



**Здружение Македонски комитет за големи брани**  
**Macedonian Committee on Large Dams**

**Зборник на трудови**  
**Proceedings**

**4-ти Конгрес за брани**

**4<sup>th</sup> Congress on dams**

**28÷30 септември, 2017 год.**  
**28<sup>th</sup>÷30<sup>th</sup> September, 2017**

**Струга, Република Македонија**  
**Struga, Republic of Macedonia**

**ОРГАНИЗАТОР**

Здружение Македонски комитет за големи брани

**ORGANIZED BY**

Macedonian Committee on Large Dams

**ИЗДАВАЧ**

Здружение Македонски комитет за големи брани

**PUBLISHED BY**

Macedonian Committee on Large Dams

**ТЕХНИЧКА ОБРАБОТКА | TECHNICAL PREPARATION BY**

Стевчо Митовски

Stevcho Mitovski

**ЛЕКТУРА**

Тања Стевановска-Цветковска

**PROOFREADER**

Tanja Stevanovska-Cvetkovska

**ПЕЧАТЕЊЕ**

Јофи Скен - Скопје

**PRINTED BY**

Jofi Sken - Skopje

**ТИРАЖ**

150 примероци

**PRINTING RUN**

150 copies

**ФОТОГРАФИЈА НА НАСЛОВНА СТРАНА**

Брана и акумулација Глобочица

**COVER PHOTO**

Dam and reservoir Globochica

ЗМКГБ изразува благодарност на г-дин Горан Јакимовски за отстапувањето на фотографијата од брана Глобочица за насловната страна на Зборникот на трудови.

MACOLD hereby expresses gratitude to m-r Goran Jakimovski for his allowance to use the photography of dam Globochica for the Proceedings cover.

© Сите права се заштитени. Публикацијата не смее да биде преведувана или копирана во целина или во делови без писмена дозвола на издавачот.

© All rights reserved. The publication can not be translated or copied at full or any part of it without written permission from the publisher.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

627.8.04/09(062)

621.311.21(062)

КОНГРЕС за брани (4 ; Струга ; 2017)

Зборник на трудови / 4-ти Конгрес за брани, 28-30 септември, 2017 год. Струга, Република Македонија = Proceedings / 4th Congress on dams, 28th-30th September, 2017 Struga, Republic of Macedonia. - Скопје : Здружение Македонски комитет за големи брани = Skopje : Macedonian committee on large dams, 2017. - 430 стр. ; 30 см

Текст на мак. и англ. јазик. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-65373-6-4

1. Насп. ств. насл.

а) Брани - Хидроцентрали - Собири

COBISS.MK-ID 104117258

## **ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР**

Љупчо Петковски  
Илбер Мирта  
Славе Арсовски  
Миле Димитровски  
Иван Трпески  
Ацо Јаневски  
Дејан Мираковски  
Драги Дојчиновски  
Борче Гоцевски  
Живко Гоцев  
Дејан Арсовски  
Тодорче Николовски  
Методија Граматковски  
Илија Марков  
Орце Мангаровски  
Ванчо Ангелов  
Добре Тасевски  
Благоја Дончев  
Златко Илијоски  
Драган Димитриевиќ  
Иванчо Каевски  
Лазо Чакаровски  
Здравко Јаковлевски  
Борис Таневски  
Снежана Мартулкова  
Лидија Зафировска  
Благоја Стоилов  
Станислава Додева  
Блашко Димитров  
Грозде Алексовски  
Маријана Лазаревска  
Славко Милевски  
Славчо Михајловски  
Стевчо Митовски

## **ПОЧЕСЕН ОДБОР**

Љупчо Николовски  
Садула Дураку  
Емрла Укшини  
Драган Миновски  
Николајчо Николов  
Неил Стевенсон  
Дејан Нешковиќ  
Страшо Милковски  
Љубомир Танчев  
Илија Андонов – Ченто  
Михајло Серафимовски  
Нестор Ангеловски  
Станислав Миловановиќ

## **РЕДАКЦИСКИ ОДБОР**

проф. д-р Љупчо Петковски, претседател (Македонија)  
проф. д-р Емилија Беднарова (Словачка)  
проф. д-р Алтан Абдуламит (Романија)  
проф. д-р Андреј Крижановски (Словенија)  
проф. д-р Џералд Зенц (Австрија)  
проф. д-р Џорџ Доуниас (Грција)  
проф. д-р Тина Дашиќ (Србија)  
проф. д-р Димитар Кислиаков (Бугарија)  
проф. д-р Зекирија Идризи (Македонија)  
проф. д-р Благој Големеов (Македонија)  
проф. д-р Вилос Илиос (Македонија)

## **ORGANIZING BOARD**

Ljupcho Petkovski  
Yilber Mirta  
Slave Arsovski  
Mile Dimitrovski  
Ivan Trpeski  
Aco Janevski  
Dejan Mirakovski  
Dragi Dojchinovski  
Borche Gocevski  
Zhivko Gocev  
Dejan Arsovski  
Todorche Nikolovski  
Metodija Gramatkovski  
Ilija Markov  
Orce Mangarovski  
Vanko Angelov  
Dobre Tasevski  
Blagoja Donchev  
Zlatko Ilijoski  
Dragan Dimitrievski  
Ivancho Kjaevski  
Lazo Cakarovski  
Zdravko Jakovlevski  
Boris Tanevski  
Snezhana Martulkova  
Lidija Zafirovska  
Blagoja Stoilov  
Stanislava Dodeva  
Blashko Dimitrov  
Grozde Aleksovski  
Marijana Lazarevska  
Slavko Milevski  
Slavcho Mihajlovski  
Stevcho Mitovski

## **HONORARY BOARD**

Ljupcho Nikolovski  
Sadula Duraku  
Emrla Uksini  
Dragan Minovski  
Nikolajcho Nikolov  
Neil Stevenson  
Dejan Neskovic  
Strasho Milkovski  
Ljubomir Tanchev  
Ilija Andonov – Chento  
Mihajlo Serafimovski  
Nestor Angelovski  
Stanislav Milovanovic

## **EDITORIAL BOARD**

prof. Ljupcho Petkovski, PhD, President (Macedonia)  
prof. Emilija Bednarova, PhD (Slovakia)  
prof. Altan Abdulamit, PhD (Romania)  
prof. Andrey Kryžanovski, PhD (Slovenia)  
prof. Gerald Zenz, PhD (Austria)  
prof. George Dounias PhD (Greece)  
prof. Tina Dashic, PhD (Serbia)  
prof. Dimitar Kisliakov, PhD (Bulgaria)  
prof. Zekirija Idrizi, PhD (Macedonia)  
prof. Blagoj Golomeov, PhD (Macedonia)  
prof. Vilos Plios, PhD (Macedonia)

## ПРЕДГОВОР

Столбот на водостопанската инфраструктура во Република Македонија се 43 брани со регионално значење, од кои 4 се јаловишни брани, и околу 110 пониски насипни брани со локално значење. Според критериумот на ICOLD, браните во Македонија од посебно значење, но и одреден број пониски брани, спаѓаат во категоријата на „големи брани“, што покажува дека пропорционално на големината на државата, Р. Македонија е позиционирана во врвот на инженерството за брани во Европа. Во периодот од 2004 до 2013 година беа успешно организирани три конгреси за брани во Република Македонија. Со цел да се унапреди индустријата за брани, која е од витален интерес за развојот на Република Македонија, и да се одржи воспоставената традиција, беше планирано во 2017 година да се одржи Четврти конгрес за брани.

Потребата за одржување Четврти конгрес за брани се појави заради исполнување на следниве две основни цели. Како прво, денешната генерација хидротехничари имаат одговорност да ја одржат оваа вредна традиција. Ваквите манифестации се незаменливи затоа што обезбедуваат на едно место да се состане хидротехничката фела и да размени искуства и знаења, со што ќе се одржи угледот и ќе се унапреди македонската хидротехничка школа. И второ, во последните неколку години инженерите се судираат со многубројни проблеми поврзани со начинот на финансирање, условувањата при проектирањето и градбата, како и исполнувањето одредени еколошки и социолошки стандарди на капиталните хидротехнички објекти. Овие проблеми придонесоа да се стопира реализацијата на неколку хидросистеми во Р. Македонија, кои се исклучително значајни за развојот на нашата држава, како што се: Луково Поле, Бошков Мост, Чебрен и Галиште, Вардарска Долина и други.

Одлуката за организација на Четвртиот конгрес за брани беше донесена на Годишното собрание на Здружението „Македонски комитет за големи брани“ (ЗМКГБ или MACOLD) во декември 2016 година. MACOLD е експертска, невладина и непрофитна инженерска организација и е член на Меѓународната комисија за големи брани (ICOLD) од 1950 година, како дел од поранешниот YUCOLD. Како независна организација, MACOLD е член на ICOLD од 1994 година и член на Европскиот клуб на ICOLD од 2006 година.

