



Здружение Македонски комитет за големи брани
Macedonian Committee on Large Dams

Зборник на трудови
Proceedings

5TH КОНГРЕС ЗА БРАНИ

5TH CONGRESS ON DAMS

30.9÷2.10. 2021 год.

Струга, Република С. Македонија

30.9÷2.10. 2021

Struga, Republic of 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

100 примероци

PRINTING RUN

100 copies

ФОТОГРАФИЈА НА НАСЛОВНА СТРАНАБрана Конско во фаза на градба, поглед од
воздушна страна**COVER PHOTO**

Konsko dam in construction, aerial view

© 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 (5 ; Струга ; 2021)

Зборник на трудови / 5-ти Конгрес за брани, 30.9-2.10.2021 год., Струга, Република С.

Македонија = Proceedings / 5th Congress on dams, 30.9-2.10.2021, Struga, Republic of N.

Macedonia. - Скопје : Здружение Македонски комитет за големи брани = Skopje : Macedonian
committee on large dams, 2021. - 341, [15] стр. : илустр. ; 30 см

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

ISBN 978-608-4953-00-5

1. Напор. ств. насл.

а) Брани -- Акумулации -- Хидроцентрали -- Собири

COBISS.MK-ID 55029765

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, Ескисеhir, 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

Имperiјал 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



МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРОЦЕНА НА РИЗИЦИ КАЈ ПОСТОЕЧКИ ХИДРОТЕХНИЧКИ ТУНЕЛИ

Васко Гацевски¹, Ивона Недевска, Маријана Лазаревска, Златко Зафировски

Резиме

Класичниот пристап за проценка на ризиците преку инженерските одлуки превземени во фазата на проектирање и изградба во денешно време е недоволен и несоодветен, поради важноста, вредноста и критичноста на тунелите како специфични конструкции. Хазардите и ризиците може да се анализираат и проценат квалитативно и квантитативно. Постојат различни модели и методи кои што се користат, а во овој труд е прикажана анализата на видот и ефектите од лом (failure mode and effects analysis) која претставува еден вид на семиквантитативна методологија за проценка на ризиците. Овој пристап може да се примена во различни фази за различни несигурности и хазарди, со што би се добиле некои почетни резултати за ризиците.

Клучни зборови:

Тунели, хазарди, проценка на ризици, анализа на видот и ефектите од лом.

METHODOLOGY FOR RISK ASSESSMENT AT EXISTING HYDROTECHNICAL TUNNELS

Vasko Gacevski¹, Ivona Nedevska, Marijana Lazarevska, Zlatko Zafirovski

Summary

The classic approach in risk assessment through engineering decisions taken in the design and construction process in present time is insufficient and inadequate, due to the importance, value and criticality of tunnels as specific constructions. Hazards and risks can be analyzed and assessed qualitatively and quantitatively. There are different models and methods that are used and this paper present the failure mode and effects analysis, which is a kind of semi-quantitative methodology for risk assessment. This approach can be applied at different stages for different uncertainties and hazards, which would provide some initial results for the risks.

Key words:

Tunnels, hazards, risk assessment, failure mode and effects analysis.

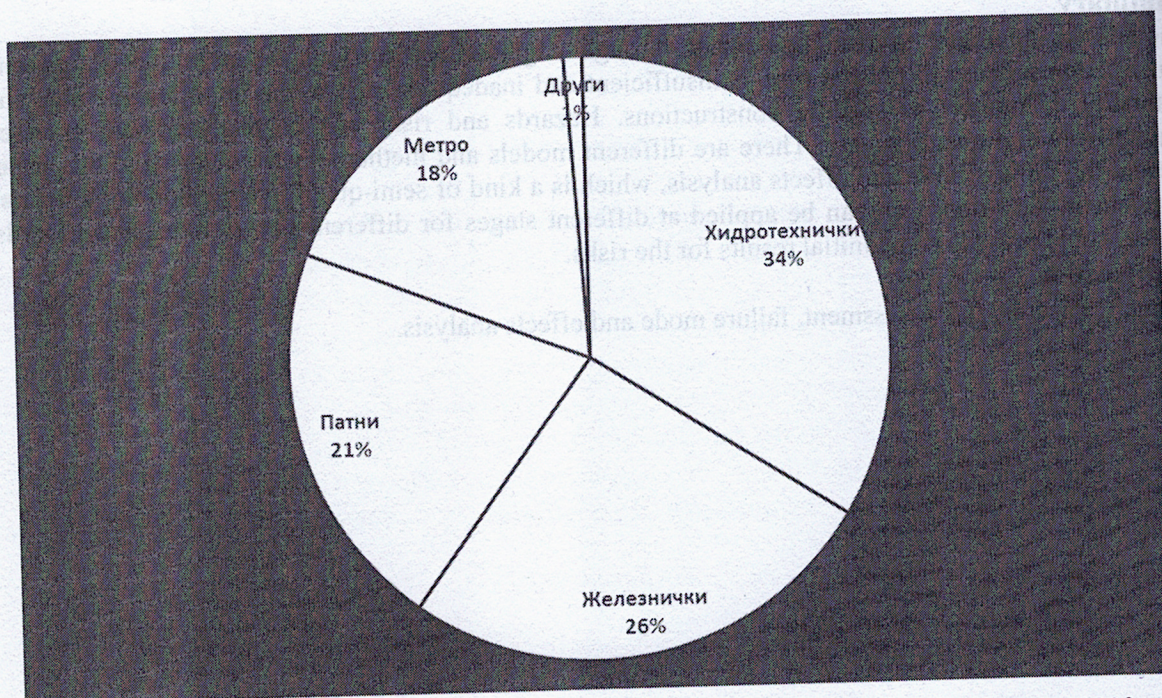
¹ м-р, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Градежен факултет - Скопје, gacevski@gf.ukim.edu.mk

