

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

---



**Природни ресурси и технологии  
Natural resources and technology**

**декември 2017  
December 2017**

**ГОДИНА 11  
БРОЈ 11**

**VOLUME XI  
NO 11**

---

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP  
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

---

**ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY**

**За издавачот**

Проф. д-р Зоран Десподов

**Издавачки совет**

Проф. д-р Блажо Боев  
Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Доц. д-р Дејан Мираковски  
Проф. д-р Кимет Фетаху  
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

**Editorial board**

Prof. Blazo Boev, Ph.D  
Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D  
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D  
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

**Редакциски одбор**

Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Доц. д-р Дејан Мираковски

**Editorial staff**

Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

**Главен и одговорен уредник**

Проф. д-р Мирјана Голомеова

**Managing & Editor in chief**

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

**Јазично уредување**

Даница Гавриловска-Атанасовска  
(македонски јазик)

**Language editor**

Danica Gavrilovska-Atanasovska  
(macedonian language)

**Техничко уредување**

Славе Димитров  
Благој Михов

**Technical editor**

Slave Dimitrov  
Blagoj Mihov

**Редакција и администрација**

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип  
Факултет за природни и технички науки  
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип  
Р. Македонија

**Address of the editorial office**

Goce Delcev University - Stip  
Faculty of Natural and Technical Sciences  
Goce Delcev 89, Stip  
R. Macedonia

---

## С о д р ж и н а

<b>Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Ванчо Аџиски, Николинка Донева</b> НАЧИНИ ЗА ИЗРАБОТКА НА ГЕОДЕТСКИ ПОДЛОГИ ЗА ПОТРЕБИ ВО РУДАРСТВОТО И ГЕОЛОГИЈАТА .....	5
<b>Николинка Донева, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Марија Хаџи-Николова, Дејан Ивановски</b> УТВРДУВАЊЕ НА ЕФЕКТИТЕ ОД ИЗРАБОТКА НА ХОДНИК ВО РУДА И ЦИПОЛИН СО ПРИМЕНА НА РАЗЛИЧНИ СИСТЕМИ ЗА ИНИЦИРАЊЕ .....	17
<b>Ванчо Аџиски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Стојанче Мијалковски</b> МЕТОДОЛОГИЈА ЗА СИМУЛАЦИЈА НА КАМИОНСКИОТ ТРАНСПОРТ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА .....	25
<b>Иван Боев, Блажо Боев</b> СИЛИЦИСКИ ВУЛКАНИЗАМ НА КОЖУФ ПЛАНИНА ДОКАЖАН СО ПРИСУСТВОТО НА ТРИДИМИТ И ПЕРЛИТ ВО ВИСОКО-SiO <sub>2</sub> СЕДИМЕНТНИТЕ КАРПИ ВО КАЛДЕРАТА АЛШАР .....	33
<b>Тена Шијакова-Иванова, Филип Јовановски, Виолета Стојанова, Виолета Стефанова, Крсто Блажев</b> МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАНОДИОРИТИТЕ ВО БЛИЗИНА НА С.БОНЧЕ, ПРИЛЕП .....	43
<b>Виолета Стојанова, Гоше Петров, Тена Шијакова-Иванова</b> МИКРОФОСИЛИ И НИВНА ПРИМЕНА ВО ИСТРАЖУВАЊЕТО НА НАФТА И ГАС .....	51
<b>Војо Мирчовски, Горги Димов, Дарко Герасимов</b> EXPLOITATION AND HYDROGEOLOGICAL PARAMETERS OF HYDROGEO THERMAL SYSTEM SPA KEZHOVICA - STIP .....	57
<b>Благица Донева, Марјан Делипетрев, Горги Димов, Крсто Блажев</b> ГРАВИТАЦИСКО ПОЛЕ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА .....	67
<b>Крсто Наумовски, Борис Крстев, Горан Басовски, Тијана Тодева, Александар Крстев</b> СОСТОЈБИ И ВЛИЈАНИЕ ОД ИНДУСТРИСКИ ПРОЦЕСИ И АТМОСФЕРСКИ ПРИЛИКИ НА АЕРОЗАГАДУВАЊЕТО ВО СКОПСКИОТ И ПОЛОШКИОТ РЕГИОН .....	75
<b>V.Krstev, K. Naumovski, A. Krstev, B. Golomeov, M. Golomeova, A. Zendelska, T. Todeva</b> AIR POLLUTION IN SURROUNDING ENVIRONMENT OF DOMESTI MINES – AMBIENT AIR AND PLANT DUST .....	83
<b>Славица Михова, Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Николинка Донева</b> ПЕРСОНАЛНА ИЗЛОЖЕНОСТ НА БУЧАВА НА РАБОТНИЦИТЕ ВО МЕТАЛНАТА ИНДУСТРИЈА .....	89