ЗМКГБ има важна улога во процесот на проектирање, градење и одржување на големите брани во Р. Македонија, преку директно учество на нејзините членови во реализацијата на проектите, како и со организација на повеќе конгреси, симпозиуми, работилници, студиски посети и стручни презентации. Во минатиот период ова Здружение се потврди во реализацијата на поголем број научни собири: (1) Советување на тема: Проектирање и изградба на браната „Козјак“ (1999); (2) Прв конгрес за брани (2004); (3) Советување на тема: Брана „Козјак“ – искуство од изградбата, првото полнење и почетната експлоатација (2005); (4) Втор конгрес за брани (2009); (5) Меѓународна работилница со предавачи од Грција и од Швајцарија (2009); (6) Меѓународен симпозиум со Словенечкиот комитет за големи брани (2011); (7) Конференција на тема: Хидројаловиштата во Република Македонија (2012); (8) Трет конгрес за брани (2013); (9) Десетто советување за водостопанство и хидротехника (2014); (10) Конференција на тема: Состојбата со водостопанската инфраструктура (2015) и (11) Единаесетто советување за водостопанство и хидротехника (2016).

За Четвртиот конгрес за брани пристигнаа голем број реферати, од кои 41 беа прифатени од Редакцискиот одбор да бидат отпечатени во Зборникот посветен на Конгресот. Рефератите се на македонски јазик (27) и на англиски јазик (14), а се подготвени од експерти од Македонија (28), Србија (6), Германија (1), Швајцарија (1), Словенија (1), Бугарија (1), Црна Гора (1), Хрватска (1) и од Косово (1). Рефератите во

Зборникот, главно, се подредени според четирите теми предвидени за Конгресот и се приспособени според широкиот спектар на проблеми кои се третирани во трудовите.

Очекуваме на Четвртиот конгрес за брани да има успешни презентации и дискусии по рефератите, како и трансфер на знаење меѓу учесниците од хидротехничката фела, кои припаѓаат на различни сектори, од практика до научноистражувачки центри, односно од проектантски и изведувачки компании до оператори со хидросистеми. На тој начин ќе се претстави искуството на членовите на MACOLD и на сите инволвирани во инженерството за брани, кај нас и во регионот, стекнато при истражување, проектирање, градење и одржување на браните со придружните објекти, што претставува главна цел на Конгресот. Сметаме дека оваа манифестација треба да биде искористена и за дискусии по теми што се актуелни во моментот, но за кои не беа доставени доволен број реферати, како, на пример, трибината „Еколошки аспекти на инженерството за брани“, која е предвидена помеѓу пленарните сесии по основните четири теми за Конгресот. Секако, очекуваме манифестацијата, која ќе се одржи во хотелот „Дрим“ во Струга, да биде собир за пријатно дружење, нови познанства и неформална размена на мислења за хидротехничката проблематика.

Ја користам оваа пригода да им се заблагодарам на авторите на рефератите за нивниот вложен труд, како и за стручниот и научен придонес во хидротехниката во Македонија, на членовите на Редакцискиот одбор, кои ги евалуираа пристигнатите трудови, на членовите на Организацискиот одбор за нивната пожртвувана работа, како и на спонзорите на конференцијата. Сите тие, во рамките на своите можности, придонесоа да се одржи овој научен собир и да биде направен Зборникот посветен на Четвртиот конгрес за брани, односно знаењето на оваа генерација хидротехничари да биде запишано и да остане во трајно наследство за идните генерации во Р. Македонија.

Скопје,  
септември, 2017 година

Претседател на  
ЗМКГБ,

проф. д-р Љупчо Петковски

## PREFACE

The key pillar of the water economy infrastructure in R. Macedonia are the 43 large dams with regional importance, from which 4 are tailings dams and approximately 110 lower dams with local importance. According to the ICOLD criteria, dams in Macedonia of special importance but also and number of lower dams are in the category of large dams, that shows that in proportion of the size of the state, Macedonia is positioned highly at the “Dam engineering” in Europe frame.

In period, 2004-2013 were successfully organized three congress on dams in Republic of Macedonia. In order to improve the dam industry, that is of vital interest for Republic of Macedonia and to maintain the established tradition, in 2017 was planned to be held 4<sup>th</sup> Congress on dams.

The necessity for organizing of the 4<sup>th</sup> Congress on dams occurred due the accomplishment of two main goals. At first, the nowadays generation of hydrotechnical engineers have the responsibility to preserve this valuable tradition. Such manifestations are irreplaceable due to the fact that they provide meeting at one place of the hydrotechnical professionals and exchange of experience and knowledge, that will maintain the reputation and improve the Macedonian hydrotechnical school. And second, in the last few years the engineers face multiply problems regarding the finance method, limitations during designing and construction, as well and fulfillment of certain environmental and sociology standards of the capital hydrotechnical structures. Such issues have contributed to stopping of the realization of several water resources systems in R. Macedonia, extremely important for the development of our country, such as: Lukovo Pole, Boshkov Most, Chebren, Galishte, Vardar Valley etc.

The decision for organizing of the 4<sup>th</sup> Congress of dams was brought on the Annual assembly of MACOLD in December, 2016. MACOLD is expert, nongovernment and non-profitable engineering organization and it is member of the International Commission on Large Dams (ICOLD) from 1950, as part of the former YUCOLD. As independent organization, MACOLD is member of ICOLD from 1994, and it is also member of the European Club of ICOLD from 2006.

MACOLD has important role in the process of designing, construction and maintenance of large dams in Republic of Macedonia, through out direct participation of its members in projects realization, as well and by organization of several congresses, symposiums, workshops, study tours and expert presentations. In the past period the Committee proved itself by organizing number of scientific events: (1) Conference on topic Designing and construction of dam “Kozyak” (1999); (2) First Congress on Dams (2004); (3) Conference on topic Dam Kozyak – experiences from construction, first filling and initial service (2005); (4) Second Congress on Dams (2009); (5) International workshop with participation of lecturers from Greece and Switzerland (2009), (6) International symposium organized in cooperation with Slovenian committee on large dams (2011); (7) Conference on tailings dams in Republic of Macedonia (2012); (8) Third Congress on Dams (2013); (9) 10<sup>th</sup> Conference on Water Economy and Hydrotechnics (2014) and (10) Conference on topic: State of the water economy infrastructure (2015) and (11) 11<sup>th</sup> Conference on Water Economy and Hydrotechnics (2016).

For the 4<sup>th</sup> Congress on dams were submitted great number of papers, of which 41 were accepted by the Editorial Board to be published in the Congress Proceedings. The papers are in Macedonian language (27) and in English language (14), prepared by experts from Macedonia (28), Serbia (6), Germany (1), Switzerland (1), Slovenia (1), Bulgaria (1), Montenegro (1), Croatia (1) and Kosovo (1). The papers in the Proceedings, are mainly sorted

according to the four Congress topics and are adjusted based on the wide spectar of issued treated in the papers.

We expect that sucesfull presentation and discussions per papers will be on the 4<sup>th</sup> Congres on dams, as well and knowldge transfer between the participants from the hydrotechnical prpfession, part of various areas, from the practice to the scientific research centers, apropos from design and construction companies to water resoruces systems management engineers. In such a way an MACOLD memebtrs and all included in the dam engineering experience will be presnted, domestci and of the region, gained at reserarch, designing, construction and maintenace of dams and appurtenant structures, that in fact is the main goal of the Congress. We feel that such event should be used and for discussions per actual present topics, but for which papers were not submitted, for example the round table “Environmetnal aspects of dam engineering”, that is planned between the plenary sessions for the primary Congress topics. Of course, we expect that the event, that will take place in hotel “Drim” in Struga, to be an event for pleasant fellowship, new acquaintances and non-formal exchange of opinions regarding the hydrotechnical issues.

In this occasion I would like to express my gratitude to the paper’s authors for their effort as well and for the expert and scientific contribution to the hydrotechnics in Republic of Macedonia, to the members of the Editorial Board for review of the papers, to the members of the Organizing Board for their enormous efforts, as well and to the Congress sponsors. All of them, within its possibilities, contributed such scientific event to be held and Proceedings of the 4<sup>th</sup> Congress on dams to be prepared, apropos the knowledge of the present generation of hydrotechnical engineers to be written down and stay in lasting legacy of the future generations in Republic of Macedonia.

Skopje,  
September, 2017 година

President of MACOLD,  
Prof. Lupcho Petkovski. PhD

Одржувањето на 4-тиот Конгрес за брани го поддржаа повеќе компании и институции, за што Организациониот одбор на Советувањето срдечно им се заблагодарува.

Спонзори на манифестациите оранизирани од ЗМКГБ во 2016 година и на 4. Конгрес за брани, заклучно со 22.9.2017 година

1. УКИМ, Градежен факултет - Скопје
2. АД ЕЛЕМ - Скопје
3. Гранит - Скопје
4. Бучим - Радовиш
5. Комора на овластени архитектки и овластени инженери на РМ - Скопје
6. АД Водостопанство - Скопје
7. Чакар&Партнерс - Скопје
8. Веидекке - Осло, Норвешка
9. Саса - М.Каменица
10. Бетон - Скопје
11. ГХК - Скопје
12. ХЕИ - Скопје
13. ГИМ - Скопје
14. Синтек Специфик - Скопје
15. Адинг - Скопје
16. ИЗИИС, УКИМ - Скопје
17. Геинг - Скопје
18. УХМР - Скопје
19. Хидро Консулт - Скопје
20. МГМ инженеринг - Скопје
21. ЈП ХС Лисиче - Велес
22. МЗШВ на РМ – Скопје

The organization of the 4<sup>th</sup> Congress on dams was supported by number of companies and institutions, for what the Congress Organizing Board expresses sincere gratitude.

