

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni študij vodarstva in
komunalnega inženirstva

Kandidatka:

Marija Zaletelj

Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice

Diplomska naloga št.: 149

Mentor:

prof. dr. Franc Steinman

Somentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **MARIJA ZALETELJ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
» **ZADRŽEVALNIKI NA POVODJU GROSUPELJŠČICE**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 14.10.2010

IZJAVA O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji študija Vodarstvo in komunalno inženirstvo:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 556.166:627.51/.53(043.2)
Avtor: Marija Zaletelj
Mentor: prof. dr. Franci Steinman
Somentor: prof.dr. Jože Panjan
Naslov: Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice
Obseg in oprema: 57 str., 12 preg., 24 sl., 3 en., 7 pril.
Ključne besede: poplave, zadrževalniki, Grosuplje, HEC-HMS, HEC-GeoHMS, ESRI ArcGis

Izveček:

V zadnjem času se ljudje soočajo s pomanjkanjem prostih zazidalnih površin. Posledično se vrši čedalje večji pritisk na poplavna območja, kjer gradnja sicer ni dopustna. Občina Grosuplje ima ugodno geografsko lokacijo. Posledično se je mesto v zadnjem času precej razširilo, med drugim tudi na poplavna območja. Grosuplje poplavno ogrožata vodotoka Bičje in Grosupeljščica oz. Veliki potok. V letu 2009 je bil zgrajen suhi zadrževalnik Bičje. Na povodju Grosupeljščice je predviden suhi zadrževalnik Veliki potok. Njegova izgradnja se odlaša že desetletja, poleg tega se porajajo vprašanja o ustreznosti predlagane rešitve. Namen naloge je bil izvesti analizo vpliva dotočnih voda na povodju Grosupeljščice na pretok skozi mesto in poiskati možne lokacije za izgradnjo zadrževalnikov. Analiza je bila opravljena na podlagi digitalnega modela terena. Pri tem sem uporabila programsko opremo ESRI ArcGis, HEC-HMS in HEC-GeoHMS. Določila sem podpovodja, ki največ prispevajo k celotnemu odtoku. Po pregledu temeljne topografske karte in digitalnega modela terena sem določila štiri alternativne lokacije, kjer bi bilo možno zgraditi manjše zadrževalnike. Nato sem analizirala vpliv enega in različne kombinacije več manjših kombinacij zadrževalnikov. Izgradnja enega večjega zadrževalnika ali kombinacija štirih manjših sta se izkazali za najboljši rešitvi.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 556.166:627.51/.53(043.2)
Author: Marija Zaletelj
Supervisor: P. Ph.D. Franci Steinman
Cosupervisor: P. Ph.D. Jože Panjan
Title: Retention basins on Grosupeljščica watershed
Notes: 57 p., 12 tab., 24 fig., 3 eq, 7 ann
Key words: floods, reservoirs, Grosuplje, HEC-HMS, HEC-GeoHMS, ESRI ArcGis

Abstract

Nowadays people face a great lack of land for raising buildings. In consequence there is greater and greater pressure to build on flood plains although in general it is not permitted to build on flood plains. The community of Grosuplje is well geographically located. In past few years the city has expanded greatly including on flood plains. Streams Bičje and Grosupeljščica also called Veliki potok present flood threat to the city. In 2009 dry reservoir on the Bičje stream was constructed. On the watershed of Veliki potok there it is planned to build a dry reservoir named Veliki potok. Its construction is being delayed for decades now. There are also some doubts concerning proposed solution. Purpose of this work is to perform an analysis in order to find out the influence of the influx on the watershed of Grosupeljščica on the flow through the city of Grosuplje and to find alternative locations to construct reservoirs on. The analysis was carried out based on the digital elevation model using different software tools ESRI ArcGis, HEC-HMS and HEC-GeoHMS. By using prementioned software I defined subwatersheds that have greatest flow. Reviewing basic topographic maps and digital elevation model I proposed four alternative locations appropriate to construct reservoirs. Next I analysed the impact of one and different combinations of few reservoirs on the water flow through the city. Two various solutions proof to be best.

ZAHVALA

Za velikodušno pomoč, podporo in spodbudo pri nastanku diplomske naloge se najlepše zahvaljujem mentorju prof. Franciju Steinmanu.

Iskrena hvala tudi vsem ostalim profesorjem, strokovnim delavcem na FGG, sošolcem ter vsem, ki so kakor pripomogli k uspešnem zaključku študija.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Opis problematike, ki jo bo naloga obravnavala	1
1.2 Napoved vsebin naloge po poglavjih	2
2 ZASNOVA PROTIPOPLAVNIH UREDITEV	3
2.1 Vrste protipoplavnih ukrepov	3
2.2 Vrste škode, ki nastanejo ob poplavah	3
2.3 Pričakovana letna škoda	4
2.4 Poplavna območja Grosuplja	5
3 TEORETIČNE PODLAGE	9
3.1 Zadrževalniki	9
3.1.1 Uvod	9
3.1.2 Vrste zadrževalnikov	10
3.1.3 Elementi akumulacije	11
3.1.4 Uravnavanje zadrževanja	12
3.1.5 Osnovne enačbe zadrževalnika	15
3.1.6 Obratovanje zadrževalnika	16
3.2 Hidrološki model HEC-HMS	18
3.2.1 Kratak opis modela	18
3.2.1.1 ESRI ArcGIS	19
3.2.1.1.1 Razširitev 3D Analyst	19
3.2.1.1.2 Razširitev Spatial Analyst	20
3.2.2 Vhodni in izhodni podatki	20
3.2.3 Zasnova zadrževalnika	20
4 Pregled ureditev Grosupeljščice	21
4.1 Izvedene ureditve	21
4.2 Lastnosti poplavnih območij	22
4.3 Hidrogeološke razmere	22
4.4 Načrtovane ureditve	24
5 VHODNI PODATKI ZA ANALIZO ZADRŽEVALNIKOV NA POVODJU	26
5.1 Topografija	26
5.2 Hidrografske karakteristike povodja	27
5.3 Meteorološki podatki	28
5.4 Izdelava vhodne strukture modela HEC-HMS	29
5.4.1 Izdelava digitalnega modela terena in določitev povodij	30
5.4.2 Določitev koeficienta CN	35
5.4.3 Izračun vhodnih podatkov za model HEC-HMS	38
5.4.4 Dopolnitev modela HEC-HMS	39
6 ANALIZA ZADRŽEVALNIKOV NA POVODJU	42

6.1 Račun glede na sedanje stanje – varianta 0	43
6.2 Račun z upoštevanjem zadrževalnika Veliki potok – varianta 1	43
6.3 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 2	43
6.4 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 3	44
6.5 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 4	44
6.6 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 5	44
6.7 Povzetek rezultatov	45
7 Ovrednotenje rezultatov in PRIMERJAVA variant	47
7.1 Opis predlaganih ukrepov	47
7.2 Ocena predlaganih ukrepov (SWOT analiza)	48
7.3 Vpliv izbrane rešitve na vodno okolje, naravo in prostor	48
8 Zaključek	50
9 VIRI	52
9.1 Uporabljeni viri	52
10 PRILOGE	55

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Okvirne vrednosti za dimenzioniranje običajnega prostora poplavne akumulacije	13
Preglednica 2: Obremenitvene situacije za dim. razbremenilnih naprav	19
Preglednica 3: Uporabljene padavine za izračun visokih vod	31
Preglednica 4: Dejanska raba	37
Preglednica 5: Vrsta tal	39
Preglednica 6: CNLookUp	39
Preglednica 7: Parametri podpovodij	40
Preglednica 8: Parametri vodotokov	41
Preglednica 9: Pregled kombinacij zadrževalnikov	43
Preglednica 10: Parametri zadrževalnikov	43
Preglednica 11: Povzetek rezultatov	47
Preglednica 12: SWOT analiza – obravnava izbrane variante	50

KAZALO SLIK

Slika 1: Lega občine Grosuplje	1
Slika 2: Občina Grosuplje	1
Slika 3: Viri nevarnosti poplav	5
Slika 4: Opozorilna karta poplav - katastrofalne poplave	7
Slika 5: Opozorilna karta poplav - pogoste poplave	7
Slika 6: Opozorilna karta poplav - redke poplave	7
Slika 7: Osnovni elementi pregrade in akumulacije	13
Slika 8: Hidrograma vtoka in iztoka iz zadrževalnika	14
Slika 9: Načini del. zadrževalnika z nenadzorovanim in nadzorovanim iztokom	16
Slika 10: Geološka podlaga	26
Slika 11: Hidrografija obravnavanega območja	29
Slika 12: Hidrografsko območje Dobravke	30
Slika 13: TIN model terena	33
Slika 14: Rasterski digitalni model terena	33
Slika 15: Akumulacija toka	34
Slika 16: Odseki vodotokov	35
Slika 17: Povodja z drenažnimi linijami in točkami	35
Slika 18: Povodje Velikega potoka	36
Slika 19: Podpovodja Velikega potoka	36
Slika 20: Dejanska raba tal	38
Slika 21: Pedološka karta	38
Slika 22: Koeficient CN	40
Slika 23: Shematični prikaz modela	41
Slika 24: Predlagane lokacije zadrževalnikov	42

KAZALO PRILOG

Priloga A: Shema odtočnega režima

Priloga B: Hidrografske značilnosti

Priloga C: SCS klasifikacija zemljin

Priloga D: Vrednosti koeficienta CN

Priloga E: Odnos prostornina – nivo gladine

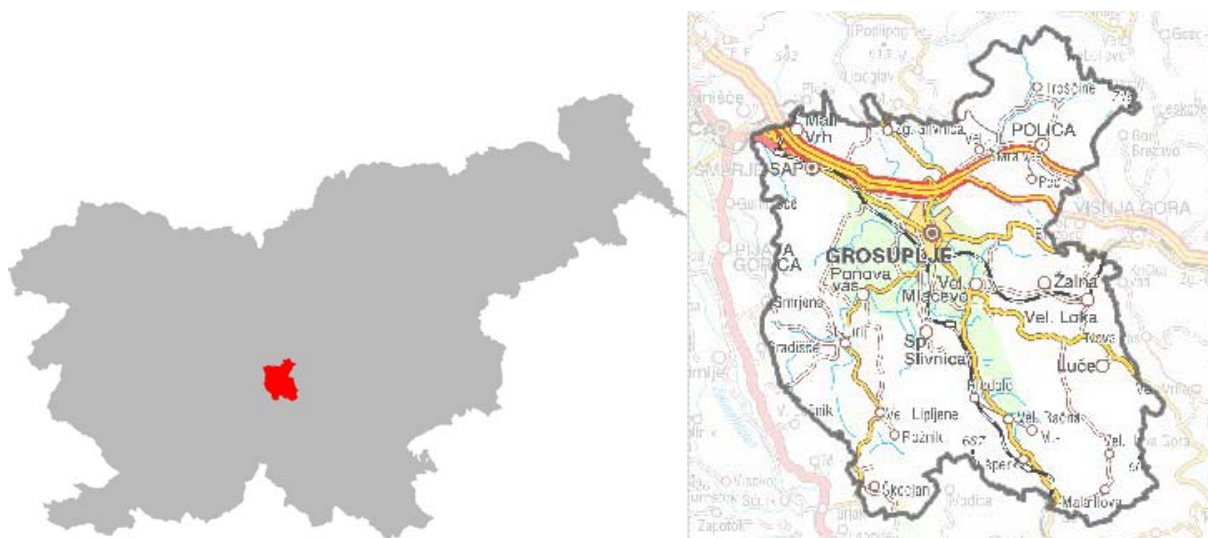
Priloga F: Rezultati modela HEC-HMS

Priloga G: Pregledna karta

1 UVOD

1.1 Opis problematike, ki jo bo naloga obravnavala

V občini Grosuplje na 134 km² živi 18388 prebivalcev (http://www.grosuplje.si/portal_obcina/www/staticAdminMgr.php?action=read&menu=1127554758). Od leta 2005 ima status mestne občine. Ima ugodno lego v bližini Ljubljane in ob avtocesti Ljubljana – Novo mesto ter ob železniških progah Ljubljana-Kočevje in Ljubljana Novo mesto. V zadnjih letih smo bili tako priča naglemu razvoju in širitvi naselja, čemur pa ni sledil razvoj infrastrukture. Grosuplje je danes upravno, gospodarsko in prometno središče. Ima pa hkrati več značilnosti primestnega ali celo spalnega naselja Ljubljane.



Slika 1: Lega občine Grosuplje

Slika 2: Občina Grosuplje

(<http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=GROSUPLJE>)

Skoraj cela občina leži v Grosupeljski kotlini na nadmorski višini okrog 300m. Marušič (1998) opredeljuje Grosupeljsko kotlino kot eno kraških krajin notranje Slovenije. Sestavljata jo Grosupeljsko polje z obrobjem in Radensko polje. Slednje je izrazito kraško polje, medtem

ko je Grosupeljsko polje kraško-fluvialno (Meze, 1977). Njegove kraške značilnosti se kažejo v tem, da dobiva vodo po kraški poti in da so ponekod po dolini kraške udornine (Meze in sod., 1981).

