



Здружение Македонски комитет за големи брани
Macedonian Committee on Large Dams

Зборник на трудови
Proceedings

ВТОРА КОНФЕРЕНЦИЈА ЗА
ХИДРОЈАЛОВИШТА

SECOND CONFERENCE ON
TAILINGS STORAGE
FACILITIES

21.10÷22.10. 2022 год.
21.10÷22.10. 2022

Штип, Р.С. Македонија
Shtip, R.N. 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
ЗА ИЗДАВАЧОТ Проф. д-р Љупчо Петковски Претседател на Здружение Македонски комитет за големи брани	FOR THE PUBLISHER Prof. Ljupcho Petkovski, PhD President of Macedonian Committee on Large Dams
ТЕХНИЧКА ОБРАБОТКА Стевчо Митовски, Фросина Пановска	TECHNICAL PREPARATION BY Stevcho Mitovski, Frosina Panovska
ЛЕКТУРА Тања Стевановска-Цветковска	PROOFREADER Tanja Stevanovska-Cvetkovska
ПЕЧАТЕЊЕ Промедиа - Скопје	PRINTED BY Promedia - Skopje
ТИРАЖ 50 примероци	PRINTING RUN 50 copies
ФОТОГРАФИЈА НА НАСЛОВНА СТРАНА Хидројаловиште Саса 3-2, поглед од узводна страна	COVER PHOTO Tailings dam Sasa 3-2, view from upstream side

© 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

627.8:622.7'17(062)

КОНФЕРЕНЦИЈА за хидројаловишта (2 ; 2022 ; Штип)

Втора конференција за хидројаловишта : зборник на трудови :
21.10-22.10.2022 год. Штип, Р.С. Македонија / [уредници Стевчо Митовски,
Фросина Пановска] = Second conference on tailings storage facilities :
proceedings : 21.10-22.10.2022 Shtip, R. N. Macedonia / [editors Stevcho
Mitovski, Frosina Panovska]. - Скопје : Здружение Македонски комитет за
големи брани ; Skopje : Macedonian committee on large dams, 2022. - 142
стр. : илустр. ; 29 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-4953-01-2

а) Хидројаловишта -- Собири
COBISS.MK-ID 58382853

Предговор

Јаловишните брани се хидротехнички конструкции, кај кои при проектирањето и градбата, која се реализира истовремено со користењето на хидројаловиштата, но и во фаза на рекултивација во постексплоатациониот период, до полн израз доаѓа нивниот мултидисциплинарен карактер. Мултидисциплинарноста на хидројаловиштата упатува на фактот дека само со рамноправно учество на експерти по хидротехника, рударство, геотехника и животна средина може да се добие коректно и складно решение за овие комплексни инженерски објекти. Сложеноста на хидројаловиштата произлегува од следните два фактора. Прво, јаловиштата се составени од бројни објекти: иницијална брана, песочна брана, таложно езеро, пулповод, дренажен систем, водопроводници за одведување на избистрена вода и објекти за заштита од надворешни води (осреднети протекувања и поплавни бранови), поради што треба да бидат проверени голем број сигурности: конструкциска (статичка и динамичка), филтрациска, хидролошка, хидраулична, технолошка, еколошка и социолошка. И второ, поради огромниот волумен на таложното езеро, јаловишните брани претставуваат насипни конструкции со највисок потенцијален hazard за опкружувањето. Имено, при евентуално уривање на песочната брана и нагло празнење на таложното езеро, можни се огромни материјални штети и човечки жртви, но и трајна деградација на животната средина во низводната речна долина.

Во Р. С. Македонија постојат четири активни хидројаловишта, за рудниците „Бучим“ и „Боров Дол“ (Радовиш), „Саса“ (М. Каменица), „Злетово“ (Пробиштип) и „Тораница“ (Кр. Паланка), и две пасивни јаловишта на рудниците „Лојане“ (Куманово) и „Југохром“ (Јегуновце). Колку е значајно рударството во Р. С. Македонија најдобро говорат официјалните податоци за домашниот бруто-производ (БДП) во 2011 година, каде што индустријата учествува со 18.0 % во вкупната структура на БДП, а секторот рударство учествува со 1,5 %. Според податоците за додадената вредност од 2010 година, учеството на одделот „производство на метали“ изнесува 9,34 % во вкупното индустриско производство. Затоа, не е тешко да се предвиди дека јаловишните брани, иако се градежни објекти со највисок потенцијален hazard за околината, како во минатото така и во иднината ќе бидат актуелни градби во Македонија. Од тие причини во организација на ЗМКГБ во 2012 година беше успешно организирана и одржана конференција на тема: *Хидројаловиштата во Република Македонија*, односно Прва конференција за хидројаловишта. Независно што проблематиката за јаловишните брани беше застапена во поттеми на манифестациите реализирани од ЗМКГБ во изминатиот период поради нивното исклучително значење и нивната актуелност (истраги, проектирање, градење/користење, оскултација, рекултивација) во последната деценија, беше одлучено да се одржи Втора конференција за хидројаловишта. На тој начин, денешната генерација на хидротехничари, рудари и геотехничари востановува традиција со конференции за хидројаловишта. Засега скромна, но за која сме убедни дека е благородна и дека ќе биде одржана од следните генерации. Воедно, беше одлучено Втората конференција да биде организирана од Здружението „Македонски комитет за големи брани“ (ЗМКГБ или MACOLD), кое претставува еден од главните стожери на хидротехниката во земјава, а во иднина овие конференции да се одржуваат барем еднаш на секои пет години.

ЗМКГБ 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. Основната мисија на Здружението е преку организација на домашни и меѓународни научни манифестации да обезбеди рамка за размена на искуства и трансфер на знаење на неговите членови, која е неопходна за унапредување на македонската хидротехничка школа. Покрај тоа, ЗМКГБ има важна улога во процесот на проектирање, градење и одржување на големите брани во Р. С. Македонија, преку директно учество на нејзините членови во реализацијата на проектите.

Во минатиот период Здружението 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: Браната „Козјак“ – искуство од изградбата, првото полнење и почетната експлоатација (2005), (4) Втор конгрес за брани (2009), (5) International Workshop "Advanced methods and materials for dam construction", with lecturers from Greece, Switzerland and R. Macedonia (2009), (6) International Symposium "Dams - recent experiences on research, design, construction and service", organized by MACOLD and SLOCOLD (2011), (7) Конференција на тема: Хидројаловиштата во Р. Македонија (2012), (8) Трет конгрес за брани (2013), (9) 10. Советување за водостопанство и хидротехника (2014), (10) Конференција на тема: Состојбата со водостопанската инфраструктура (2015), (11) 11. Советување за водостопанство и хидротехника (2016), (12) Четврт конгрес за брани (2017), (13) Трибина на тема: 80 години од инженерството за брани во Р. Македонија (2018), (14) 12. Советување за водостопанство и хидротехника (2019), (15) Second International Symposium "Water reservoirs – an Active Measure in Adapting to Climate Change", organized by MACOLD and SLOCOLD (2020) и (13) Петти конгрес за брани (2021).

Одлуката за организација на Втората конференција за хидројаловишта беше донесена на седница на претседателството на ЗМКГБ, одржана на 29.3.2022 година, во согласност со Планот на активности на Здружението, усвоен на Годишното собрание на ЗМКГБ, одржано на 23.12.2021 година.

За Втората конференција за хидројаловишта пристигнаа одреден број реферати, од кои 11 беа прифатени од Редакцискиот одбор да бидат отпечатени во зборникот посветен на конференцијата. Рефератите се на македонски јазик (9) и на англиски јазик (2), а се подготвени од експерти од Р. С. Македонија, Канада и од Босна и Херцеговина. Рефератите во зборникот, главно, се подредени според петте теми предвидени за конференцијата и се приспособени според широкиот спектар на проблеми што се третирали во трудовите. Подвлекуваме дека најголемиот број реферати се илустрирани со резултати од истражувања, проектирање, градење и оскултација на јаловишните брани на рудникот „Саса“, кои претставуваат главно обележје на Втората конференција. Затоа, за хидројаловиштата Саса 3-2 и Саса 4, на рудникот „Саса“ од М. Каменица ќе се организира стручна посета, која е традиционална за сите манифестации на ЗМКГБ.

Очекуваме на Втората конференција за хидројаловишта да има успешни презентации и дискусии по рефератите, како и трансфер на знаење меѓу учесниците од хидротехничката и рударската фела, кои припаѓаат на различни сектори, од практика до научноистражувачки центри, односно од проектантски и изведувачки компании до оператори со хидројаловишта. На тој начин ќе се претстави искуството на членовите на MACOLD и на сите инволвирани во инженерството за брани и рударството стекнато при истражување, проектирање, градење, експлоатација и рекултивација на хидројаловишта, одржување и оскултација на јаловишните брани со придружните објекти, што претставува главна цел на конференцијата.