Sponzors of the MACOLD's events for 2016 and of 4<sup>th</sup> Congress dams, until 22.9.2017

1. University Ss Cyril and Methodius, Civil Engineering Faculty - Skopje
2. ELEM – Skopje
3. Granit AD - Skopje
4. Buchim - Radovish
5. Chamber of certified architects and engineers - Skopje
6. S.C. “Water Economy” – Skopje
7. Cakar&Partners – Skopje
8. Veidekke Industry AS, Oslo, Norway
9. Sasa – M. Kamenica
10. DG Beton AD – Skopje
11. GeoHydroConsalting – GHK Skopje
12. Hydro Energo Engineering - HEI Skopje
13. Civil Engineering Institute “Macedonia” - Skopje
14. SINTEK Specific - Skopje
15. ADING – Skopje
16. University Ss Cyril and Methodius, IZIIS -Skopje
17. GEING - Skopje
18. HydroMeteorological Service, Skopje
19. Hydro Consult - Skopje
20. MGM Engineering – Skopje
21. PE HS Lisiche – Veles
22. Ministry of agriculture, forestry and water economy, Skopje



## СОДРЖИНА

1	БРАНА КУФРАЊА Жарко Мркиќ, Тамара Шумар	<u>1</u>
2	РЕШЕНИЕ ЗА НАДВИШУВАЊЕ НА БРАНАТА ВАЛА Тамара Шумар, Богдан Кладарин, Душан Петковиќ	<u>11</u>
3	ИЗВЕДБА НА ДОПОЛНИТЕЛЕН АГРЕГАТ ВО ХЕЦ “ПОТПЕЌ” НА РЕКА ЛИМ, СРБИЈА Ивана Д. Спасојевиќ, Јелена Софрениќ, Александар Глишиќ	<u>21</u>
4	ПОЕДНОСТАВЕНА ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИОТ ОДГОВОР НА НАСИПНА БРАНА СО АСФАЛТНИ ЈАДРО – МОЖНОСТИ И ОГРАНИЧУВАЊА Димитар Кислиаков	<u>31</u>
5	НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА НА БРАНА СВ. ПЕТКА Стевчо Митовски, Ѓорѓи Кокаланов, Љупчо Петковски	<u>39</u>
6	НАПРЕДНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ИНСТАЛИРАЊЕ НА ГЕОМЕМБРАНИ КАЈ НОВИ НАСИПНИ И ЈАЛОВИШНИ БРАНИ Алберто Скуеро, Габриела Вашети, Марко Бакели	<u>49</u>
7	ГЕОТЕХНИЧКИ АСПЕКТИ НА ПРОЕКТИРАЊЕ НА НАСИП ЗА ЗАШТИТА ОД ПОПЛАВИ ВО СЛИВОТ НА РЕКАТА НЕРЕТВА Игор Љубенков, Јован Бр. Папиќ, Атанас Страшески	<u>59</u>
8	КВАЛИТЕТНИ ПОДЛОГИ – НЕОПХОДЕН ПРЕДУСЛОВ ЗА РАЦИОНАЛНО ПРОЕКТИРАЊЕ, ИЗГРАДБА И ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА БРАНИ Славчо Михајловски, Игор Николоски	<u>67</u>
9	ПРОЦЕНА НА ВЛИЈАНИЕТО НА БРАНАТА КОНСКО СО ПРИДРУЖНИ ОБЈЕКТИ ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА Габриела Дуданова Лазаревска, Тања Димитрова, Мартина Блинкова, Игор Николоски	<u>73</u>
10	УПОТРЕБА НА ГЕОСИНТЕТИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ ЈАЛОВИШТА ЗАРАДИ ЗГОЛЕМЕНА ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска	<u>83</u>
11	МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ДЕФИНИРАЊЕ ПРИФАТЛИВИ РИЗИЦИ ОД ОДРОНИ КАЈ ПРИСТАПНИ ПАТИШТА ЗА ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ Игор Пешевски, Наташа Неделковска, Милорад Јовановски	<u>95</u>
12	ДИСПОЗИЦИОНО РЕШЕНИЕ НА БРАНА И ПРИДРУЖНИ ОБЈЕКТИ НА СЛУПЧАНСКА РЕКА Игор Николоски, Славчо Михајловски	<u>105</u>
13	АНАЛИЗА НА СОСТОЈБАТА НА НАПРЕГАЊА И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРВО ПОЛНЕЊЕ НА АКУМУЛАЦИЈАТА НА КАМЕНИ БРАНИ СО ЦЕНТРАЛНО ВОДОНЕПРОПУСТЛИВО ТЕЛО Љупчо Петковски, Славко Милевски, Стевчо Митовски	<u>115</u>
14	ЕКОНОМСКА ВАЛОРИЗАЦИЈА НА РЕЗЕРВИРАН ВОЛУМЕН ЗА ЗАШТИТА ОД ПОЛАВИ ВО АКУМУЛАЦИИ Ангел Панов, Александар Тодоровски	<u>127</u>

15	ПРОЕКТ ЗА СЕИЗМИЧКИ МОНИТОРИНГ НА ЈАЛОВИШТА Драги Дојчиновски, Марта Стојмановска, Стево Савић, Татјана Шаренац, Маја Милетић, Синиша Новичић, Борис Илић	<u>139</u>
16	СТАТИЧКА АНАЛИЗА НА БРАНА КСИНГО Фросина Пановска, Ивана Лефкова, Олга Дојчиновска, Воислав Крстевски, Стевчо Митовски	<u>149</u>
17	РАБОТИ ЗА СПРЕЧУВАЊЕ НА ФИЛТРАЦИЈА НИЗ ТЕЛО НА БРАНА НА ХЕЦ “ПИВА” СО МЕТОД НА КОМБИНИРАНО ИНЈЕКТИРАЊЕ Никола Куљиќ, Душко Кнежевиќ	<u>157</u>
18	КОНСОЛИДАЦИЈА НА ТЕРЕНОТ ПОД БРАНАТА НА ХИДРОЕЛЕКТРАНА ВИШЕГРАД (БИХ) Диме Петроски	<u>163</u>
19	БРАНА "КНЕЖЕВО", КАМЕНО НАСИПНА БРАНА СО АСФАЛТ-БЕТОНСКА ДИЈАФРАГМА-ИСКУСТВО ОД ГРАДЕЊЕ И ЕКСПЛОАТАЦИЈА Елена Алексова-Досевска	<u>169</u>
20	МЕТОДОЛОГИЈА ЗА АНАЛИЗА НА ИНЖЕНЕРСКИ ПРОБЛЕМИ ПРИ ГРАДБА ВО КАРСТНИ ТЕРЕНИ Ѓорѓи Божиноски	<u>177</u>
21	ИЗВЕДЕНА СОСТОЈБА НА БРАНА “МАТКА” Драган Димитриевски, Катерина Велеска, Ирина Петковска	<u>187</u>
22	АВТОНОМНО НАБЉУДУВАЊЕ БЕТОНСКИ БРАНИ ВРЗ ОСНОВА НА МУЛТИАГЕНТНА ТЕХНОЛОГИЈА Кај Смарсли, Дитрих Хартман	<u>197</u>
23	РАБОТИ ЗА СПРЕЧУВАЊЕ НА ФИЛТРАЦИЈАТА ВО РАМКИ НА КОМПЛЕКСНОТО ГЕОЛОШКО ФУНДИРАЊЕ НА БРАНАТА „ЦЕДРА“ ВО АЛЖИР, КАДЕ ШТО Е РЕГИСТРИРАН СЛОЈ ОД ДИЈАПИР-ГИПСЕНА ФОРМАЦИЈА Наташа Воротовиќ Константиновиќ, Срѓан Вујадиновиќ	<u>207</u>
24	МЕРЕЊЕ НА ВИБРАЦИИТЕ НА КОНСТРУКЦИЈАТА ПРИ ТЕХНИЧКО НАБЉУДУВАЊЕ НА БРАНАТА Матеја Клун, Дејан Зупан, Андреј Крижановски	<u>219</u>
25	РЕСТАВРАЦИЈА НА ПРЕЛИВОТ НА ЈАЛОВИШНАТА БРАНА „РУДНИК“ Владан Кузмановиќ, Љубодраг Савиќ, Милош Станиќ	<u>227</u>
26	МОДЕРНИЗАЦИЈА НА СИСТЕМОТ ЗА СЕИЗМИЧКИ ОСКУЛТАЦИЈА НА БРАНА „ПИВА“ Драги Дојчиновски, Никола Кујиќ, Марта Стојмановска	<u>237</u>
27	КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ГЕОДЕТСКАТА ОСКУЛТАЦИЈА И ИНСТРУМЕНТАЛНИОТ НАДЗОР НА БРАНАТА “СВЕТА ПЕТКА” Мантев Владко, Цветаноски Марјан, Стојановски Благоја	<u>243</u>
28	ПРЕДВИДУВАЊЕ НА ОДНЕСУВАЊЕТО НА МЕРНИТЕ МЕСТА НА БРАНИТЕ Славко Милевски	<u>253</u>
29	ОДРЖУВАЊЕ, ОСКУЛТАЦИЈА И САНАЦИЈА НА БРАНИ И ПРИДРУЖНИ ОБЈЕКТИ Емрла Укшини	<u>265</u>
30	ГЕОДЕТСКАТА ОСКУЛТАЦИЈА НА БРАНАТА "МАТКА" Златко Србиноски, Златко Богдановски	<u>273</u>