V Grosupeljski kotlini so trije večji potoki: Podlomščica, Bičje in Grosupeljščica. Vsi trije potoki pogosto poplavlajo. Na Bičju je bil v letu 2009 zgrajen suhi zadrževalnik vode. Glavni potok Grosupeljskega polja je Grosupeljščica, ki ima hudourniški značaj. V gornjem toku je imenovana Veliki potok. Ima strmo povirje. Poplavne ravnice se začnejo pojavljati že gorvodno od Grosuplja, ob pritoku v mesto pa je Grosupeljščica izrazito ravninski vodotok. Teče vzdolž celotne poteze mesta Grosuplje in sicer po njegovem vzhodnem delu. Na Radenskem polju je sotočje Podlomščice in Grosupeljščice. Od tu dalje se potok imenuje Dobravka in ponikne na Radenskem polju. Grosupeljščica oz. Veliki potok ima dva pritoka. Levi, Breg s Črne doline in desni Duplica, oba gorvodno od Grosuplja. Zaradi pozidave v mestu ni več na voljo prostih poplavin površin. Struga je skozi mesto regulirana že od leta 1963, vendar prevaja komaj $10 \text{ m}^3/\text{s}$, kar je manj kot 10-letne poplavne vode. Je tehnično urejen vodotok, saj tako zahteva manj prostora.

Do sedaj je bilo za protipoplavno varnost Grosuplja narejenih že več študij. Iz vseh izhaja, da je treba za zagotovitev varnosti pred stoletnimi vodami zgraditi zadrževalnik Veliki potok, strugo v toku čez mesto pa še dodatno regulirati zj. Povečati njeno pretočnost. Predvidene so predvsem poglobitve struge in nasipi do višine 1,5 m. Ti za prebivalce z vizualnega vidika niso sprejemljivi. Namen naloge je s programskim orodjem HEC-HMS narediti analizo zadrževalne sposobnosti prostora gorvodno od Grosuplje. S tem bi vplivali na pretoke Velikega potoka oz. Grosupeljščice in tako preverili vpliv zmanjševanja dotočnih voda Grosupeljščice. Na podlagi tega pa poiskati možne lokacije zadrževalnikov in ponoviti račun, upoštevajoč enega ali več manjših zadrževalnikov. Cilj naloge je primerjava učinka zadrževalnika Veliki potok z več manjšimi zadrževalniki. Naslednji korak je izbira najugodnejše rešitve in oceniti vpliv izbrane rešitve na vodno okolje, naravo in prostor.

1.2 Napoved vsebin naloge po poglavjih

V nalogi je v uvodu predstavljen problem naloge, sledi teoretična podlaga o protipoplavnih ukrepih, zadrževalnikih in hidrološkem modelu HEC-HMS. Sledi priprava in opis vhodnih podatkov, na koncu pa sledijo izračuni ter sinteza in ovrednotenje rezultatov.

2 ZASNOVA PROTIPOPLAVNIH UREDITEV

2.1 Vrste protipoplavnih ukrepov

Protipoplavni ukrepi so glede na vrsto posega lahko gradbeni ali negradbeni, glede na način delovanja pa so lahko aktivni ali pasivni. Tehnično varstvo obsega vodogradbene ukrepe (gradnja nasipov, razbremenilnikov, zadrževalnikov, reguliranje vodotokov, urejanje površij in urbanih površin) in protipoplavno gradnjo (dvig na gladino visoke vode, mokro tesnjenje objektov, suho tesnjenje objektov, plavajoče in amfibijske hiše). Sem spada tudi protipoplavna zaščita hišnih instalacij in naprav. Med negradbene ukrepe pa sodijo predvsem ukrepi prostorskega planiranja, nezgodno zavarovanje objektov, sprememba dejavnosti, delovanje službe za zaščito pred poplavami. Aktivni ukrepi so ukrepi, s katerimi vplivamo na obliko in naravo (npr. intenzivnost) pojava, pasivni pa tisti, s katerimi le varujemo pred posledicami.

2.2 Vrste škode, ki nastanejo ob poplavah

Škoda je naturalno in vrednostno izražena izguba, ki je lahko nastala na sredstvih in drugih dobrinah zaradi elementarne nesreče ali drugega vzroka. Sestavljajo jo (Trček, 1999):

- neposredna škoda na poškodovanih sredstvih in dobrinah, to je znesek, s katerim se poškodovano sredstvo/dobrina povrne v prvotno stanje oz. sedanja vrednost uničenega sredstva/dobrine;
- posredna škoda predstavlja dohodek, ki ga izgubimo, ker ne moremo opravljati dejavnosti zaradi uničenih ali poškodovanih sredstev, potrebnih za opravljanje dejavnosti;
- stroški, nastali kot posledica neposredne škode predstavljajo stroške občasnih obrambnih ukrepov, reševanja, oskrbe prebivalstva, živine in drugih dobrin med naravno nesrečo.



Slika 4. Določanje poplavne nevarnosti glede na vir nevarnosti

Slika 3: Viri nevarnosti poplav (Koželj et al, 2010)

2.3 Pričakovana letna škoda

Pričakovana letna škoda je integral zmnožka letne škode in matematičnega upanja škodnega dogodka. Letno poplavno škodo dobimo z odvajanjem odvisnosti škode od verjetnosti pojava za časovni interval eno leto za ogroženo območje (škodni odsek). Krivulja poplavne škode je zveza globina – škoda in ponazarja odvisnost med globino vode in nastalo škodo. Slednja je izražena bodisi direktno bodisi kot odstotek celotne vrednosti konstrukcije, opreme ali posredne škode (Trček, 1999). Škodno krivuljo je težko določiti, saj podatek o zvezi med globino vode in nastalo škodo najpogosteje ni na voljo.

Po metodi USACE (Jemec, 2002) račun poteka v več korakih. V prvem območje, ki ga obravnavamo, razdelimo na več škodnih odsekov. Vse nepremičnine, ki se nahajajo znotraj posameznega škodnega odseka, razvrstimo v škodne razrede glede na njihovo namembnost. Za vsak razred določimo krivuljo poplavne škode. Škodne razrede je možno razdeliti na podrazrede, za katere velja ista krivulja poplavne škode (Jemec, 2002). Možnih je več načinov razvrščanja objektov glede na namembnost in na škodne razrede. Stopnja podrobnosti razvrščanja je odvisna od podatkov, ki jih imamo na voljo in željene natančnosti rezultatov. Za objekte posebnega pomena oz. velikega škodnega potenciala je smotrno izvesti račun krivulje poplavne škode za vsak objekt posebej. Skupne krivulje poplavne škode seštejemo za vsak škodni odsek. Škodne razrede seštevamo na mestu indeksne stacionaže (profil v vodotoku na katerega se naveže posamezne škodne odseke). Tako izračunana pričakovana letna škoda je med drugim uporabna tudi za račune zavarovalnih premij.

Za izračun so potrebni podatki o geometriji vodotoka in obravnavanih objektih, hidrologiji (pretoki, povratne dobe) in hidravliki. Za poplavna območja so zaradi izrazitih motenj v toku bolj kot enodimenzjski primerni dvodimenzjski modeli.

2.4 Poplavna območja Grosuplja

Opozorilna poplavna karta za celo Slovenijo je dostopna na spletni strani <http://www.geopedia.si>. Na opozorilni karti poplav s spletne strani ARSO so območja nevarnosti razvrščena v tri razrede: katastrofalne, redke in pogoste poplave. Pogoste poplave imajo povratno dobo od 2 do 5 let, redke od 10 do 20 let, katastrofalne pa od 50 let naprej. Opozorilna karta opozarja le na poplavljanje zaradi tujih voda. Iz spodnjih treh slik je razviden obširen obseg katastrofalnih, pogostih in redkih poplav v občini Grosuplje, ki jasno kaže kako pereč je problem ureditve protipoplavne varnosti v celotni občini. Poplavno najbolj ogrožena območja so južno od avtoceste Ljubljana – Novo mesto in zajemajo skoraj celotno mesto ter se raztezajo po celotnem Radenskem polju.

Zaletelj, M. 2010. Zadrževalniki na povodju Grosupeljsčice

Dip.nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij Vodarstvo in komunalno inženirstvo



Slika 4: Opozorilna karta poplav - katastrofalne poplave (ARSO)



Slika 5: Opozorilna karta poplav - pogoste poplave (ARSO)



Slika 6: Opozorilna karta poplav - redke poplave (ARSO)

Na obrobju Grosupeljskega polja zajemajo katastrofalne poplave precejšen obseg. Na vstopu na Grosupeljsko polje je večina ravníc ob vodotoku široka in majhnega naklona. Potoki tečejo v plitvih strugah, zato začnejo kmalu poplavljeni. Poplave se pojavljajo ob Starem bregu,

Velikem potoku in Duplici. Na Grosupeljskem in Radenskem polju se je izoblikovala značilna pokrajina mokrotnih tal, kar kaže na pogostost poplav. V nadaljevanju se naštetih nekateri poplavni dogodki v zadnjem času. Starejših podatkov o pojavu poplav pa žal nisem zasledila niti v občinskem zborniku, v katerem so vsako leto zbrani pomembnejši dogodki.

Zadnji večji poplavni dogodek se je zgodil 17. in 18.9.2010, pred tem pa v juniju in juliju 2010, ter decembra 2009. Ob zadnjem dogodku je bila poplavljenca cesta Ob Grosupeljščici z delom ceste Ane Galetove. Ogroženih je bilo nekaj stanovanjskih hiš in pritlična stanovanja blokov. Na poti dolvodno je zalila še več vrtov v Rožni dolini in ogrozila skladiščni prostor podjetja Gramat Gril. Voda potoka Bičje se je kljub novemu zadrževalniku (ki naj bi ščitil pred poplavami) začela hitro razlivati po travnikih proti vasi Brezje ter tudi del naselja Sončni dvori. Na mostu v Brezju je voda segala le 5 cm pod vrhnim robom (<http://www.grosuplje.info/>).

V letu 2009 je ob praznovanju stoletnice obstoja Prostovoljnega gasilskega društva Grosuplje izšel zbornik v katerem je podan pregled opravljenih intervencij. V nadaljevanju so podane tiste, ki se nanašajo na posredovanje ob poplavah:

- 30.10. do 1.11.1990 Velike poplave na Grosupeljskem in Radenskem polju. Pri reševanju ob poplavah je sodelovalo 5 grosupeljskih gasilcev.
- 12.6.1992 Neurje-poplava. Po neurju so iz kletnih prostorov trgovine Mercator oz. stanovanjskega bloka črpali vodo 3 gasilci.
- 23. do 26.10.1993 Radensko polje. Poplave na Malem Mlačevem in v Zagradcu ter v Mali in Veliki Račni. Voda je zalivala kleti, garaže, gospodarska poslopja in nekaj stanovanjskih prostorov. Gasilci so pomagali pri umikanju premičnega inventarja pred poplavami.
- 12.10.1997 Neurje. Črpanje vode v garaži policijske postaje Grosuplje. Intervenirali so 4 gasilci.
- 13.10.1997 Vdor vode v gater na žagi GPG. Ni podatka zakaj je prišlo do vdora vode.
- 26.7.1998 Neurje. Vdor vode v kletne prostore Policijske postaje Grosuplje. Trije gasilci so prečrpavali vodo.

- 16.6.2003 Neurje. Zalilo klet NLB. Intervenira 8 gasilcev.
- 15.3.2004 Vdor vode v kletne prostore stanovanjske hiše na ulici Ane Galetove. Štirje gasilci so prečrpavali vodo. Ni znano, zakaj je prišlo do vdora vode.
- 20.6.2004 Velike padavine. Zalivalo je zbirni drenažni jašek pri Hotelu Kongo. Vodo so prečrpavali 3 gasilci, da ni zalilo kletnih prostorov hotela.
- 9.8.2004 Neurje. Zaliti kletni prostori Policijske postaje Grosuplje. Na intervencijo je odšlo 9 gasilcev. Prečrpali so vodo.
- 10.10.2004 Velike padavine, poplave v Grosupljem. V akciji je sodelovalo 20 gasilcev. Reševali so avto, ki je ostal na poplavljeni cesti. Črpali so vodo iz bližnjih stavb. Naredili so nekaj začasnih protipoplavnih jezov z vrečami, nepolnjenimi s pekom in nekaj prekopov, da je voda hitreje odtekla.
- 17.10.2004 Večje padavine. Prejeli so obvestilo prek pozivnikov, da (spet) poplavlja Grosupeljščica. Med ogrožene občane je 13 gasilcev razdelilo vreče s peskom, ki so tako zaščitili hiše.
- 17.10.2004 Preko pozivnikov so bili ponovno obveščeni, da je vdrla voda v klet stanovanjske hiše na Prešernovi cesti. Voda je dosegla višino cca. 5 cm, zato črpanje s črpalkami ni bilo mogoče.
- 29.6.2005 Grosuplje. Neurje. Vdor vode v klet. Na intervencijo se odzove 19 gasilcev in izčrpajo vodo na policijski postaji Grosuplje.
- 25.7.2006 Obilica padavin. Zalilo je klet na Policijski postaji Grosuplje in v stanovanjskem bloku (bivši samski dom) na Tovarniški cesti 1.

