



Здружение Македонски комитет за големи брани
Macedonian Committee on Large Dams

Зборник на трудови
Proceedings

13-ТО СОВЕТУВАЊЕ ЗА ВОДОСТОПАНСТВО И ХИДРОТЕХНИКА

13TH CONFERENCE ON WATER ECONOMY AND HYDROTECHNICS

6.10÷7.10. 2023 год.
6.10÷7.10. 2023

Скопје, Р.С. Македонија
Skopje, 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

УРЕДНИК

Проф. Д-р Љупчо Петковски

EDITOR

Prof. Ljupcho Petkovski, PhD

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

Преливник на брана „Мавровица“

COVER PHOTO

Spillway of Mavrovica dam

© 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

626/628(062)

СОВЕТУВАЊЕ за водостопанство и хидротехника (13 ; Скопје ; 2023)

Зборник на трудови / 13-то Советување за водостопанство и хидротехника, 6.10-7.10. 2023 год, Скопје ; [уредник Љупчо Петковски] = Proceedings / 13th Conference on water economy and hydrotechnics, 6.10-7.10. 2023, Skopje ; [editor Ljupcho Petkovski]. - Скопје :

Здружение Македонски комитет за големи брани = Skopje : Macedonian committee on large dams, 2023. - 119, [28] стр. : илустр. ; 30 см

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

ISBN 978-608-4953-02-9

а) Хидротехника -- Собири б) Водостопанство -- Собири

COBISS.MK-ID 61794565

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

Државен инспекторат за животна средина на Р.С. Македонија

Lidija Zafirovska

State Inspectorate for Environment 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

Ilija 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, Skopje, R.N. Macedonia

Даниел Цеков

АДИНГ АД Скопје, Р.С. Македонија

Daniel Cekov

ADING AD Skopje, R.N. Macedonia

Орце Мангаровски

ДГ ГРАНИТ АД Скопје, Р.С. Македонија

Orce Mangarovski

DG GRANIT AD Skopje, R.N. Macedonia

Илбер Мирта

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

Ilber Mirta

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

Борче Гоцевски

Рудник САСА, Македонска Каменица, Р.С. Македонија

Borche Goevski

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, Skopje, 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 – Skopje, 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 Ќаевски

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

Вонр. проф. д-р Гоце Тасески

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

Assoc. prof. Goce Taseski, 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

Каја Шукова, Министер

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

Kaja Shukova, Minister

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

Љокман Лимани, Главен извршен директор

АД Водостопанство на Р. С. Македонија

Llokman Limani, CEO

AD Vodostopanstvo R.N. Macedonia

Васко Стефанов, Генерален директор

АД ЕСМ, Р.С. Македонија

Vasko Stefanov, CEO

AD ESM, 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

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

Крис Колбурн, Генерален директор

Рудник САСА, Македонска Каменица, Р.С. Македонија

Chris Colburn, CEO

SASA Mine, Makedonska Kamenica, R.N. Macedonia

Александар Раков, Генерален директор

Рудник Бучим, Радовип, Р.С. Македонија

Aleksandr Rakov, CEO

Buchim Mine, Radovish, R.N. Macedonia

Влатко Иванов, Генерален директор

Градежен Институт “Македонија” - ГИМ, Скопје, Р.С. Македонија

Vlatko Ivanov, CEO

Civil Engineering Institute “Macedonia” - CEIM, Skopje, R.N. Macedonia

Илија Горанов, Генерален директор
Рудник БУЛМАК Радовиш, Р.С. Македонија
Ilija Goranov, CEO
BULMAK Mine Radovich, 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

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

Проф. д-р Марија Вукелиќ

Факултет за земјоделски науки и храна, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р.С. Македонија

Prof. Marija Vukelic, PhD

Faculty for agricultural science and food, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, R.N. Macedonia



СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА АНАЛИЗА НА ДВО-АКУМУЛАЦИОНЕН ХИДРОСИСТЕМ

Воислав Крстевски¹, Стевчо Митовски², Фросина Пановска³

Резиме

Клучот за успех на секое развиено општество е одржувањето и планското користење на водата како природно богатство и ресурс. Оттука од големо значење е формирањето стратегии преку кои на одржлив и оптимален начин ќе се користи водата за постигнување на целите за економски развој, а воедно ќе се води и грижа за зачувување и заштита на самиот ресурс. Во предметниот реферат е анализирана стратегија за користење на водата како природен ресурс преку анализа на случајот на ХС „Липково“, во близина на општина Куманово, РС Македонија, каде што водата е наменета за задоволување на потребите за водоснабдување и за наводнување, а при тоа се запазува и еколошкиот аспект, т.е. испуштање на еколошко загарантирано протекување во водотекот за зачувување на биолошкиот екосистем.

Најважен аспект кај ХС „Липково“ е изнаоѓање оперативна политика на управување за да се задоволат потребите за вода на секој водокорисник.