31	ИЗВРШЕНИ ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА И СНИМАЊЕ НА ПОСТОЈНАТА СОСТОЈБА НА ИНЈЕКЦИОНАТА ГАЛЕРИЈА НА БРАНА ГЛОБОЧИЦА, СТРУГА Горан Ѓошевски, Гоце Пранговски, Ѓорѓи Гошев, Арлинд Мехмеди	<u>281</u>
32	ПРОЦЕНА НА ФРЕКВЕНЦИЈАТА НА ПОПЛАВЕН БРАН ЗА РЕКА ЛЕПЕНЕЦ Арбан Бериша	<u>289</u>
33	УПРАВУВАЊЕ СО ПОВЕЌЕНАМЕНСКА АКУМУЛАЦИЈА ВО РЕЖИМ НА ПОПЛАВЕН БРАН Тина Дашиќ, Бранислав Ѓорѓевиќ	<u>297</u>
34	МОДЕЛИРАЊЕ НА РИЗИК ОД ПОПЛАВИ ЗА ГРАД СКОПЈЕ Ангел Панов, Тијана Секуловска Симоновиќ, Калина Кулибанова	<u>309</u>
35	УПРАВУВАЊЕ СО РАБОТНИОТ ПРИТИСОК КАКО МЕРКА ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА ЗАГУБИТЕ НА ВОДА ВО ВОДОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ Ангелина Симоновска Тодоровска	<u>327</u>
36	ПРОСТОРНО ПРЕНЕСУВАЊЕ НА ПОПЛАВНИОТ БРАН НА РЕКА ТРЕСКА И НЕГОВА ТРАНСФОРМАЦИЈА ОД ПОСТОЈНИТЕ БРАНИ НА РЕКАТА ТРЕСКА Стојан Србиноски	<u>339</u>
37	УСЛОЖНЕТА ПОСТАПКА ЗА ДОБИВАЊЕ ОДОБРЕНИЕ ЗА ГРАДБА НА БРАНИ Славчо Михајловски	<u>347</u>
38	МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИЗРАБОТКА НА ОПЕРАТИВЕН ПЛАН ЗА ОДБРАНА ОД ПОПЛАВИ НА ХИДРОСИСТЕМИ СО АКУМУЛАЦИИ Лидија Зафировска	<u>353</u>
39	ВЕРОЈАТНО МАКСИМАЛНИ ВРНЕЖИ ЗА СКОПСКАТА КОТЛИНА, ЗА ЛЕТНИОТ ПЕРИОД ОД ГОДИНАТА Лидија Стојова, Борис Секирарски, Ѓорѓи Јаневски	<u>365</u>
40	ХИДРОЛОШКИ МОДЕЛ ЗА ВОДНИОТ БИЛАНС КАЈ СЛОЖЕНИ ХИДРОСИСТЕМИ Зоран Јосифоски	<u>375</u>
41	ПОДОБРУВАЊЕ НА УПРАВУВАЊЕТО СО АКУМУЛАЦИИТЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА СИМУЛАЦИОНИ И ОПТИМИЗАЦИОНИ МОДЕЛИ Александар Тодоровски, Ангел Панов	<u>391</u>

## CONTENT

1	KUFRANJA DAM Žarko Mrkić, Tamara Šumar	<u>1</u>
2	WALA DAM RAISING – DESIGN SOLUTION Tamara Šumar, Bogdan Kladarin, Sušan Petković	<u>11</u>
3	CONSTRUCTION OF ADDITIONAL UNIT IN HPP “POTPEĆ” ON THE LIM RIVER, SERBIA Ivana D. Spasojević, Jelena Sofrenić, Aleksandar Glišić	<u>21</u>
4	VERY SIMPLIFIED SEISMIC RESPONSE EVALUATION OF AN ASPHALT CORE ROCKFILL DAM – ITS POSSIBILITIES AND LIMITS Dimitar Kisliakov	<u>31</u>
5	NUMERICAL ANALYSIS ON DAM ST. PETKA Stevcho Mitovsk, Gjorgji Kokalanov, Ljupcho Petkovski	<u>39</u>
6	ADVANCED GEOEMEMBRANE TECHNOLOGIES IN THE NEW EMBANKMENT DAMS AND TAILINGS DAMS Alberto Scuro, Gabriela Vaschetti, Marco Baccheli	<u>49</u>
7	GEOTECHNICAL ASPECTS OF DESIGNING FLOOD PROTECTION EMBANKMENT ALONG THE RIVER NERETVA Igor Ljubenkov, Jovan Br. Papić, Atanas Strašeski	<u>59</u>
8	QUALITY DATA BASE - NECESSARY PREREQUISITE FOR RATIONAL DESIGNING, CONSTRUCTION AND EXPLOITATION OF DAMS Slavcho Mihajlovski, Igor Nikolovski	<u>67</u>
9	ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESMENT IN CASE OF DAM KONSKO AND APPURTENANT STRUCTURES Gabriela Dudanova Lazarevska, Tanja Dimitrova, Martina Blinkova, Igor Nikolovski	<u>73</u>
10	THE USE OF GEOSYNTHETIC MATERIALS IN THE DESIGN OF TAILINGS FOR THE INCREASED PROTECTION OF THE WIDER ENVIRONMENT Blagoj Golomeov, Mirjana Golomeova, Afrodita Zendelska	<u>83</u>
11	METHODOLOGY FOR DETERMINATION OF TOLERABLE RISKS FROM ROCKFALL AT ACCES ROADS FOR HYDROTECHNICAL STRUCTURES Igor Peshevski, Natasha Nedelkovska, Milorad Jovanovski	<u>95</u>
12	DISPOSITION SOLUTION OF DAM AND APPURTENANT STRUCTURES ON RIVER SLUPCHANSKA Igor Nikolovski, Slavcho Mihajlovski	<u>105</u>
13	STRESS-DEFORMATION STATE ANALYSIS AT RESERVORI FIRST FILLING IN CASE OF ROCKFILL DAM WITH CENTRAL WATERIMPERMEABLE CORE Ljupcho Petkovski, Slavko Milevski, Stevcho Mitovski	<u>115</u>
14	ECONOMIC VALORIZATION OF RESERVED FLOOD STORAGE VOLUME IN RESERVOIRS Angel Panov, Aleksandar Todorovski	<u>127</u>
15	PROJECT FOR SEISMIC MONITORING OF DUMPS Dragi Dojcinovski, Marta Stojmanovska, Stevo Savic, Tatjana Sarenac, Maja Miletic, Sinisa Novicic, Boris Ilic	<u>139</u>

16	STATIC ANALYSIS OF XINGO DAM Frosina Panovska, Olga Dojchinovska, Ivana Lefkova, Voislav Krstevski, Stevcho Mitovski	<u>149</u>
17	WORKS ON PREVENTION OF WATER LEAKAGE THROUGH THE DAM BODY IN HPP „PIVA“ BY THE METHOD OF COMBINED GROUTING Nikola Kuljic, Dusko Knezevic	<u>157</u>
18	TERRAIN CONSOLIDATION BELOW THE DAM OF HYDRO POWER PLANT VISEGRAD (BOSNIA AND HERCEGOVINA) Dime Petroski	<u>163</u>
19	DAM "KNEZEVO", ASPHALTTIC CONCRETE CORE EMBANKMENT DAM- EXPERIENCE OF BUILDING AND EXPLOITATION Elena Aleksova-Dosevska	<u>169</u>
20	METHODOLOGY FOR ANALYSIS OF ENGINEERING ISSUES AT CONSTRCUTION IN CARST TERRAINS Gjorgji Bozhinoski	<u>177</u>
21	AS-BUILT CONDITION OF THE “MATKA” DAM Dragan Dimitrievski, Katerina Veleska, Irina Petkovska	<u>187</u>
22	AUTONOMOUS MONITORING OF MASONRY DAMS BASED ON MULTI-AGENT TECHNOLOGY Kay Smarsly, Dietrich Hartmann	<u>197</u>
23	WORKS INTENDED FOR SEEPAGE PREVENTION WITHIN A COMPLEX GEOLOGICAL FOUNDATION OF DJEDRA DAM IN ALGERIA WHERE A LAYER OF DIAPIR-GYPSOIDE FORMATION HAS BEEN RECORDED Nataša Vorotović Konstantinović, Srđan Vujadinović	<u>207</u>
24	STRUCTURAL VIBRATION MEASUREMENT IN DAM MONITORING Mateja Klun, Dejan Zupan, Andrej Kryžanowski	<u>219</u>
25	“RUDNIK” TAILINGS-DAM SPILLWAY RESTORATION Vladan Kuzmanović, Ljubodrag Savić, Miloš Stanić	<u>227</u>
26	UPGRADING OF SEISMIC OSCULATION SYSTEMS ON “PIVA” DAM Dragi Dojcinovski, Nikola Kuljic, Marta Stojmanovska	<u>237</u>
27	COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MEASUREMENTS OF THE GEODETIC AUSCULTATION AND INSTRUMENTAL MONITORING OF THE DAM “SVETA PETKA” Vladko Mantev, Blagoja Stojanovski, Marjan Cvetanoski, Pero Spasevski	<u>243</u>
28	PREDICTING OF BEHAVIOR OF MEASUREMENT POINT AT DAM’S Slavko Milevski	<u>253</u>
29	MAINTENANCE, MONITORING AND RESTORATION OF DAMS AND APPURTENANT STRUCTURES Emrla Uksini	<u>265</u>
30	THE GEODETIC AUSCULTATION ON DAM “MATKA” Zlatko Srbinoski, Zlatko Bogdanovski	<u>273</u>
31	LABORATORY EXIMINATIONS AND RECORDING OF THE EXISTING CONDITION OF THE INJECTION GALLERY OF GLOBOCICA DAM, STRUGA	<u>281</u>

