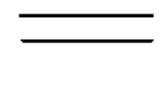
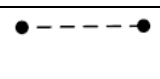


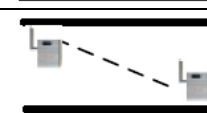
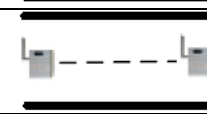

Европа и 915 MHz во САД. Таквата флексибилност придонесува за подобрување на прилагодливоста на ZigBee мрежата до наведените апликации кои имаат потреба од силна излезна моќ или каде што е потребна помала потрошувачка на енергија.

IV) *Мулти-хоп (Multi-hop)*: ZigBee безжичната мрежна технологија користи мулти-хоп рутирање што им овозможува на јазлите да работат како реле за да обезбедат податоци од блиските јазли и да ги пренесат до конечниот јазол (координатор). Ова значи дека опсегот на комуникација помеѓу јазол и координатор може да се продолжи што претставува одлична можност за нивна примена во рудниците за подземна експлоатација.

V) *Ад-хок мрежа*: ZigBee безжичната мрежна технологија се воспоставува спонтано, бидејќи јазлите се вклучуваат и се поврзуваат помеѓу себе и не се потпираат на базните станици за да ги координираат патеките на комуникација помеѓу јазлите. Како резултат на тоа, јазлите можат да бидат поставени насекаде а ZigBee мрежата автоматски ќе ги разбере правците за комуникација помеѓу нив. ZigBee јазлите, исто така, имаат способност за само-организација при обнова на безжичното вмрежување и при појавување на технички неисправни јазли со што системот автоматски ќе се обиде да се врмежи со другиот најблизок јазол. Оваа особина ја зацврстува предноста на овој систем земајќи ја во предвид динамичката особина на рудниците за подземна експлоатација.

VI) *Голем мрежен капацитет*: ZigBee конекцијата и можноста за комуникацијата со 65 536 безжични сензорни јазли во еден систем е една од многуте предности во споредба со другите безжични мрежни технологии. Во Табела 3, се прикажани експериментални резултати од тестирање на комуникациски растојанија помеѓу јазлите во рудник за подземна експлоатација [9].

**Табела 3.** Експериментални резултати од максималното растојание на комуникација помеѓу јазлите под различни услови во рудник за подземна експлоатација

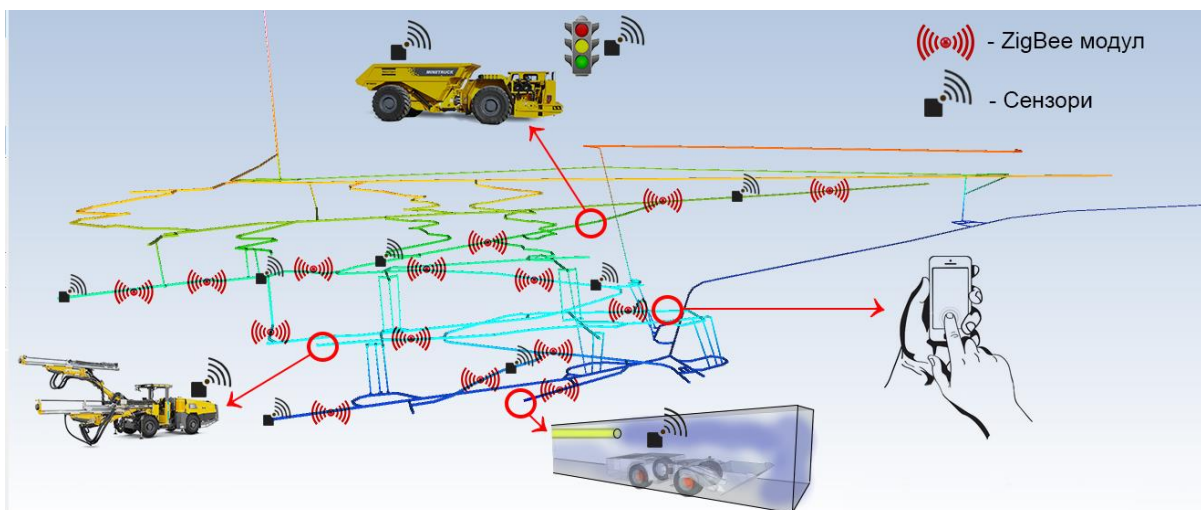
Опис		Комуникациски растојанија помеѓу јазлите (m)		План преглед на тунел
Тест линија (позиција)	Позиција на јазли			Тест линија
Права линија	Во централната оска на тунелот	380		
Права линија	На ѕидот од тунелот	180		
Дијагонална права линија	На спротивните ѕидови од тунелот	240		
Права линија	На подот од тунел	120		
Закривена линија	Во средината на кривината	120		

VII) *Сигурна инфраструктура*: ова е една од најзначајните карактеристики на ZigBee безжичната мрежна технологија за нивна примена во рудниците за подземна експлоатација. Во ZigBee безжичната мрежа секој јазол обезбедува проценка на релевантни и алтернативни правци за да обезбеди успешна испорака на податоци до главниот јазол (координатор). Овој систем има механизам за избегнување на судир и конфликт при испраќање на податоци. Оваа способност на ZigBee безжичната мрежна технологија овозможува сигурна мрежна инфраструктура.