Клучни зборови: управување, симулационен модел, оперативна политика

SIMULATION MODEL FOR ANALYSIS OF TWO-RESERVOIR WATER RESOURCES SYSTEM

Voislav Krstevski¹, Stevcho Mitovski², Frosina Panovska³

Summary

The key to the success of any developed society is the maintenance and planned use of water as a natural resource. Therefore, it is of great importance to form strategies through which water will be used in a sustainable and optimal way to achieve economic development, while at the same time care will be taken to preserve the resource itself. The master's thesis analyzes the strategy of using water as a natural resource through the case study of HS Lipkovo, near the municipality of Kumanovo, RS. Macedonia, where the water is intended for the needs of water supply and irrigation, while preserving the ecological aspect, ie. Discharge of ecologically guaranteed leakage into the watercourse in order to preserve the biological ecosystem.

The most important aspect of this HS Lipkovo is finding the optimal management policy, where the needs of each water user will be met as much as possible.

Key words: management, simulation model, operating policy

¹Магистер по технички науки од областа на градежништвото, УКИМ Градежен факултет – Скопје, krstevski94@hotmail.com

²Вонреден професор, Градежен факултет, Скопје, smitovski@gf.ukim.edu.mk

³Асистент, Градежен факултет, Скопје, fpanovska@gf.ukim.edu.mk

1. ВОВЕД

Предмет на рефератот е изработка на симулационен модел на комплексен двоакумулационен повеќенаменски водостопански систем, со кој ќе се изврши анализа на оперативноста на корисниот простор на две акумулации во рамки на еден каскаден систем, со приоритетна намена водоснабдување и наводнување. Моделот ќе се изработи со примена на софтверот HEC ResSim, наменет за симулациона анализа на комплексни водостопански системи. Разгледуваните оперативни правила за работата на хидросистемот ќе се разликуваат според големината на регулираните протекувања од акумулациите, со споредбена анализа во однос на специфицираната побарувачка на вода, при што критериум за оцена на оперативноста на хидросистемот ќе биде степенот на задоволување на потребите од вода за наводнување и за водоснабдување. Со цел да се изврши предметната анализа, треба да се систематизираат влезни податоци за преградните места и да се проценат очекуваните ефекти. Предвидената симулациона постапка (определување оперативни правила за управување со корисниот волумен на каскадниот систем од две брани со акумулации) ќе се спроведе респектирајќи ги притоа следните приоритетни корисници:

- обезбедување еколошко загарантирано протекување;
- водоснабдување на населението и на индустријата;
- наводнување земјоделско обработливо земјиште.

Практично, со претходно наведеното ќе се изврши анализа на работните перформанси на постоен двоакумулационен водостопански систем, каде што како влезни големини во симулациониот модел ќе бидат искористени историски хидролошки серии на дотекувања во акумулацијата, потребите од вода за водоснабдување и наводнување, метеоролошки податоци потребни за определување на испарувањето од акумулацијата, податоци за еколошки загарантираното протекување и др. За претходно дефинираните приоритетни корисници, како проектни критериуми, односно гранични услови, ќе бидат усвоени следните параметри:

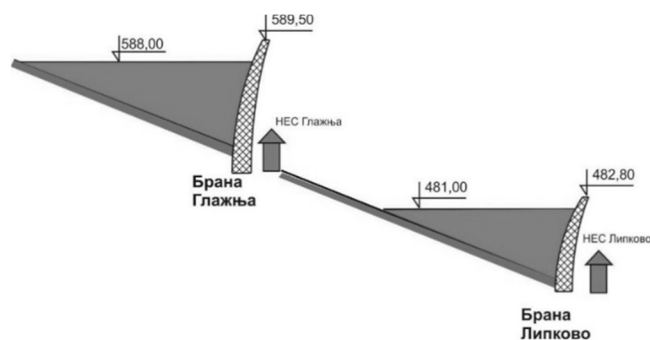
- 100 % обезбеденост на еколошки загарантирано протекување;
- 90 % обезбеденост на потребите за вода за водоснабдување;
- 80 % обезбеденост на потребите за вода за наводнување.

По извршување на анализата со симулациониот модел на алтернативните оперативни политики за хидросистемот, ќе биде спроведена споредбена анализа на регулираните протекувања од акумулациите со потребите за вода и според критериумот за степенот на исполнување на поставените цели (потреби од вода за водоснабдување и за наводнување) ќе се усвои оперативна политика за управување со хидросистемот.