Во моментниот постпандемски период очекуваме манифестацијата, која ќе се одржи во хотелот „Оаза“ во Штип, со почитување на здравствените протоколи, да биде собир за пријатно дружење, нови познанства и неформална размена на мислења за хидротехничката, геотехничката и рударската проблематика.

Ја користам оваа пригода да им се заблагодарам на авторите на рефератите за нивниот вложен труд, и за стручниот и научен придонес во хидротехниката и рударството во Македонија, на членовите на Редакцискиот одбор, кои ги евалвираа пристигнатите трудови, на членовите на Организациониот одбор за нивната пожртвувана работа, како и на спонзорите и на учесниците на настанот. Сите тие, во рамките на своите можности, придонесоа да се одржи овој научен собир и да се состави зборникот посветен на Втората конференција за хидројаловишта, со што знаењето на оваа генерација хидротехничари и рудари ќе остане во трајно наследство на идните генерации во Р. С. Македонија.

Скопје,
октомври 2022 година

Претседател на ЗМКГБ,
проф. д-р Љупчо Петковски

Preface

Tailings dams are hydraulic constructions, where during the design and construction, which is realized simultaneously with the use of the tailings facilities, but also in the reclamation phase in the post-exploitation period, their multidisciplinary character comes to full expression. The multidisciplinary nature of tailings dams points to the fact that only with the equal participation of experts in hydrotechnics, mining, geotechnics and the environment can a correct and harmonious solution be obtained for these complex engineering structures. The complexity of tailings dams stems from the following two factors. First, tailings are composed of numerous structures: initial dam, sand dam, tailings pond, pulp line, drainage system, water mains for the removal of clarified water and structures for protection against external waters (average flow and flood waves), which is why they need to be checked a large number of certainties: structural (static and dynamic), filtration, hydrological, hydraulic, technological, ecological and sociological. And secondly, due to the huge volume of the tailings pond, tailings storage facilities represent embankment structures with the highest potential hazard for the environment. Namely, in the eventual collapse of the sand dam and sudden emptying of the tailings pond, huge material damages and human casualties are at stake, as well as permanent degradation of the environment in the downstream river valley.

In R. N. Macedonia, there are four active tailings storage facilities, for the mines "Buchim" and "Borov Dol" (Radovis), "Sasa" (M. Kamenica), "Zletovo" (Probishtip) and "Toranica" (Kr. Palanka), and two passive tailings on mines "Lojane" (Kumanovo) and "Jugohrom" (Jegunovce). How significant is mining in R. N. Macedonia is best represented by the official data on the gross domestic product (GDP) in 2011, where the industry participates with 18.0% in the total GDP structure, and the mining sector participates with 1.5%. According to the data on added value from 2010, the participation of the department "production of metals" is 9.34% in the total industrial production. Therefore, it is not difficult to predict that tailings dams, although they are construction facilities with the highest potential hazard for the environment, both in the past and in the future will be current constructions in Macedonia. For those reasons, in the organization of MACOLD in 2012, a conference was successfully organized and held on the topic: Tailings dams in the Republic of Macedonia, i.e. the First Conference on Tailings dams. Regardless of the fact that the problem of tailings dams was represented in subtopics of the manifestations realized by MACOLD in the past period due to their exceptional importance and their actuality (investigations, design, construction/use, auscultation, reclamation) in the last decade, it was decided to hold a Second Conference on tailings dams. In this way, today's generation of hydrotechnicians, miners and geotechnicians is establishing a tradition with conferences on tailings facilities. So far, modest, but which we are convinced is noble and will be maintained by the next generations. At the same time, it was decided that the Second Conference will be organized by the Association "Macedonian Committee for Large Dams" (MACOLD), which represents one of the main pillars of hydrotechnics in the country, and in the future these conferences will be held at least once every five years.

MACOLD is an expert, non-governmental and non-profit engineering organization and has been a member of the International Commission on Large Dams (ICOLD) since 1950, as part of the former YUCOLD. As an independent organisation, MACOLD has been a member of ICOLD since 1994 and a member of the European Club of ICOLD since 2006. The main mission of the Association, through the organization of domestic and international scientific events, is to provide a framework for the exchange of experiences and transfer of knowledge to its members, which is necessary for the advancement of the Macedonian hydrotechnical school. In addition, MACOLD has an important role in the process of designing, building and maintaining large dams in R. N. Macedonia, through the direct participation of its members in the realization of the projects.

In the past period, the Association confirmed itself in the realization of a large number of scientific gatherings: (1) Consulting on the topic: Design and construction of the "Kozjak" dam (1999), (2) First congress on dams (2004), (3) Consulting on the topic : "Kozjak" Dam - experience from construction, first filling and initial operation (2005), (4) Second congress on dams (2009), (5) International Workshop "Advanced methods and materials for dam construction", with lecturers from Greece, Switzerland and R. Macedonia (2009), (6) International Symposium "Dams - recent

experiences on research, design, construction and service", organized by MACOLD and SLOCOLD (2011), (7) Conference on the topic: Tailings dams in R. Macedonia (2012), (8) Third congress on dams (2013), (9) 10. Consulting on water management and hydrotechnics (2014), (10) Conference on the topic: The situation with the water management infrastructure (2015), (11) 11. Consulting on Water Management and Hydrotechnics (2016), (12) Fourth Congress on Dams (2017), (13) Tribune on the topic: 80 years of dam engineering in R. Macedonia (2018), (14) 12. Consulting on water management and hydrotechnics (2019), (15) Second International Symposium "Water reservoirs – an Active Measure in Adapting to Climate Change", organized by MACOLD and SLOCOLD (2020) and (13)) Fifth Congress on Dams (2021).

The decision to organize the Second Conference on Hydroponics was made at a session of the presidency of MACOLD, held on 29.3.2022, in accordance with the Plan of Activities of the Association, adopted at the Annual Assembly of MACOLD, held on 23.12.2021.

A certain number of papers were received for the Second Conference on Tailings Storage Facilities, 11 of which were accepted by the Editorial Board to be printed in the proceedings dedicated to the conference. The abstracts are in Macedonian (9) and English (2), and were prepared by experts from R. N. Macedonia, Canada and from Bosnia and Herzegovina. The abstracts in the proceedings are mainly arranged according to the five topics provided for the conference and are adapted according to the wide range of problems treated in the papers. We underline that the largest number of abstracts are illustrated with the results of research, design, construction and auscultation of the tailings dams of the "Sasa" mine, which represent the main feature of the Second Conference. Therefore, for the Sasa 3-2 and Sasa 4 tailings dams, at the "Sasa" mine from M. Kamenica a technical tour will be organized, which is traditional for all manifestations of the MACOLD.

We expect the Second Conference on Tailings Storage Facilities to have successful presentations and discussions after the papers, as well as knowledge transfer between the participants from the hydrotechnical and mining fields, who belong to different sectors, from practice to scientific research centers, i.e. from design and construction companies to operators with tailings dams. In this way, the experience of MACOLD members and all those involved in dam engineering and mining acquired during research, design, construction, exploitation and reclamation of hydro tailings, maintenance and auscultation of tailings dams with associated facilities, will be presented, which is the main objective of the conference.

In the current post-pandemic period, we expect the event, which will be held at the "Oaza" hotel in Shtip, in compliance with health protocols, to be a gathering for pleasant socializing, new acquaintances and an informal exchange of opinions on hydrotechnical, geotechnical and mining issues.

I use this opportunity to thank the authors of the papers for their hard work, and for their professional and scientific contribution to hydrotechnics and mining in Macedonia, to the members of the Editorial Board, who evaluated the submitted papers, to the members of the Organizing Board for their sacrifice work, as well as the sponsors and participants of the event. All of them, within their possibilities, contributed to holding this scientific gathering and compiling the proceedings dedicated to the Second Conference on Tailings Storage Facilities, so that the knowledge of this generation of hydrotechnicians and miners will remain a permanent legacy of future generations in the Republic of N. Macedonia.