3 TEORETIČNE PODLAGE

3.1 Zadrževalniki

3.1.1 Uvod

Visokovodni zadrževalniki so vrsta gradbenih ukrepov za preprečevanje poplav. Njihov glavni namen je zmanjšanje poplavnega vala oz. zakasnitev njegovega potovanja skozi retenzijski prostor. Tam se zadržijo konice vodnega vala in se nato odvajajo postopno tako, da dolvodno ne povzročajo poplav. Zadrževalnike pa se uporablja tudi za namene gospodarske izrabe voda. Sodijo v skupino hidrotehničnih objektov, za katere je značilen (Steinman, Banovec, 2008): vpliv zgradbe na vodo in vode na zgradbo, vpliv objekta na okolje, zelo dragi, potencialno tudi nevarni objekti, dolgotrajna gradnja, zavzemajo veliko prostora, vplivajo na transportno sposobnost vodotoka.

Zajezne zgradbe obsegajo (Steinman, Banovec, 2008): dolinske pregrade, visokovodne zadrževalnike, zaježitvene objekte, črpalne akumulacije, prodne lovilce (bazene), prodne pregrade, zbiralnike vode (ribniki, bazeni). Zadrževalniki obsegajo pregrado z ustreznimi objekti (naprave za izpust vode in naprave za odvajanje viškov vode) ter prostor za vodo. V primeru, da se voda v njem zadrži le nekaj časa, je lahko tudi suh. Ta čas je namenjen drugi rabi prostora. Objekte na pregradah delimo načasne objekte v času gradnje, objekte za odvajanje vode iz akumulacije, objekte za zajem vode (za uporabnika) in instrumente za opazovanje pregrade.

V osnovi delimo pregrade na betonske in zemeljske (nasute). Betonske so lahko težnostne, steberske ali ločne. Težnostne se nadalje delijo na polne in razbremenjene (votle), steberske na steberske z ojačanim čelom ali z oboki (med stebri), ločne pa so lahko cilindrične kupolaste ali enakokotne. Zemeljske se delijo na zemljinske (če je več kot 50% zemljine) in kameninske. Zemljinske so lahko homogene ali slojevite, kameninske pa zložene, nasute ali slojevite. Pri izbiri vrste pregrade so odločilne geološke razmere in velikost objekta ter vpliv pregrade na okolje, na ljudi in že zgrajeno infrastrukturo. V splošnem so na dobro nosilnih

tleh bolj primerne betonske pregrade, na slabo nosilnih pa zemeljske. Pri projektiranju zemeljskih pregrad so še posebej pomembni objekti za prelivanje viškov voda (npr. preko krone pregrade) in varnostna višina, stabilnost, kontrola pronicanja, zaščita vodne strani, iztok in drugi objekti.

3.1.2 Vrste zadrževalnikov

Zadrževalniki so lahko eno ali večnamenski (vodooskrba, pridobivanje električne energije, poplavna varnost, turizem, ribištvo). Poleg tega jih ločimo na letne (sezonske), večletne ter zadrževalnike z večurno ali dnevno izravnavo (visokovodni zadrževalnik). Če je čas zadrževanja krajši od 24 ur, služi predvsem količinski kontroli vode v vodotokih (zmanjševanje konic poplavnih valov), omejitvi poplavljanja dolvodno ter za zaščito rečnega korita pred erozijo. V tem času še ne pride do številčnejšega usedanja finih delcev, zato je ta tip zadrževalnikov bolj primeren za sekundarne dejavnosti (Duhovnik, 2007).

Vtok v zadrževalnik je lahko kontroliran ali nekontroliran. Najbolj preprosto je prelivanje preko bočnih prelivov, vendar se voda lahko preliva tudi kadar to ni potrebno (ob manjših visokovodnih dogodkih). V primeru kontroliranega vtoka je treba vgraditi hidromehansko opremo. Navadno je to betonski prepust pod nasipom z ustrezno zapornico z grobimi rešetkami pred vtokom. Na vtoku lahko pride do erozije brežin nasipa zaradi visokih hitrosti vode na vtoku, zato je treba zgraditi ustrezno podslapje (Duhovnik, 2007).

Po načinu izpusta poznamo zadrževalnike z nadzorovanim (z zapornico ali zasunom) ali nenadzorovanim izpustom (prost iztok), po načinu prevajanja viškov vode pa zadrževalnike z odprtoprofilnim oz. zaprtoprofilnim prelivom (Kocjan, 2009). Bistvena razlika med akumulacijami in zadrževalniki je v tem, da gre pri prvih za akumuliranje vode na dolgi rok, pri zadrževalnikih pa za krajše zadrževanje odtoka. Objekti na vtoku in iztoku iz zadrževalnika bistveno vplivajo na količino vode in njeno časovno razporeditev v zadrževalniku. Če zajamemo premajhno količino vode, nismo rešili problema poplav dolvodno, v nasprotnem primeru pa povzročimo dodatno škodo, na zemljiščih namenjenih zadrževanju (Duhovnik, 2007).

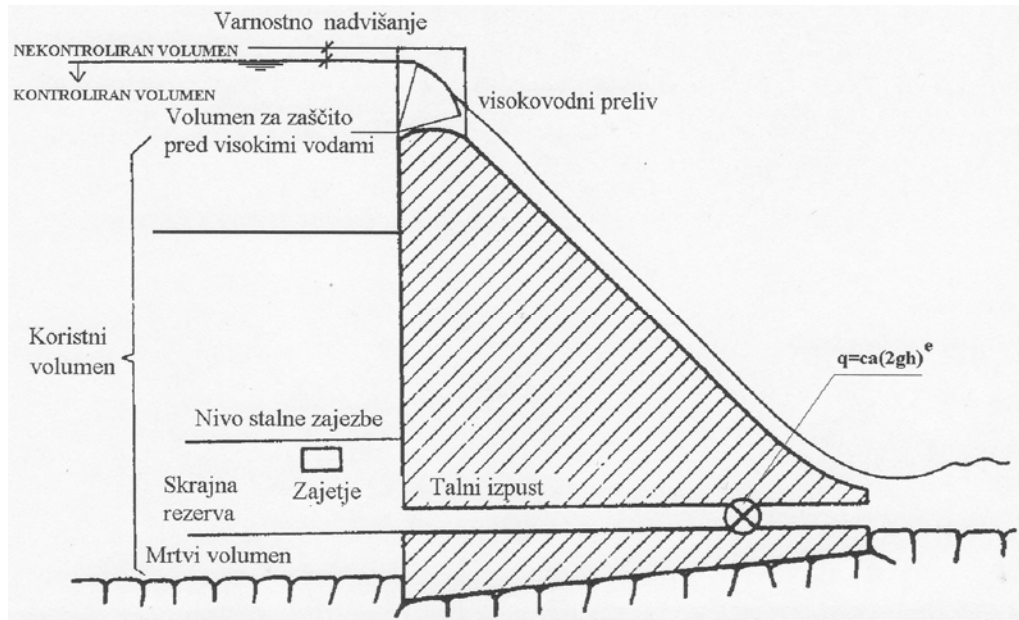
Kadar imamo dolinske pregrade, le-te pregrajujejo celotno dolino, gorvodno pa sega voda do zemljišč predvidenih v projektu. Pri prečnih pregradah pa pregrada zajezi le del dolinskega prostora, zato morajo biti zemljišča, namenjena zadrževanju, omejena z vzdolžnimi nasipi, ki potekajo vzdolž vodotoka. Ti preprečujejo nekontrolirano pretakanje med zadrževalnikom in preostalim obvodnim prostorom.

Akumulacijski bazen je lahko lociran na samem vodotoku ali pa izven toka vodotoka. Največkrat je potreba po zadržanju velikih količin vode. Za ta namen so potrebna velika območja. Najugodneje je, če se ustrezne površine nahajajo ob samem vodotoku. Izogibamo se območij, kjer so locirani pomembni objekti in gostejša poselitev. Po drugi strani pa so ravno območja ob vodi, ki služijo kot naravne retenzijske površine, privlačna za razvoj dejavnosti kot npr. turizem in šport. Tako je zaradi neprimerne rabe prostora treba tako rekoč po nepotrebem še dodatno posegati v prostor z gradnjo zadrževalnikov. Naravne retenzije so v bistvu primer suhih zadrževalnikov. Naravna poplavna območja rek lahko ogradimo z nasipi in na ta način bolje izkoristimo prostor na poplavnih območjih.

Na posameznem vodotoku je lahko zgrajen en ali več zadrževalnikov. Ti so lahko povezani med sabo v zaporedni ali vzporedni sistem zadrževalnikov. V primeru katastrofalnih poplav je največji učinek dosežen v primeru sinhronega delovanja sistema zadrževalnikov.

3.1.3 Elementi akumulacije

Osnovni elementi pregrade in akumulacije so prikazani na sliki 7. Mrtvi volumen akumulacije predstavlja biloški minimum oz. gladino, ki pogojuje stabilnost pobočij ali potrebe rekreacije. Aktivni volumen je prostornina med normalno gladino in gladino mrtvega volumna. Prostor za pregrado tako sestavljata običajna prostornina za poplavno vodo (kontroliran volumen) in izredni poplavni prostor (nekontroliran volumen). Prva mora biti dimenzionirana glede na pretok in prevodno zmogljivost dolvodno - maksimalna pretočnost. Ta vrednost je hkrati zgornja meja projektnega iztoka visokovodnega zadrževalnika. Izbrana projektna visoka voda je odvisna predvsem od nižje ležečih poplavnih površin. Okvirne vrednosti so podane v preglednici 1. Podane vrednosti so orientacijske, le za začetne faze načrtovanja. Danes je treba upoštevati škodni potencial oz. pričakovane poplavne škode, opisane v poglavju 2.3.



Slika 7: Osnovni elementi pregrade in akumulacije (Šraj, vaje Hidrologija II)

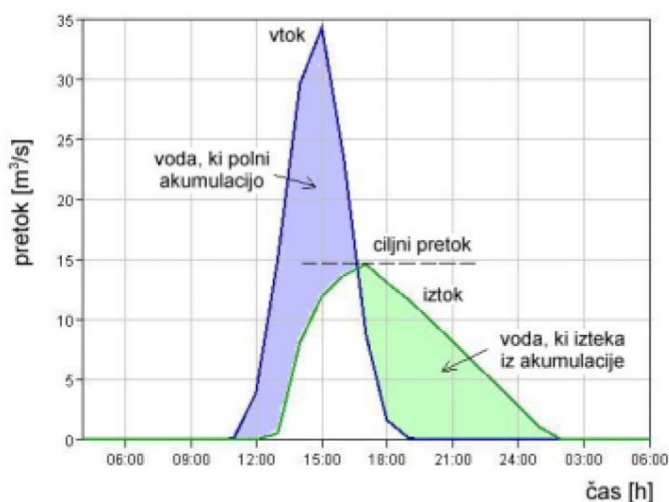
Preglednica 1: Okvirne vrednosti za dimenzioniranje običajnega prostora poplavne akumulacije (Kocjan, 2009, prirejeno po DIN 19700 T 12)

Razred	Raba površin	Povratna doba Tn
1	Močno pozidano območje	100
2	Pretežno pozidano območje, regionalne prometnice	50 do 100
3	Posamezne zgradbe, nestanovanjski objekti	25 do 50
4	Kmetijske intenzivne površine	10 do 25
5	Kmetijske manj intenzivne površine	5 do 10

3.1.4 Uravnavanje zadrževanja

Vpliv zadrževalnika na pretok je prikazan na sliki xx. Omogoča bolj uravnotežen odtok, zmanjšuje poplave in povečuje minimalne pretoke (Brilly, Šraj, 2005). Zadrževalnike z nadzorovanim izpustom imenujemo visokovodne zadrževalnike, zadrževalnike z nenadzorovanim iztokom pa imenujemo tudi protipoplavne zadrževalnike. Ti imajo temeljni izpust vedno prosto odprt, dimenzioniran pa je tako, da vrh iztočnega hidrograma ne preseže dolvodne pretočnosti. Njegova pretočna zmogljivost je odvisna od višine zajeze, na celoten

iztok pa vplivajo vtočni hidrogram, retenzija jezera ter velikost odprtine temeljnega izpusta (Kocjan, 2009). Za dimenzioniranje sta pomembni tudi povezavi med prostornino in višino vodostaja ter iztokom in višino.