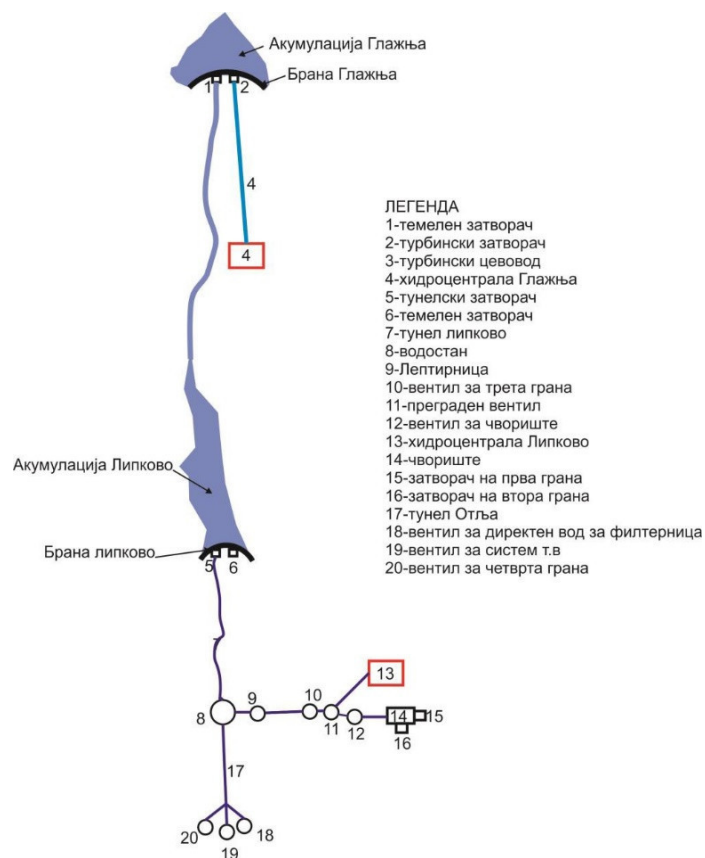
Примарната цел на развојот на водостопанските системи најчесто се дефинира како максимизација на националната благосостојба [1, 2]. Целта со примената на симулационен модел во рамките на рефератот е да се определи оперативна политика за управување со двоакумулационен простор на постоен каскаден систем на брани со акумулации, притоа задоволувајќи ја побарувачката за снабдување со вода на различни намени/водокорисници и да се усвои оперативна политика за управување со хидросистемот врз база на зададениот критериум - степен на исполнување на специфицираните цели, т.е. потреби за вода. Воедно, ќе се даде и соодветен придонес при утврдување на методологијата за спроведување на ваков вид анализи на комплексни водостопански системи [3, 4, 5, 6].

2. ХС “ЛИПКОВО“

Хидросистемот „Липково“ се состои од две акумулации, формиран е со градба на браните „Липково“ и „Глажња“ во рамки на сливот на Липковска Река. Имено, на 14 km северозападно од Куманово и на 2 km узводно од с. Липково во 1958 година е изградена браната „Липково“ и дел од ХС „Липково“. На 5 km од браната „Липково“ во 1972 година е изградена и пуштена во експлоатација браната „Глажња“, при што е доизграден ХС „Липково“, кој опфаќа 6.471 ha површина и подземна водозафатна мрежа со вкупна должина $L=165$ km во 17 селски подрачја во општина Липково и општина Куманово. Браните „Глажња“ и „Липково“ се каскадно поставени (слика 1 и слика 2).



Слика 2.1. ХС „Липково“



Слика 2.2. Шематски приказ на водостопанските објекти во системот.

Табела 2.1. Технички карактеристики на браните и акумулациите

Технички карактеристики на брана Глажња	
Тип на брана	Лачна
Должина на круна	344 m
Ширина на круна	4,8 m
Висина на брана	82,80 m
Тип на преливник	Челен
Преливни полиња	5
Кота на круна на брана	590.00 mnv
Кота на преливен раб	588.00 mnv
Капацитет на преливник	175 m ³ /s

Технички карактеристики на акумулација Глажња	
Должина на акумулацијата	3146m
Широчина на акумулацијата	700 m
Кота на нормално ниво	588.00 mnv
Кота на максимално ниво	589,50 mnv
Кота на минимално ниво	547,60 mnv
Површина на акумулација на нормално ниво	125 ha
Зафатнина на акумулација	23 471 000 m ³
Корисна зафатнина на акумулацијата	22 114 000 m ³

Технички карактеристики на брана Липково	
Тип на брана	Лачна
Длжина на круна	133 m
Ширина на круна	2 m
Висина на брана	37,8 m
Тип на преливник	Челен
Преливни пилиоа	9
Кпта на круна на брана	484.00 mnv
Кпта на преливен раб	481.00 mnv
Капацитет на преливник	125 m ³ /s
Технички карактеристики на акумулација Лишково	
Должина на акумулацијата	1800 m
Ширина на акумулацијата	200 m
Кота на нормално ниво	481.00 mnv
Кота на максимално ниво	482.80 mnv
Кота на минимално ниво	468.00 mnv
Површина на акумулација на нормално ниво	15 ha
Зафатнина на акумулација	1 221 888 m ³
Корисна зафатнина на акумулацијата	1 153 821 m ³

Табела 2.2. Средномесечни потреби за вода за водоснабдување

месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qsr [m ³ /s]	0.26	0.22	0.23	0.23	0.25	0.26	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.20

Табела 2.3. Средномесечни потреби за вода за наводнување

месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qsr [m ³ /s]	0.00	0.00	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00

3. КРЕИРАЊЕ НА СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ

Предмет на овој реферат е креирање симулационен модел за пронаоѓање најповолна политика на управување со двоакумулациониот хидросистем (ХС) „Липково“, чијашто главна намена е задоволување на потребите за наводнување и за водоснабдување на локалното население, како и на градот Куманово. Целта е да се направи модел преку кој за различни алтернативни на влезни податоци ќе се дефинира оперативна политика за управување со ХС.