---

<b>Иван Боев, Блажо Боев</b> ХЛОРАГРИТ И АКАНТИТ ВО ПМ-10 ЧЕСТИЧКИТЕ ВО ОБЛАСТА ТИКВЕШ .....	95
<b>Сања Симевска, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска</b> КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ НА ВОДАТА ВО ПСОВ - БЕРОВО .....	101
<b>Зоран Стоилов, Борис Крстев, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска</b> ИСПИТУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ВО ДЕЛ ОД ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА.....	113
<b>Ацо Јаневски, Крсто Блажев, Киро Мојсов, Дарко Андроников</b> ДОБИВАЊЕ НА СИЛИЦИУМ ДИОКСИДОТ ОД ОРИЗОВА ЛУШПИ .....	121
<b>Марија Миленкоска, Зоран Десподов</b> ЛОГИСТИЧКАТА ПОДГОТВЕНОСТ НА КЛУЧНИТЕ ИНСТИТУЦИИ ВО ОПШТИНА ШТИП ЗА УПРАВУВАЊЕ СО КРИЗНИ СОСТОЈБИ .....	127
<b>Петар Намичев, Екатерина Намичева</b> КОНСТРУКТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТРАДИЦИОНАЛНАТА ГРАДСКА КУЌА ОД 19-ОТ ВЕК ВО ШТИП .....	139

# МЕТОДОЛОГИЈА ЗА СИМУЛАЦИЈА НА КАМИОНСКИОТ ТРАНСПОРТ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Ванчо Адзиски<sup>1</sup>, Зоран Десподов<sup>1</sup>, Дејан Миравовски<sup>1</sup>, Стојанче Мијалковски<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Р. Македонија  
vanco.adziski@ugd.edu.mk

Стручен труд УДК: 622.22:622.6

## Апстракт

Рударската индустрија се соочува со голем број комплексни предизвици преточени во системи со огромен број на променливи податоци, за кои се потребни современи компјутерски алатки за истите точно да се предвидат и прикажат. Во овој научен труд ќе биде прикажана современа методологија за симулација на камионскиот транспорт во рудниците за подземна експлоатација. Како студија на случај во овој научен труд, ќе го земеме Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“ - М.Каменица. Методологијата се состои од изработка на компјутерска апликација за мерење на работниот циклус на камионскиот транспорт, за кој потоа ќе биде направен модел во софтверот Арена, каде што истиот ќе биде симулиран во реално време. Овој модел кој претставува реална репрезентација на камионскиот транспорт може да послужи за изработка на нови транспортни сценарија кои можат да придонесат за подобрување на целиот транспортен систем во рудникот.

**Клучни зборови:** Арена, моделирање, симулација, компјутерска апликација, камионскиот транспорт.

# METHODOLOGY FOR SIMULATION OF TRUCK HAULAGE IN MINES FOR UNDERGROUND EXPLOITATION

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

<sup>1</sup>Faculty of Natural and Technical Sciences, „Goce Delcev“ University, Stip, R. Macedonia  
vanco.adziski@ugd.edu.mk

## Abstract

The mining industry faces a number of complex challenges transformed into systems with a huge number of variable data, which require modern computing tools to accurately predict and display them. This paper will present a modern methodology for simulation of truck haulage in mines for underground exploitation. As a case study in this paper is taken the Mine for underground exploitation of lead and zinc "SASA" - M. Kamenica. The methodology is consists of making a computer application for time measuring of the working cycle for the truck haulage which will then be modeled in the software Arena, where it will be simulated in real time. This model, which represents a realistic representation of the truck haulage in the mine, can serve to create new haulage scenarios that can contribute to the improvement of the whole haulage system in the mine.