	Goran Gjoshevski, Goce Prangovski, Gjorgji Goshev, Arlind Mehmedi	
32	FLOOD FREQUENCY ESTIMATION FOR RIVER LEPENEC Arban Berisha	<u>289</u>
33	MANAGEMENT OF MULTIPURPOSE WATER STORAGE RESERVOIR IN HIGH WATER REGIMES Tina Dašić, Branislav Đorđević	<u>297</u>
34	FLOOD RISK MODELING FOR CITY OF SKOPJE Angel Panov, Tijana Sekuloska Simonovic, Kalina Kulibanova	<u>309</u>
35	WORKING PRESSURE MANAGEMENT, MEASURE TO REDUCE WATER LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS Angelina Simonovska Todorovska	<u>327</u>
36	SPATIAL TRANSMISSION OF THE FLOOD WAVE OF THE TRESKA RIVER AND ITS TRANSFORMATION FROM THE EXISTING DAMS TO THE RIVER TRESKA Stojan Srbinoski	<u>339</u>
37	COMPLEX PROCEDURE FOR OBTAINING CONSTRUCTION PERMISSION FOR DAMS Slavcho Mihajlovski	<u>347</u>
38	METHODOLOGY FOR DEVELOPMENT OF A OPERATIONAL DEVELOPMENT PLAN FOR FLOWERS OF HYDROSISTS WITH ACCUMULATES Lidija Zafirovska	<u>353</u>
39	PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION FOR THE SKOPJE BASIN, FOR THE SUMMER PERIOD OF THE YEAR Lidija Stojova, Boris Sekirarski, Gjorgji Janevski	<u>365</u>
40	HYDROLOGICAM MODEL FOR WATER BALANCE AT COMPLEX WATER RESOURCES SYSTEMS Zoran Josifoski	<u>375</u>
41	IMPROVING RESERVOIR OPERATION USING SIMULATION AND OPTIMIZATION MODELS Aleksandar Todorovski, Angel Panov	<u>391</u>



## УПОТРЕБА НА ГЕОСИНТЕТИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕТО НА ЈАЛОВИШТАТА ЗАРАДИ ЗГОЛЕМЕНА ЗАШТИТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА

Благој Голомеов<sup>1</sup>, Мирјана Голомеова<sup>1</sup>, Афродита Зенделска<sup>2</sup>

### Резиме

Во денешно време заштитата на животната средина добива се повеќе на значај и претставува важен елемент при изготвувањето на техничката и проектна документација кај сите инженерски струки а посебно во енергетиката, градежништвото и рударството. Проектната документација мора да биде усогласена со многу законски и подзаконски акти кои се однесуваат на норми и стандарди кои треба да бидат задоволени и испочитувани. Секако дека, ваквиот пристап, значително ќе ги поскапи проектите но е неопходен во денешно време, кога неопходноста од зачувување на пошироката животна околина станува императив.

Јаловиштата во денешно време претставуваат големи потенцијални загадувачи на пошироката животна околина. Негативниот импакт на овие, како што се дефинирани во законот за минерални сировини, инсталации за рударски отпад, може да се манифестира преку загадување на сите три природни медиуми во пошироката околина, површинските и подземните води, воздухот и почвата.

Во овој труд ќе бидат претставени геосинтетички материјали кои денес се употребуваат при проектирањето на јаловишните инсталации во склоп на рударските комплекси и не само кај нив. Позитивните но и можните негативни страни доколку нивната примена не се врши во склоп на сеопфатно а не парцијално разрешување на проблемите со потенцијалното загадување, преку конкретен пример на рудникот Саса.

**Клучни зборови: јаловиште, геосинтезици, оскултација, брана, мерења, флотација**

## THE USE OF GEOSYNTHETIC MATERIALS IN THE DESIGN OF TAILINGS FOR THE INCREASED PROTECTION OF THE WIDER ENVIRONMENT

Blagoj Golomeov<sup>1</sup>, Mirjana Golomeova<sup>1</sup>, Afrodita Zendelska<sup>2</sup>

### Summary

Environmental preservation is increasingly gaining importance these days due to the fact that it has as a substantial relevance in the preparation process of the technical and project documentation in the field of engineering professions, particularly in the energy, construction and mining. Project documentation must be prepared in accordance to the variety of laws and regulations regarding the norms and standards that has to be met and complied with. Certainly,

---

<sup>1</sup> Редовен професор, Факултет за природни и технички науки, УГД – Штип, Крсте Мисирков бр. 10А, [golomeov@gmail.com](mailto:golomeov@gmail.com)

<sup>2</sup> Доцент, Факултет за природни и технички науки

this approach would notably increase the project costs, but is of crucial importance since preservation of the environment is imperative.

Tailings nowadays are considered to be potential huge polluters of living environment. The negative impact of these, as defined in the law on mineral resources, mining waste installations can be portrayed through pollution of all three natural aspects in wider environment, surface and groundwater, air and soil.

In this paper will be presented geosynthetic materials used in the design of the tailings installations (storage) within the mining complexes as well as other places. The positive and negative sides if their application is not done as part of a comprehensive and not partial resolving of the potential pollution issue are exemplified through specific example of the Sasa Mine.

**Key words: disposal, observation, tailing dam, geosynthetic, measurement, flotation**



## 1. ИЗБОР НА ЛОКАЦИЈА ЗА ЈАЛОВИШТЕ

Изборот на локација за хидројаловиште претставува комплексен инженерски проблем. Комплексноста произлегува од потребата на ускладување на техничко-технолошките услови со еколошките, урбанистичките и економските. Многу често се случува овие услови да се меѓусебно спротивставени па секоја локација е плод на компромис меѓу наведените услови. Од техничко-технолошките параметри проектот мора да ги разгледа топографските, геолошките, геотехничките и хидрогеолошките карактеристики на теренот. Локацијата е функционално врзана и со должината на транспортот, капацитетот на акумулациониот простор, последиците од евентуално хаварија итн. По правило јаловиштето се формира на терен кој бара мал број на кратки преградни насипи. За тоа се најповолни, котлините, усеците и слично. Топографски се најнеповолни рамничарските терени бидејќи, бараат изработка на ободни насипи од сите страни. Кај проектирањето е неопходен бројот и должината на насипот да се спореди со акумулациониот простор кој со нивното изградување се остварува. Се мисли дека е постигнат добар однос кога волуменот на насипот е помал од 10% во однос на вкупниот акумулационен простор. Јаловиштата се лоцираат на цврсти, стабилни стени, далеку од раседи и зони на рушење, надвор од контурите на рудникот (копот, јамите) и на терен со задоволувачка носивост. Од хидрогеолошките параметри важни за лоцирањето на јаловиштето треба да се истакне поволноста на формирање на јаловиште на слабо пропустливи стени, надвор од главните текови на подземните води, на терени каде нема извори, далеку од сталните водотеци и над нивото на подземните води. При разгледување на технолошките параметри се тежнее да се лоцира јаловиштето на место кое е блиску до постројката, да не ја загрозува неговата доградба, потоа на место каде пулпата може да се транспортира гравитациски за поголем временски период, на место кое обезбедува капацитет на јаловиштето најмалку за 15 годишна експотација или кај малите рудници за нивниот цел експлоатационен век. По правило, треба да се трудиме да заземе што помала површина со обезбедување на стабилна висина. Многу е важно да се избегне лоцирањето на јаловиштето на места каде што со евентуална хаварија би се предизвикало човечки жртви или поголеми материјални штети. Поради ова јаловиштето не треба да се лоцира покрај и над населени места, на патен сообраќај, железничка пруга, воени објекти, индустриски претпријатија, покрај извори и резервоари на вода за пиење, акумулации итн.

Еколошкото вреднување на локацијата долго време е заобиколувано. Но, дегредацијата на животната средина достигна такво ниво да современото проектирање не може да се замисли без анализи и вреднување на еколошките услови на локација на јаловиштето. Ова е неопходно затоа што јаловиштата, всушност се колектор за сите загадени материјали кои настануваат во технолошкиот процес. За да се сведе згадувањето на што помала мера, т.е. да би се намалиле подоцнежните вложувања во секундарна заштита, неопходно е еколошките параметри, да се размислат уште во време на лоцирањето на јаловиштето. Така јаловиштето треба да се лоцира на слабо пропусен терен, надвор од значајните правци на воздушно струење, подалеку од водотеците, изворите и обработливото земјоделско земјиште.

Долги години населбите околу рудниците се развивале стихийски. Како последица имаме да рудникот и јаловиштето се лоцирани во средината на градовите (Бор, Мојковац, Пробиштип). За да би се избегне тоа неопходно е да се донесе добар урбанистички план. Во генералниот урбанистички план треба да се одреди површина каде може да се лоцира јаловиштето. Покрај тоа урбанистите треба да ги одобрат грубите димензии на

јаловиштето-површината и висината на надграување. Со придржувањето кон урбанистичките планови се избегнува лоцирања на јаловиштата до изворите на водоснабдување, се избегнува формирање на вештачки ридови кои доминираат во околината на теренот, се избегнува изградба на населби околу јаловиштето итн..