Анализата на системот се прави во услови на задавање различни вредности за испуштање вода од браната „Глажња“. Симулациониот модел е изработен со временски чекор од еден ден, а при анализата се користат влезни параметри за браните, акумулациите, измерените протекувања на влив во акумулацијата, придружните објекти (преливни и испусни органи), како и зафатите за наводнување и за водоснабдување. Претпоставката за последиците од донесените одлуки (во форма на параметри на системот) се спроведува во неколку последователни чекори врз база на

внесените податоци. Бидејќи симулационите модели не користат експлицитни математички и аналитички постапки за определување на комбинациите на променливите, потребно е анализата да се изведе по принципот проба и грешка.

Алатката што е користена при изработка на модел за симулација на хидросистемот „Липково“ е Hydrologic Engineering Center, Reservoir System Simulation или накратко – HEC ResSim.

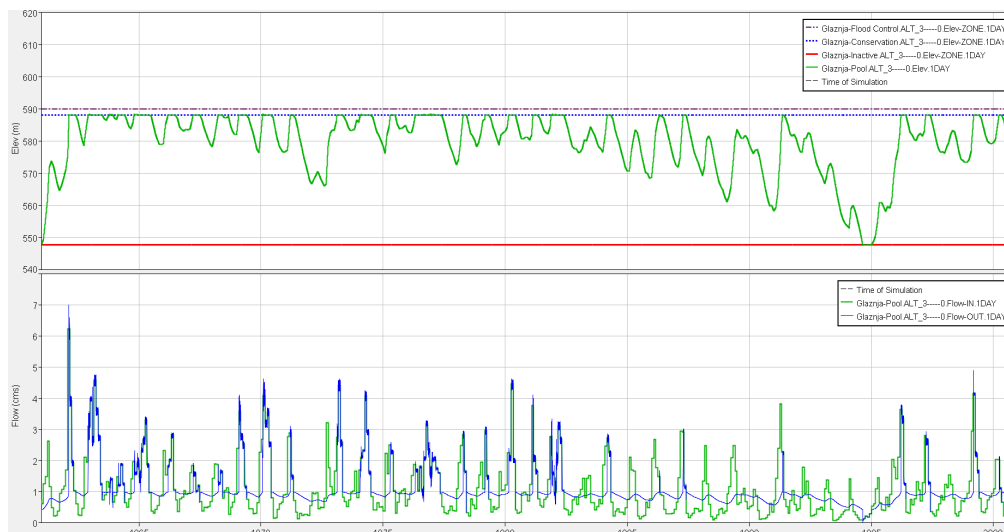
Главен ресурс со кој се управува во рамки на симулациониот модел е акумулираната вода во корисниот волумен на акумулацијата. За таа цел се дефинирани правила на управување (во делот Operations) со акумулациите „Глажња“ и „Липково“. Поточно, дефинирани се работни зони (Zone Rules) на акумулациите, како и оперативни правила според кои треба да се изврши симулационата анализа.

Важно е да се спомне дека суштинската разлика помеѓу алтернативите е количината на константното испуштање преку темелниот испуст од браната „Глажња“, и тоа:

- Алтернатива 1 (ALT1): $Q=0,25 \text{ m}^3/\text{s}$
- Алтернатива 2 (ALT2): $Q=0,50 \text{ m}^3/\text{s}$
- Алтернатива 3 (ALT3): $Q=1,00 \text{ m}^3/\text{s}$

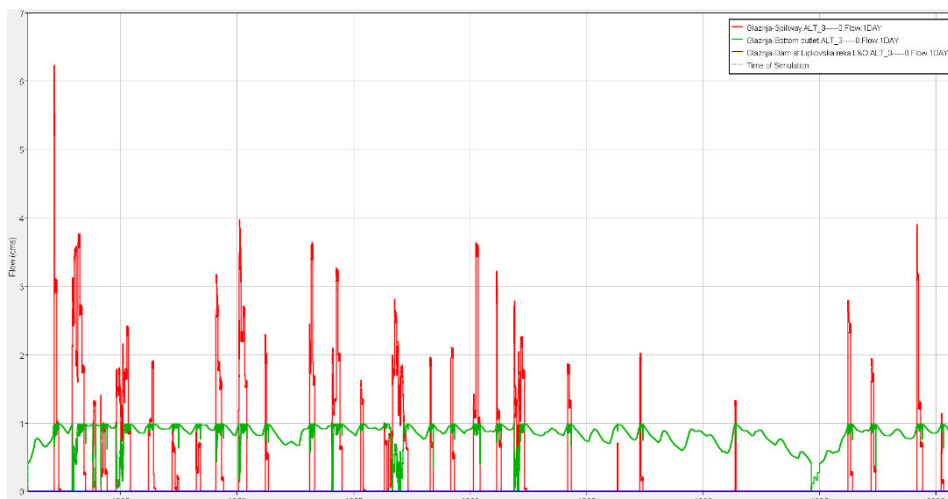
3.1 АЛТЕРНАТИВА 3 (ALT3) ЗА ХС „ЛИПКОВО“ (СТИЛ HEADING 2)