1. ВОВЕД

Тунелите имаат големо значење во денешното градежништво и општо во инженерството. Се применуваат кај транспортната инфраструктура, хидротехниката, подземните инсталации и рударството. Должините и длабочините постојано достигнуваат нови рекорди, а модерните технологии, машини и материјали ја доведуваат примената на овие конструкции и во најкомплексни средини. Зголемената примена на тунелски решенија доведува до се повеќе несигурности и ризици во различни фази од проектите. Користење на „класичниот“ пристап за справување со ризиците или нивно целосно занемарување е несоодветно, имајќи ги во предвид важноста и вредноста на тунелите.

2. РИЗИЦИ КАЈ ТУНЕЛИТЕ

Настанувањето на некој непосакуван настан, односно hazard кај тунелите најчесто е предизвикано од повеќе фактори. Во поново време последиците од hazardите се генерално економски и временски, но постојат и случаи со човечки последици. Во однос на животната средина, најчесто тунелите имаат мали влијанија. Според истражувањата на Рита Л. Соуса [9] на 132 тунели низ светот, нивната намената нема големо влијание врз hazardите, но сепак доминантни се хидротехничките тунели (слика 1).



Слика 3. Распределба на типови на тунели во кои се случиле hazardи при изградба до 2010 год.

Најчести hazardи, кои воедно предизвикуваат и најголеми последици се:

- Пукање (распаѓање) на карпестите маси;
- Прекумерни деформации;
- Одрони;
- Поплавување;
- Колапс (рушење);
- Други видови поврзани со специфични услови и локации (потопени тунели, „Cut & Cover“, портали, окна, попречни премини).

3. ПРИСТАПИ ЗА ПРОЦЕНА НА ХАЗАРДИ И РИЗИЦИ

Процената на хазардите и ризиците може да се подели на два генерални пристапи, односно квалитативна и квантитативна процена. За да се добијат соодветни резултати потребно е познавање на повеќе области и расположливи податоци.

3.1 Квалитативна процена

При помали проекти или во почетни фази, најчесто се користи квалитативната анализа на ризиците, со што се обезбедува база која понатаму служи во процесот на донесување на одлуки. Честа и препорачана е примената на регистарот на ризици. Истиот треба да ги содржи сите можни хазарди, последици и мерки за проектот (слика 2).

Локација	Хазард	Причини	Последици	Иницијален ризик	Мерки за намалување	Резидуален ризик	Мерки за непредвидени настани
Премин под река	Загуба на пригисок со течење на површината	Висок пригисок врз челото на ископот; Дефекти при третман на почвата или бетонската плоча	Прекин на ТВМ машината; Прекумерни деформации на ниво на реката (речно дно)	НИЗОК	Бетонска плоча; Исполување на дупките за илјектирање; Мониторинг систем	НИЗОК	Континуирано присуство на активна бушечка машина и опрема за илјектирање за во случај на аномалии
	Диференцијални слегнувања под Лавов Мост	Дефекти при третман на почвата под темелите; Висок пригисок врз челото на ископот	Пукнатини на мостот		Мониторинг во реално време; Континуирана контрола на ископаните количини и пригисокот врз челото; Поставување на челнична рамка под мостот		НИЗОК
	Потенцијално лесливо однесување на глината	Присуство на пластична глина	Успорвање на ТВМ машината; Интервенции во комората	СРЕДЕН	Илјектирање на полимер или вода во комората за ископ; Контрола на вртежите на ТВМ машината	ЗАНИМАТЕЛЕН	Преглед на користените адитиви; Миеење на ротирачка глава

Слика 4. Пример од регистар на ризици за премин на тунел под мост и река.