Skopje,
October 2022

President of MACOLD,
Prof. Ljupcho Petkovski, PhD

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР / ORGANIZING BOARD

Проф. д-р Љупчо Петковски

Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј” во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Ljupcho Petkovski, PhD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R. N. Macedonia

М-р Славко Милевски

АД Електрани на Република Северна Македонија, ХЕС Црн Дрим

Slavko Milevski, MSc

AD Power Plants of Republic of North Macedonia, HES Crn Drim

Вонр. проф. д-р Стевчо Митовски

Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј” во Скопје, Р.С. Македонија

Assoc. prof. Stevcho Mitovski, PhD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Проф. д-р Драги Дојчиновски

Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Универзитет “Св. Кирил и Методиј” во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Dragi Dojchinovski, PhD

Institute for Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R. N. Macedonia

Игор Николоски

Градежен Институт Македонија АД Скопје, Р.С. Македонија

Igor Nikoloski

Civil Engineering Institute Macedonia AD Skopje, R.N. Macedonia

Д-р Драган Димитриевски

ГЕИНГ Кребс унд Кифер Инт., Скопје, Р.С. Македонија

Dragan Dimitrievski, PhD

GEING Krebs und Kiefer Int., Skopje, R.N. Macedonia

Ѓорѓи Чакаровски

Чакар&Партнерс, Скопје, Р.С. Македонија

Gjorgji Chakarovski

Chakar&Partners, Skopje, R.N. Macedonia

Лидија Зафировска

Министерство за животна средина и просторно планирање на Р.С. Македонија

Lidija Zafirovska

Ministry of Environment and Physical Planning of R.N. Macedonia

Шпресим Ибраими

Институт за земјотресно инженерство и климатски промени, Скопје

Shpresim Ibraimi

Institute for earthquake engineering and climate changes, Skopje

Илија Кондински

ЈП Стрежево – Битола, Р.С. Македонија

Pija Kondinski

JSC Strezhevo – Bitola, R.N. Macedonia

Вонр. проф. д-р Игор Пешевски

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Assoc. prof. Igor Peshevski, PhD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Здравко Јаковлевски

МГМ Инженеринг, Скопје, Р.С. Македонија

Zdravko Jakovlevski

MGM Inzenering, Skorje, R.N. Macedonia

Даниел Цекон

АДИНГ АД Скопје, Р.С. Македонија

Daniel Cekov

ADING AD Skorje, R.N. Macedonia

Орце Мангаровски

ДГ БЕТОН АД Скопје, Р.С. Македонија

Orce Mangarovski

DG BETON AD Skorje, R.N. Macedonia

Илбер Мирта

Министерство за животна средина и просторно планирање на Р.С. Македонија

Iber Mirta

Ministry of Environment and Physical Planning of R.N. Macedonia

Борче Гоцевски

Рудник САСА, Македонска Каменица, Р.С. Македонија

Borche Gocevski

SASA Mine, Makedonska Kamenica, R.N. Macedonia

Никола Горгиев

Рудник БУЧИМ Радовиш, Р.С. Македонија

Nikola Gorgiev

BUCHIM Mine Radovish, R.N. Macedonia

Љупчо Георгиевски

Рудник БУЛМАК Радовиш, Р.С. Македонија

Nikola Gorgiev

BULMAK Mine Radovish, R.N. Macedonia

Блашко Димитров

Комора на овластени архитекти и инженери, Скопје, Р.С. Македонија

Blashko Dimitrov

Chamber of certified engineers and architects, Skorje, R.N. Macedonia

Љупчо Благоевски

ЈП Злетовица, Пробиштип, Р.С. Македонија

Ljupcho Blagoevski

PE Zletovica, Probishtip, R.N. Macedonia

Методија Граматковски

ЈП Стрежево – Битола, Р.С. Македонија

Methodija Gramatkovski

PE Strezhevo – Bitola, R.N. Macedonia

Панче Иванов

ЈП Лисиче, Р.С. Македонија

Panche Ivanov

PE Lisiche, R.N. Macedonia

Ванчо Ангелов

Геохидро консалтинг – Скопје, Р.С. Македонија

Vancho Angelov

Geohidro konsalting – Skorje, R.N. Macedonia

Добре Тасевски

СИНТЕК Специфик, Р.С. Македонија

Dobre Tasevski

SINTEK Specifik, R.N. Macedonia

Теодор Цоневски

ГТИ, Скопје, Р.С. Македонија

Teodor Conevski

GTI, Skopje, R.N. Macedonia

Снежана Мартулкова

Министерство за животна средина и просторно планирање на Р.С. Македонија

Snezhana Martulkova

Ministry of Environment and Physical Planning of R.N. Macedonia

Александар Сапунџиовски

Министерство за земјоделство, шумарство и водостопанство на Р.С. Македонија

Aleksandar Sapundziovski

Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy of R.N. Macedonia

Јосиф Каевски

ХЕИ Скопје, Р.С. Македонија

Josif Kjaevski

HEI Skopje, R.N. Macedonia

Д-р Станислава Додева

Швајцарска амбасада во Скопје, Р.С. Македонија

Stanislava Dodeva, PhD

Swiss Cooperation Office, R.N. Macedonia

Вонр. проф. д-р Маријана Лазаревска

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Assoc. prof. Marijana Lazarevska, PhD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Проф. д-р Грозде Алексовски

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Grozde Aleksovski, PhD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Вонр. проф. д-р Јован Б. Папиќ

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Assoc. prof. Jovan B. Papic, PhD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Фросина Пановска

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Frosina Panovska

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

ПОЧЕСЕН ОДБОР / HONORARY BOARD

Љупчо Николовски, Министер

Министерство за земјоделство, шумарство и водостопанство на Р.С. Македонија

Ljupcho Nikolovski, Minister

Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy of R.N. Macedonia

Благоја Бочварски, Министер

Министерство за транспорт и врски на Р.С. Македонија

Blagoja Bochvarski, Minister

Ministry of transport and connections of R.N. Macedonia

Христина Оцаклиеска, Заменик министер

Министерство за животна средина и просторно планирање на Р.С. Македонија

Hristina Odzaklieska, Deputy minister

Ministry of Environment and Physical Planning of R.N. Macedonia

Васко Ковачевски, Генерален директор

АД ЕСМ, Р.С. Македонија

Vasko Kovachevski, CEO

AD ESM, R.N. Macedonia

Љокман Лимани, Главен извршен директор

АД Водостопанство на Р. С. Македонија

Llokman Limani, CEO

AD Vodostopanstvo R.N. Macedonia

Проф. д-р Горан Марковски, Декан

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Goran Markovski, PhD, Dean

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Проф. д-р Влатко Шешов, Директор

Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Универзитет “Св. Кирил и Методиј” во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Vlatko Sheshov, PhD, Director

Institute for Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R. N. Macedonia

Проф. д-р Дејан Мираковски, Ректор

Универзитет Гоце Делчев, Штип, Р.С. Македонија

Prof. Dejan Mirakovski, PhD, Rector

Goce Delechev University, Shtip R.N. Macedonia

Крис Колбурн, Генерален директор

Рудник САСА, Македонска Каменица, Р.С. Македонија

Chris Colburn, CEO

SASA Mine, Makedonska Kamenica, R.N. Macedonia

Илија Горанов, Генерален директор

Рудник БУЛМАК Радовиш, Р.С. Македонија

Pija Goranov, CEO

BULMAK Mine Radovish, R.N. Macedonia

Олег Чусовитин, Генерален директор

Рудник БУЧИМ Радовиш, Р.С. Македонија

Oleg Chusovitin, CEO

BUCHIM Mine Radovish, R.N. Macedonia

Ивица Карапетров, Управител

Рудник Боров дол Радовиш, Р.С. Македонија

Ivica Karapetrov, Manager

Borov dol Mine Radovish, R.N. Macedonia

Проф. д-р Љубомир Танчев

Почесен претседател на ЗМКГБ

Prof. Ljubomir Tanchev, PhD

Honorary president of MACOLD

Илија Андонов - Ченто

Заслужен член на ЗМКГБ

Ilija Andonov – Chento

Honorary member of MACOL

Нестор Ангеловски

Заслужен член на ЗМКГБ

Nestor Angelovski

Honorary member of MACOLD

Проф. Наум Гапковски

Заслужен член на ЗМКГБ

Prof. Naum Gapkovski

Honorary member of MACOLD

Проф. Станислав Миловановиќ

Заслужен член на ЗМКГБ

Prof. Stanislav Milovanovic

Honorary member of MACOLD

Проф. Коста Талаганов

Заслужен член на ЗМКГБ

Prof. Kosta Talaganov

Honorary member of MACOLD

Славчо Михајловски

Заслужен член на ЗМКГБ

Slavcho Mihajlovski

Honorary member of MACOLD

РЕДАКЦИСКИ ОДБОР / EDITORIAL BOARD

Проф. д-р Љупчо Петковски, Претседател на ЗМКГБ

Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Ljupcho Petkovski, PhD, President of MACOLD

Civil Engineering Faculty, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia

Проф. д-р Емилија Беднарова, Претседател на Словачкиот комитет за големи брани

Технички Универзитет во Братислава, Словачка

Prof. Emilia Bednarova, PhD, President on Slovak Committee on Large Dams

Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Проф. д-р Хасан Тосун

Факултет за инженерство и архитектура, Универзитет во Османгази, Ескисехир, Турција

Prof. Hasan Tosun, PhD

Faculty of Engineering and Architecture, Osmangazi University, Eskisehir, Turkey

Проф. д-р Алтан Абдуламит, Претседател на Романскиот комитет за големи брани

Технички Универзитет во Букурешт, Романија

Prof. Altan Abdulamit, PhD, President on Romanian Committee on Large Dams

Technical University in Bucharest, Romania

Проф. д-р Џорџ Дуњас, Претседател за Здружението за големи брани во Грција

Империјал Колеџ Лондон, Англија; Здружение за големи брани во Грција

Prof. George Dounias, PhD, President on Greek Committee of Large Dams

Imperial College of Science and Technology, London, UK; Greek Committee of Large Dams

Доц. д-р Андреј Крижановски

Факултет за градежништво и геодезија, Универзитет во Љубљана, Словенија

Assoc. prof. Andrej Kryžanowski, PhD

Faculty of engineering and geodesy, University in Ljubljana, Slovenia

Проф. д-р Тина Дашиќ

Градежен факултет, Универзитет во Белград, Србија

Prof. Tina Dasic, PhD

Civil Engineering Faculty, University of Belgrade, Serbia

Проф. д-р Димитар Кислиаков, Претседател на Бугарскиот комитет за големи брани

Универзитет по архитектура, градежништво и геодезија, Бугарија

Prof. Dimitar Kisliakov, PhD, President on Bulgarian Committee of Large Dams

University of Architecture, Civil engineering and Geodesy, Bulgaria

Проф. д-р Зекирија Идризи

Универзитет Мајка Тереза, Р.С. Македонија

Prof. Zekirija Idrizi, PhD

Mother Teresa University, R.N. Macedonia

Проф. д-р Благоја Голомеов

Факултет за технички и природни науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, Р.С. Македонија

Prof. Blagoja Golomeov, PhD

Faculty of technical and natural sciences, University Goce Delchev, Shtip, R.N. Macedonia

Проф. д-р Вилос Илиос

Технички факултет, Универзитет Св. Климент Охридски во Битола, Р.С. Македонија

Prof. Vilos Ilios, PhD

Technical faculty, University Ss Clement of Ohrid, R.N. Macedonia

Одржувањето на **Втората конференција за хидројаловишта** го поддржаа повеќе компании и институции, за што Организациониот одбор на Конгресот срдечно им се заблагодарува. Спонзори на манифестациите оранизирани од ЗМКГБ во 2021 година и заклучно со датумот на печатењето на Зборникот посветен на конференцијата:

1. Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје
2. Саса, М. Каменица
3. Градежен Институт Македонија, Скопје
4. АДИНГ, Скопје
5. Бучим, Радовиш
6. Боров Дол, Радовиш
7. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија - ИЗИИС, УКИМ, Скопје
8. ГеоХидроКонсалтинг, Скопје
9. Чакар-партнерс, Скопје
10. ДИГИТЕКС, Скопје
11. СТЕНТОН Градба, Битола
12. ГЕИНГ, Скопје
13. ЈП Стрежево, Битола
14. БУЛМАК, Пробиштип
15. Хидроконсулт, Скопје
16. ХЕИ, Скопје
17. Институт за земјотресно инженерство и климатски промени, Скопје
18. ГеоМап Дизајн, Скопје
19. Државен инспекторат за животна средина, Скопје
20. ЈП Студенчица, Кичево
21. АД ЕСМ, ХЕС Црн Дрим, Струга
22. АД ЕСМ, ХЕС Маврово, Гостивар
23. ЈП Лисиче, Велес
24. ЈП Водовод, Куманово
25. АД Водостопанство на Р. Македонија, Скопје
26. ЈП Злетовица, Пробиштип
27. Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип

The organization of the **Second conference on tailings storage facilities** was supported by number of companies and institutions, for what the conference Organizing Board expresses sincere gratitude. Supporters of MACOLD events for 2021 and till the date of conference Proceedings print:

1. Faculty of Civil Engineering, SCMU, Skopje
2. Sasa, M. Kamenica
3. Civil Engineering Institute "Macedonia" CEIM, Skopje
4. ADING AD, Skopje
5. Buchim, Radovish
6. Borov Dol, Radovish
7. Institute for Earthquake Engineering and Engineering Seismology - IZIIS, SCMU, Skopje
8. GeoHydroKonsalting - GHK, Skopje
9. Chakar&Partners, Skopje
10. DIGITEX, Skopje
11. STENTON Gradba, Bitola
12. Geing, Skopje
13. PE HS Strezhevo, Bitola
14. BULMAK, Probishtip
15. HydroKonsult, Skopje
16. HydroEnergoInzenering - HEI, Skopje
17. Institute for earthquake engineering and climate changes, Skopje
18. GeoMap Design, Skopje
19. State Inspectorate for Environment, Skopje
20. PE Studenchica, Kichevo
21. AD ESM, HPP Crn Drim, Struga
22. AD ESM, HPP Mavrovo, Gostivar
23. PE Lisiche, Veles
24. PE Water supply, Kumanovo
25. AD Water economy of RN Macedonia, Skopje
26. PE HS Zletovica, Probishtip
27. Faculty of natural and technical sciences, Goce Delchev University, Shtip

СОДРЖИНА

1	ОСВРТ ВРЗ ПОВРЕДЛИВОСТА И УПРАВУВАЊЕТО СО ЈАЛОВИШНИТЕ БРАНИ Ана Наневска, Виолета Мирчевска, Мирослав Настев	<u>1</u>
2	ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ ЗА ИЗГРАДБА НА ЈАЛОВИШТЕ БР. 2 ТОРАНИЦА – ТЕХНОЛОШКИ АСПЕКТИ Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска	<u>11</u>
3	КОНЦЕПЦИСКО РЕШЕНИЕ ЗА НОВ ХИДРОЈАЗЕЛ НА ЈАЛОВИШТЕ, ДЕЛ ОД КАСКАДЕН СИСТЕМ СО ПОСТОЈНО ХИДРОЈАЛОВИШТЕ Стевчо Митовски, Љупчо Петковски, Фросина Пановска	<u>21</u>
4	ЈАЛОВИШНИ БРАНИ – СПОРЕДБА НА ДВА МЕТОДИ ЗА СЕИЗМИЧКА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ Виолета Мирчевска, Ана Наневска, Мирослав Настев	<u>33</u>
5	НАДГРАДБА НА ПОСТОЈНИ ТАЛОЖНИ ЕЗЕРА – ОБЈЕКТИ СО НАЈВИСОК РИЗИК ЗА СТАБИЛНОСТА НА ЈАЛОВИШНИТЕ БРАНИ Љупчо Петковски, Стевчо Митовски, Фросина Пановска	<u>43</u>
6	АСПЕКТИ ЗА ЕВАЛУАЦИЈА НА СЕИЗМИЧКА СТАБИЛНОСТ НА ЈАЛОВИШНИ БРАНИ Ана Наневска, Виолета Мирчевска	<u>57</u>
7	ПОЧЕТНАТА ФАЗА НА КОРИСТЕЊЕ НА ХИДРОЈАЛОВИШТАТА – КРИТИЧНА ЗА СТАБИЛНОСТА НА ЈАЛОВИШНИТЕ БРАНИ Љупчо Петковски, Стевчо Митовски, Фросина Пановска	<u>67</u>
8	ТЕХНИКИ ЗА РЕКУЛТИВАЦИЈА НА ХИДРОЈАЛОВИШТА Николинка Донева, Марија Хаци-Николова, Дејан Мираковски, Благој Голомеов, Афродита Зенделска	<u>77</u>
9	ТЕХНИЧКО НАБЉУДУВАЊЕ – ОСКУЛТАЦИЈА НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕТО „СКРДОВО“ КАЈ ПРОБИШТИП Ласте Ивановски, Ванчо Ангелов, Орце Петковски, Борислав Ѓошевски	<u>87</u>
10	СЕИЗМИЧКИ МОНИТОРИНГ НА ЈАЛОВИШНИ БРАНИ Марта Стојмановска, Драги Дојчиновски, Игор Ѓорѓиев, Марина Попоска, Горан Чапрагоски, Ирена Ѓорѓеска, Стево Савиќ, Татјана Шаренац, Маја Станојевиќ, Борис Илиќ, Синиша Новичиќ	<u>95</u>
11	ИСКУСТВА ОД ГЕОТЕХНИЧКО И ГЕОДЕТСКО НАБЉУДУВАЊЕ НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕТО ТОПОЛНИЦА ВО ПЕРИОД ОД 2016 - 2021 Игор Пешевски, Златко Богдановски, Јован Бр. Папиќ, Сеад Абази	<u>103</u>