При анализа на излезните параметри, во ALT3 како влезен податок е разгледана оперативна политика со зададено константно испуштање од $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ од темелниот испуст на браната „Глажња“. На слика 3.1.1 е дадена флукуацијата на водното ниво (горе) и хидрограм на дотекувања и истекувања (долу) од акумулацијата „Глажња“ (ALT3). Водното ниво во акумулацијата „Глажња“ во текот на целиот разгледуван период се одликува со значителни осцилации од котата на нормалното до котата на минималното ниво (апроксимативна вредност од 25m), кои корелираат со периодот на маловодие (1994 -1996 година) кога водното ниво во акумулацијата го достигнува критичното, односно минималното. Во однос на хидрограмот на дотекувања и истекувања од акумулацијата „Глажња“ (ALT3), може да се воочи дека во моменти кога количеството што се влева е по $1 \text{ m}^3/\text{s}$, се активира темелниот испуст со капацитет од $1 \text{ m}^3/\text{s}$, како што е зададено во условот на оваа алтернатива.



Слика 3.1.1 Флукуација на водното ниво (горе) и хидрограм на дотекувања и истекувања (долу) од акумулација Глажња (ALT3)

На слика 3.1.2 се дадени кривата на проток на темелен испуст (зелена боја) и кривата на проток на преливник (црвена боја) од браната „Глажња“ (ALT3) за разгледуваниот интервал од 1961 до 2000 година. Во разгледуваниот период се испушта вода од акумулацијата „Глажња“ во согласност со специфицираната вредност на испусното количество $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.



Слика 3.1.2 Криви на проток на темелен испуст (зелена боја) и крива на преливник (црвена боја) од акумулација Глажња (ALT3)

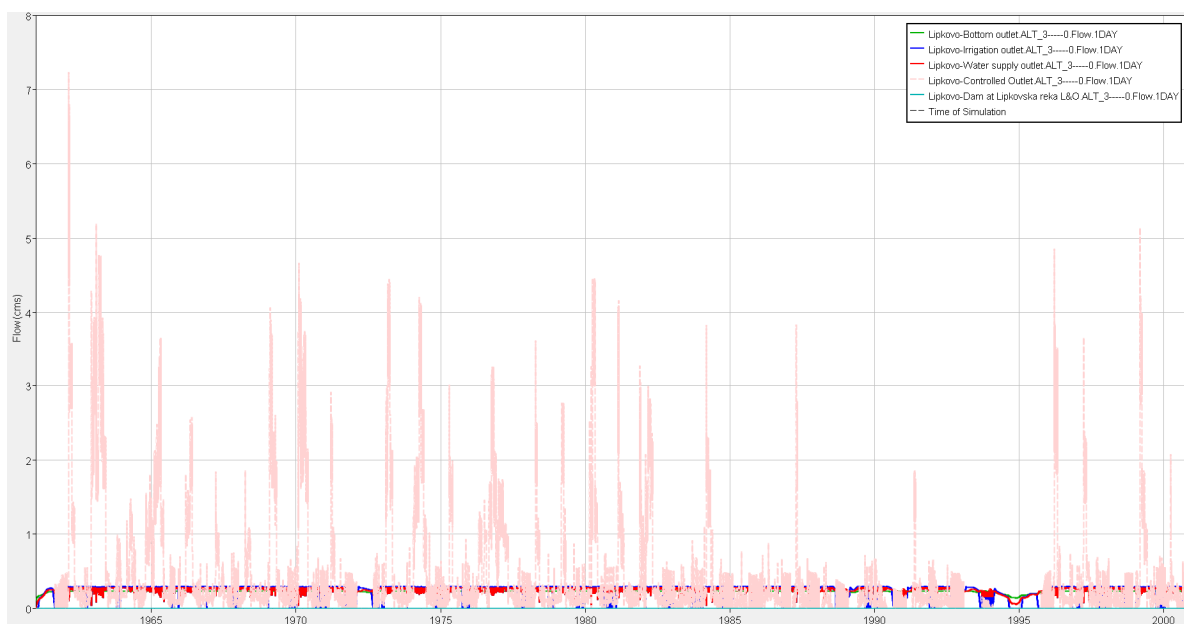
На слика 3.1.3 е дадена флукуацијата на водното ниво (горе) и хидрограм на дотекувања и истекувања (долу) од акумулацијата „Липково“ за алтернатива ALT3. Водното ниво во акумулацијата „Липково“ во текот на целиот разгледуван период се одржува, главно, константно, со одредени осцилации во однос на котата на нормално ниво, со најсигнификантна фреквенција на појава во периодот на маловодие, кои корелираат со хидролошкиот дотек и излезното протекување од акумулацијата. Хидрограмот на дотекувања и истекувања (долу) од акумулацијата „Липково“ се одликува со осцилации во корелација со нивото на вода во акумулацијата.