Slika 8: Hidrograma vtoka in iztoka iz zadrževalnika (Brilly, Šraj, 2005)

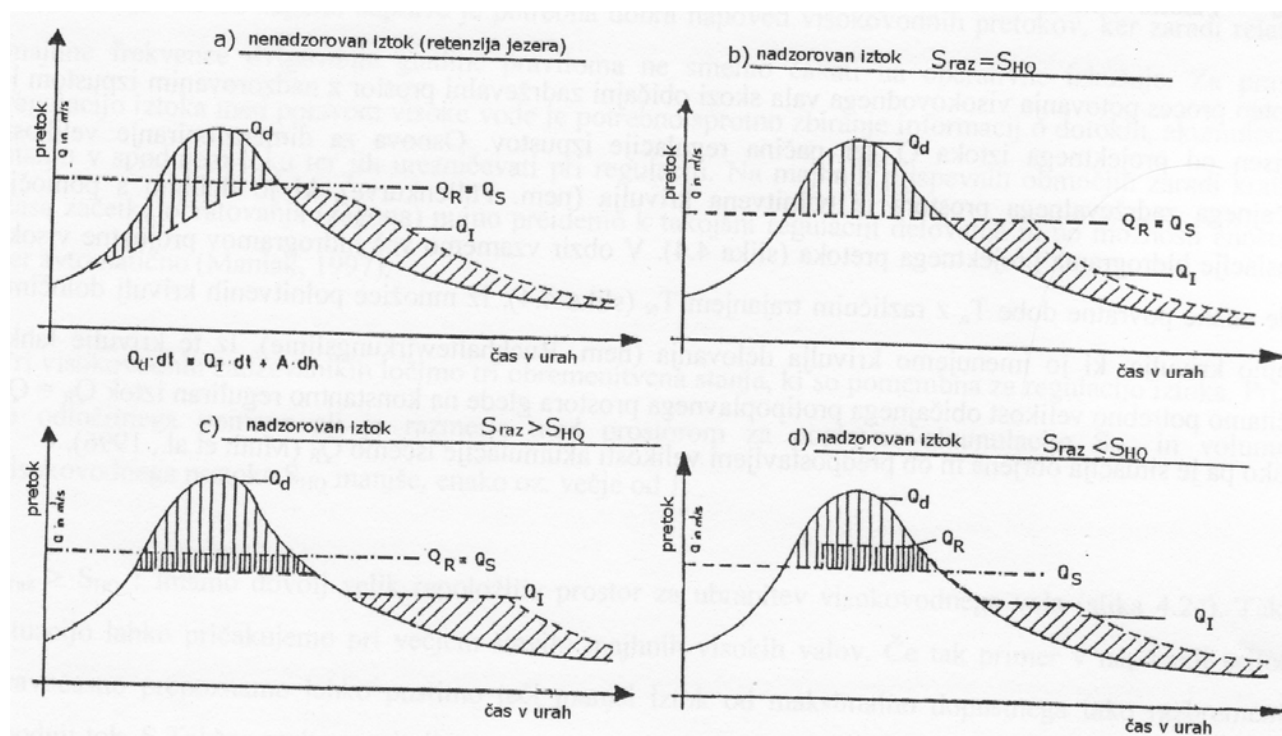
Za regulacijo iztoka so pomembna tri obremenitvena stanja. Opredeljena so z razmerjem med prostorom za poplavno akumulacijo S_{raz} in volumnom visokovodnega pretoka S_{HQ} (Kocjan, 2009). Prikazana so na sliki 9.

$S_{raz} > S_{HQ}$: Na voljo je dovolj velik prostor za sprejem (zadržanje) visokovodnega vala (slika 9c). Takšno situacijo lahko pričakujemo pri večjem številu manjših visokih valov. Če tak primer v napovedi pritokov pravočasno prepoznamo, lahko pustimo teči manjši iztok od maksimalno dopustnega tako razbremenimo spodnji tok. S takšno razbremenitvijo zagotavljamo dolvodno pretočne rezerve za vse stranske pritoke, ki se izlivajo v glavni vodotok. Pri tem je treba paziti, da je v primeru novega prihajajočega visokovodnega vala poplavni bazen na razpolago že med praznitveno fazo. S praznjenjem bazena pričnemo po upadu iztoka ali kasneje po umiritvi poplavnih razmer na celotnem prispevnem območju.

$S_{raz} = S_{HQ}$: V tem primeru je visokovodna količina vode enaka razpoložljivemu zadrževalnemu prostoru (slika 9b). Ta razmeroma redek pojav je hkrati projektna situacija za

dimenzioniranje zadrževalnika. Ob takšnem obremenilnem stanju mora biti zagotovljeno, da obratovalni izpusti brezhibno delujejo s polno kapaciteto oz., da prepuščajo maksimalni dovoljeni iztok Q_s in, da pri tem ne prihaja do predčasnega dviga zajeze v zadrževalnem prostoru.

$S_{raz} < S_{HQ}$: Razpoložljivi omejeni zadrževalnik je manjši od količine visokovodne akumulacije (slika 9d). Takšen primer lahko nastopi pri več zaporednih visokovodnih valovih, ki ne dopuščajo vmesnega varnega praznjenja bazena oz. vmesne faze za postopno ukrepanje proti visokim vodam. Za učinkovito delovanje varovanja pred visokimi vodami je v tem primeru kvalitetna napoved visokih voda odločilnega pomena. Pri popolnem poznavanju celotnega visokovodnega vala optimalno napolnimo bazen tako, da neškodljivi iztok Q_s povečamo le za vrednost, ki ustreza količini prestrežene visoke vode. Če obstaja dovolj natančna napoved dotokov, lahko minimizacijo iztoka rešimo kot linearni optimizacijski problem. S takšno predrazbremenitvijo, ki se postopno prilagaja razvoju povečanih dotokov in je pri tem še znosno za spodnji tok, zagotovimo večji del prostega zadrževalnega prostora za konico poplavnega vala. Pri predrazbremenitvi je nujnega pomena, da obratovalni izpusti do maksimalnega iztoka ne povzročajo bistvenega zadrževanja vode v bazenu. Če se nasprotno temu konstantno vztraja pri maksimalnem dopustnem iztoku Q_s do napolnitve zadrževalnega prostora z poplavno akumulacijo, se prične prelivanje. V takšni situaciji se vršni pretok blaži zgolj z retenzijskim učinkom izredne visokovodne akumulacije. Takšen primer lahko vodi do nepredvidljivih dogodkov, ki lahko močno poslabšajo dolvodne razmere.



Slika 9: Načini delovanja zadrževalnika z nenadzorovanim in nadzorovanim iztokom (Kocjan, 2009 prirejeno po Muth et al., 1996)

Pri analiziranju vpliva akumulacij in zadrževalnikov v vodnogospodarskih sistemih moramo poznati njihove lastnosti (Brilly, Šraj, 2005):

- Odnos med prostornino akumulacije in gladino vode (vodostajem) določimo na osnovi topografskih podatkov,
- Odnos med površino vode v akumulaciji in nivojem gladine vode tudi določimo na osnovi topografskih podatkov,
- Odnos med iztokom vode iz akumulacije in nivojem gladine vode v akumulaciji je lahko nektonroliran ali kontroliran z različno hidro-mehansko opremo na pregradi.

3.1.5 Osnovne enačbe zadrževalnika

Iztok iz zadrževalnika z vodoravno vodno gladino je možno izračunati z modificirano pulzno metodo propagacije. Za to je potrebno rešiti enodimenzijsko poenostavitev kontinuitetne enačbe (Brilly, Šraj, 2005):

$$I_{pov} - O_{pov} = \Delta S / \Delta t$$

enačba (1)

I_{pov} povprečni vtok
 O_{pov} povprečni iztok
 ΔS sprememba v skladiščenju

Z uporabo metode končnih razlik zgornjo enačbo zapišemo:

$$\frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{O_t + O_{t+1}}{2} = \frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} \quad \text{enačba (2)}$$

t časovni interval

I_t, I_{t+1} vtok

O_t, O_{t+1} iztok

S_t, S_{t+1} skladiščenje

V enačbi 2 so znane naslednje vrednosti $I_t, I_{t+1}, O_t, O_{t+1}$ in S_t . Vrednosti I_t in I_{t+1} so ordinate vtočnega hidrograma.

Za modeliranje zadrževanja je treba za obstoječe ali predlagano stanje pripraviti povezavo skladiščenje – odtok. Ta je odvisna od karakteristik rezervoarja, izpusta in preлива. Odvisno od oblike izpusta jo določimo z primernim jezom, odprtino ali enačbami za prepuste. V primeru, ko je iztok približno enak vtoku, dokler ni presežena kapaciteta prepusta. Potem je voda zadržana in je odtok odvisen od energijske višine. Ko je prepust popolnoma potopljen lahko računamo z enačbo:

$$O = KA\sqrt{2gH} \quad \text{enačba (3)}$$

K koeficient pretoka odvisen od oblike prepusta

A prerez prepusta pravokotno na smer toka

H energijska višina na izpustu – razlika med gorvodno in dolvodno vodno gladino

Model zadrževanja je uporaben za simulacijo katerekoli oblike izpusta in zadrževalnika. Model privzame, da je iztok kontroliran z razmerami na vtoku v iztočni objekt – iztok je le funkcija gorvodne gladine. V primeru, da je iztok zajezen s spodnjo vodo, tega modela zadrževanja ne smemo uporabiti.

3.1.6 Obratovanje zadrževalnika

Ločimo tri stanja obratovanja: čas delovanja zadrževalnika med poplavo, čas izven delovanja in čas izrednega stanja (prelivanje). V obratovalnem načrtu je za različne zajezne višine predpisan potreben iztok iz zadrževalnega bazena. Obratovalni načrt je del obratovalnega pravilnika in je rezultat gospodarskih, ekoloških in drugih zahtev. Med obratovanjem zahtevnejših objektov se vodi obratovalni dnevnik. V njem so zapisani vsi podatki o izvedenih operacijah, vzdrževanju in upravljanju. Pogosto v fazi načrtovanja ni na voljo ustreznih podatkov za natančno hidrološko napoved, zato je obratovalni dnevnik dobrodošla podpora pri nadaljnjem odločanju v izrednih situacijah.

Izredni poplavni prostor nastopi delovanje, ko se sprožijo naprave za odvajanje viškov vode. Njihov cilj je, da s svojo hidravlično prevodnostjo ublažijo dvig vodne gladine nad koto normalne zajeze ter tako ne pride do popolne preplavitve pregrade. Hkrati je s temi napravami določena varnost celotne zajezne naprave (Kocjan, 2009). Spodnja preglednica prikazuje izbiro projektne visoke vode za visokovodne razbremenilne naprave. Pri projektni visoki vodi morajo objekti za odvajanje viškov vode delovati po načrtu. Povzeta je po nemškem normativu DIN 19700 T 12. Ta loči med običajno, projektno in izredno obremenitvijo. Ta stanja določajo višino običajne, projektne in najvišje zajeze. Pri običajni obremenitvi dimenzioniramo majhne bazene na 100-letno povratno dobo, srednje in velike pa na 200-letno, medtem ko vse bazene dimenzioniramo na 1000-letne vode v primeru izredne obremenitve. Maniak (1997) definira majhne zadrževalnike z višino normalne zajeze manjše od 5m in prostornino bazena manjšo od $0,1 \times 10^6 \text{ m}^3$. Srednji in veliki zadrževalniki pa imajo višino normalne zajeze večjo od 5m in prostornino bazena večjo od $0,1 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Preglednica 2: Obremenitvene situacije za dimenzioniranje razbremenilnih naprav (Kocjan, 2009 po DIN 19700 T 12)

Obremenitvena situacija		Povratna doba T_n v letih		Maksimalna raba dodatne varosti v varnostnem nadvišanju v %	
Št.	Oznaka	Majhen bazen	Srednji in veliki bazeni	Majhen bazen	Srednji in veliki bazeni
1	Normalna obremenitev	100	200	0	0
2	Izredna obremenitev	1000	1000	75	90
3	Posebna obremenitev s pomičnimi zapornicami	300	200	75	90

Pri dimenzioniranju na izredno obremenitev podatki o 1000-letnih vodah navadno niso na voljo oz. niso zanesljivi. V ta namen se pogosto uporablja večkratnik stoletnih voda oz. se določi največje možne poplave na podlagi fizikalno predvidenih največjih možnih padavin na določenem območju.

Varnostno nadvišanje pregrade je po DIN 4048 T 1 (Kocjan, 2009) vertikalna razdalja med krono pregrade in najvišjo zaježno gladino pogojeno s projektno visoko vodo. Nadvišanje je seštevek vpliva vetra na dvig gladine in vpliv valovanja, vpliv dviga gladine zaradi ledu in varnostni dodatek, ki vključuje toleranco izvedbe, posedke, kvaliteto tesnjenja in okvare. V primeru, ko ni na voljo ustreznih podatkov, varnostno nadvišanje ocenimo (pri visokih pregradah znaša do 2m), sicer pa se določi računsko.

3.2 Hidrološki model HEC-HMS

3.2.1 Kratek opis modela

Računalniški program HEC-HMS je razvil US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (Hidrološki inženirski center (HEC) ameriške vojske). Namenjen je modeliranju padavinskega odtoka s povodij. Zajema naravni in umetni odtok s povodij, zaloge vode na velikih rečnih povodjih in poplave. Izračunani hidrogrami so uporabni predvsem za napovedovanje poplav in vodnih zalog, ugotavljanje odtoka s povodij,

modeliranje pregrad in prepustov, študije vpliva bodoče urbanizacije in podobno (Brilly, Šraj, 2005).

Hidrološki model sestavljajo trije modeli: model povodja, meteorološki model in kontrolni model. Pomembno je zaporedje vnosa modelov. Najprej je treba narediti računsko shemo povodja in nato vnesti podatke za izračun. Shema povodja predstavljajo elementi imenovani podpovodje, vozlišče, potovanje, akumulacija, izvir, ponor in razcep. V meteorološkem modelu obravnavamo padavinski dogodek, da bi izračunali hidrogram odtoka. Na voljo je več različnih možnosti podajanja padavinskega dogodka. Kontrolni model pa določa časovni okvir računske simulacije – začetek in konec simulacije ter računski interval. Rezultati so podani v grafični in Preglednicarični obliki.

HEC-GeoHMS je nadgradnja programa HEC-HMS. Ta ne deluje samostojno, pač v okolju ESRI ArcGis. Za zagon sta potrebni še razširitvi Spatial Analyst in 3D Analyst. Predstavlja enostavno GIS orodje za pripravo vhodnih podatkov za model HEC-HMS. Z analizo digitalnega modela terena pretvori hidrološke podatke povodja v ustrezno obliko za uporabo v modelu HEC-HMS. Delo z njim je bolj zahtevno kot s HEC-HMS, je pa ravno tako precej uporabniku prijazen program. Priporočljivo je predznanje programa HEC-HMS. V nalogi je bil uporabljen program HEC-HMS 3.4 in HEC-GeoHMS 4.2.92.