CONTENT

1	CONVENTIONAL TAILINGS DAM MANAGEMENT PRACTICES IN VIEW OF RECENT FAILURES	<u>1</u>
	Ana Nanevska, Violeta Mircevska, Miroslav Nastev	
2	CONCEPTUAL SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION OF A LANDFILL NO. 2 TORANICA – TECHNOLOGICAL ASPECTS	<u>11</u>
	Blagoj Golomeov, Mirjana Golomeova, Afrodita Zendelska	
3	CONCEPTUAL SOLUTION OF NEW HYDRAULIC SCHEME FOR TAILINGS DAM, PART OF CASCADE SYSTEM WITH EXISTING TAILINGS STORAGE FACILITY	<u>21</u>
	Stevcho Mitovski, Ljupcho Petkovski, Frosina Panovska	
4	TAILINGS DAMS - COMPARISON OF TWO SEISMIC SLOPE STABILITY METHODS	<u>33</u>
	Violeta Mircevska, Ana Nanevska, Miroslav Nastev	
5	UPGRADE OF EXISTING TAILINGS PONDS – STRUCTURES WITH HIGHEST STABILITY RISK ON TAILINGS DAMS	<u>43</u>
	Ljupcho Petkovski, Stevcho Mitovski, Frosina Panovska	
6	ASPECTS FOR EVALUATING THE SEISMIC STABILITY OF TAILINGS DAMS	<u>57</u>
	Ana Nanevska, Violeta Mircevska	
7	THE STARTING PHASE OF USE OF TAILINGS DAMS STORAGE FACILITIES – CRITICAL FOR THE STABILITY OF TAILINGS DAMS	<u>67</u>
	Ljupcho Petkovski, Stevcho Mitovski, Frosina Panovska	
8	TECHNICS FOR TAILINGS DAM RECULTIVATION	<u>77</u>
	Nikolinka Doneva, Blagoj Golomeov, Dejan Mirakovski, Marija Hadzi-Nikolova, Afrodita Zendelska	
9	TECHNICAL OBSERVATION - MONITORING OF TAILING DAM “SKRDOVO” IN PROBISHTIP	<u>87</u>
	Laste Ivanovski, Vanco Angelov, Orce Petkovski, Borislav Gjoshevski	
10	SEISMIC MONITORING OF TAILING DAMS	<u>95</u>
	Marta Stojmanovska, Dragi Dojchinovski, Igor Gjorgjiev, Marina Poposka, Goran Chapragoski, Irena Gjorgjeska, Stevo Savic, Tatjana Sharenac, Maja Stanojevic, Boris Ilic, Sinisa Novicic	
11	EXPERIENCES FROM GEOTECHNICAL AND GEODETIC MONITORING OF THE TAILING DAM TOPOLNICA IN THE PERIOD 2016-2021	<u>103</u>
	Igor Peševski, Zlatko Bogdanovski, Jovan Br. Papić, Sead Abazi	



ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ ЗА ИЗГРАДБА НА ЈАЛОВИШТЕ БР. 2 ТОРАНИЦА – ТЕХНОЛОШКИ АСПЕКТИ

Благој Голомеов¹, Мирјана Голомеова¹, Афродита Зенделска²

Резиме

Целта на овој труд е да се анализираат и да се разработат технолошките аспекти што се битни при изработувањето идејно решение за формирање ново јаловиште во рударската индустрија. Како конкретен пример ќе биде анализирана потребата за изградба на ново јаловиште на рудникот Тораница – Крива Паланка. Во овој труд ќе биде направен осврт на концепциското решение за формирање на јаловиштето, процена на технолошките податоци, прелиминарна пресметка на волуменот и векот на експлоатација, концепциско решение за хидротранспортот на флотациската јаловина, одлагањето на јаловината, диспозицијата на објектите и др.

Клучни зборови:

Јаловиште, флотациска јаловина, хидротранспорт, век на експлоатација, пулповод

CONCEPTUAL SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION OF A LANDFILL NO. 2 TORANICA – TECHNOLOGICAL ASPECTS

Blagoj Golomeov¹, Mirjana Golomeova¹, Afrodita Zendelska²

Summary

The purpose of this paper is to analyze and develop the technological aspects that are important in the development of a conceptual solution for the formation of a new tailings in the mining industry. As a concrete example, the need for construction of a new tailings dump on the mine Toranica - Kriva Palanka will be analyzed. The paper will review the conceptual solution for the formation of the tailings, assessment of technological data, preliminary calculation of the volume and life of exploitation, conceptual solution for the hydrotransport of flotation tailings, tailings disposal, disposal of facilities and more.

Key words:

Tailing, flotation tailing, hydrotransport, service life, pulp pipeline

¹ Редовен професор, Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, ул. Крсте Мисирков бр. 10А, golomeov@gmail.com

² Вонреден професор, Факултет за природни и технички науки

1. КОНЦЕПЦИЈА ЗА ФОРМИРАЊЕ ЈАЛОВИШТЕ

Постојат повеќе критериуми според кои може да се поделат јаловиштата. Не земајќи ги предвид јаловиштата кај кои ободните или преградните насипи се прават од материјал од друга локација, туку само јаловиштата чијашто изградба е дел од технолошкиот процес, можни се неколку поделби. [4,6]

Според периодот на користење постојат:

- провизорни и
- дефинитивни јаловишта

Провизорните јаловишта може да се сретнат кај мали рудници, кај коишто масите на депонирање се мали. Кај големите рудници, посебно кај оние што вршат концентрација по флотациски пат, доста е ризично ослонувањето на провизорни јаловишта.

Според локациите на кои се формираат, јаловиштата може да се поделат на:

- брдско-планински,
- рамнински,
- јаловишта во откопани рударски простории и
- подводни јаловишта.

Во суштина, јаловиштата од брдско-планински и од рамнински тип имаат исти конструктивни особини и сличен начин на градба. Основната разлика е во геометрискиот облик којшто е условен од топографијата на теренот на кој се формира јаловиштето. Карактеристично за брдско-планинскиот тип на јаловиште е тоа што се формира во долините и котлините на помали реки или потоци. При тоа, за формирање на јаловиштето и обезбедување на акумулациски простор е потребно да се изгради брана (насип) од една или од две страни, додека другите две страни го сочинуваат природниот терен. Кај рамнинските јаловишта, коишто се формираат на релативно рамни платоа, неопходно е ободниот насип да се направи од сите страни за да се формира акумулациски простор. За да се постигне нормален работен режим, при којшто изградбата на насипот оди пред подигнувањето на нивото на депонираната јаловина, потребно е да се земат поголеми површини отколку што е тоа случај кај брдско-планинските јаловишта.

Јамите, разните вдлабнатини и подземните рударски простории може многу добро да послужат за сместување на отпадокот од концентрацијата. Доколку за депонирање се користат површински рударски простории, тогаш, во зависност од геолошките и од хидрогеолошките карактеристики на теренот, се прават одредени подготовки на теренот (обложување со глина или со пластични фолии, изградба на дренажни системи, преливен орган и сл.). Кога за депонирање на јаловината се користат подземни рударски простории, потребно е до јамите да се донесува пулпа со голема густина (50-60 % цврста маса). На тој начин се намалува можноста за пробивањето на слободните води во активните делови на рудникот, а истовремено депонираната маса е стабилна.

Подводно јаловиште може да се формира во посебни базени, езера и мориња, но тие се користат ретко поради проблемот со загадувањето на водите.

Според начинот на транспорт и депонирање, јаловиштата се делат на:

- јаловишта со суво транспортирање и депонирање,
- јаловишта со хидрауличен транспорт и депонирање.

Сувите постапки на концентрација на минералната суровина се проследени со сув транспорт и депонирање на јаловината. Како што сувите постапки на концентрација се ретки, така и ваквите депонии ретко се среќаваат. Доколку се депонира крупна јаловина, тогаш јаловиштата од технолошки аспект се доста едноставни. Депонирањето на ситнозрната јаловина е проследено со изразен проблем од аспект на аерозагадување. Целосното решавање на аерозагадувањето бара константни и значајни економски вложувања.

Хидрауличните јаловишта се проследени со мокри процеси на концентрирање. Формирањето на хидрауличните јаловишта од техничко-технолошки аспект е покомплексен процес бидејќи покрај цврстата фаза се појавува и течна фаза, и технички тоа е најкомплексната цврсто-течна фаза. Проблематиката што ги прати овие јаловишта најконцизно може да се изрази преку следните елементи: обезбедување статичка стабилност на јаловиштето, заштита на подземните и

на површинските води, заштита на воздухот од аерозагадување и евакуација на слободната вода од јаловиштето.