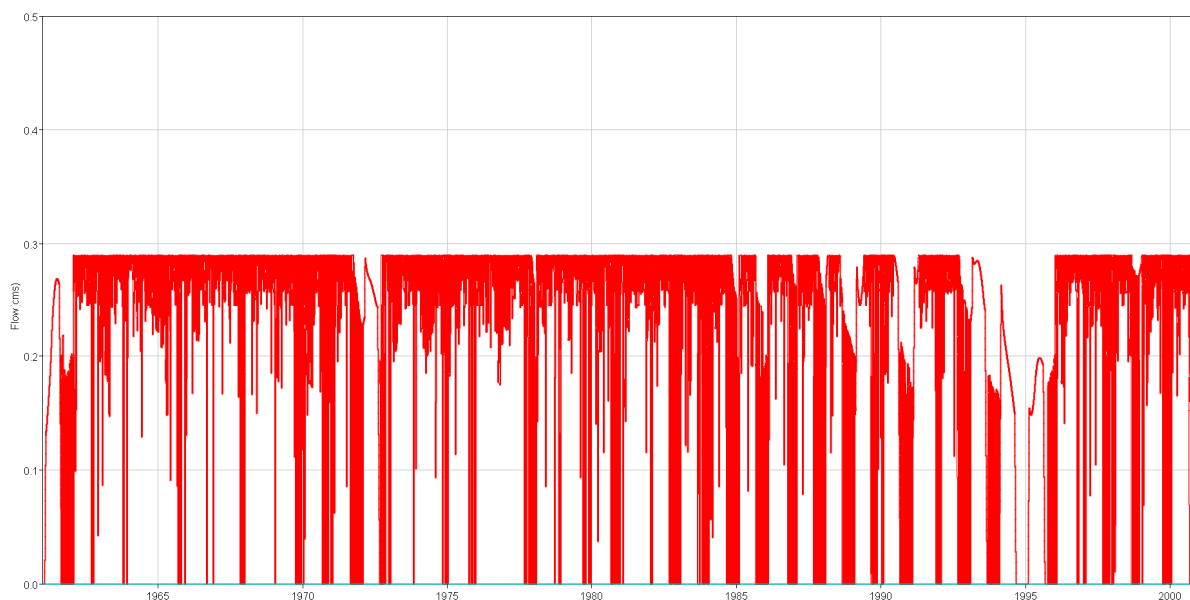
Слика 3.1.3 Флукуација на водното ниво (горе) и хидрограм на дотекувања и истекувања (долу) од акумулација Липково (ALT3)

На слика 3.1.4. се дадени крива на проток на темелен испуст (зелена боја), крива на проток на преливник (розова боја), крива на зафат за наводнување (сина боја) и крива на зафат за водоснабдување (црвена боја) од акумулацијата „Липково“ (ALT3) за интервал од 1961 - 2000 година. Во период 1994 - 1996 година се забележува период на маловодие, при кој нивото на водата во акумулацијата значително опаѓа. Во алтернативата ALT3 е зададено дека еколошки гарантираното протекување е приоритет, кој мора да биде задоволен во фазата на експлоатација на ХС. Во текот на целиот разгледуван период главно се запазува потребната големина на еколошки загарантираното протекување (слика 3.1.4, зелена линија). Потребите за

водоснабдување и за наводнување се во најголем обем задоволени, со незначителни осцилации во количината на водата што се зафаќа од акумулацијата „Липково“ (слика 3.1.5 и слика 3.1.6), кои се поизразени во периодот на маловодие (1994 - 1996 година). Поточно, се воочува незначителен период во кој не се испорачува потребната количина на вода за наведените намени.



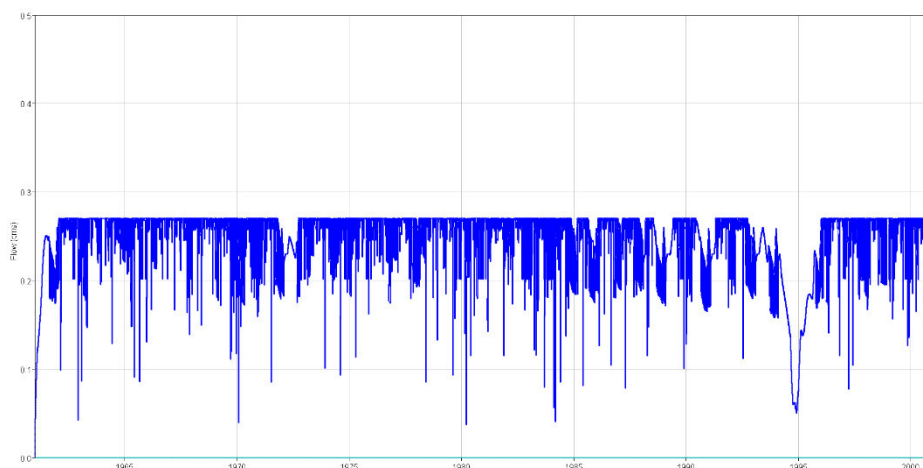
Слика 3.1.4 Крива на проток на темелен испуст (зелена боја), крива на преливник (розева боја), крива на зафат за наводнување (сина боја) и крива на зафат за водоснабдување (црвена боја) од акумулација Липково (ALT3)