VIII) *Испраќање на податоци во реално време*: на ZigBee безжичната мрежна технологија е потребно околу 15 ms за да се заврши билатералната комуникација помеѓу два соседни јазли [5]. Таквите мрежни перформанси сигурно можат да ги револуционираат системите за безбедност и здравје при работа во рудниците за подземна експлоатација.

#### 4.1 Сценарио

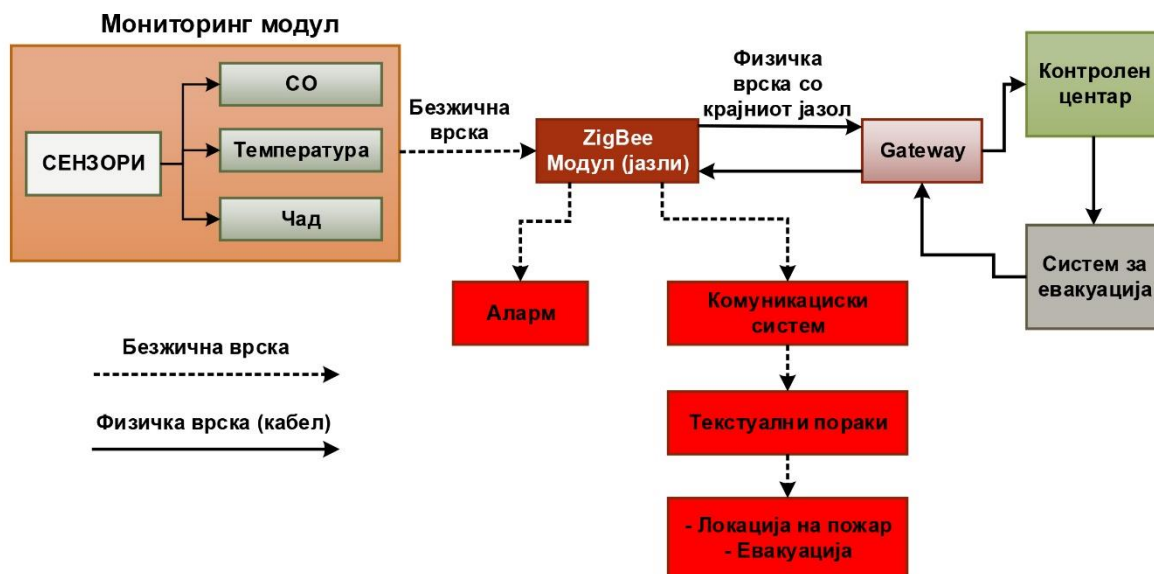
Со цел да се спроведе реален систем на безжична мрежа за комуникационен и мониторинг систем во рудниците за подземна експлоатација, најпрвин е потребно да се изгради модел базиран на потребите на самиот рудник.



**Слика 4.** Можности за имплементација на безжична мрежа за комуникационен и мониторинг систем во рудниците за подземна експлоатација базиран на ZigBee технологија

Како што може да се забележи од Слика 4, можностите за имплементација во различни области за мониторинг на повеќе работни параметри, го прави овој систем доста атрактивен за воведување во рудниците за подземна експлоатација. Потенцијалните апликации на овој систем во делот за комуникација, мониторинг на работната средина, вентилацијата, регулирање на сообраќајот при транспорт итн, значително можат да ја зголемат безбедноста при работа во рудниците за подземна експлоатација.

На Слика 5, е прикажан хипотетички модел за апликација на ZigBee безжичната мрежна технологија со систем за алармирање и евакуација во случај на пожар.



**Слика 5.** Модел за имплементација на ZigBee безжичната мрежна технологија за подобрување на системот за евакуација во случај на пожар во рудник за подземна експлоатација

Овој модел е базиран на техничките можности на ZigBee технологијата која нуди безжична врска со сензори кои во овој случај служат за рано откривање на пожар во рудник за подземна експлоатација. Отчитаните податоци од сензорите се пренесуваат помеѓу јазлите на ZigBee безжичната мрежна се до последниот јазол кој се наоѓа на самиот излез од рудникот и истиот е поврзан со Gateway кој врши конверзија на ZigBee протоколот и физички ја поврзува мрежата со контролниот центар. Податоците во контролниот центар се анализираат и ако истите индицираат на пожар тогаш се активира системот за евакуација кој нуди информации за евакуација и справување со пожарното сценарио. Податоците потребни за безбедна евакуација преку физичка врска се пренесуваат од контролниот центар до Gateway модулот кој ги испраќа новите податоци низ ZigBee безжичната мрежа до сите засегнати страни внатре во рудникот.