Според начинот на изградба се делат на:

- јаловишта формирани со методата напред (возводно)
- јаловишта формирани со методата назад (низводно)
- јаловишта формирани со централна линија

1.1 ФОРМИРАЊЕ НА ИДНО ЈАЛОВИШТЕ БР. 2

Постојното хидројаловиште бр. 1 Тораница со јаловишната брана и таложното езеро се наоѓаат во непосредна близина на Крива Паланка, на приближна оддалеченост од 15 km, и е формирано за потребите на работата на рудникот „Тораница“. Имено, во технолошката постапка на флотирање на оловно-цинковите минерали (галенит и свалерит) во рудникот за олово и цинк „Тораница“ се добиваат галенитен (олово) и свалеритен (цинк) концентрат и отпаден материјал – јаловина. Оваа јаловина изнесува околу 90 % од вкупната маса на рудата и заедно со користените флотациски реагенси во процесот се одлага во постојното јаловиште. Местоположбата на јаловиштето е на 4 km низводно од погонот за флотација во долината на Крива Река, на профилот помеѓу профилот „Варошани“ и профилот „Цепен Камен“ кој се наоѓа непосредно по влевањето на Тораничка Река во Крива Река. Јаловиштето е од кањонско-акумулациски тип со двојна намена. Основната намена на хидројаловиштето е да овозможи безбедно депонирање на флотациската јаловина, којашто се добива со процесот на флотација на олово-цинковата руда. Втората намена е да служи како акумулација на вода и нејзино пречистување од флотациските реагенси што се користат во процесот на флотација, од каде што водата преку систем од четири таложници се испушта во реципиентот Крива Река [1].

Имајќи го предвид сето тоа, како и топографијата на теренот околу рудникот, веќе воспоставената техничко-технолошка инфраструктура и воспоставеното искуство со менаџирањето на постојното јаловиште бр. 1, најдобро и економски најприфатливо решение за понатамошното непречено работење на рудникот „Тораница“ е да се изгради второ каскадно поставено хидројаловиште во долината на Крива Река, непосредно под јаловиште бр. 1. Од аспект на конструктивна стабилност и од аспект на обезбедување максимален акумулациски простор за депонирање на јаловината, најприфатлива е методата назад (низводно), за која вработените во рудникот „Тораница“ имаат и најголемо искуство.

2. ПРОЦЕНА НА ТЕХНОЛОШКИТЕ ПОДАТОЦИ ЗА ФЛОТАЦИСКАТА ЈАЛОВИНА

Технолошките показатели, пред сè, зависат од планираниот годишен капацитет на преработена руда и од ефективното искористување на работното време [5,7]. За рудникот „Тораница“ одредувањето на количината на флотациската јаловина е извршено врз основа на масите на цврстата фаза од производите на флотациската концентрација (руда, концентрат на олово, концентрат на цинк и јаловина) и тоа за просечно планирана и максимално планирана преработка на руда во погонот Флотација за ефективно работно време од 55 % или 200,75 дена во текот на годината (податоци доставени од инвеститорот):

Табела 1. Количини на јаловина

Производ јаловина	Планирани количини
$Q_{jal,t/год}$	296.928
$Q_{jal,t/ден}$	1.479,09
$Q_{jal,t/час}$	61,63

2.1 КАРАКТЕРИСТИКИ НА ФЛОТАЦИСКАТА ЈАЛОВИНА

Во табела 2. се прикажани пресметаните карактеристики на флотациската јаловина врз основа на кои се вршат сите понатамошни технолошки пресметки.

Табела 2. Карактеристики на флотациската јаловина

Реден број	Карактеристики на флотациската јаловина	Усвоена количина на јаловина $Q_{jal} = 1.479,09 \text{ t/ден}$
1	2	3
1	Маса на цврста фаза, t/ден	1.479,09
2	Масен однос Ц : Т	1 : 3,5455
3	Маса на течна фаза, t/ден	5.244,06
4	Маса на пулпа, t/ден	6.723,15
5	Зафатнина на цврста фаза во пулпата, m ³ /ден	553,97
6	Зафатнина на течната фаза во пулпата, m ³ /ден	5.244,06
7	Зафатнина на пулпата, m ³ /ден	5.798,03
8	Густина на пулпата, t/m ³	1,16
9	Зафатнински однос Ц : Т	1 : 9,4664
10	Проток на пулпата:	
	Часовен, m ³ /час	241,58
	Минутен, m ³ /мин.	4,0264
	Секунден, l/s	67,11

- Врз основа на гранулометрискиот состав на јаловината, усвоени се максималната и средната големина на јаловинските честички:
 $d_{max}(95\%) \dots\dots\dots 255 \mu\text{m}$
 $d_{sr}(50\%) \dots\dots\dots 47 \mu\text{m}$
- За понатамошна пресметка за густина на цврстата фаза од флотациската јаловина, усвоена е густината $u_c = 2,67 \text{ t/m}^3$. Оваа усвоена вредност е земена од добиените технолошки параметри од погонот Флотација и од досегашните проекти што ја третираат оваа материја.
- Содржината на цврстата фаза во флотациската јаловина (масениот однос Ц : Т), врз основа на податоците за технолошкиот процес на флотација, изнесува $St = 22 \%$ цврсто (Ц : Т = 1 : 3,5455).

3. ПРЕЛИМИНАРНА ПРЕСМЕТКА НА ВОЛУМЕНОТ И ВЕКОТ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАЛОВИШТЕТО

3.1 ВКУПНА ЗАФАТНИНА НА БРАНАТА И НА ТАЛОЖНОТО ЕЗЕРО

Градбата на телото на браната до кога од 970 м.н.в. ќе се одвива со проектирана низводна косина од 1:3 и возводна косина од 1:2.

Од ситуационото решение за преградниот профил на Тораница 2 и најновите топографски подлоги [2] според пресметките направени врз основа на 12 напречни профили, песочната брана би имала волумен од $1.460.629 \text{ m}^3$ (табела 4). Врз основа на 7 напречни профили, зафатнината на иницијалната брана којашто се гради со материјал од позајмиште би била 67.810 m^3 (табела 5)

Табела 4

Профили	F [m2]	dx [m]	Fsr [m2]	dV [m3]	V [m3]
0-0'	0.00				

1-1'	641.78	17.21	320.89	5522.53	5522.53
2-2'	1828.53	20	1235.16	24703.15	30225.68
3-3'	3487.17	20	2657.85	53157.04	83382.72
4-4'	6253.84	20	4870.51	97410.13	180792.85
5-5'	8461.61	20	7357.73	147154.50	327947.35
6-6'	9819.93	20	9140.77	182815.41	510762.76
7-7'	10606.53	20	10213.23	204264.63	715027.39
8-8'	10678.37	20	10642.45	212848.98	927876.37
9-9'	10133.55	20	10405.96	208119.20	1135995.57
10-10'	7097.78	20	8615.67	172313.35	1308308.92
11-11'	3370.82	20	5234.30	104686.02	1412994.94
12-12'	696.29	20	2033.55	40671.06	1453666.00
13-13'	0.00	20	348.14	6962.88	1460628.88

Табела 5

Профили	F [m2]	dx [m]	Fsr [m2]	dV [m3]	V [m3]
3-3'	0.00				
4-4'	51.65	5.2	25.82	134.28	134.28
5-5'	548.40	20	300.02	6000.47	6134.75
6-6'	849.83	20	699.12	13982.30	20117.05
7-7'	812.43	20	831.13	16622.59	36739.64
8-8'	689.19	20	750.81	15016.15	51755.79
9-9'	450.47	20	569.83	11396.55	63152.34
10-10'	13.79	20	232.13	4642.56	67794.90
11-11'	0.00	2.2	6.89	15.16	67810.06

За понатамошна пресметка усвојуваме зафатнина на браната. $V_{br} = 1.460.629 \text{ m}^3$

Преку определување на хоризонталните површини на изохипсите на секои 5 метри определен е волуменот на таложното езеро од $3.850.487 \text{ m}^3$ (табела 6)

Табела 6

Z [mnv]	F [m2]	dz [m]	Fsr [m2]	dV [m3]	V [m3]
905.0	0				
910.0	575	5	288	1,438	1,438
915.0	9,719	5	5,147	25,735	27,173
920.0	21,371	5	15,545	77,725	104,898
925.0	29,580	5	25,476	127,378	232,275
930.0	40,369	5	34,975	174,873	407,148
935.0	50,624	5	45,497	227,483	634,630
940.0	62,052	5	56,338	281,690	916,320
945.0	75,852	5	68,952	344,760	1,261,080
950.0	92,833	5	84,343	421,713	1,682,793
955.0	107,424	5	100,129	500,643	2,183,435
960.0	122,825	5	115,125	575,623	2,759,058

965.0	139,463	5	131,144	655,720	3,414,778
968.0	151,010	3	145,237	435,710	3,850,487
970.0	157,194	2	154,102	308,204	4,158,691

За понатамошна пресметка усвојуваме зафатнина на таложното езеро. $V_{ez} = 3.850.487 \text{ m}^3$
Вкупната зафатнина на претпоставената брана, која ќе биде изградена од јаловински материјал (песок) од процесот на циклонирање, до кота 970 м.н.в. и таложно езеро, кое служи за одлагање на производот прелив, до кота 968 м.н.в. би изнесувала

$$\sum V_{br-ез} = 1.460.629 \text{ m}^3 + 67.810 \text{ m}^3 + 3.850.487 \text{ m}^3 = 5.378.926 \text{ m}^3$$

При изградбата на новото јаловиште бр. 2 потребно е најнапред да се изгради иницијална брана со цврст материјал од позајмиште со претпоставена кубатура од 67.810 m^3 .