Слика 3.1.5 Крива на проток од зафат за наводнување од акумулација Липково (Alt3)

Клучната големина во симулационата анализа е излезното протекување од зафатот за водоснабдување и зафатот за наводнување за разгледуваниот период 1961 - 2000 година, што е прикажано графички (слика 3.1.5 и слика 3.1.6). Со анализа на излезните големина од акумулацијата „Липково“ се согледува дека преку зафатот за водоснабдување се испорачува вода периодично, со што во најголем обем се задоволени специфицираните потреби за вода во целост. Сепак, и тука треба да се има предвид дека во оперативната политика за ALT3 е зададено

константно зафаќање вода за потребите за водоснабдување, што во практика не е случај, особено е критичниот период на маловодие (1994 - 1996 година). Во однос на потребите за наводнување, може да се констатира дека тие, главно, се задоволени имајќи предвид дека во оперативната политика е зададено оти наводнувањето се извршува во период март - август. Интегрално гледано, со оперативната политика, со зададени оперативни правила во рамки на ALT3, се задоволуваат специфицираните потреби за вода во најголем обем.

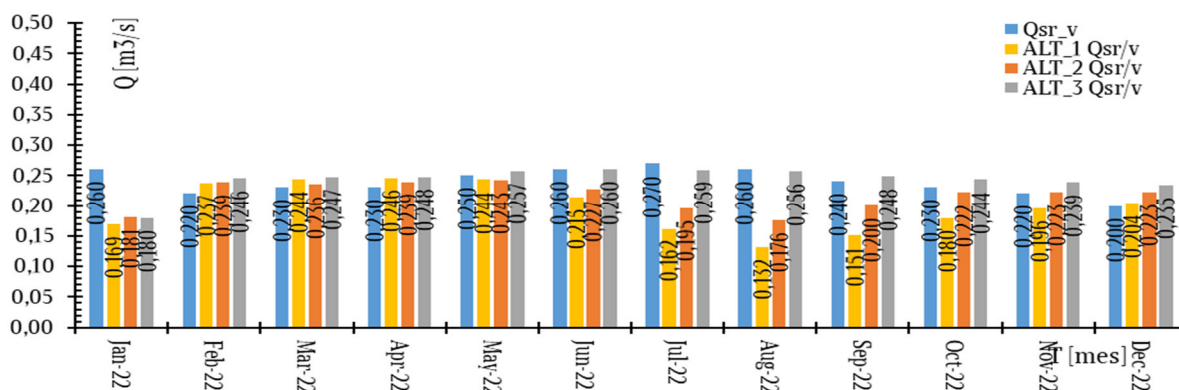


Слика 3.1.6 Крива на проток од зафат за водоснабдување од акумулација Липково (Alt3)

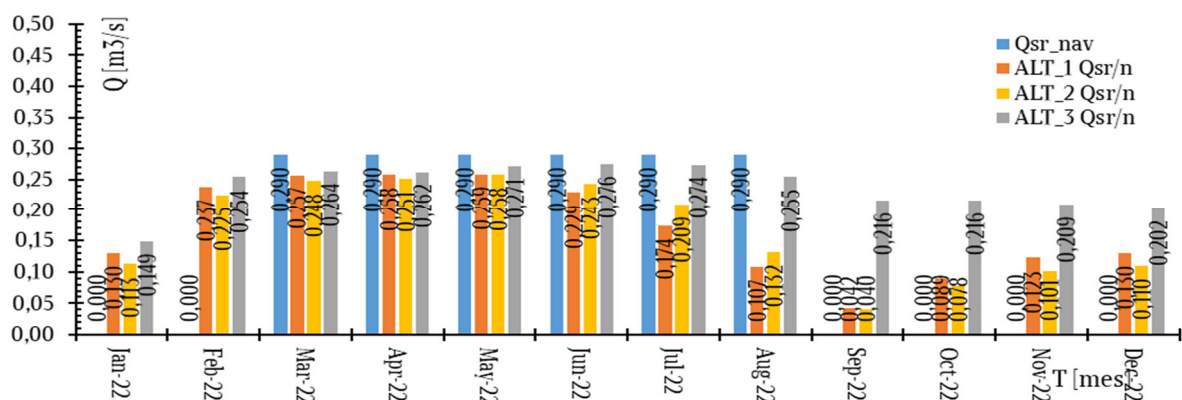
3.2 АНАЛИЗА НА ИЗЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ

Излезните големини за водоснабдување и за наводнување за повеќегодишен период на управување (земено за целиот разгледуван период 1961 - 2000 година) за трите оперативни политики ALT1, ALT2 и ALT3 се анализирани на месечно ниво, преку пресметка на средна вредност засебно за секој месец.