**Key words:** Arena, modeling, simulation, computer application, truck haulage.

## 1. Вовед

Главната грижа при изработка на каков било симулациски модел е тој правилно и точно да го претставува реалниот систем. За да се постигне посакуваното ниво на точност, потребно е да се направи детална анализа на реалниот систем, кој понатаму ќе се преточи во симулационен модел кој ќе генерира задоволителни податоци. Сите оние процедури и податоци кои постојат во реалниот систем а не влијаат на излезните податоци не треба да бидат моделирани. Истражувањата покажуваат дека кога се изработува модел со премногу детали, тој станува премногу комплексен и тежок за разбирање со што се намалува неговата валидност и доверливост [7].

Една од јаките страни на компјутерската симулација како процес е менаџирањето на интеракциите помеѓу различни активности, кои се наоѓаат на различни нивоа во процесот во зависност од времето и во зависност од јасно дефинирани параметри. Моделите за симулација ги земаат предвид многуте варијабилности во системот како што се: ресурсите, транспортот, застоите, дефектите и сите останати настани и промени на работните активности со текот на времето [3]. Процесот на симулација на одредена работна активност исто така ни овозможува и реална проценка на резултатите кои можеме

да ги очекуваме од дадената активност како и експериментирање со прашањето „што-ако“ кое може да генерира различни сценарија, овозможувајќи лоцирање на најдобрите конфигурации и оперативни стратегии уште пред да започне работата во реалниот систем.

Овој научен труд се фокусира во изработка на ефективна методологија со чијашто помош ќе се моделира транспортен симулационен модел кој ќе одговара на реалниот транспортен систем. Со помош на оваа методологија ќе се добие модел кој ќе одговара на реалноста и со кој ќе можат да се изработат нови транспортни сценарија кои можат да придонесат за подобрување на транспортните системи во кој било рудник.

## **2. Апликација на софтверот Арена во рударската индустрија**

Софтверот Арена, како една од најопфатните алатки за моделирање на компјутерски симулации за дискретни настани, беше искористен во ова истражување за моделирање и симулација на транспортниот систем во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА” - М. Каменица. Софтверот Арена им овозможува на корисниците да изградат репрезентативен модел на комплексни системи и слободно да прават разновидни модификации за следење на претстојните резултати [5].

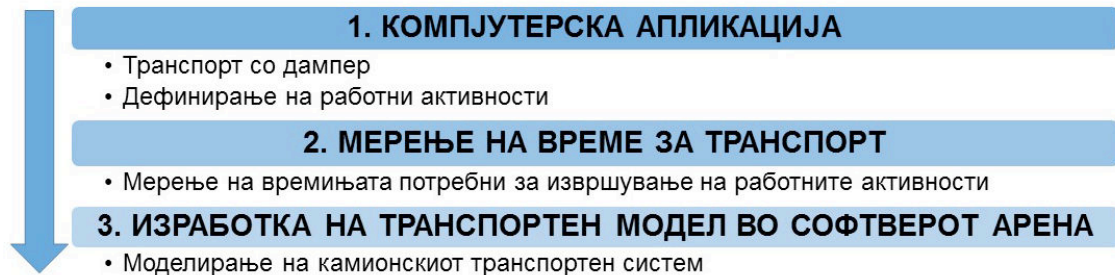
Во софтверот е интегрирана VBA платформа, со што е овозможено на корисниците додатно автоматизирање и програмирање ако се потребни специфични алгоритми за попрецизно моделирање и симулирање на саканиот процес [8]. Процесот на моделирање во софтверот Арена вклучува употреба на модули за проток на податоци со чија помош се претставуваат карактеристиките на различни елементи на системот [6].