3.2 ВЕК НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕТО

Векот на експлоатација за одлагање на флотациската јаловина го пресметуваме по равенката:

$$T = \frac{\sum V_{br-ез} \cdot Y_j}{Q_j} \quad (1)$$

каде што:

$\sum V_{br-ез}$ – е вкупна расположива зафатнина на хидројаловиштето (брана и таложно езеро) изградена со јаловиштен материјал од процесот на флотирање на минералите на олово и цинк.

Y_j - зафатнинска густина на одложената јаловина во хидројаловиштето (брана и таложно езеро)

Q_j - годишна количина на флотациската јаловина (при годишен капацитет на преработка од 320.000 t руда)

$$\sum V_{br-ез} = 1.460.629 + 3.850.487 = 5.311.116 \text{ m}^3 \quad (2)$$

Y_j - 1,60 t/m³

Q_j - 296.928 t

$$T = \frac{5.311.116 \times 1,60}{296.928} = 28,62 \quad (3)$$

Усвојуваме:.....**T = 28,62 години**

Имајќи предвид дека волуменскиот сооднос на таложното езеро и песочната брана изнесува $3.850.487/1.460.629 = 2,64$, тоа значи дека од влезната јаловина, во процесот на циклонирање неопходно е да се издвојува минимум 27,5 % од цврстата фаза во производот песок за да се изгради телото на браната. Ова е исклучително поволен сооднос. Имајќи ја предвид ефикасноста на процесот на циклонирање, со сигурност може да се констатира дека процентуалното учество на песочната фракција ќе биде значително повисоко (направеното снимање на ефикасноста на процесот на циклонирање со постојните циклонски батерии покажа дека масено во песокот се издвојува 42,21 % од влезната јаловина). Тоа, од своја страна, упатува на заклучок дека телото на браната ќе напредува со поголема динамика од пополнувањето на таложното езеро, што создава услови за комотно одржување значителен ретензионен простор.

4. ПРЕЛИМИНАРНО РЕШЕНИЕ ЗА ХИДРОТРАНСПОРТОТ НА ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА ДО НОВОТО ХИДРОЈАЛОВИШТЕ

Транспортот на флотациската јаловина од погонот Флотација до флотациското хидројаловиште бр. 1 на рудникот „Тораница“ се врши гравитациски, со пулповод изграден од киселинско–

абразивни отпорни дебелосидни PVC цевки со надворешен дијаметар $D_n = \text{Ø}315 \text{ mm}$ (односно внатрешен дијаметар $D_v = 284,2 \text{ mm}$) во должина од 3,8 km. Пулповодот е со строго дефиниран наклон од 1,3 % и делумно е поставен под земја, а дел на метална конструкција. За одржување на дефинираниот наклон се користат армиранобетонски денивелациски придушни шахти.

За потребата за градба (експлоатација) на хидројаловиште бр. 2, потребно е да се продолжи постојниот пулповод. За новиот потег на пулповодот се разгледани две варијанти [1], на левиот и на десниот бок на долината. Левиот бок на долината е порамномерен од топографски аспект и е многу поповолен за диспозиција на линиски објекти (слика 1) [2].

За варијантата на десниот бок (бр. 1), должината на пулповодот е 1,502 м. За првиот дол е неопходен челичен пешачки мост со должина од 75.7 м. За гребенот е потребен засек во теренот со должина од 37,2 м и максимална длабочина од 10.0 м, со сите неопходни геотехнички мелиорации за стабилизирање на косината на ископот. За вториот дол (Рупски Дол) е неопходен челичен пешачки мост со должина од 71,7 м.

За варијантата на левиот бок (бр. 2), должината на пулповодот е 1.082,0 м. За премин преку круна на браната Тораница 1 на кота 1,000 м.н.в., со должина на круната од 275.3 м потребни се лежишта со механизам за подесување на нивелетата на пулповодот зашто во постсервисниот период може да се појават слегнувања во насипот, посебно во средишниот (највисок) пресек на браната.

За пулповодот сметаме дека е поповолна варијантата бр. 2, односно со нов потег во левиот бок на долината, со должина од 1,064 м, кој е многу поповолен поради топографската едноличност на теренот. Со варијантата бр. 1, во десниот бок на долината, должината е 1,502 м, односно пулповодот е за 46 % подолг и поскап. Ако оваа констатација се дополни и со трошоците за инженерски објекти за варијантата бр. 1: два челични моста за совладување на два дола, со вкупна должина од 147,4 м и еден длабок засек со должина од 37,2 м, тогаш еклатантно се потврдува дека варијантата бр. 2 (во левиот бок на долината) е поповолна.