На сликите 3.2.1 и 3.2.2 е прикажана споредбена анализа на потребите за вода за водоснабдување и за наводнување и испорачаната количина на вода од ХС „Липково“ (средномесечна вредност за разгледуваниот период). Во согласност со споредбениот приказ може да се забележи дека алтернатива ALT3 (со зададено излезно протекување од акумулација „Глажња“ $Q=1\text{m}^3/\text{s}$) во најголем обем ги задоволува потребите за вода за водоснабдување и наводнување во однос на останатите алтернативи. Процентот на задоволување на потребите за ALT3 варира во интервал, за водоснабдување од 69 % до 117 %, а за наводнување во интервал од 89 % до 95 %, во текот на разгледуваниот период. Според тоа, може да се констатира дека оперативната политика зададена со алтернатива ALT3 е најповолна алтернатива за управување со ХС „Липково“ во споредба со останатите алтернативи.



Слика 3.2.1 Споредбен приказ на потреби на вода за водоснабдување и испорачана вода од ХС Липково



Слика 3.2.2 Споредбен приказ на потреби на вода за наводнување и испорачана вода од ХС Липково

Со управување на хидросистемот во практика, дефицитот и суфицитот на вода во определени месеци може да се редуцираат и реалоцираат, и со тоа дополнително да се ублажат периодите со дефицит на вода со цел системот во целост да ги исполни потребите за вода на населението.

Врз база на претходно приложеното, може да констатираме дека управувачката политика ALT3 во најголема мера го исполнува испорачувањето на потребното количество вода за водоснабдување и за наводнување, што воедно беше условот во оваа теза.

4. ЗАКЛУЧОК

Врз основа на проучување на теоретските поставки за процесот на симулација и спроведената анализа со примена на симулационен модел, изработен со примена на програмскиот пакет HECResSim, за управување со двоакумулационен хидросистем се изведуваат следните согледувања и заклучоци:

1. Предмет на истражување во овој реферат е креирање симулационен модел за определување најповолна политика на управување со двоакумулационен хидросистем (ХС) „Липково“, чијашто главна намена е задоволување на потребите за водоснабдување на градот Куманово и за наводнување, т.е. решавање задача на анализа на системот во услови на задавање различни вредности на регулирано протекување од акумулациите.
2. Целната функција на моделот е дефинирана во однос на потребите од вода за наводнување и за водоснабдување во разгледуваното подрачје, специфицирани во вид на средномесечни потреби за вода.
3. Во согласност со споредбената анализа на потребите од вода за водоснабдување и за наводнување и испорачаната количина на вода од ХС „Липково“ (средномесечна вредност за разгледуваниот период), алтернативата ALT3 во најголем обем ги задоволува потребите за вода во однос на останатите две алтернативи. Процентот на задоволување на потребите за ALT3 варира во интервал за различни месеци во текот на годината - од 69 % до 117 % за водоснабдување и од 89 % до 95 % за наводнување во текот на разгледуваниот период.
4. Според тоа, констатацијата е дека оперативната политика зададена со алтернатива ALT3 е најповолна алтернатива за управување со ХС „Липково“, во споредба со останатите алтернативи.
5. Краен заклучок е дека управувањето со водните ресурси има цел да ги искористи расположливите водни потенцијали на што поефикасен начин за да ги задоволи предвидените краткорочни и долгорочни планови на водокорисниците. Со напомена дека „поефикасен начин“ индицира на максимизирање на благосостојбата на водокорисниците, а „краткорочно и долгорочно“ се однесува на фактот што водата е природно богатство и идните генерации треба да ги уживаат истите права на користење.
6. Да се направи анализа во однос на задоволување на потребите за вода со вклучување на планираниот ХС „Слупчанка“, како дополнување на ХС „Липково“.

7. При задавање на оперативните политики за управување, подетална анализа би се извршила со специфицирање на конкретните временски периоди во текот на денот во кои би се зафаќала вода за наводнување.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jermar, Milan K. 1987. Water resources and water management. Munich : ELSEVIER, 1987.
- [2] Ralph A. Wurbs, Brian Walls. 2019. Water Rights Modelling and Analysis. ASCE Library. [Мрежен] 2019. ascelibrary.org.
- [3] Ralph A. Wurbs, Spencer T. Schnier and Hector E. Olmos. 2014. ASCE Library. ASCE Library. [Мрежен] 2014. ascelibrary.org.
- [4] Reservoir/river system analysis models: Conventional simulation versus network flow. Yerramreddy, Ralph A. Wurbs and Anilkumar. 1994. 1994, International Journal of Water Resources Development, Routledge, Taylor & Francis Group.
- [5] Reservoir/River System Management Models. Wurbs, Ralph A. 2012. 2012, Texas Water Journal.
- [6] US Army Corps of Engineers. 2021. HEC-ResSim, Reservoir System Simulation. н.м. : US Army Corps of Engineers, 2021. CPD-82.
- [7] Митовски, Стевчо. 2021. Симулациони модели за анализа на хидросистеми. Скопје, скрипта., 2021.
- [8] Петковски, Љупчо. 2000. Водостопанска анализа на хидросистемот „Лојане“ - Куманово. Скопје, скрипта, 2000.