Апликацијата на софтверот Арена на глобално ниво во рударската индустрија зема сè поголем замав. Поради големите капитални расходи и комплексноста на рударската индустрија многу одлуки и процеси бараат значителна анализа пред да започне нивно реално имплементирање. Проектите направени во вид на симулација со користење на софтвери како што е Арена им овозможува на рударските компании значително намалување на капиталните трошоци околу 10-20% [2]. Едни од бенефитите од користење на софтвери за изработка на модели за компјутерска симулација во рударската индустрија се следните [4]:

- Лоцирање на најдобрите конфигурации и оперативни стратегии уште пред да започне работата во реалниот систем;
- Намалување на потрошувачката на гориво и вода;
- Оценка на стратегии за управување со средствата;
- Одредување на капацитет/големина на транспортери;
- Идентификување на слабите страни на системот;
- Подобрување на логистиката во транспортниот систем;
- Одредување на различни стратегии на складирање;
- Зголемување на ефикасноста на целиот систем;
- Тестирање на различни сценарија, системи итн.

## **3. Методологија на работа**

Во овој научен труд ќе биде прикажана студија на случај каде што ќе биде изработен модел на камионскиот транспорт во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА” - М. Каменица. Методологијата што ќе биде претставена се состои од чекорите прикажани на слика 1.



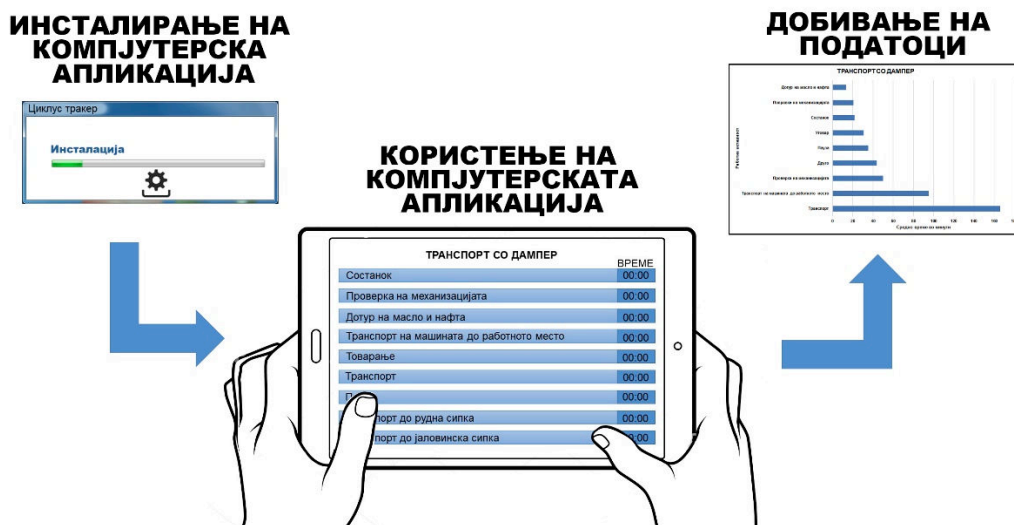
**Слика 1.** Чекори за реализација на методологијата за симулација на камионскиот транспорт  
**Figure 1.** Steps for the implementation of the methodology for simulation of truck haulage

Првиот чекор во оваа методологија се состои од изработка на компјутерска апликација која ќе ни овозможи дефинирање на работниот процес на транспортот со дампер заедно со сите работните активности поврзани со овој процес [1].

