asist. Primož BANOVEC*

prof. dr. Franci STEINMAN*

mag. Leon GOSAR*

HIDRAVLIČNI MODEL ŠKOCJANSKEGA ZATOKA

POVZETEK

V prispevku je prikazano delo na širšem projektu, ki obravnava modeliranje Škocjanskega zatoka. V okviru tega projekta smo izvedli kalibracijske meritve in izdelali dvodimenzionalni hidravlični model Škocjanskega zatoka. Namen modeliranja je bil, da ugotovimo, kakšna je dinamika pretokov slane vode iz morja v Škocijanski zatok po kanalu, ki poteka skozi Luko Koper.

Za potrebe modeliranja smo imeli na razpolago le omejene podatke o geometriji kanala, ki povezuje Škocjanski zatok z morjem, in podatke o globinah vode v Škocjanskem zatoku. Poleg tega smo kalibracijske meritve opravljali le 13 ur v času ekstremne plime (polna luna).

Prva faza modela, izdelanega z delno verificiranimi vhodnimi podatki pokaže, da so pretoki iz morja v Škocjanski zatok v času ekstremne plime (in oseke) tudi preko 11 m^3/s. Tako ocenjujemo, da se v enem plimnem ciklusu zamenja v Škocjanskem zatoku tudi več kot 100.000 m^3 slane vode.

Na podlagi do sedaj opravljenega modeliranja lahko ugotovimo, da je želja po brakični vodi v Škocjanskem zatoku težko uresničljiva, saj bi ob takšnem dotoku sveže slane vode iz morja morali zagotoviti tudi velike količine sladke vode, ki je na obali ni.

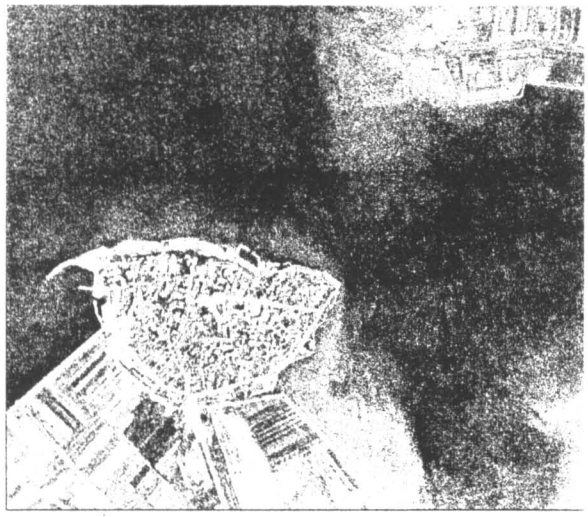
Z izdelanim modelom Škocjanskega zatoka smo preverjali tudi, kakšno je širjenje konzervativnega polutanta v različnih odsekih zatoka. Probleme z omejenim kroženjem vode v zatoku bi bilo mogoče rešiti s povezavo Škocjanskega zatoka z Badaševico in izvedbo plimne črpalke, s katero bi bilo mogoče vzpostaviti konstanten tok oz. izmenjavo vode skozi Škocjanski zatok in tako preprečiti zastajanje vode v zatoku in na to vezane probleme s kakovostjo vode.