Ваквиот пристап треба да покаже дали мерките за справување со ризиците се соодветни и дали ќе ги достигнат посакуваните резултати. Во спротивно потребен е друг пристап.

3.2 Квантитативна процена

Кога се потребни подетални анализи на хазарди и ризици, што е најчест случај кај тунелските конструкции, се применува квантитативен пристап. Кај ваквата процена потребни се повеќе податоци и детали, за да може да се одредат зависностите помеѓу разгледуваните феномени и настани. Постојат различни методологии и модели за квантитативна процена на хазардите и ризиците, кои се најчесто со математичка и графичка основа. Дел од нив се: анализа на дрво на грешки (fault tree analysis), анализа на дрво на настани (event tree analysis), анализа на дрво на одлуки (decision tree analysis), анализа на видот и ефектите од лом, бајесови мрежи, Марков процес и др.

3.3 Анализа на видот и ефектите од лом (АВЕЛ)

Анализата на видот и ефектите од лом (failure mode and effect analysis) претставува семиквантитативен пристап за процена на релативното влијание на различни видови на

хазарди. Целта на анализата е да се одреди настанот (хазард, лом) на кој треба да се посвети најголемо внимание, односно претставува најголем ризик за проектот. За користење на овој пристап потребно е да се има добро дефиниран систем и детални податоци. Секој вид на лом (хазард) во овој метод се рангира според три параметри: очекуван интензитет (severity), веројатност на појава (occurrence) и можност за детекција (detection). Секој рејтинг претставува нумеричка оценка која се доделува на параметарот, а потоа производот од сите три оценки го даваат бројот на приоритет на ризик (risk priority number – RPN). Елементите со повисок број на приоритет на ризик (БПР) се покритични во однос на оние со помали вредности. Бројот на рејтинзи, оцените и интерпретацијата на бројот на приоритет на ризик може да се сретнат во различни варијанти во литературата и праксата. Во овој труд се претставени модифицирани рејтинзи, со цел да се добие поефикасен модел за примена кај тунелите. Секој параметар се рангира или оценува на скала од 1 до 5.

Табела 3. Рејтинзи за очекуваниот интензитет на ефектите во АВЕЛ

Рејтинг (И)	Ефект (последица)	Интензитет на ефектот
1	Мал	< 0,1 % влијание врз трошоците и времето на проектот
2	Низок	0,1-1 % влијание врз трошоците и времето на проектот
3	Среден	1-10 % влијание врз трошоците и времето на проектот
4	Голем	10-80 % влијание врз трошоците и времето на проектот
5	Екстрем	> 80 % влијание врз трошоците и времето на проектот

Табела 4. Рејтинзи за веројатност на појава во АВЕЛ

Рејтинг (II)	Веројатност на појава	Можна стапка на лом
1	Многу мала	< 0,002
2	Мала	0,002 - 0,01
3	Средна	0,01 - 0,1
4	Висока	0,1 - 0,5
5	Многу Висока	> 0,5

Табела 5. Рејтинзи за детекција на потенцијаните хазарди во АВЕЛ

Рејтинг (Д)	Можност за детекција (откривање)	Критериум
1	Многу висока	Многу висока шанса за откривање на потенцијалната причина/механизам за лом
2	Висока	Висока шанса за откривање на потенцијалната причина/механизам за лом
3	Средна	Средна шанса за откривање на потенцијалната причина/механизам за лом
4	Ниска	Ниска шанса за откривање на потенцијалната причина/механизам за лом
5	Многу ниска	Многу ниска шанса за откривање на потенцијалната причината/механизмот за лом

Со оглед на модифицираните рејтинзи вредноста на БПР се движи во граници од 1 до 125. Покрај споредбата на БПР, со која се анализираат најкритичните хазарди, на крај се прави и квалитативна процена на ризикот на база за добиените вредности. Односот помеѓу усвоените граници на БПР и процената на големината на ризикот е даден во следната табела (табела 4).