ТРАНСПОРТ СО ДАМПЕР	
	ВРЕМЕ
Состанок	00:00
Проверка на механизацијата	00:00
Дотур на масло и нафта	00:00
Транспорт на машината до работното место	00:00
Товарање	00:00
Транспорт	00:00
Пауза	00:00
Транспорт до рудна сипка	00:00
Транспорт до јаловинска сипка	00:00
Истовар на руда во бункер	00:00
Истовар на локација за јаловина	00:00
Потполнување на извештај	00:00

**Слика 2.** Компјутерска апликација  
**Figure 2.** Computer application

Во вториот чекор од оваа методологија со помош на изработената компјутерска апликација која ќе биде инсталирана на таблет ќе ги мериме времињата потребни за извршување на сите работни активности поврзани со процесот на транспортот со дампер. По излегувањето од јама, со помош на безжичен интернет кој ќе биде инсталиран на излезот, операторите на таблетите кои се одговорни за собирање на податоците ќе ги испраќаат автоматски до централна дата база. Податоците кои ќе ги добиеме од компјутерската апликација ќе ни помогнат да добиеме реална слика за циклусот на работниот процес за транспортот со дампер.



Слика 3. Инсталирање, користење и добивање на податоци од компјутерската апликација  
 Figure 3. Installing, using and receiving data from the computer application

Третиот чекор во оваа методологија се состои од изработка на транспортен модел во софтверот Арена, базиран на добиените податоци од компјутерската апликација.

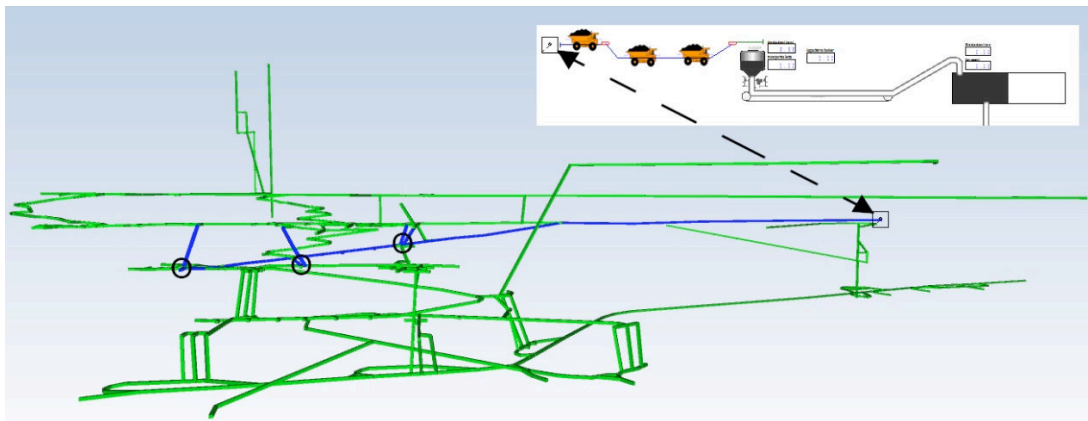
Процесот за изработка на транспортен модел се состои од анализа на добиените податоци од компјутерската апликација. За реализација на ова истажување, собирањето на податоците со помош на компјутерската апликација се одвиваше во период од еден месец во сите три работни смени. За време на овој период се собрани голем број податоци кои беа доволни за да се направи потребната анализа и да се добијат средните времиња за извршување на секоја работна активност во процесот за транспорт со дампер на минерални сировини и јаловина од Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“, М. Каменица. На слика 4 се прикажани добиените средни времиња за извршување на секоја работна активност.



Слика 4. Средни времиња за извршување на секоја работна активност добиени со помош на компјутерската апликација инсталирана на таблет  
 Figure 4. Average time to perform the work activities with truck haulage obtained using a computer application installed on a tablet