3.2.1.1 ESRI ArcGIS

Programsko orodje ArcGIS je razvil ameriški inštitut ESRI (Environmental System Research Institute), ki se ukvarja z reševanjem geografskih problemov s pomočjo računalniške programske opreme. Tako so razvili tehnologijo za uporabo na najrazličnejših področjih, kar nam pomaga pri vizualnem prikazu, analizah, raziskovanju, obdelavi GIS podatkov in iskanju rešitev. Danes nam nudi možnost za izdelavo različnih kart. Za poljubno območje lahko izdelamo topografske karte, rastrske izrise, prikaze infrastrukture in drugih podatkov. Za nekatera posamična področja so razvili dodatne razširitve, ki uporabniku na eni strani olajšajo delo, ter mu po drugi nudijo še več možnosti pri obdelavi podatkov in prikazu rezultatov. Pri hidravličnih modelih lahko izboljšamo kvaliteto analiz z razširitvama 3D Analyst in Spatial Analyst (Rak, 2006).

3.2.1.1.1 Razširitev 3D Analyst

Razširitev 3D Analyst omogoča uporabniku izdelavo dveh vrst modelov, izdelanih v obliki pravilne mreže ali nepravilne triagonalne mreže. S pomočjo le-teh lahko izdelamo realistične modele terena ali pa prikažemo različne gradiente. 3D Analyst nam omogoča izdelavo modela površin na podlagi podatkov različnih formatov. S pomočjo interpolacije omogoča izdelavo modela TIN na osnovi podatkov točk, linij ali poligonov. Na modelu neke površine lahko dobimo višine posameznih točk, izrise izohips, dobimo podatke o naklonih površin, perspektivo poljubne točke ali pa z njim interpretiramo rezultate, ki so tako lažje razumljivi.

3.2.1.1.2 Razširitev Spatial Analyst

Spatial Analyst je razširitev ArcView-ja, ki pomaga uporabniku pri odkrivanju in raziskovanju povezave med posameznimi podatki. Z njegovo pomočjo izdelamo rastrske modele za ponazoritev najrazličnejših podatkov, kot na primer hitrost rasti gostote prebivalstva. Spatial Analyst nudi orodja za oblikovanje podobe zemeljskega površja in analiziranje značilnosti le-tega.

3.2.2 Vhodni in izhodni podatki

Za izdelavo modela povodja je treba izbrati metodo računa padavinskih izgub, transformacije in propagacije. Model zahteva podatke o površini podpovodij, naklonu, dolžini in naklonu vodotokov, najdaljše poti toka po podpovodjih, določitev centroidov podpovodij in določitev poti toka od centroida podpovodja do iztoka iz podpovodja, koeficientov CN za povodja in časa zakasnitve. Zahtevani parametri so odvisni od izbire računskih metod.

3.2.3 Zasnova zadrževalnika

Zadrževalnik simuliramo z elementom »akumulacije«. Lahko ima enega ali več dotokov, medtem ko program izračuna en iztok iz zadrževalnika. Za opis zadrževalne sposobnosti je na voljo več metod. Zahtevani parametri so odvisni od izbire računske metode, opis načina zadrževanja in začetnih pogojev. V tej nalogi je bila izbrana metoda računa z izpustnimi objekti. Zadrževalniku sem določila en preliv in en talni izpust. Privzela sem, da je talni izpust potopljen. Tako je bilo treba vnesti razmerje med vodostajem in prostornino akumulacije,

začetnem nivoju gladine, ter dimenzije in hidravlične parametre izpustnih objektov. Število in lokacije zadrževalnikov so bili določeni arbitrarno glede na obravnavano območje. Posamezne variante so prikazane z ustrezno shemo odtočnega režima (prilogi A in E).

4 PREGLED UREDITEV GROSUPELJŠČICE

4.1 Izvedene ureditve

Prve regulacije Grosupeljščice naj bi segale v leto 1959 (Stele, 2005), sicer pa je bila poplavnost Grosupeljskega in Radenskega polja strokovno obdelana leta 1962 (<http://www.grosuplje.si>, 2010). Najprej je bilo predvidenih sedem zadrževalnikov. Sedaj so aktualni le še trije. Na Bičju je bil zgrajen v letu 2009. Suhi zadrževalnik, ki ga je financirala izključno občina, bo v izrednih razmerah zadržal okoli 1300000 m³ vode. V zvezi z zadrževalnikom na Podlomščici ni še nič dogovorjenega, medtem ko naj bi zadrževalnik Veliki potok zgradila oz. sofinancirala država. Sam zadrževalnik pa ne ureja v celoti poplavne nevarnosti Grosupeljščice.

Kronološki pregled v nadaljevanju izhaja iz opisov dostopnih na portalu <http://www.grosuplje.si>. Od leta 1997 je ureditev območja ob potoku v planskih aktih Občine Grosuplje opredeljena kot območje, ki se ureja s prostorsko izvedbenim načrtom (lokacijskim načrtom). Leta 1991 je bil sprejet Ureditveni načrt Zadrževalnik Veliki potok (Ur.l.RS 8/91). Ta določa rešitve in pogoje za gradnjo pregrade s spremljajočimi objekti, rekonstrukcijo ceste Velika Stara vas – Kožljevec, prestavitev Velikega potoka, prestavitev telefonskega voda in zaščito kmetije Liznik, ki se je takrat nahajala znotraj območja suhega zadrževalnika. Zadrževalnik je bil dimenzioniran na stoletne poplavne vode. Leta 2001 pa so bile sprejete spremembe ureditvenega načrta (Ur.l.RS št. 64/01). Dodan je bil člen, ki določa pogoje za prestavitev kmetije Liznik.

Leta 2001 je bil izdelan projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja. Poleg tega se je začela izdelava študije Veliki potok – Analiza stanja Grosupeljščice v Grosupljem (IzVRS, 2005). Leta 2005 je občina pričela s postopkom sprejemanja OLN Vodna pot. Leta 2006 je potekala Arhitekturna delavnica, imenovana Vodna pot. Njen cilj je bil ureditev zelene poteze ob vodi in njena nadgraditev s potrebnimi protipoplavnimi ukrepi. Leta 2008 je občina odstopila od nadaljevanja postopka OPPN Vodna pot. Projekt po županovih beseda presega finančne

zmožnosti občine. Občina je predlagala, da bi Ministrstvo za okolje in prostor pričelo postopek sprejetja državnega prostorskega načrta za ureditev protipoplavne varnosti Grosupeljščice.

Ravno tako je bil leta 2008 ustanovljen iniciativni odbor protipoplavne zaščite v Grosupljem. Iz javnega pisma objavljenega v občinskem glasilu izhaja, da je občina z obljubljenjo izgradnjo zadrževalnika Veliki potok potencialnim investitorjem na ogroženem območju zagotovila protipoplavno varnost. V tem času so investitorji z vsemi potrebnimi dovoljenji gradili na poplavnem območju in so s temi posegi izpostavljeni poplveni nevarnosti oz. tveganju. Zadrževalnik pa ni bil zgrajen. Gradnja je zaradi visoke investicije časovno odmaknjena.

4.2 Lastnosti poplavnih območij

Čez Grosupeljščico je urejenih sedem mostov. Ti imajo večinoma premajhno pretočno odprtino. Na vhodu v Grosuplje se ji močno približa avtocesta Ljubljana – Novo mesto. Na nekaterih mestih so ob strugi vzpostavljene sprehajalne poti, ki pa med sabo niso ustrezno povezane. Brežine struge so močno porasle, kar še dodatno zmanjšuje pretočnost struge. V vplivnem območju vodotoka se nahaja pomebna urbana infrastruktura – komunalna in energetska infrastruktura (ceste, kanalizacijsko, toplovodno, električno in kabelsko omrežje ter omrežje zvez in naprav) (Topos, 2006).

Teren okoli vodotoka (ti. Obvodni prostor) je večinoma raven, porasel z obrežno vegetacijo. Vodotok tako teče skozi nepozidane zelene površine (travnike, gozd, kmetijske površine), ob mokrotnih travnikih, pa tudi ob nepozidanih travnih površinah kjer je predvidena stanovanjska pozidava, ob zelenih površinah za šport in rekreacijo ter skozi gosto poselitev mesta Grosuplje. Struga rahlo meandrira. Skozi celotni odsek je z več nizkimi pragovi stabilizirana niveleta struge.

4.3 Hidrogeološke razmere

Hidrogeološke značilnosti občine Grosuplje so precej raznolike. Na SV občine se nahaja podzemna voda v kameninah z razpoklinsko poroznostjo, ki imajo značaj zelo razpokane kamenine. V ravninskem delu Grosupeljske kotline se nahajajo predvsem aluvialne naplavine z različno poroznostjo in prepustnostjo. Te se menjavajo s področji s podzemno vodo s prosto gladino v usedlinah z intergranularno poroznostjo, s slabšo propustnostjo, pri čemer se menjava prepustnost v horizontalni in vertikalni smeri. Na jugovzhodu občine se nahaja podzemna voda v močno zakraselih kameninah (<http://nfp-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/GIS/splosno/vode/33.dwf>) (priloga B).

Geološko podlago občine Grosuplje predstavljajo karbonati, z izjemo območja Radenskega polja in območja na jugozahoda mesta Grosuplje, ter območja na vzhodu občine, kjer geološko podlago predstavljajo glinasto prodni zasipi (slika xx). Bolj natančen geološki opis je podan v Meze, Lovrenčak, Šercelj, 1981. Ozemlje je skoraj v celoti sestavljeno iz mezozojskih karbonatnih kamnin. Okoli Lipljen, Rožnika in Železnice ter zahodno od Podtabora se pojavljajo vododržnejši sljudasti skrilavci, skrilavci in peščenjaki. Na severu prevladujejo dolomiti, na jugu pa apnenci. Približna meja med obema je na črti Velika Loka, Boštanj, Malo Mlačevo, Podtabor, z globljo zajedo dolomita na jug ob Podlomščice do njenega izvira. Nad levim bregom Velikega potoka, SZ od Police ter severno od Šmarja, so manjše krpe neprepustnih karbonsko-permskih plasti. V severnem delu višjega obrobja okrog Lipoglava so znatne površine zrnatega dolomita z vložki apnenca, severno in južno od Šmarja in severno od Police pa je dolomit s plastmi sljudastega skrilavca, skrilavec in peščenjak z oolitnim apnencem; šmarsko razvodje je v dolomitu. Na Polici se stekata dva preloma: dinarski iz smeri na jugovzhodu z območja Polževega, in prelom, ki se vleče s Police proti severu; na stičišču obeh je nastala kraška kotanja na Polici.



LEGENDA

Barva Tip

	Glinasto prodni zasipi
	Karbonati

Vir: Ministrstvo za okolje in prostor,
 Agencija RS za Okolje
 Datum stanja: maj 2007

Slika 10: Geološka podlaga (<http://www.geopedia.si/print.html>)

4.4 Načrtovane ureditve

Za zmanjšanje poplavne ogroženosti so načrtovane (<http://www.grosuplje.si>, 2010) ureditve Grosupeljščice v Grosupljem in zadrževalnik Veliki potok. V prvem sklopu so predvideni naslednji ukrepi, vezani na dno obstoječega mostu na železniški progi Ljubljana-Novo mesto:

- Povečanje obstoječih prepustov,
- Izravnava nivelete dna (pri tem je predvidena dodatna stabilizacija dna s talnimi pragovi),
- Enostranska razširitev obstoječega korita na $b=7,0$ m,
- Ohranitev obstoječe zarasti na vseh brežinah, ki niso prizadete zaradi razširitve,
- Izločitev obstoječih inundacij (mrtve struge nekdanjega potoka) zaradi predvidene pozidave (ki je sprejeta z občinskim planom)
- Lokalno varovanje z nasipom oz. obrežnim zidom,
- Povečanje prepustov pod železniško progo,
- Izvedba novih premostitev na Grosupeljščici, ki so danes poddimenzionirane.

Zadrževalnik je predviden ob cesti Grosuplje-Polica na potoku Veliki potok. Zadrži vodo iz ene tretjine prispevnega območja. Njegov namen je zadržati visokovodni val v času nastopa visokih voda. Njegove osnovne značilnosti so naslednje:

- Koristni volumen $V=520000 \text{ m}^3$ (podatka o volumna vala ni bilo na voljo),
- Maksimalna kota gladine je 368,50 (tudi kota preliva),
- Vrh pregrade na koti 371,50
- Objekti na pregradi:
 - Talni izpust 2,60 x 2,80 m
 - Zapornični objekt je lociran v pregradnem telesu, zapornična tabla je dimenzij 2,6 x 2,8 m
 - Objekt za upravljanje je na vrhu zaporničnega objekta
 - Podslapje talnega izpusta,
 - Vtok v talni izpust z grobimi grabljami,
 - Varnostni preliv za visoke vode in podslapje preliva za visoke vode
- ostali ukrepi:
 - Prestavitev ceste v območju pregrade na desnem bregu,
 - Dovod vode do vtoka v talni izpust,
 - Izgradnja jarka v nožici na vodni strani pregrade,
 - Izgradnja poti preko pregrade na njenem levem boku.