UVOD

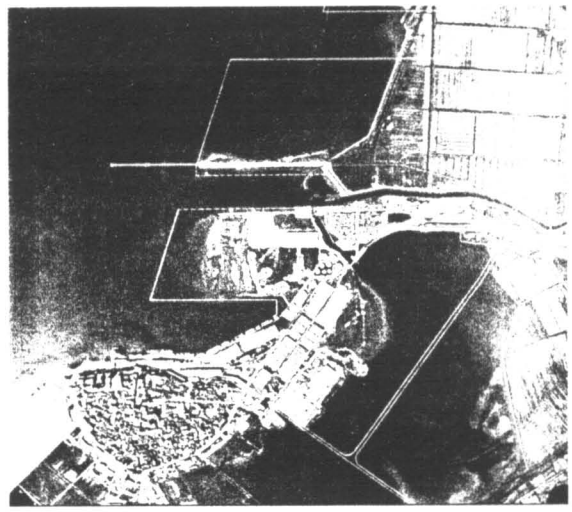
Zgodovina Škocjanskega zatoka je tesno vezana na razvoj mesta Koper. V Koprskem zalivu je že v rimskih časih na flišnem otočku nastalo mesto Aegido, ki se je kasneje imenovalo Caprea ali Capraria. Prvi so otoško mesto s kopnim z nasipom povezali Benečani. Na nastanek zatoka je bistveno vplivalo solinarstvo, saj so soline, ki so v 16. stoletju, ko je solinarska dejavnost najbolj cvetela, obkrožale celotno mesto Koper. Večja izsuševalna dela so izvedli Avstrijci ob koncu 19. stoletja. V začetku 20. stoletja je zaradi znižanja odkupne cene soli prišlo do opuščanja pridelovanja in opuščene soline je v naslednjih tridesetih letih večkrat zalilo morje. Zaradi smradu in nevarnosti malarije so se italjanske oblasti leta 1919 odločile za izsuševanje nekdanjih solin in s tem pridobivanje pridelovalnih površin. Ko je bila bonifika zasuta, je bil Koper dokončno povezan s kopnim, vzhodno od te povezave pa je bil oblikovan plitev Škocjanski zaliv. Vanj sta se še vedno izlivali reki Badaševica in Rižana, ter Rekica, ki so v zatok prinašali sladko vodo in zadostne količine kisika. Zaliv je z izgradnjo in širitvijo Luke Koper proti severo-vzhodu postajal vedno bolj zaprt. Voda je bila ob oseki visoka le nekaj decimetrov, površina pa je znašala 230 ha. Ob poglabljanju bazenov Luke Koper so refulirani material odlagali v laguno Škocjanskega zatoka, tako, da se je površina v naslednjem desetletju zmanjšala na 190 ha. V skladu z načrti, so Škocjanski zatok razglasili za urbanizirano območje, oziroma predvidili njegovo izsušitev za pridobivanje novih površin,, potrebnih za razvoj Luke Koper in mesta Koper. Površina zatoka se je postopno zmanjšala na 130 ha.

* asist. Primož Banovec univ. dipl. inž. gradb., prof. dr. Franci Steinman, mag. Leon Gosar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin, Jamova 2, Ljubljana

Sliki 1 in 2 nazorno prikazujeta nastanek in razvoj Škocjanskega zatoka.

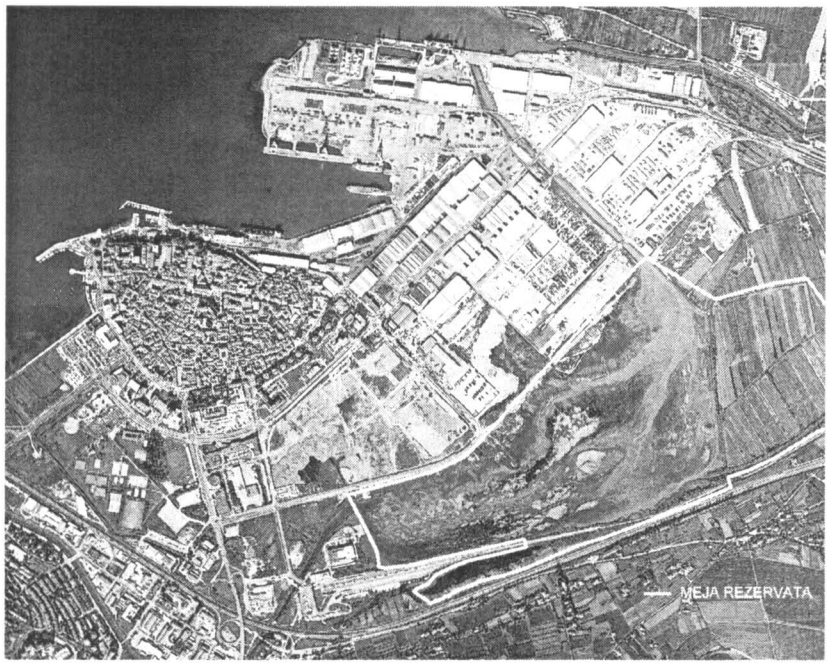


Slika 1: Škocjanski zaliv leta 1954.