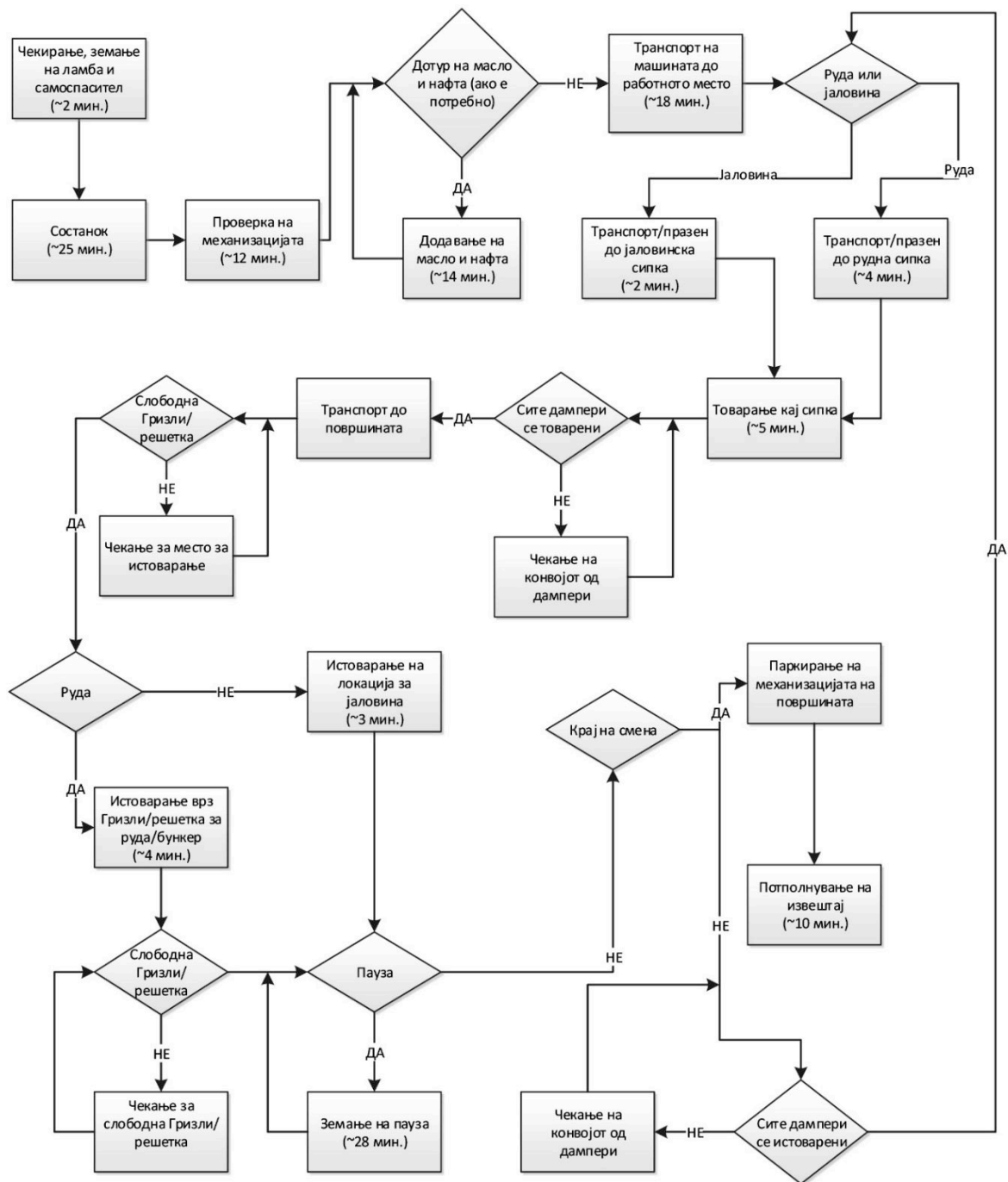
На слика 5 се прикажани локациите за товарење на руда и јаловина од Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“, М. Каменица.