5 VHODNI PODATKI ZA ANALIZO ZADRŽEVALNIKOV NA POVODJU

5.1 Topografija

Grosupeljščica je potok z več imeni. V zgornjem toku se imenuje Veliki potok, blizu Grosuplja Stari breg, čez mesto do Kolenčevega mlina Grosupeljščica, od tam pa Dobravka. V zadnjem času pa se čedalje bolj uveljavlja ime Grosupeljščica za celoten tok (Meze, 1980).

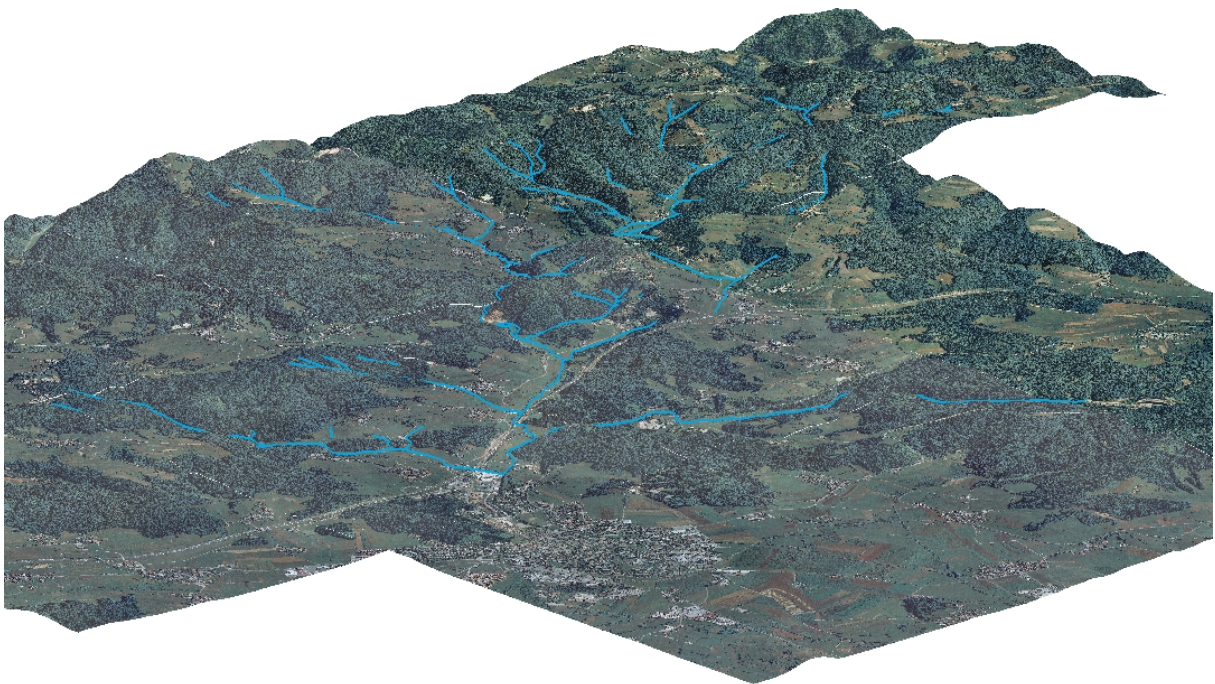
V Veliki potok se steka z leve po Pasji dolini zahodno od Police majhen potoček s kraškim izvirom z zagatno steno. Voda je v njem le občasno. Teče po mokrotni dolinici, ki se steka v široko mokrotno dolino Velikega potoka pri Drobniču. V izviru prihaja na površje tudi voda Brega, manjšega potoka, ki teče v višje ležeči kraški kotanji z naseljem Polica. V to kotlino se s severovzhoda steka več manjših potočkov, ki ob visoki vodi poplavijo aluvialno ravnico dna kotanje ob Bregu in puščajo v njej na manjši površini v Ločju zamočvirjena tla. Breg ponika v jugozahodnem delu kotanje v treh manjših rupah, imenovanih Rupce (Meze, 1980).

V Stari breg se z leve, vzhodno od Potoka pri Perovem, izliva daljši potok Duplica, imenovan tudi Breg. Stalno vodo dobiva iz kraškega izvira Petrovec, z večjo zagatno steno v strmem pobočju južno od vasi Peč. Dolina Duplice je do Skobčebega mlina ozka in globoka, nižje od mlina pa se razširi v akumulacijsko ravnico, ki jo visoke vode poplavijo. Na robu Senožeta, vzhodni del ravnice, so kraški izviri, ki povečajo vodo Duplici. Na desni strani Duplice pod hribom Ušivec je kraški izvir Kačjek, zajet za grosupeljski vodovod (Meze, 1980).

Pri Perovem se z desne zliva v Stari potok Breg, ki je zahodno od Dobja zaprt z nasipom za Ribnik. Nad Ribnikom je dolina Brega, imenovana Črna dolina, zelo mokrotna. Ima dva večja kraška izvira – eden je zajet za grosupeljski vodovod. Ravno tako je zajetje za vodovod južno od Dobja, kjer je manjši izvir (Meze, 1980).

Grosupeljščica teče od Grosuplja po široki akumulacijski dolini imenovani Grosupeljsko polje. Jugozahodno od Gatine se v Grosupeljščico zliva Gatinski potok, na jugu Grosupeljskega polja pa se združi skupaj s Podlomščico. Od sotočja Grosupeljščice in Dobravke naprej se potok imenuje Dobravka, ki teče naprej po Radenskem polju (Meze, 1980).

Ob vstopu na Radensko polje Dobravka močno meandrira in južno od Boštanja ponikne v jamo, imenovano Veliko retje. Ta sproti požira le majhne vode, močnejše pa jo zalijejo in iščejo pot naprej po strugi do požiralnika Beznica jugovzhodno od Zagradca. Ob zelo velikih vodah pa Dobravka pride vse do potoka Šica na južnem delu polja (Meze, 1980).

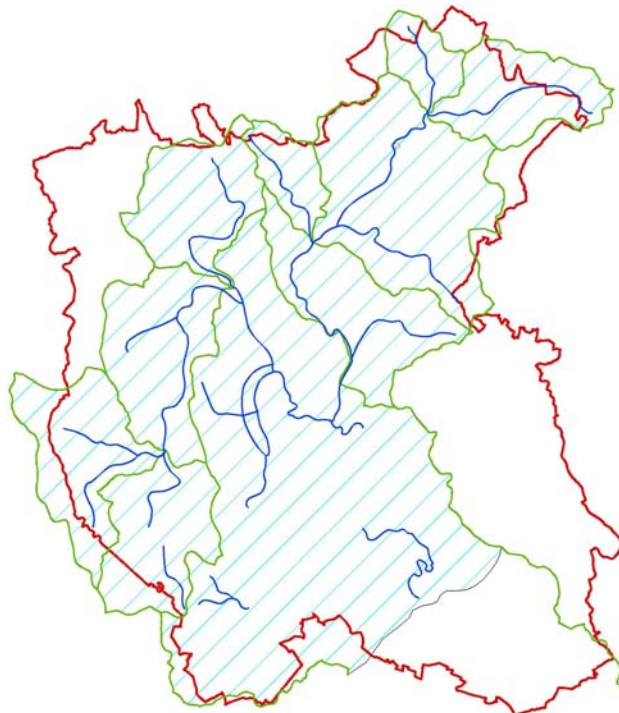


Slika 11: Hidrografija obravnavanega območja

5.2 Hidrografske karakteristike povodja

Večina Grosuplja pripada hidrografskemu območju Dobravke (Grosupeljščica od sotočja s Podlomščico). Ta pripada povirju Krke oz. na višji ravni porečju Save. Grosupeljščica ima, kot že omenjeno, več pritokov. Najpomembnejša sta levi (Breg s Črne doline) in desni

Duplica. Hidrografske razvodnice (ARSO) delijo povodje Dobravke na deset podpovodij. Na spodnji sliki je z rdečo barvo prikazana meja občine Grosuplje, z svetlo modro barvo hidrografsko območje Dobravke, z modro vodotoki in z zeleno razvodnice (ARSO).



Slika 12: Hidrografsko območje Dobravke

Hidrografske karakteristike povodja so bile izračune s pomočjo programa HEC-GeoHMS v okolju ArcMap in so natančneje opisane v poglavju 5.4.3.

5.3 Meteorološki podatki

V začetku junija 2010 je v Grosupljem začela delovati samodejna vremenska postaja, ki je nameščena na opazovalnem prostoru uradne meteorološke postaje Agencije Republike Slovenije za okolje (<http://www.grosuplje.info/narava-in-zdravje/samodejna-vremenska-postaja-tudi-v-grosupljem.php>). Za modeliranje pa so potrebni podatki za čim daljše časovno obdobje.

Za obravnavano območje so bili na razpolago podatki padavinske postaje Ljubljana – Bežigrad za obdobje 1921-2002 (Zadrževalnik Veliki potok, IzVRS, 2005). V projektni nalogi Zadrževalnik Veliki potok Analiza stanja Grosupeljščice v Grosupljem, IzVRS, 2005 so bile opravljene verjetnostne analize nalivov za povratne dobe 100, 50 in 20 let za padavinsko postajo Ljubljana – Bežigrad. Na podlagi te analize so bile določene vrednosti padavin za posamezne nalive za trajanje od 5 min do 1440 min s povratno dobo 100, 50, 20, 10, 5 in 2 leti. Za modeliranje odtoka s porečja Grosupeljščice so bile uporabljene nekorrigirane vrednosti. Predstavljene so v spodni tabeli.

Preglednica 3: Uporabljene padavine za izračun visokih vod (Zadrževalnik Veliki potok, IzVRS, 2005)

Čas		Povratna doba [leta], padavine [mm]		
min	ur	100	50	20
1440	24	151	139	124
1080	18	142	130	115
900	15	137	125	110
720	12	130	119	104
540	9	123	112	97
360	6	112	102	88
300	5	108	98	85
240	4	103	93	80
180	3	97	88	75
120	2	89	80	68
60	1	70	63	54

Za izračun teoretičnih visokih vod je bil uporabljen hidrološki model HEC1. Maksimalno vrednost teoretičnih visokih vod povzroči 2-urni naliv (v 2 urah pade 89 litrov dežja na kvadratni meter).

Za izdelavo hidrološkega modela sem uporabila padavinski dogodek, ki je trajal dve uri, vsako uro je zapadlo 44,5 mm.

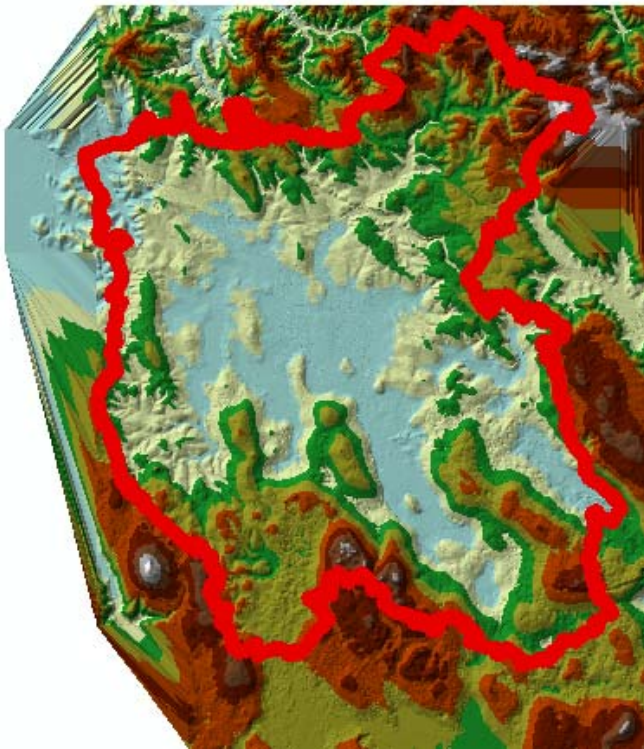
5.4 Izdelava vhodne strukture modela HEC-HMS

Hidrološki model HEC-HMS za obravnavano področje je bil pripravljen na podlagi digitalnega modela višin (GURS, 2010) z ločljivostjo 12,5 m. Pridobljeni podatki so bili v formatu xyz, v ASCII zapisu (y, x, H). Za obdelavo vhodnih podatkov in izračun podatkov za hidrološki model sem uporabila programsko opremo ESRI ArcMap 9.2 in razširitve Spatial Analyst, 3D Analyst in HEC-GeoHMS.