Економичноста при формирањето и експлатацијата на јаловиштето е специфична од проста причина што тој објект не донесува никаков приход туку преставува стален трошок. Поради тоа не се поставува класично прашање на економската оправданост и исплатливост при изградбата на јаловиштето. Меѓутоа, припремата на секоја локација има цена. Затоа е неопходно секоја од технички, еколошки и/или урбанистички аспект поволна локација економски да се вреднува. Треба да се обрати внимание на инвестиционите вложувања во секоја фаза ( транспорт, депонирање и заштита), трошоците на одржување и експлатација, цената на привремено и потполно заземање и деградирање на земјиштето итн. Се разбира дека економски по поволни се локациите кои обезбедуваат етапно надградување и етапно вложување.

Имајќи го сето ова во предвид, тешко можеме да кажеме дека локациите на постојните јаловишта во Р. Македонија се оптимални.

## 2. ГЕОСИНТЕТИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ

За проектирање и изградба на модерни флотациски јаловишта во денешно време се користат современи материјали како што се геосинтетичките материјали. Со примена на геосинтетички материјали целокопната флотациска јаловина се сместува во една т.н. “геобариера” изградена од геосинтетички материјали (еден вид на изолирана средина).

Над 95 % од геосинтетиците се изработуваат од полимерни материјали. Полимерите се аморфно термопластични или семикристално термопластични, при што големината на кристалноста варира од 30 % за поливинил хлорид до 65 % за полиетилен.

Најчесто користени полимери при производство на геосинтетици се:

- полиетилен (PE);
- полипропилен (PP);
- поливинилхлорид (PVC);
- полиестер (PET);
- полиамид (PA);
- полистирен (PS).

Геосинтетичките материјали не се 100 процентно произведени од полимерна смола, туку истите содржат и додатоци чија што количина варира, процентуално изразено од 3 до 65 %. Адитивите претежно имаат функција на ултравиолетови апсорбирачи, антиоксиданси, термички стабилизатори и омекнувачи. Општо кажано, како адитиви кои вообичаено се користат се карбонска покривка за заштита од ултравиолетово зрачење. Течни адитиви се пластификатори, додатоци и адитиви за боја.

Геосинтетичките материјали се сертифицирани според EN ISO 9001 стандардите, што докажува за квалитетот на овие материјали.

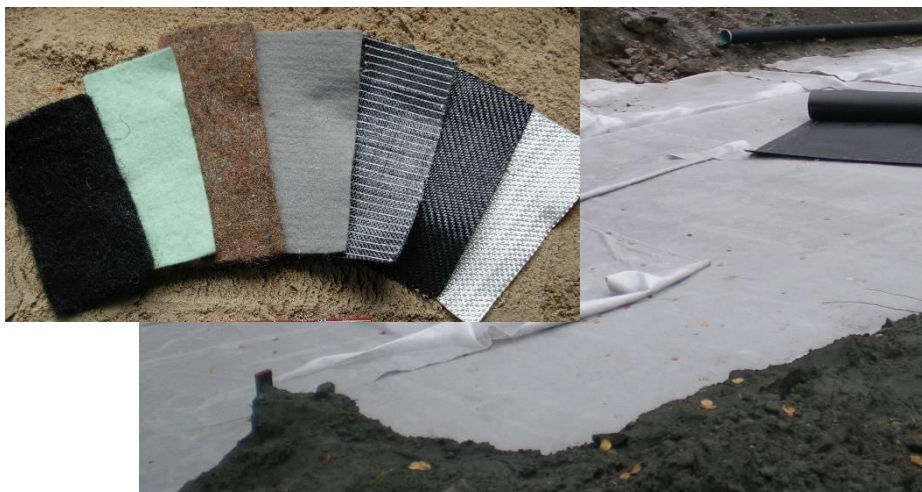
Геосинтетичките материјали вршат функција на сепарација, армирање, филтрација, дренажа, бариера (заштита од гасови и течности) и сл. Најчесто применувани геосинтетици се: геотекстили, геомембрани, геомрежи, геоцевки, геосинтетички глиненни слоеви, геокомпозити и др.

## 2.1 ГЕОТЕКСТИЛИ

Геотекстилите се оформени од синтетички влакна, кои од стандардни машини за ткаење се составени во флексибилни порозни ткаенини.

При изработката синтетичките влакна се спојуваат и зацврстуваат користејќи една од наведените три постапки: влажна, сува и со растопување. Повеќето геотекстилни влакна се оформени со растопување при што истите се подложни на истегнување, при што со истегнувањето се намалува нивниот дијаметар, се зголемува јакоста на затегање и се намалува дилатацијата при лом. Со завиткување на долгите синтетички влакна се оформува мултивлакнесто снопче. За поврзување на синтетичките влакна при оформување на неткаен геотекстил, постојат три начини: топлинско поврзување, смолесто поврзување и игличесто поврзување.

Геотекстилите ги извршуваат функциите на сепарација, армирање, филтрација, дренажа и како бариера кај депонии. Постојат различни типови на геотекстил (Сл. 1), а се изработуваат во зависност од потребата на инженерските области.



Слика 1. Геотекстил

Основните функции на геотекстилите се:

- сепарација помеѓу слоеви со различен гранулометриски состав;
- армирање, односно прифаќање на напрегањата на смолкнување, благодарение на јакоста на затегање со која располагаат геотекстилите;
- филтрација, изразена преку поставување гранулирани земјени филтерски слоеви;
- дренажа, како замена за песочни дренажи, при обвиткување на дренажни цевки и сл.;
- бариера, за задржување течности и гасови кај депонии во комбинација со геомембрани, при што примарна функција на геотекстилот е заштита на геомембраната од механичко оштетување.

## 2.2 ГЕОМЕМБРАНИ

Во согласност со стандардот ASTM D4439 геомембраната е дефинирана како многу слабо пропустлив синтетички материјал, користена во инженерство при контрола на миграцијата на течности во еколошките проекти. Поточно, истата поради слабата

пропустливост претставува и се користи како бариера за задржување на течности и гасови (Сл. 2). Коefициентот на водопропустливост е во граници  $10^{-12} \div 10^{-15}$  m/s.



Слика 2. Геомембрана

Геомембраните се доста погодна замена за глинени слоеви поради тоа што:

- глинениот слој обично е со дебелина од 600 до 1.500 mm, што зафаќа значителен простор од волуменот на јаловиштето;
- глинениот слој можат да бидат изложени на хемиски реакции;
- значителен временски интервал за поставување на глинени слоеви.

Најчесто применувани геомембрани се оние кој се претставени од полиетилен. Полиетилените кои се применуваат кај геомембраните меѓу себе се разликуваат по густината, молекуларната тежина, индексот на топење, што од своја страна резултира со производство на геомембрани со различни физички својства и отпорност кон деградација.

Полиетиленските геомембрани најчесто се изградени/составени од 96,0÷97,5 % полиетилен, 2÷3 % јаглеродни единици, 0,5÷1,0 % антиоксидансни стабилизатори. Геомембраните се изработуваат со различни дебелини, а најчесто се користат од 1,0÷3,0 mm. Се изработуваат во ролни со различни димензии и лесни се за монтажа и спојување (Сл. 3).



Слика 3. Спојување на геомембрана

Употребата на геомембраните кај јаловиштата е да ја задржи водата и истата ја спроведе до дренажните цевки, но најважно е да се внимава при вградување да не се оштети, затоа што треба да се спречи загадување на подлогата. Ако случајно се оштети геомембраната, тогаш таа ја губи функцијата, а санацијата е тешко остварлива и скапа. За да се заштити геомембраната, обично под неа и над неа се поставува геотекстил, а во некои случаи под геомембраната се поставува геосинтетички глинен слој.

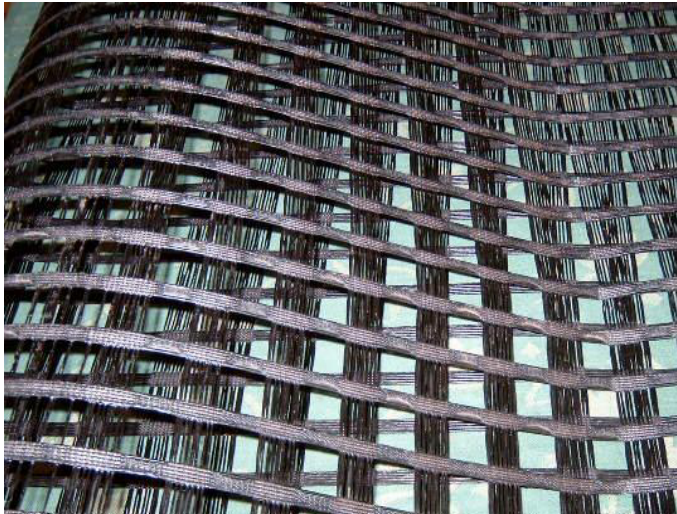
Има два вида на карактеристики на издржливост кои се од специфична важност за геомембраните: хемиски отпор и отпорот на пукнатина.

Хемискиот отпор на геомембраната се одредува преку протокол на потопување, проследено со сите потребни физички и механички тестови. Податокот од инкубираниот примерок се споредува со добиениот материјал и се проценува во период од 120 дена.