**Слика 5.** Локациите за товарење на руда и јаловина од Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“, М. Каменица

**Figure 5.** Locations for loading ore and waste rock from the mine for underground exploitation of lead and zinc "SASA", M. Kamenica

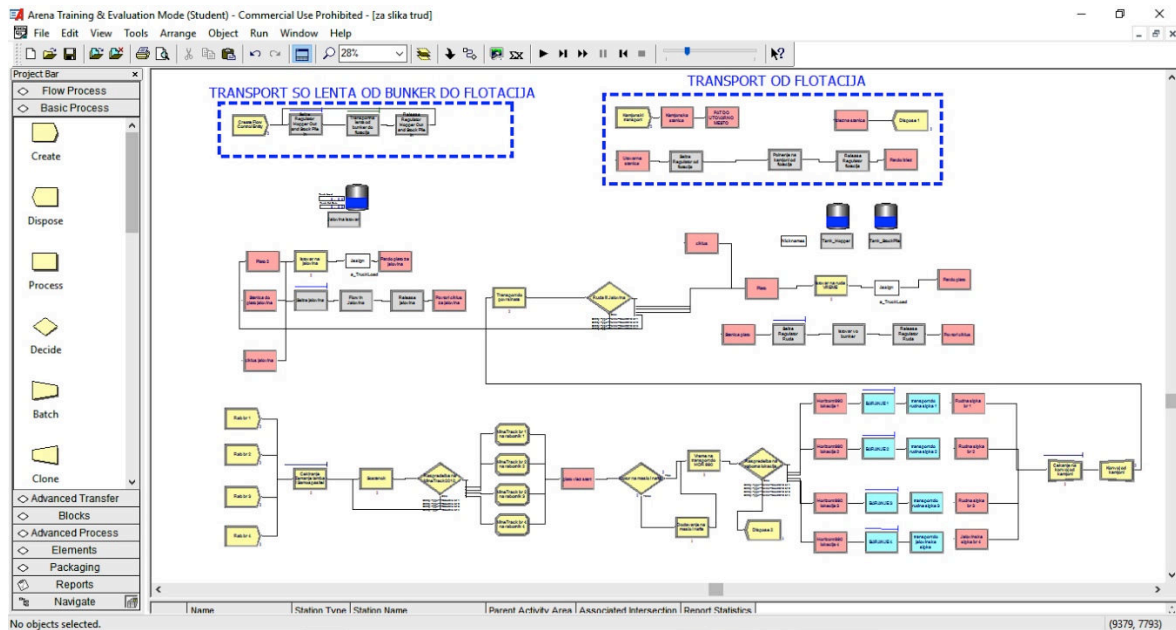
По обработката на податоците од компјутерската апликација и одредувањето на локациите за товарење на руда и јаловина следува изработка на системски модули за редоследот на сите работни активности поврзани со процесот на транспортот со дампер. Дефинирањето и изработката на овие системски модули ќе ни овозможат поедноставно моделирање и поставување на системот за транспорт во софтверот Арена.



Слика 6. Блок-дијаграм на системските модули за поставување на системот за транспорт во софтверот Арена

Figure 6. Block diagram of the system modules for setting up the haulage system in the Arena software

По обработката на податоците од компјутерската апликација и поставувањето на блок-дијаграмот на системските модули следува изработка на транспортниот модел во софтверот Арена (слика 7).



Слика 7. Изработка на транспортниот модел со дампер во софтверот Арена  
Figure 7. Design of the truck haulage model in the Arena software

#### 4. Резултати и дискусија

При процесот на изработка на транспортниот модел со дампер во софтверот Арена освен дефинирањето на логичката и редоследната поставеност на работните активности заедно со нивните средни времиња за извршување потребно е да се дефинираат и некои технички параметри поврзани со транспортот, како што се:

- Транспортен капацитет на дамперот: 20 t
- Просечна брзина на дамперот: 8 km/h
- Број на дампери: 4
- Капацитет на бункерот за руда: 250 t
- Капацитет на бункерот за јаловина: 3000 t
- Капацитет на лентест транспортер: 0.5 t/min.