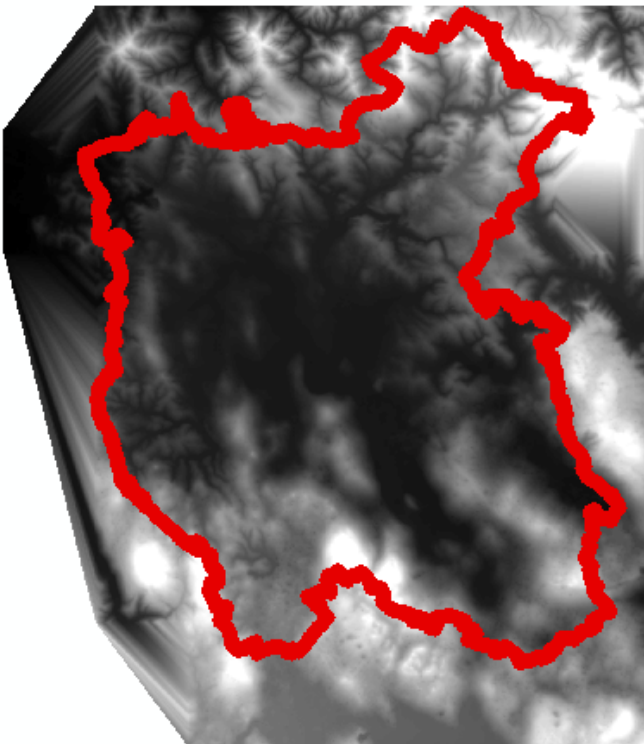
Obdelava in priprava podatkov zahteva več faz. Prva faza obsega obdelavo digitalnega modela višin in določitev povodja. Druga faza obsega pripravo mreže koeficienta CN, ki zajema vplive pedologije, rabe tal in predhodne vlažnosti zemljine. V tretji fazi sem s pomočjo razširitve HEC-GeoHMS izračunala vhodne podatke za HEC-HMS model in pripravila računsko shemo povodja. V četrti fazi pa sem v okolju HEC-HMS dopolnila manjkajoče podatke in izvedla hidrološki izračun povodja. Sledi opis posameznih računskih faz.

5.4.1 Izdelava digitalnega modela terena in določitev povodij

Za izdelavo digitalnega modela terena sem uporabila razširitev 3D Analyst. V prvem koraku sem pretvorila vhodne podatke v ASCII zapisu v obliko shp, nato pa sem iz te ustvarila TIN (mrežo neenakih trikotnikov) (slika 13). Na koncu sem vektorsko obliko TIN pretvorila v rasterski digitalni model terena (slika 14). Ta je služil kot osnova za obdelavo digitalnega modela terena. Izvedena je bila z orodjem s sklopom ukazov, zbranih pod imenom Terrain Preprocessing v okolju ArcMap. Ti ukazi so naslednji DEM Reconditioning, Fill Sinks, Flow Direction, Flow Accumulation, Stream Definiton, Stream Segmentation, Catchment Grid Delineation, Catchment Polygon Processing, Adjoint Catchment Processing in Drainage Point Processing. Izvesti jih je potrebno v podanem zaporedju.

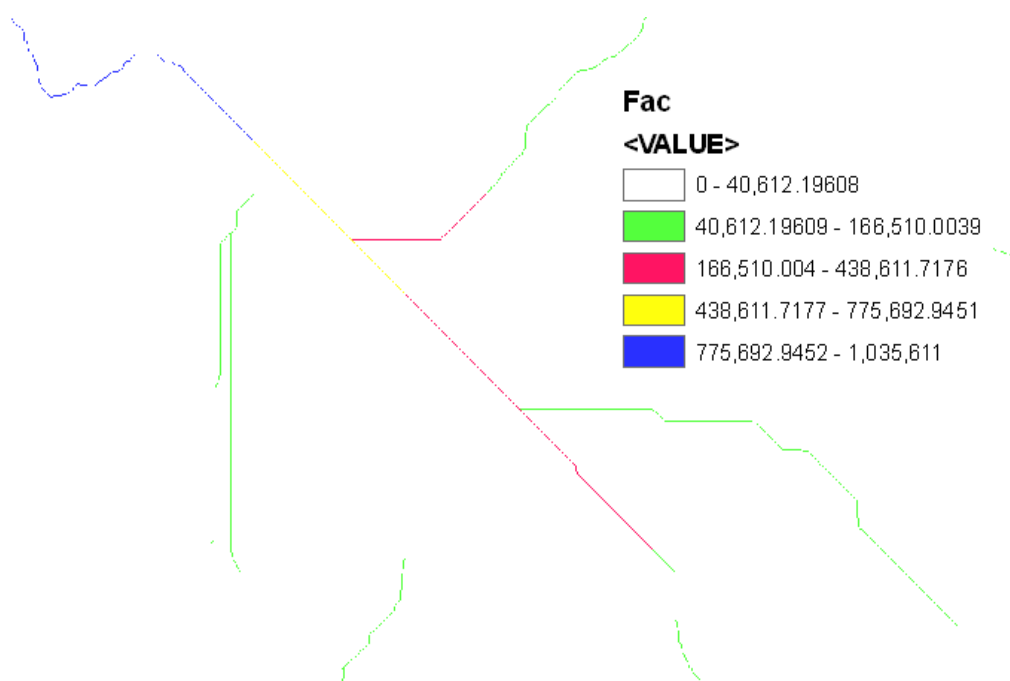


Slika 13: TIN model terena



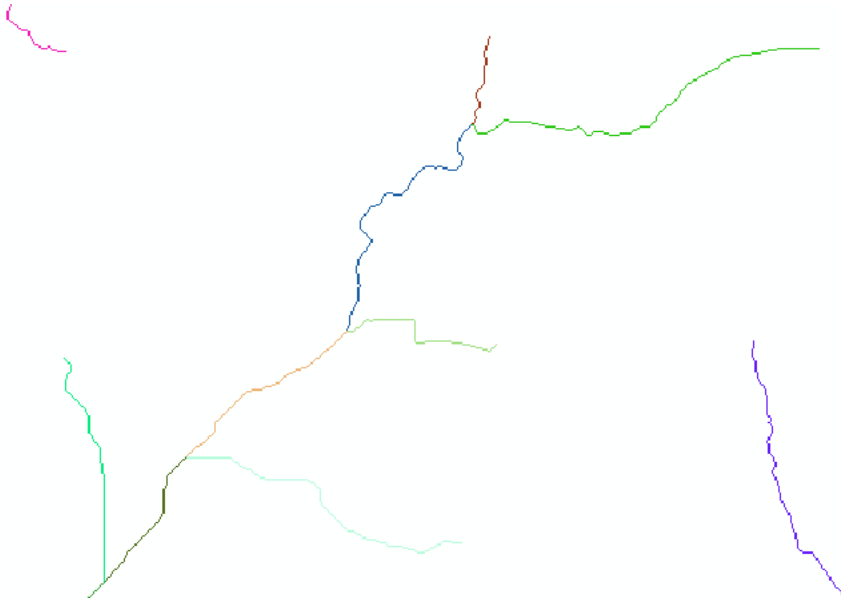
Slika 14: Rasterski digitalni model terena

Ukaz DEM Reconditioning na podlagi rasterskega modela terena in mreže vodotokov spremeni vhodni model terena tako, da na območjih vodotokov ustvari razločen rečni profil. To je storjeno na podlagi AGREE¹ metode. Ukaz Fill Sinks zapolni vse kotanje v rasterski mreži. Če ima neka celica določeno nižjo višino kot okoliške, ji ta ukaz pripiše višino okoliških celic. Ukaz Flow Direction določi smer toka za vsako celico. Smer toka je podana glede na smeri neba (S, J, V, Z, SV, SZ, JV, JZ). Na podlagi mreže smeri toka se za vsako celico določi akumulirano število celic gorvodno od celice, z drugimi besedami to pomeni, da se za vsako celico določi območje, s katerega se voda drenira v to celico (slika 15). To je podlaga za določitev vodotokov.



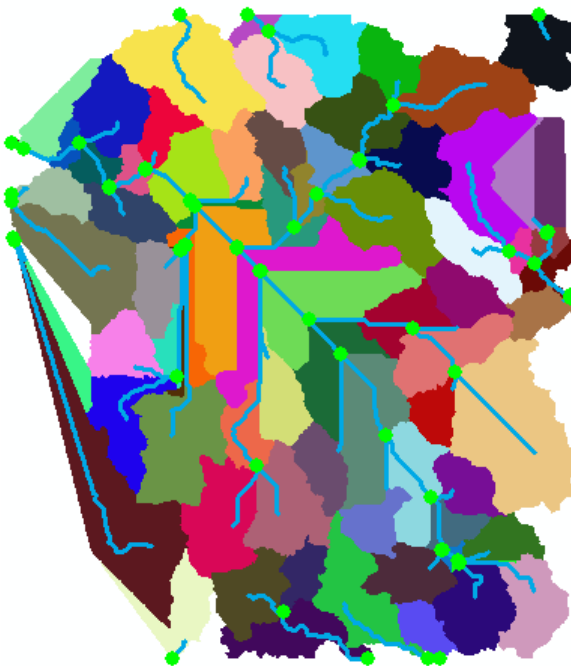
Slika 15: Akumulacija toka

¹ AGREE metoda je sistem prilagajanja terena za digitalne modele višin (DEM). Metoda preuredi višino modela terena tako, da je združljiva s prekrivajočimi vektorskimi podatki.



Slika 16: Odseki vodotokov

Naslednji korak je določitev povodij. Vsaki celici se pripiše atribut, ki določa, kateremu povodju pripada (slika 16). Nato se določi drenažne linije. V bistvu so to odseki vodotokov, ki so že določeni, le da so sedaj podani v vektorski obliki (slika 17). Z ukazom Drainage Point Processing pa generiramo točke, ki predstavljajo iztoke iz posameznih povodij (slika 17).

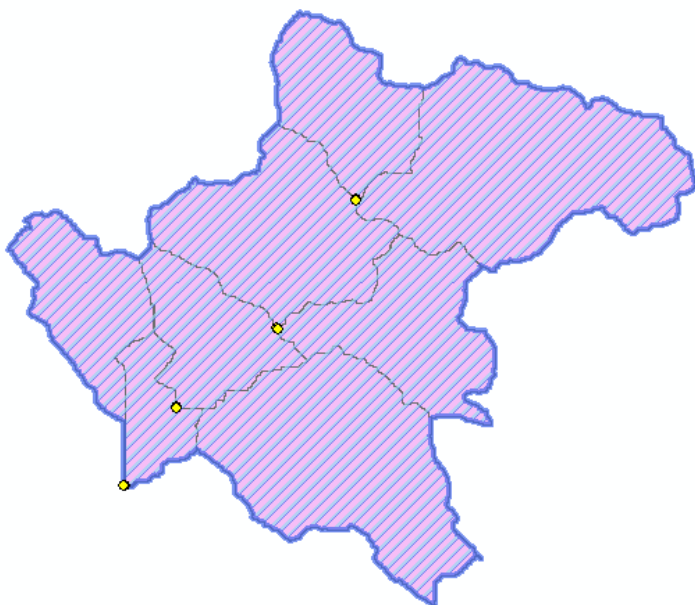


Slika 17: Povodja z drenažnimi linijami in točkami

V zgoraj opisanih korakih se je račun izvajal na celotnem območju, ki ga pokriva digitalni model terena, v nadaljevanju pa bo s pomočjo ukazov Watershed Processing določeno povodje Velikega potoka oz. Grosupeljščice (na sliki 18 je označeno z modro šrafuro). Znotraj povodja se določi podpovodja in iztoke iz posameznih podpovodij (slika 19).



Slika 18: Povodje Velikega potoka



Slika 19: Podpovodja Velikega potoka

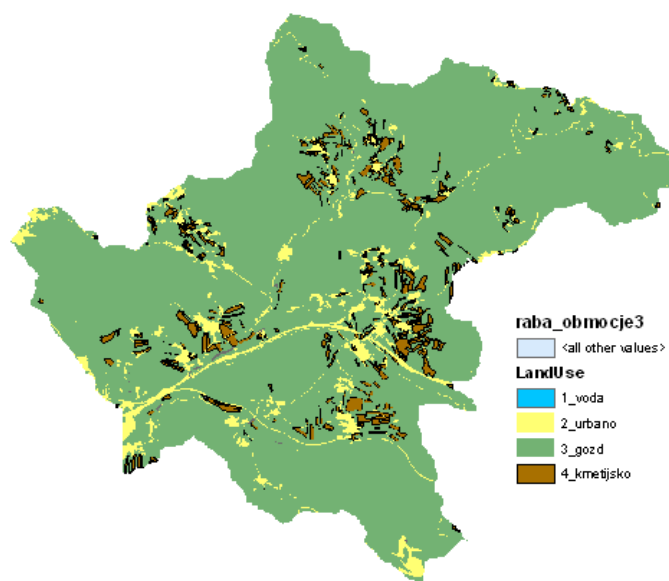
5.4.2 Določitev koeficienta CN

Koeficient CN je bil določen z orodjem HEC-GeoHMS. Vhodni podatek za določitev koeficienta CN sta raba in vrsta tal. Za rabo tal sem vzela podatke od dejanski rabi tal Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), za določitev vrste tal pa sem se poslužila Pedološke karte, ravno tako splošno dostopne na spletnih straneh MKGP.

Po podatkih MKGP je na povodju Velikega potoka 14 različnih vrst rabe (slika 20). Prevladujoča raba je gozd. Zaradi preglednosti pri nadaljnji obdelavi podatkov, sem jih razdelila v štiri razrede: kmetijsko zemljišče, gozd, urbano rabo in vodne površine. Razdelitev je prikazana v spodnji preglednici.