## 5. ЗАКЛУЧОК

Во оваа студија е направен обид да се дискутираат и сумираат најновите технолошки можности за воведување на безжични мрежни технологии во рудниците за подземна експлоатација. Причините за воведување на безжични мрежни технологии е нивната можност да придонесат кон развивање на системи за автоматизација, комуникација и мониторинг со цел да се подобри безбедноста и здравјето при работа како и ефикасноста при изведување на работни операции од кои зависи и самиот произведен капацитет на рудникот. Воведувањето на безжични мрежни технологии во рудниците за подземна експлоатација ја зголемуваат ефикасноста на системите, бидејќи не се базираат на нивно поврзување со кабли кои се многу тешки за одржување и се склони на лесно оштетување и прекинување од страна на работната механизација и од можните зарушувања.

За воведување во рудниците за подземна експлоатација, ZigBee технологијата се издвојува од останатите безжични мрежни технологии, поради поголемите комуникациски растојанија помеѓу јазлите, различните видови на вмрежување,

ниска потрошувачка на енергија, ниската сложеност и малата цена за инсталација.

Единственото ограничување на ZigBee безжичната мрежна технологија е ниската брзина за пренос на податоци со максимални 250 kbps, кои не се доволни за апликација и воведување на некои системи кои бараат поголема брзина за пренос на податоци. Експоненцијалниот раст на технологијата, сигурно ќе донесе дополнителна еволуција и подобрувања на ZigBee безжичната мрежна технологија.

Постоечките безжични технологии се мета на постојани анализи и практични експерименти кои ја издвојуваат ZigBee технологијата за моментално најдобра опција за апликација во рудниците за подземна експлоатација преку воведување на безжични системи кои овозможуваат подобрување на безбедноста и управувањето со различни работни операции.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bandyopadhyay L. K. Chaulya, S. K., & Mishra P. K. (2009): *ZigBee Technology: A Unique Wireless Sensor Networking Solution*, Wireless Communication in Underground Mines, Springer US, pp. 153-174.
- [2] Jinyun Z., Orlik P. V., Sahinoglu Z., Molisch A. F., & Kinney P. (2009): *UWB Systems for Wireless Sensor Networks*, Proceedings of the IEEE, 97(2), pp.313-331.
- [3] Karl H., & Willig A. (2005): *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, England: John Wiley and Sons, Ltd.
- [4] Khan M. F., Felemban E. A., Qaisar S., & Ali S. (2013): *Performance Analysis on Packet Delivery Ratio and End-to-End Delay of Different Network Topologies in Wireless Sensor Networks (WSNs)*, 2013 IEEE 9th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, Dalian, 2013, pp. 324-329.
- [5] Li D., & Zhao C. (2009): *Computer and computing technologies*, In agriculture II: Springer.
- [6] Li M., & Liu Y. (2009): *Underground coal mine monitoring with wireless sensor networks*, ACM Transactions on Sensor Networks, 5(2), pp.1-29.
- [7] Longkang W., Baisheng N., Ruming Z., Shengrui Z., & Hailong L. (2011): *Zigbee-Based Positioning System For Coal Miners*, Procedia Engineering, 26(0), pp.2406-2414.
- [8] Molina S., Soto I., & Carrasco R. (2011): *Detection of gases and collapses in underground mines using WSN*, Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), pp. 219-225.
- [9] Moridi M. (2016): *Underground Mining Monitoring and Communication Systems based on ZigBee and GIS*, Ph.D. thesis from Western Australia School of Mines Department of Mining Engineering and Metallurgical Engineering.
- [10] Saraswala P. P. (2013): *A Survey on Routing Protocols in ZigBee Network*, International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) 2, pp.471-476.
- [11] Sharifzadeh M., Kawamura Y., & Moridi M. A. (2015): *An Investigation on Applicability of Wireless Sensor Network in Underground Space Monitoring and Communication Systems*, 11th Iranian and 2nd Regional Tunneling Conference, held in Tehran, Iran: IRTA.

- [12] Rahman S. (2014): *Cost-effective and Reliable Communication Infrastructure for Smart Grid Deployment*, 5th Innovative Smart Grid Technologies Conference, Washington, D.C., pp.123-131.
- [13] Wei T., Qianping W., Hai H., Yongling G., & Guoxia Z. (2007). *Mine Fire Detection System Based on Wireless Sensor Network*, 2007 International Conference on Information Acquisition, pp. 148-151.