Симулацијата на моделот во софтверот Арена започнува со генерирање на четири дампери за кои по извршувањето на подготвителните работни активности се упатуваат во јама каде што се распоредуваат на четири локации за товарење од кои едната локација е за товарење на јаловина, а останатите три се за товарење на руда. По извршеното товарење дамперите тргнуваат заедно во конвој кон површината каде се распоредуваат на две локации, едната е за истоварење на руда, а другата за истоварење на јаловина. Локацијата за истоварење на руда во бункер со капацитет од 250 t е поврзана со лентест транспортер кој води до процесот флотација. Симулацијата на овој транспортен модел е дефинирана за извршување на пресметки за еден работен ден во кој има три работни смени. Овие пресметки во симулацијата се поставени да се извршат 20 пати од кои се добиени средните вредности за период од 24 часа, односно еден работен ден поделен во 3 работни смени.

**Табела 1.** Резултати за симулиран период од 24 часа добиени од софтверот Арена  
**Table 1.** Results for a simulated period of 24 hours received from the Arena software

Работна активност	Средни вредности
Време на транспортен циклус	42 минути
Време на чекање на конвој од дампера во јама	10 минути
Време на чекање на конвој од дампера на површина	18 минути
Време на истовар на руда во бункер	16 минути
Време на истовар на јаловина	2 минути
Број на транспортни циклуси (руда и јаловина)	11
Број на истоварања на руда	33
Број на истоварања на јаловина	11
Количина на истоварена руда	653 t
Количина на истоварена јаловина	209 t
Транспортирана руда со лентест транспортер	406 t

Валидацијата на овој модел е направена со помош на компјутерската апликација и резултатите ни покажуваат дека истите приближно одговараат на реалниот транспорт во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“, М. Каменица.

## 5. Заклучок

Целта на ова истражување беше да се прикаже една современа методологија за компјутерска симулација на камионскиот транспорт во рудниците за подземна експлоатација. Како студија на случај беше земен Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“ - М. Каменица.

Најголем проблем при изработката на кој било компјутерски симулационен модел е прибирање на информации со кои треба да се моделира реалниот систем. Во овој научен труд е прикажана методологија со помош на компјутерска апликација за добивање на реалните времиња за извршување на сите работни активности кои се поврзани со камионскиот транспорт во Рудникот „САСА“. Овие податоци се искористени за изработка на симулационен модел во софтверот Арена кој претставува реална репрезентација на транспортниот камионски систем.

Изработката на ваквите модели има голем бенефит за секој рудник, бидејќи истите можат да послужат за изработка на нови транспортни сценарија кои можат да придонесат за подобрување на ефикасноста на целокупниот транспортен систем во рудникот.

## Користена литература

1. Adjiski, V., Despodov, Z., Mirakovski, D., Mijalkovski, S., (2016). *Analysis for Efficiency of Work in Underground Mine Using a Computer Application*: Natural Resources and Technologies, X (10). (23-32).
2. Awuah, K., Osei, B., Askari, H., (2012). *Improving Truck-Shovel Energy Efficiency through Discrete Event Modeling*: Society of Mining, Metallurgy & Exploration (SME) Annual Meeting, Seattle, W.A., (1-6).
3. Chinbat, U., Takakuwa, S., (2009). *Using Simulation Analysis for Mining Project Risk Management*: Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, Rossetti, M. D. (ed.), Austin, Texas, (2612-2623).
4. Despodov, Z., Pop-Andonov G., Mijalkovski S., (2011). *Application of Arena Computer Program for Computer Simulation of the Underground Mine Transport*: Integrated International symposium TIORIR '11, Volume 1, Issue-1, (89-94).
5. Fioroni, M., Bianchi, T., Pinto, L., (2008). *Concurrent Simulation and Optimization Models for Mining Planning*: Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, (759-767).
6. Kaba, A., Temeng A., Eshun A., (2014). *Prediction of Mining Production Using Arena Simulation*: 3rd UMaT Biennial International Mining and Mineral Conference, (169-177).
7. Kang, J., Ahn, S.M., Nam, J.H., (2006). *Productivity Assessment of Rock Transportation Trucks Using Simulation Technology*: ISARC2006, (592-595).
8. Pop-Andonov, G., Mirakovski, D., Despodov, Z., (2012). *Simulation Modeling and Analyzing in Underground Haulage Systems with Arena Simulation Software*: International Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry MTM, (48-50).