Slika 2: Škocjanski zatok leta 1974.

Vodotoka Badaševica in Rižana sta se prvotno izlivali v Koprski zaliv preko Škocjanskega zatoka. V skladu z urbanističnimi in razvojnimi načrti je bila Badaševica v začetku osemdesetih let regulirana in preusmerjena mimo zatoka. Zaradi poplavne ogroženosti nižjih ravninskih delov Rižane in Badaševice, je bil zgrajen razbremenilnik Rižane in sifon za prelivanje visokih voda iz Badaševice v Škocjanski zatok. Vtok v razbremenilnik Rižane je v spodnjem delu zaprt zaradi nelegalnega odlaganja komunalnih in gradbenih odpadkov, vtok vanj pa je z izgradnjo mehkega jezu leta 1996 bil zaprt z nasipom. Prelivanje visokih voda Badaševice preko sifona ne deluje v celoti. V zatoku so arteški izviri (sladke) vode neznane izdatnosti. Trenutno se lahko govori edino še o 30 m široki in 1050 m dolgi kanalski povezavi z morjem, ki ima stik z morjem neposredno ob izlivu reke Rižane v morje. Slika 3 prikazuje stanje Škocjanskega zatoka danes.



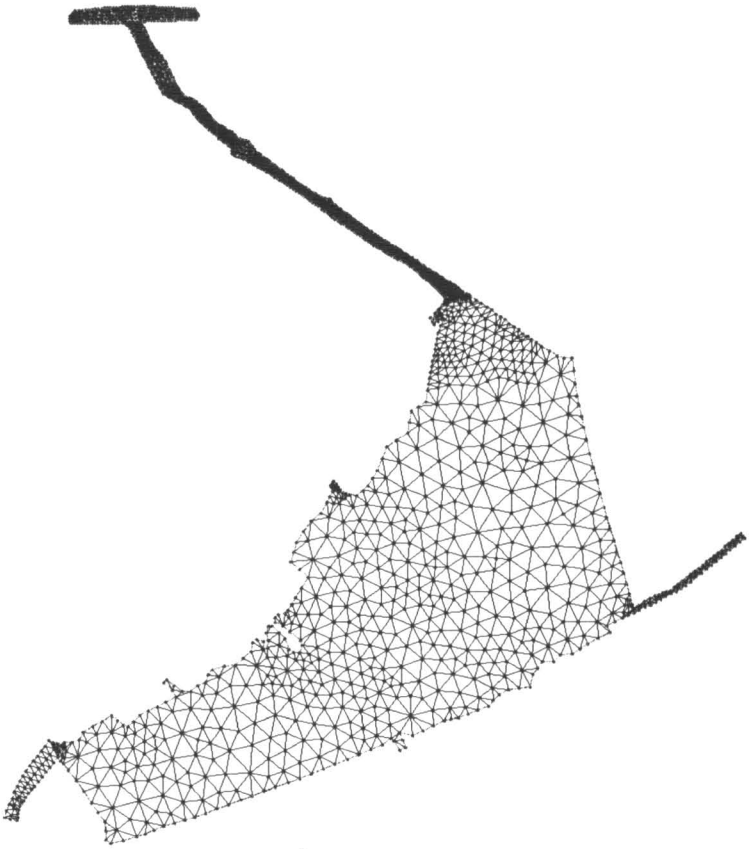
Slika 3: Naravni rezervat Škocjanski zatok danes.

Z zakonom zavarovano območje Naravnega rezervata Škocjanski zatok obsega 120,7 ha. Površino zavarovanega območja sestavljajo tri prostorsko zaključene enote: laguna, jezerce in bonifika. "Brakična" vodna površina lagune obsega 48,9 ha z volumnom vode okoli 186.600 m3, ter sladkovodno jezerce 3,6 ha z volumnom vode okoli 33.600 m3.