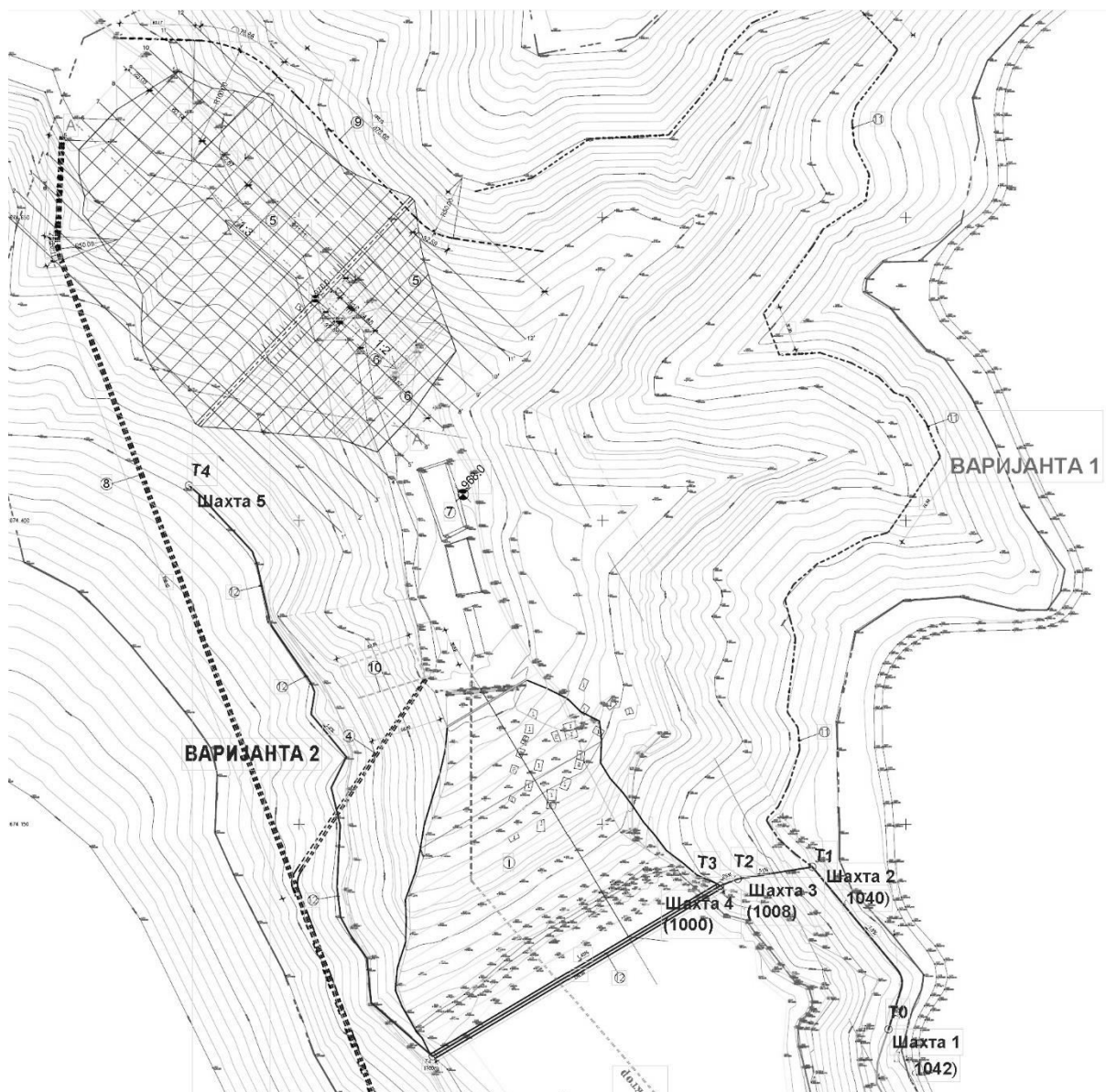
Според варијантата бр. 2, новиот дел од пулповодот би почнувал од спојот со постојниот пулповод во постојната разводна шахта (точка Т0 шахта 1) на кота 1042 м.н.в. Истиот би се движел под дефиниран наклон од 1,3 % до точка Т1 (шахта 2 на кота 1040 м.н.в.) со сегментна должина од 162 метри. Овој дел од пулповодот би бил изграден од PVC цевки со надворешен дијаметар $D_n = \text{Ø}315 \text{ mm}$ (односно внатрешен дијаметар $D_v = 284,2 \text{ mm}$), како и постојниот пулповод. Од шахта 2 пулповодот по падината нагло би се спуштил до шахта 3 на кота 1008 м.н.в. со сегментна должина од 62 метри. Поради големата висинска разлика (пад од 51 %), се очекува поагресивно абразивно дејство на цврстите честички врз сидовите од цевководот и затоа овој сегмент од цевководот ќе треба да биде под зачестена контрола. Од шахта 3 на кота 1008 м.н.в. пулповодот би поминувал по круната на браната на јаловиште 1, по нејзиниот возведен раб и би продолжил низводно по левиот бок на долината со константен наклон од 1,3 % до крајната собирна шахта на кота 993 м.н.в. (шахта 5). Поставувањето на шахта бр. 3 на кота 1008 м.н.в. е во функција на обезбедување доволен притисок за совладување на, пред сè, линиските отпори во сегментот на пулповодот од шахта 3 до последната собирна шахта 5 на кота 993 м.н.в. во должина од 839,65 метри. Круната на браната на јаловиште бр. 1 се наоѓа на 1000 м.н.в. и има должина од 275,3 метри. За да се постигне дефинираниот наклон од 1,3 % во делот на пулповодот по должината на браната на јаловиште бр. 1, нивелирањето на овој сегмент на пулповодот би започнало од кота 1003,6 м.н.в. За да се избегне поставувањето нивелирачки столбови со голема висина, посебно во првата половина од должината на круната на браната (непогодно заради одржување на пулповодот во овој сегмент), се препорачува одредено претходно нивелирање на круната на браната со насипување руднички камен во слој со ширина од 2 метри во делот од круната (возводниот раб) каде што ќе поминува пулповодот. Треба да се има предвид дека во случај на каква било хаварија на пулповодот во делот на круната на песочната брана, може да дојде до нејзино оштетување со ерозија на песокот од кој е изградена, под дејство на пулпата која неконтролирано би се излеала. За да се спречи ваквата реално можна ситуација и за да се овозможи брза реакција и запирање на протокот на пулпа во делот на пулповодот, кој минува преку круната на браната, предвидено е на десниот бок од круната на јаловиште 1 да се изгради собирна шахта 4 со влезно-излезна кота 1002/1000. Во случај на каква било хаварија на делот од пулповодот кој минува преку круната на браната на јаловиште 1, со помош на разделник, пулпата

од шахта бр. 3 (точка Т4) би се пренасочила во собирната шахта 4, а од неа со помош на цевковод/гумено-армирано црево (внатрешен дијаметар $\varnothing 220,4 / \varnothing 220$) спуштено по падината на телото на браната на јаловиште бр. 1, со приближна должина од 80 метри, пулпата безбедно би се спровела во таложното езеро на новото јаловиште бр. 2. На тој начин има можност за брза реакција во случај на појава на хаварија и неконтролирано истекување на делот од цевководот кој минува преку круната на браната на јаловиште бр. 1.

Имајќи го предвид сето досега кажано, јасно е дека транспортот на пулпата до шахта бр. 3 ќе се одвива непречено. Во делот од спојот на новиот дел од пулповодот со постојниот во шахта бр.1 (директен спој на цевките), па сè до шахта бр. 2 (162 метри), поради енергијата што ја има пулпата која гравитациски се транспортира од погонот Флотација и зачуваниот дефиниран пад од 1,3 %, транспортот на пулпата ќе се одвива непречено. Во делот помеѓу шахта бр. 2 и шахта бр. 3, транспортот на пулпата ќе биде непречен поради големиот пад од 51 %. Со поставувањето на шахта бр. 3 на кота 1008 м.н.в. пресметките покажуваат дека се обезбедува доволен притисок за совладување на сите отпори за несметан транспорт на пулпата до крајната собирна шахта на кота од 993 м.н.в. Имајќи предвид дека крајната кота на песочната брана на јаловиште бр. 2 е 970 м.н.в., се јавува висинска разлика од 23 метри. Оваа висинска разлика е сосема доволна за да го обезбеди потребниот притисок за работа на хидроциклоните (1,5 – 2,5 бара) при градбата на последната ламела на круната на браната. Исто така, при изградбата на телото на браната, под собирната шахта на кота 993 м.н.в. ќе биде потребно да се проектираат 3 – 4 придушни шахти, за да се обезбеди континуиран притисок од 1,5 – 2,5 бара за ефикасна работа на хидроциклоните, при различен степен на надвишување [3,5].

ЗАКЛУЧОК

Хидрауличните јаловишта ги пратат мокрите процеси на концентрирање. Формирањето хидраулични јаловишта од техничко-технолошки аспект е покомплексен процес бидејќи покрај цврстата фаза се појавува и течна фаза, и технички тоа е најкомплексната цврсто-течна фаза. Проблематиката која ги прати овие јаловишта, најконцизно може да се изрази преку следните елементи: обезбедување статичка стабилност на јаловиштето, заштита на подземните и површинските води, заштита на воздухот од загадување и евакуација на слободната вода од јаловиштето. При изградбата на ново хидројаловиште потребно е да се обезбеди ефикасен и континуиран транспорт на флотациската јаловина и нејзино ефикасно класирање и преведување во два производи, песок од кој ќе се гради телото на браната и прелив кој ќе се депонира во таложното езеро. Хидројаловиштата се најранливи во раната фаза на нивната експлоатација кога имаме непосреден контакт на водата од таложното езеро со телото на браната. Поради ова, многу е важно иницијалната брана и дренажните теписи добро да се димензионираат и квалитетно да се изведат. Исто така, преливниот колектор да се постави на најголемо растојание од круната на браната за да се овозможи доволно време за исталожување на најситните (микронски) честички пред водата да прелие низ неговите отвори. Во текот на експлоатацијата (градбата) на хидројаловиштето, водното огледало треба да се држи што е можно подалеку од круната на браната за да се овозможи поефикасно соборување на филтрационите линии пред да дојдат во контакт со телото на браната. Со тоа ќе се обезбеди ефикасно отцедување и спуштање на линијата на сатурираност.



Слика 1. Ситуациона карта

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Градежен факултет – Скопје, 2020.02.19, Прелиминарната проценка на функционална, техничка и финансиска изводливост на јаловиште бр.2 на рудник Тораница, Кр. Паланка, Љ. Петковски, Б. Голомеов и други
- [2] Гео-Сигма Груп, Штип, 2021-03-09, ажурирана геодетска подлога за рудник Тораница, Кр. Паланка, Јадранка Кралева (овластен геодет)
- [3] Младеновиќ Славко, Хидрауличен цевководен транспорт на минералични сировини, Скопје 2000
- [4] Борис Крстев, Благој Голомеов, Флотациски хидројаловишта, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, 2008
- [5] Wills, B.A., 1981, Mineral Processing Technology, 2nd Ed., Pergamon Press, Oxford.
- [6] Милосав Адамовиќet. al., Технолошке основи проектовања постројења за припрему минералних сировина, Рударски институт – Београд, 1999
- [7] A. Gupta, D.S. Yan, Mineral Processing Design and Operation, Elsevier, Oxford, UK