Пукнатина во геомембраната произведена од полимерни материјали, може да произлезе од два механизми: бавен пораст на пукнатината и брза пукнатинска пропација (ширење). Брзата пукнатинска пропација најчесто настанува под влијание на товар.

### 2.3 ГЕОМРЕЖИ

Основното својство кое ги разликува геомрежите од другите геосинтетици се отворите меѓу надолжните и попречни снопочиња од полимерни влакна, кои се доволно големи да почвата пробива од едната страна на геомрежата на другата (Сл. 4).



Слика 4. Геомрежа

Геомрежите располагаат со голема сила на затегање и ги примаат напрегањата на смолкнување. Геомрежите ја извршуваат функцијата на армирање благодарение на развојот на методите на високо-модулни полимерни материјали со голема јакост на затегање. Полимерни материјали кои најчесто се користат при нивно производство се полиетиленот и полипропиленот со голема густина. Ткаениот тип на геомрежи користат полиестер покриени со PVC или битумен. Нивната основна примена е: армирање кај депонии, санација на свлечишта, стабилизација на земјена покривка кај депонии, заштита од ерозија, како габиони при конструкција на сидови и др. Геомрежите вообичаено се изработуваат со дебелина од 4 до 6 mm, а површината на отворите им варира од 40 до 95 %.

## 2.4 ГЕОЦЕВКИ

Геоцевките (Сл. 5) се синтетички цевки, кои имаат широка примена. Нивната функција кај флотациските јаловишта е:

- одведување на дренажни води од дренажниот систем;
- одведување на води од таложното езеро (колектор);
- одведување на заштитни води;
- транспорт на флотациска пулпа.



Слика 5. Геоцевки

## 2.5 ГЕОСИНТЕТИЧКИ ГЛИНЕНИ СЛОЕВИ

Геосинтетичките глинени слоеви претставуваат ролни од тенки слоеви на бентонит глина поставена меѓу два слоја од геотекстил или е сврзана со геомембрана. Во присуство на вода, слојот на бентонит набабрува и значително го редуцира движењето на вода.

Овој материјал започнува да се користи од 1988 година во САД како подлога на геомембрана кај депонија. Примарната функција му е хидрауличка бариера, користена да го спречи придвижувањето на течностите, а воедно претставува и замена на геомембраните и збиените глинени слоеви. Геосинтетичките глинени слоеви најчесто се применуваат под геомембраните (Сл. 6) кај јаловишта и депонии како заштита од пробивање од материјалот од тлото, со што се спречува оштетување на геомембраната.

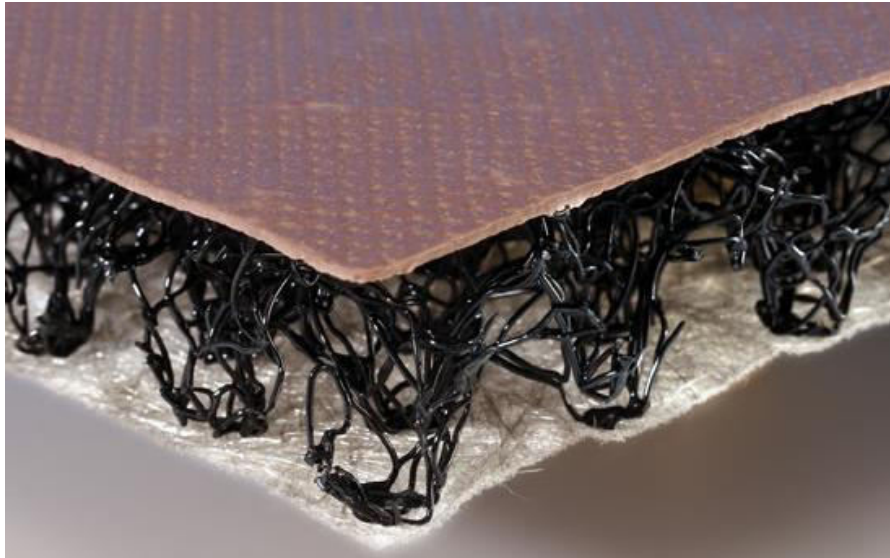


Слика 6. Геосинтетички глинени слој

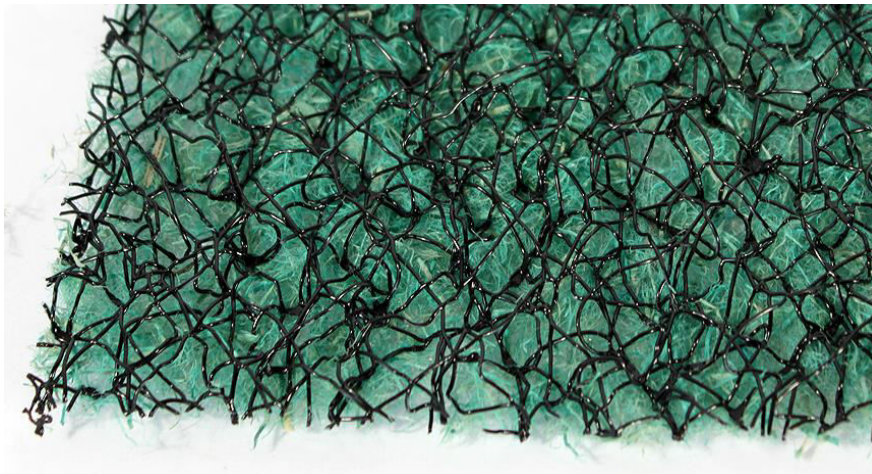
## 2.6 ГЕОКОМПОЗИТИ

Геокомпозитите се изработуваат со комбинирање на два или повеќе типови од постоечките видови на геосинтетици: геотекстил со геомембрана, геомембрана со геомрежа или геотекстил со геомрежа (Сл. 7 и Сл. 8). Геокомпозитите можат да имат дренажна улога или заштита на косини од ерозија.

Дренажниот геокомпозит се состои од дренажен слој поставен меѓу два геотекстили. Неговите главни функции се: филтрација, дренажање, заштита.



Слика 7. Дренажен геокмпозит



Слика 8. Геокмпозит

Геокмпозитот кој се состои од неткаен полиестер како обвивка и јадро од тенки полиестерски влакна поврзани во пресечните точки, обезбедува максимално истекување на водата и со тоа го забрзува процесот на консолидација до 90 % на земјените слоеви, како што се: флотациска јаловина, мека глина и сл. Главната функција му е обезбедување на кратки и пропустливи патеки за истекување на вишокот вода од порите.

Геокмпозит кој има лесна и флексибилна алтернатива за заштита од површинска ерозија е проектиран да обезбеди развојна силна вегетација за перманентна заштита од ерозија на косини кај депониите и други површини изложени на ерозија (Сл. 9). Тој е во форма на мрежа изработена со отворена структура од полиамидни влакна споени во пресеците, при што 90 % од нивниот волумен е слободен и се исполнува со хумус и со семе за затревување.





Слика 9. Геокомползит за заштита од површинска ерозија

### 3. ЕКОЛОШКИ АСПЕКТИ НА ЈАЛОВИШТЕ БР. 4 – РУДНИК САСА

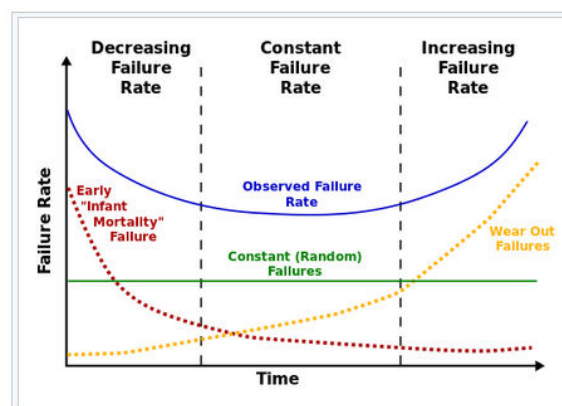
Врз основа на Техничка документација за градба на хидројаловиште бр. 4 на Рудникот Саса – М. Каменица, изработена од страна на Градежен факултет – Скопје во март 2015 година, во долината на река Каменица, во наредниот период, треба да се гради хидројаловиште бр. 4, како петти дел од каскадно поставениот систем на хидројаловишта. Имено, каскадниот систем се состои од хидројаловиштето бр.1 кое било во функција од 1964 до 1974 година со висина од 44 метри и изградено до кота 1.033 мнв, хидројаловиштето бр.2 кое било во функција од 1974 до 1990 година со висина од 62 метри и изградено до кота 1.032 мнв, додека од 1990 година во експлоатација е хидројаловиште бр. 3 со градба во две фази, при што хидројаловиште бр. 3-I фаза е завршено и веќе рекултивирано, а од 2006 год. во експлоатација е хидројаловиште бр. 3-II фаза, кое ќе се надвишува до кота од 975 мнв. До завршувањето на експлоатациониот век на ова хидројаловиште останува околу една година. Тоа ја наложува потребата од градба на новото хидројаловиште бр. 4 кое треба да се гради низводно непосредно под хидројаловиште бр. 3 II фаза. Во сите четири хидројаловишта (три веќе изградени и последното бр. 3 II фаза во тек на експлоатација) има складирано околу 18-19 милиони тони јаловински материјал од технолошкиот процес на флотирање на оловните и цинковите минерали. Новото хидројаловиште бр. 4 е проектирано да прими околу 5 милиони тони јаловински материјал од технолошкиот процес и треба да биде во експлоатација, односно да му овозможи работа на рудникот, во наредните 7 години.