Z namenom ohranitve značilnosti Škocjanskega zatoka sta minister za kulturo, ob soglasju ministra za okolje in prostor, izdala novembra 1994 Odredbo o začasni razglasitvi Škocjanskega zatoka za naravno znamenitost. Predpis ministrov je omejeval dejavnosti na definiranem območju naravne znamenitosti, katera pa ni bila vnešena v državne in občinske prostorske akte. Odredba je bila podaljšana dvakrat, do razglasitve Zakona o Naravnem rezervatu Škocjanski zatok (Ur.l. RS 20/1998). Leta 2000 je prišlo do projekta, (ki vključuje tudi modeliranje pojavov), s katerim bi opredelili funkcioniranje Škocjanskega zatoka.

HIDRAVLIČNI MODEL ŠKOCJANSKEGA ZATOKA

Glede na omejen obseg hidravličnega modeliranja v okviru projekta, je bil v prvem koraku namen modela predvsem odgovoriti na vprašanje hidravličnih parametrov kanala, ki povezuje Škocjanski zatok z morjem skozi območje Luke Koper. S tem modelom bi pridobili osnovno informacijo o izmenjavi vodnih količin v zatoku. Izkazalo se je, da so podatki o gladinah zatoka pomanjkljivi, zato smo pristopili k izdelavi dvodimenzionalnega modela Škocjanskega zatoka, za katerega bi potrebovali samo en robni pogoj – bibavico. Na sliki 4 so prikazani elementi matematičnega modela, kjer je območje zatoka zajeto z metodo končnih elementov.



Slika 4: Prikaz elementov za hidravlične izračune Škocjanskega zatoka (1948 vozlišč, 3150 elementov)

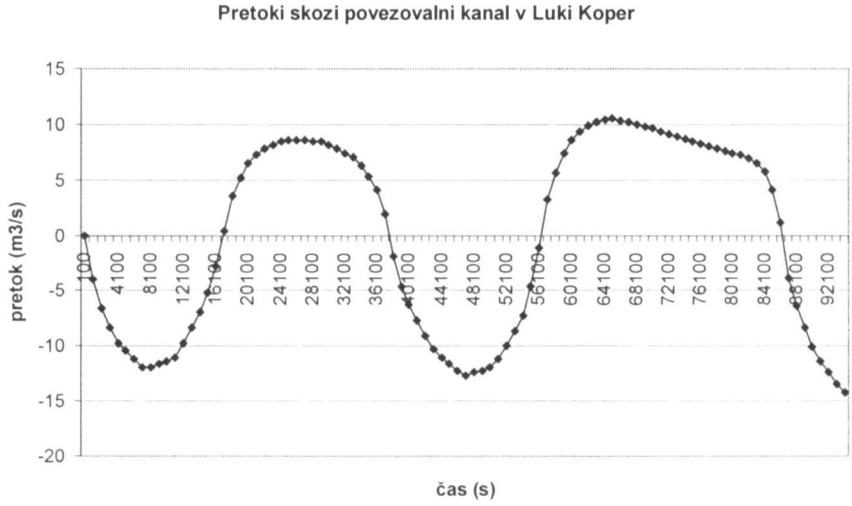
Tlorisna geometrija za navedeni matematični model je bila privzeta iz geodetskega posnetka Luke Koper (povezovalni kanal) in iz podatkov Ministrstva za okolje in prostor (Škocjanski zatok). Globine za povezovalni kanal niso bile izmerjene in smo jih zato ocenili na 1 m (izmerjene so bile v prerezih, kjer je bil merjen pretok).

KALIBRACIJA MODELA

Dne 13.8.2000 smo izvedli meritve pretokov in nihanje gladin za potrebe kalibracije matematičnega modela. Model smo kalibrirali le z ozirom na izmerjene pretoke, saj ob siceršnjih grobih ocenah vhodnih parametrov, ki smo jih uporabljali v modelu, natančnejša kalibracija ne bi bila smiselna.