Табела 6. Процена на ризиците во однос на бројот на приоритет на ризик (БПР)

Процена на ризик	вредност на БПР
„Низок“ <	16
„Среден“ =	16-36
„Висок“ >	36

4. АНАЛИЗА НА РИЗИЦИ КАЈ ПОСТОЕЧКИ ХИДРОТЕХНИЧКИ ТУНЕЛ

Во овој дел анализиран е хидротехничкиот тунел на Саска Река. Овој опточен тунел е дел од рудникот за олово и цинк Саса. Истиот е лоциран во источниот дел од државата на околу 10,00 km од Македонска Каменица. Тунелот е со должина од 1925,00 m со надолжен наклон од 5,00 – 7,00 %, при што одреден дел се наоѓа под јаловиштата на рудникот, а останатиот под планинскиот масив. Попречниот пресек варира во висина и ширина ($\approx 3,00$ m) во зависност од геолошките услови и подградбата. Овој опточен тунел е во функција од 1971 година и на него се извршени повеќе интервенции во текот на годините. Кај тунелите со долгогодишен работен век, главно се познати најголемите и најчестите проблеми, но се јавува дополнителен параметар кој ги опфаќа несигурностите и влијанијата поврзани со експлоатацијата и одржувањето на тунелот.

Со примена на анализата на видот и ефектите од лом (АВЕЛ) направена е процена на четири најкарактеристични хазарди, односно ризици за овој тунел (табела 5).

Табела 7. Резултати од АВЕЛ за хидротехнички тунел на Саска река

Број	Хазард	Очекуван интензитет (И)	Веројатност на појава (П)	Можност за детекција (Д)	Број на приоритет на ризик	Процена на ризик
1	Непредвиден доток на подземна вода	2	2	2	8	Низок
2	Појава на пукнатини	3	4	2	24	Среден
3	Отпаѓање на бетон	4	2	2	16	Среден
4	Оштетување на подножен свод	4	5	2	40	Висок

Најголемата вредност на БПР произлегува од оштетувањето на подножниот свод. Причината за ваквиот резултат е деструктивноста на водата која непрекинато тече во овој дел, што е потврдено со потребата од честа санација. Поради честата појава на оштетувања на подножниот свод истиот спаѓа во зоната на висок ризик, но појавата на пукнатини во бетонската подградба претставува поголем ризик за функционалноста на тунелот, иако припаѓа во зоната на среден ризик. Покрај тоа појавата на пукнатини е тесно поврзана со отпаѓањето на бетонот, што дополнително ја загрозува функционалноста на конструкцијата. Бидејќи оваа процена е правена од аспект на трошоци и времетраење, доаѓа до доминација на оштетувањето на подножниот свод во експлоатациониот период на тунелот во однос на другите хазарди.

5. ЗАКЛУЧОК

За поефективно управување со проектите и справување со непосакваните настани, потребно е да се проценат и анализираат хазардите и ризиците. Оваа проблематика води кон нови пристапи и начини на справување со овие непосаквани појави. Еден таков пристап е прикажаната анализа на видот и ефектите од лом, која што семиквантитативно ги проценува и рангира ризиците. Овој процес може да помогне при одредување на најрелевантните ризици за еден тунел. Од добиените резултати понатаму може да се одредат и соодветни мерки. Прикажаната анализа може да се примени кај различни хидротехнички тунели во фаза на експлоатација, но и во фаза на изградба или проектирање.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Amini, M. Fazelinia: „Risk assessment of Namaklan road tunnel using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)“ in Tunneling and Climate Change, proceedings of the 12th Iranian and 3rd Regional Tunnelling Conference, Teheran, Iran, November 2017.
- [2] A. Kandel, E. Avni: Engineering Risk and Hazard Assessment, Volume 2, CRC Press, 2018.
- [3] A. Nazarchuk: „Water Intrusion in Underground Structures“, Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, MSc Thesis, 2008.
- [4] E. H. Stille: „Geological Uncertainties in Tunnelling – Risk Assessment and Quality Assurance“, International Tunnelling and Underground Space Association (ITA), Sir Muir Wood Lecture 2017.
- [5] C. K. Hyun, S. Min, H. Choi, J. Park, M. I. Lee: „Risk analysis using fault-tree analysis (FTA) and analytic hierarchy process (AHP) applicable to shield TBM tunnels“, Tunnelling and Underground Space Technology 49, 2015, pp. 121-129.
- [6] C. Pamukcu: „Analysis and management of risks experienced in tunnel construction“, Acta Montanistica Slovaca, Volume 20, number 4, 2015, pp. 271-281.
- [7] C. Yoe: Principles of Risk Analysis – Decision Making Under Uncertainty, Second Edition, CRC Press, 2019.
- [8] O. Špačková: „Risk management in tunnel construction projects“, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, PhD Thesis, 2012.
- [9] R. L. Sousa: „Risk Analysis for Tunneling Projects“, Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, PhD Thesis, 2010.
- [10] S. D. Eskesen, P. Tengborg, J. Kampmann, T. H. Veicherts: „Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2“, Tunnelling and Underground Space Technology 19, 2004, pp. 217-237.