Имајќи ја предвид топографијата на теренот околу рудникот, веќе воспоставената техничко технолошка инфраструктура и воспоставеното искуство со менаџирањето на веќе изградените хидројаловишта, за понатамошното непречено работење на рудникот, избрано е технички најдобро и економски најприфатливо решение, да се изгради и петто каскадно поставено хидројаловиште (или јаловиште бр.4) во долината на река Каменица. Од аспект на конструктивна стабилност и од аспект на обезбедување на максимален

акумулационен простор за депонирање на јаловина, прифатена е најсигурната метода за ваков тип јаловишни брани - низводен метод, за која вработените во Рудникот Саса имаат и најголемо искуство. Оваа метода, за изградба на ваков тип јаловишни брани, е широко применета и е во согласност со Референтните документи на Европската унија за најдобри применети техники. Имајќи ја предвид, ружата на ветрови во регионот и близината на населбата до низводната ножица на песочната брана на хидројаловиште бр. 4, посебно внимание е посветено во изнаоѓање на проектантско решение кое ќе го намали ефектот од аерозагадување. Во таа насока, усвоено е решение за изградба на хидројаловиште бр. 4 со мала модификација на низводна метода, каде што во низводниот дел од телото на браната е предвидено да се формира зона од рудничка јаловина до кота од 917 м.н.в. Таа би се нанесувала во хоризонтални слоеви, со збивање, со механизација од рудникот. Така, од аспект на конструктивната стабилност, ќе се примени најповолната метода за изградба на хидројаловиште а истовремено, ќе се создадат услови за полесно и поекономично справување со потенцијалното аерозагадување на околината, во текот на експлоатациониот период.

Во Проектната документација, при изградбата на хидројаловиште бр. 4 не беше предвидено поставување на екран (глина, геомембрана) во функција на заштита на подземните води во регионот од можниот продор на евентуално загадените провирни води од јаловишната инсталација поради следните причини:

- При изградба на ваков тип на јаловишни брани, со процес на хидроциклонирање, јаловината транспортирана преку пулопводот се сепарира на песок (од кој се гради низводната брана) и прелив (кој се депонира во узводното езеро). Значи, не постои конвенционална брана на чија узводна косина би се инсталирал екран! Во текот на целиот експлоатационен период на јаловиштето, круната на браната континуирано се надвишува и низводно се шири, а со јаловишниот песок одложен во коси слоеви по низводната косина, перманентно се формира песочна брана, па затоа, технички е неизводливо, поставување на екран, кој целосно би ја спречил филтрацијата низ браната.
- Топографијата на теренот, речно корито со променлива длабочина на алувиум и бокови на долината со вегетација и нерамен карпест терен од двете страни, дополнително го комплицира поставувањето на ваков тип заштита (килим во дното на коритото и екран во боковите на долината).
- Постојат одредени контроверзни мислења во научната фела поврзани со употребата на линингот околу можноста на појава на т.н. buthtup ефект, кој на долг период може да ја направи јаловишната инсталација помалку стабилна. Дополтно, не е можно да се претпостави колку долго линерот ќе функционира прописно.



Bathtub крива

- Од економски аспект, изолацијата на јаловишната инсталација со поставување на лининг е скапа инвестиција. Економски е оправдана само доколку имаме сериозни индикации за можно континуирано, неприфатливо загадување на подземните води преку отпадните води од јаловишната инсталација. Повеќе годишното следење на квалитетот на водите од дренажниот систем, на актуелното хидројаловиште бр. 3-II фаза на рудникот Саса, чии хемиски квалитет се прати преку земање на неделни проби од страна на овластена лабораторија, согласно А - интегрираната еколошка дозвола, која рудникот ја поседува, покажува дека не постојат вакви индикации. Односно, квалитетот на дренажните води воглавно е во согласност со пропишаните стандарди за ваков тип еколошка дозвола според македонската легислатива, Сл. весник бр. 81, стр. 47 од 15.06.2011 г. (преземени европски стандарди).
- Во таложното езеро од јаловишната инсталација се депонира многу ситна фракција (околу 80% под 74 микрометри) која за кратко време, со исталожување, ги затвора пукнатините и создава слој со пермеабилитет близок до оној што го има минералниот линер (глина).
- Таложното езеро на хидројаловиштето лежи на алувиум со дебелина од 25 – 40 метри, кој сам по себе претставува природен филтер со огромни димензии и со автопурификациона (самопречистувачка) моќ. Доколку се изолира ваквиот алувиум, тогаш, од една страна, истиот нема повеќе да придонесе во прочистувањето на контаминираните подземни води, а од друга страна, времето на отцедување на јаловишната инсталација ќе биде драстично продолжено.
- Со изолирањето односно поставувањето на лининг под јаловишната инсталација бр. 4 воопшто не се решава проблемот од евентуално загадување на подземните води во регионот. Како што е напоменато погоре, над усвоената местоположба на оваа инсталација, постојат уште четири други (бр.1, бр. 2, бр. 3-1 и бр. 3-2). Постојните 4 јаловишта не се изолирани и во нив има депонирано околу 18 – 19 милиони тони јаловишен материјал, што е за околу 4 пати повеќе од количината на јаловишен материјал, кој ќе се депонира во новата јаловишна инсталација бр.4. Затоа, определбата на инвеститорот да се проектираат и изведат две дупкотини во алувиумот, низводно од локацијата на јаловишната инсталација бр.4, преку кои редовно ќе се прати квалитетот на подземните води на три нивоа, од страна на овластена лабораторија, претставува прв чекор кон сеопфатно решавање на проблемот со загаденост на подземните води, доколку се појави. Предвидените дупкотини (ХГИД-1 и ХГИД-2) се изградени и веќе повеќе пати се земен проби од три нивоа (18, 23 и 31 метар) од секоја дупкотина. Анализите на земените проби направени во овластена лабораторија, покажаа дека нема загадување на подземните води.
- Доколку во наредниот период се појави некакво загадување на подземните води, во согласност со А-интегрираната еколошка дозвола, инвеститорот е должен да преземе соодветни мерки за негово елиминирање. Тоа, согласно Европските референтни документи за најдобри применети техники, може да се направи преку: а) систем на враќање на провирните води од јаловишната инсталација назад во таложното езеро или б) поставување на соодветни бариери и спречување на провирните води да навлезат во подземните (со пресечни ровови, со инјектирање на цементни завеси, подземни бариери во вид на сид направени со исполни од смеса почва-бентонит или цемент-бентонит (slurry walls) и др.) На ваков начин, проблемот би се третираше комплексно, а не парцијално.

## Заклучок

Изборот на локација за изградба на хидројаловиште (инсталација за отпад) е многу комплексна задача и суштински чекор при проектирањето. Со оптимален избор на локацијата се сведува на минимум негативното влијание врз пошироката човекова околина. Тоа од своја страна ја сведува на минимум потребата од подоцнежни вложувања заради заштита на истата. Во оваа насока се повеќе се наметнува потребата од примена на геосинтетички материјали при изградбата на ваквите објекти со што целокупната јаловина се сместува во една т.н. “геобариера”. Што се однесува до нашите постојни хидројаловишта, тие се градени во некое друго време, кога многу бегло се поминувало преку можните негативни влијанија врз пошироката човекова околина. Поради тоа, кога денес се пристапува кон воведување на повисоки стандарди во однос за заштитата поширокиот простор од негативното влијание на овие инсталации за отпад, неопходен е покомплексен и посеопфатен приод. Употребата на геосинтетици во само еден дел од еден систем од хидројаловишта воопшто сеопфатно не го решава проблемот од можно загадување на околината. Средствата кои би се вложиле во припремата на теренот и поставувањето на лининг (геомембрана, чија цена за 2 мм дебелина изнесува околу 6 евра по метар квадратен) би можело да се вложат во изведба на геотехнички решенија со кои би се анулирало евентуалното негативно влијание од целокупниот систем од хидројаловишта врз поширокиот регион.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б. Крстев, Б. Голомеов: “Флотациски хидројаловишта”, Универзитет Гоце Делчев, Штип 2008
- [2] М. Николовски: „Подготовка на минерални суровини“, Универзитет Св. Кирил и Методиј – Скопје, 1995
- [3] Душан Салатиќ и Данко Кнежевиќ: Технолошки основи на проектирање на построенија за подготовка на минералите суровини, Рударски институт, Белград, 1999 год.
- [4] Техничка документација за градба на хидројаловиште бр. 4 на Рудник Саса - М. Каменица, Градежен факултет Скопје, Март 2015
- [5] Љ. Костадинов, Б. Голомеов, Б. Крстев, М. Голомеова, Д. Илиевски: Инженерство со современи материјали за проектирање на хидројаловишта, Конференција на тема: Хидројаловишта во Р. Македонија, 30-31 Октомври 2012, Штип, Македонија.
- [6] Б. Голомеов, М. Голомеова, А. Зенделска: Еколошки аспекти на хидројаловиште бр. 4 на рудник Саса – М. Каменица, Природни ресурси и технологии 2016, Факултет за природни и технички науки, Универзитет “Гоце Делчев”, Штип
- [7] Љубиша Костадинов: “Инженерство со современи материјали за заштита на животната средина од флотациските јаловишта”, магистерски труд, Факултет за природни и технички науки – Штип, 2012