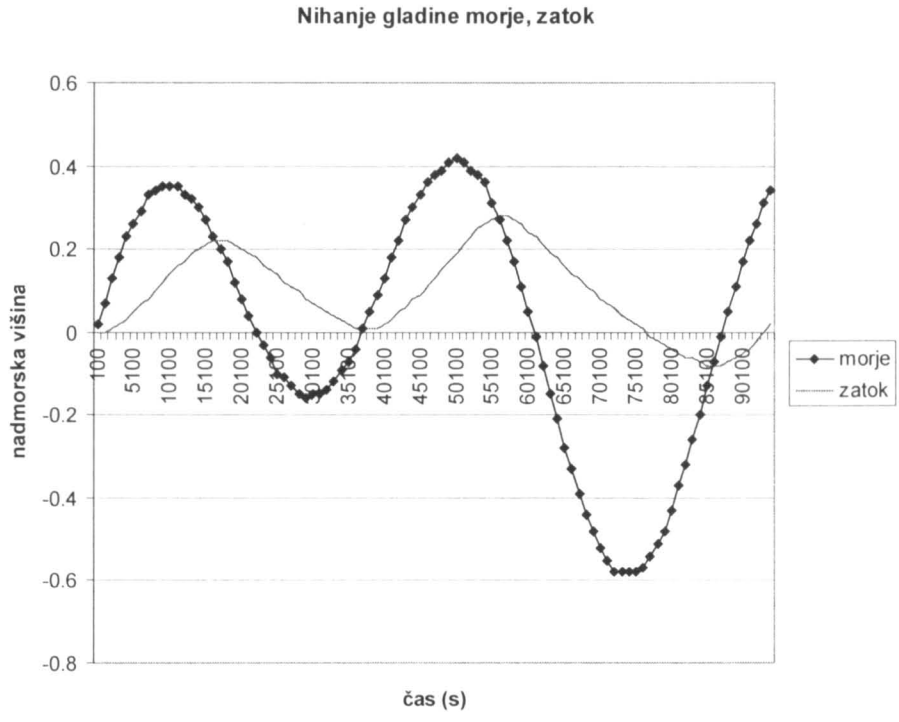
REZULTATI

Na podlagi rezultatov pridobljenih z matematičnim modelom lahko ugotovimo, da so bili v času trajanja referenčnega plimnega ciklusa pretoki skozi povezovalni kanal več kot 10 m3/s (slika 5).



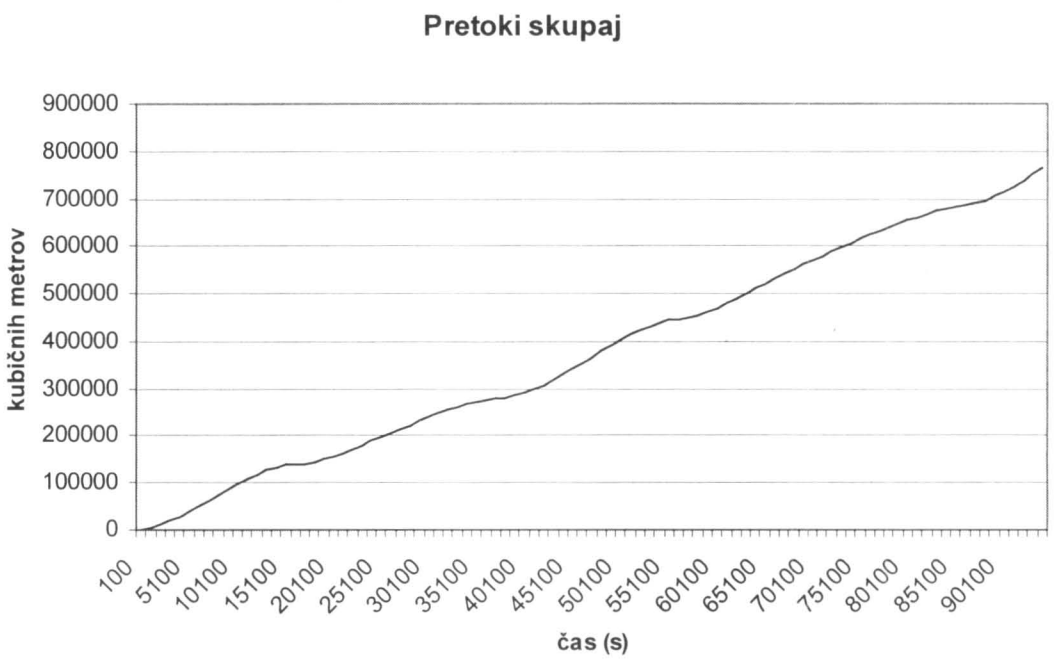
Slika 5: Pretoki skozi povezovalni kanal morje – Škocjanski zatok

Slika 6 prikazuje nihanje gladine v morju, kjer plima predstavlja robni pogoj hidravličnemu modelu in izračunane vrednosti nihanja gladine v zatoku. Opaziti je tudi pričakovano asimetrično nihanje gladine v zatoku in povezovalnem kanalu.



Slika 6: Nihanje gladine v morju (robni pogoj) in Škocjanskem zatoku

Na podlagi izračunanih pretokov smo določili tudi skupne pretoke v analiziranem času (26 ur in 500 sekund), kar je prikazano na sliki 7.



Slika 7: Skupni pretoki po kanalu v analiziranem obdobju

Rezultati modela nam podajajo, da se je v 24-tih urah po kanalu pretočilo v obe smeri 687.000 m^3 vode ali v eni smeri 342.000 m^3. Ob takšnih pretokih slane vode v Škocjanski zatok je na Obali nemogoče zagotoviti ustrezno količino sladke vode, da bi dobili željeno brakično vodo v zatoku.

Ob analizi pretoka skozi povezovalni kanal smo z izdelanim matematičnim modelom preverili tudi možno širjenje kozervativnega polutanta v Škocjanskem zatoku. Namen je bil, da bi dobili vsaj okvirni vpogled v zadrževalni čas vode v zatoku. Rezultati kažejo na to, da se voda v delu Škocjanskega zatoka zahodno od zožitve izmenjuje izredno počasi, s čimer si lahko obrazložimo tudi posebej problematično stanje kakovosti vode v tem predelu zatoka.

ZAKLJUČKI IN NADALJNJE DELO

Glede na dosedanje rezultate modeliranja lahko ugotovimo, da v Škocjanski zatok preko povezovalnega kanala, ki poteka skozi območje Luke Koper, priteka in odteka znatna količina slane morske vode. Pri tem moramo ob zaključkih poudariti, da so bile meritve, kakor tudi model, opravljene v času visoke plime (meritev 13.8.2000, polna luna 14.8.2000). Zato bo potrebno za natančnejšo določitev in modeliranje razmer v Škocjanskem zatoku izvesti še dodatne meritve in modeliranje v ostalih možnih pogojih.

Na podlagi dosedanjih ugotovitev in glede na nujnost reševanja obstoječega stanja, pa smo že pristopili k iskanju rešitve zatečenega stanja. Ob iskanju rešitve, usmerjene v preprečevanje zastajanja vode v Škocjanskem zatoku se nam je izkazala kot najustreznejša rešitev z vzpostavitvijo (stalnega) enosmernega pretoka skozi Škocjanski zatok ali z drugimi besedami "izpiranje" zatoka. Pri tem naj bi mehanizem izpiranja deloval po principu "plimne črpalke", za kar bo potrebno vzpostaviti še dodatno povezavo zatoka z morjem. Le to smo predvidili skoz zaenkrat zasuto bivše korito Badaševice. Na sliki 8 je prikazan modificiran matematični model z dodatno povezavo Škocjanskega zatoka z morjem.



Slika 8: Spremenjen matematični model za modeliranje delovanja plimne črpalke.

LITERATURA

Zakon o naravnem rezervatu Škocjanski zatok (Ur.l. RS 20/1998).

Uredba o koncesiji za upravljanje naravnega rezervata Škocjanski zatok (Ur.l. RS 31/1999).

Odlok o varstvu in razvoju naravnega rezervata Škocjanski zatok (Ur.l. RS 31/1999).

Predlog programa varstva in razvoja naravnega rezrevata Škocjanski zatok, MZVNKD Piran, december 1998, Piran.

Idejna zasnova vodnogospodarske ureditve naravnega rezervata Škocjanski zatok pri Kopru, Vodnogospodarski inštitut Ljubljana, januar 1996, Ljubljana.

Raziskave kakovosti morja in kontrola onesnaževanja, poročilo za leto 1998, Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, november 1998, Piran.

Petrinja Danilko, *Gradnja Luke Koper in železniške proge Koper – Prešnica*, december 1999, Koper.

Dokumentacija Programskega paketa, Hydrosoft energie – simulation system