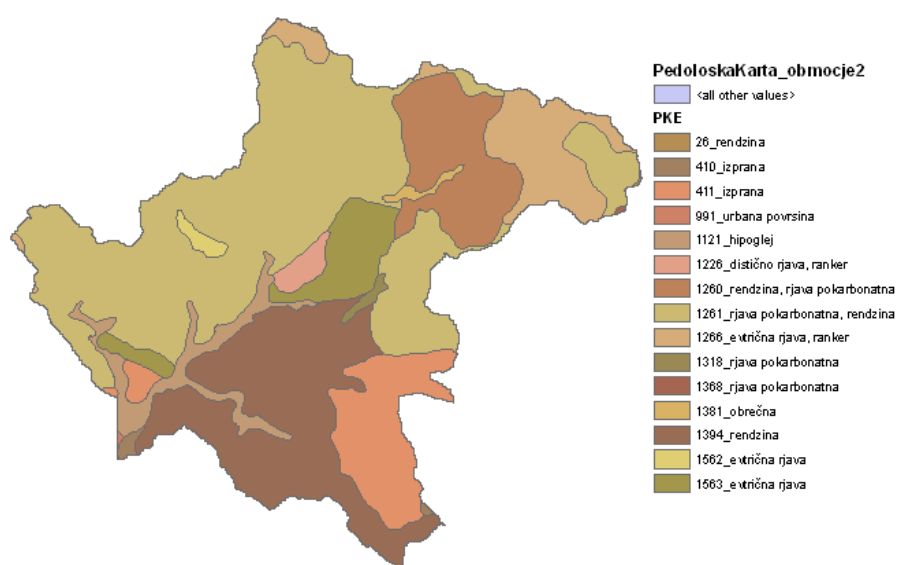
Preglednica 4: Dejanska raba

RABA_ID	RABA	KLASIFIKACIJA
1100	Njiva oziroma vrt	KMETIJSKO ZEMLJIŠČE
1222	Matičnjak	
1600	Neobdelano kmetijsko zemljišče	
4100	Barje	
4220	Ostalo zamočvirjeno zemljišče	
5000	Suho odprto zemljišče s posebnim rastlinskim pokrovom	
1221	Intenzivni sadovnjak	GOZD
1300	Trajni travnik	
1410	Kmetijsko zemljišče v zaraščanju	
1500	Drevesa in grmičevje	
1800	Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem	
2000	Gozd	URBANA RABA
3000	Pozidano in sorodno zemljišče	
7000	Voda	VODA



Slika 20: Dejanska raba tal (MKGP)

Iz Pedološke karte pa je razvidno, da lahko prst na povodju Velikega potoka razdelimo v 14 razredov (slika 21). Vsakemu od teh razredov je pripisan ustrezen odtočni potencial zemljine (preglednica 5, priloga C).



Slika 21: Pedološka karta

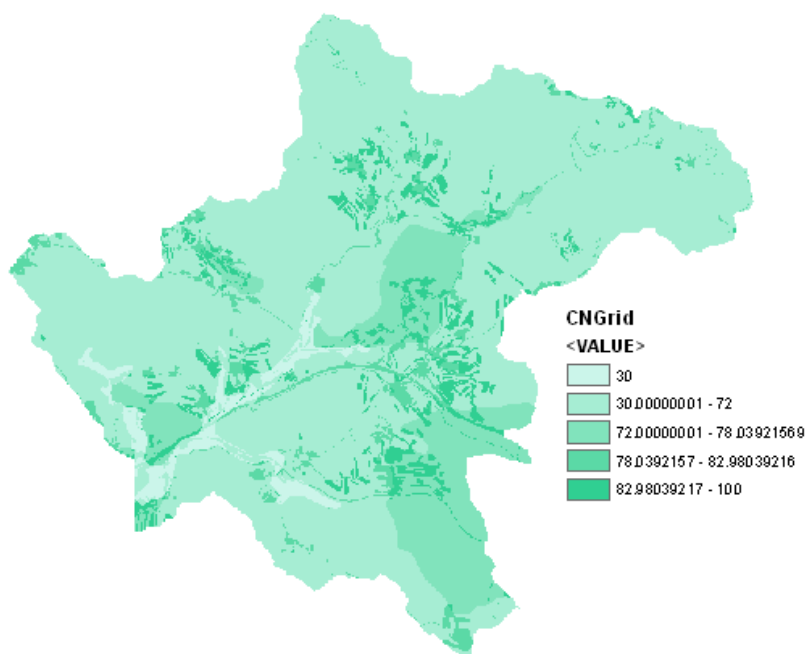
Preglednica 5: Vrsta tal

VRSTA TAL	ODTOČNI POTENCIAL
rendzina	C
izprana	D
urbana površina	D
hipoglej	A
distična rjava, ranker	B
rendzina, rjava pokarbonatna	C
rjava pokarbonatna, rendzina	C
evtrična rjava, ranker	C
rjava pokarbonatna	C
obrečna	D
evtrična rjava	D

Cilj je vsaki računski celici pripisati vrednost koeficienta CN. Za to pa je potrebna povezava med rabo in vrsto tal. To je zagotovljeno z unijo pedološke karte in rabe tal – elementom pedološke karte so glede na lokacijo pripisani atributi rabe tal, in s pomočjo tabele, imenovane CNLookup, kjer je vsakemu razredu rabe tal pripisan odtočni potencial in vrednost koeficienta CN. Rasterska mreža koeficienta CN je zgenerirana na podlagi digitalnega modela terena, unije vrste in rabe tal ter CNLookup tabele (slika 22).

Preglednica 6: CNLookup

OBJECTID	LUValue	Description	A	B	C	D
1	1	Voda	100	100	100	100
2	2	Urbano	57	72	81	86
3	3	Gozd	30	58	71	78
4	4	Kmetijsko	67	77	83	87



Slika 22: Koeficient CN

5.4.3 Izračun vhodnih podatkov za model HEC-HMS

V prvi fazi je bilo določeno povodje Velikega potoka, podpovodja in vodotoki. V tej fazi sledi izračun dolžin vodotokov, naklon vodotokov, naklon podpovodij, najdaljše poti toka po podpovodjih, določitev centroidov podpovodij in določitev poti toka od centroida podpovodja do iztoka iz podpovodja. V nadaljevanju pa sledi določitev metode za račun padavinskih izgub (SCS metoda), metode transformacije (SCS metoda) in metode potovanja vala v strugi (metoda zakasnitve), izračun koeficienta CN za podpovodja in določitev časa zakasnitve. Parametri so prikazani v spodnjih dveh preglednicah. Na sliki 20 pa je shematični prikaz hidrološkega modela.

Preglednica 7: Parametri podpovodij

NAME	Shape_Area	BasinSlope	BasinCN	LagMethod	BasinLag	InitAbs
PPO1	2437343.75	32.21	72.1	CNLag	0.42	22
PPO2	6026250.00	39.29	71.9	CNLag	0.59	22
PPO3	3905625.00	27.10	71.2	CNLag	0.54	22
PPO4	2979375.00	19.25	75.1	CNLag	0.64	22

Se nadaljuje

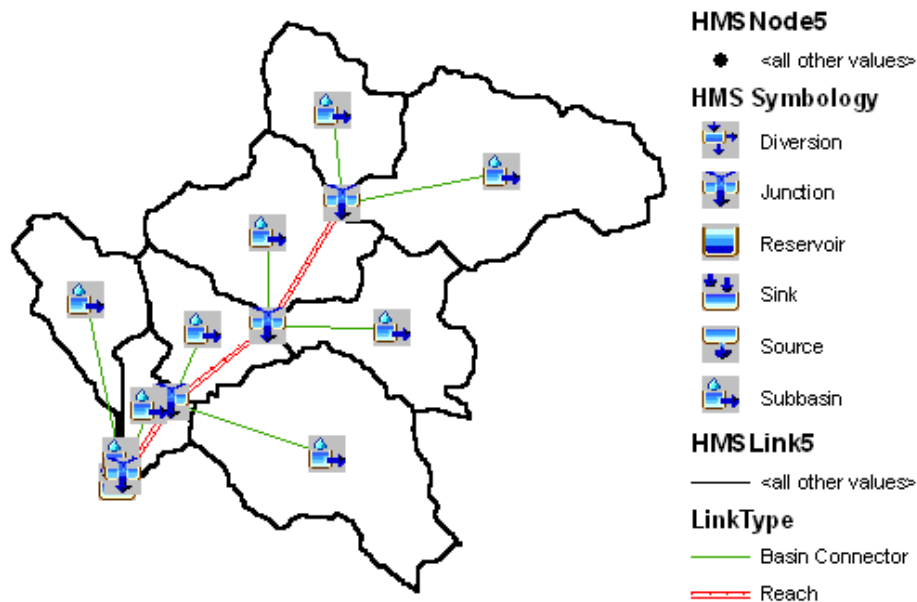
Zaletelj, M. 2010. Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice

Dip.nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij Vodarstvo in komunalno inženirstvo

PPO5	2047031.25	19.98	68.0	CNLag	0.54	22
PPO7	2246875.00	26.37	69.4	CNLag	0.65	22
PPO8	1104218.75	17.05	66.9	CNLag	0.58	22
PPO6	5578750.00	17.98	72.8	CNLag	0.86	22
PPO9	64531.25	7.39	83.0	CNLag	0.25	22

Preglednica 8: Parametri vodotokov

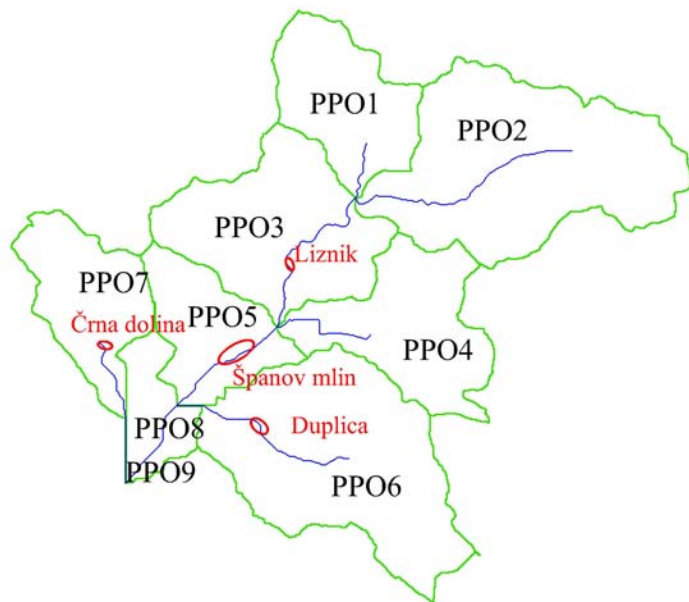
	Slp	RivLen	Name	RouteMet	LongestFL
1	0.02887	767.13	Breg	Lag	2857.52
2	0.02932	3087.25	Veliki potok 1	Lag	3355.97
3	0.01813	2352.97	Veliki potok 2	Lag	3901.16
4	0.05282	1397.75	Potok s Police	Lag	4883.64
5	0.00847	1642.61	Veliki potok 3	Lag	2495.91
6	0.00556	2476.38	Duplica	Lag	2371.49
7	0.00446	1851.67	Crna dolina	Lag	3841.69
8	-0.00043	1191.21	Grosupeljščica 1	Lag	888.39
9	0.00000	79.55	Grosupeljščica 2	Lag	4964.33



Slika 23: Shematični prikaz modela

5.4.4 Dopolnitev modela HEC-HMS

V programu HEC-HMS 3.4 sem osnovno računsko shemo izdelano v okolju ArcMap dopolnila z variantnimi različicami, v katerih so upoštevani en zadrževalnik in različne kombinacije večih zadrževalnikov. Predlagane lokacije so prikazane na spodnji sliki in v prilogi G. Kombinacije zadrževalnikov pa v sledeči tabeli. Element zadrževalnika je določen z naslednjimi parametri: računsko metoda, metoda shranjevanja, začetni pogoj. Za vse zadrževalnike sem izbrala metodo izpustnih objektov ter njegovo kapaciteto določila z odnosom prostornina – nivo gladine. Kot začetni pogoj je bil določen nivo gladine. Vsakemu zadrževalniku sem določila en preliv in en talni izpust. Odnose prostornina – nivo gladine sem za vsako predlagano lokacijo določila iz topografskih podatkov, povzetih iz digitalnega modela terena (priloga E). Parametri zadrževalnikov so določeni arbitrarno in so predstavljeni v spodnji preglednici. Parametri zadrževalnika Veliki potok pa so deloma povzeti po IZVO, 2009.



Slika 24: Predlagane lokacije zadrževalnikov

Zaletelj, M. 2010. Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice

Dip.nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij Vodarstvo in komunalno inženirstvo

Preglednica 9: Pregled kombinacij zadrževalnikov

Kombinacija	Varianta 0	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5
Zadrževalnik						
Veliki potok Liznik						
Duplica Zaver						
Ribnik Črna dolina						
Boršti Španov mlin						

Preglednica 10: Parametri zadrževalnikov

	Zadrževalnik	Liznik	Duplica	Črna dolina	Španov mlin
talni izpust	začetna gladina	376	346	350	346
	srednja gladina	380	347	353	348
	površina [m2]	9	4	4	4
	koeficient	0.5	0.5	0.5	0.5
preliv	gladina	385	347	353	352
	dolžina	12.6	3	3	3
	koeficient	1	1	1	1

6 ANALIZA ZADRŽEVALNIKOV NA POVODJU

Oblikovanje modela pomeni izbiro porazdelitve obravnavanega prostora na mrežo elementov, določanje robnih pogojev, izbira obdobja za umerjanje in časovnega koraka. Navadno po vzpostavitvi modela sledi njegova kalibracija oz. umerjanje. Umerjanje modela je najzahtevnejša faza dela. Postopek poteka tako, da v model vnesemo resnične (izmerjene) podatke. Rezultate izračuna primerjamo z meritvami in analiziramo razlike. Nato parametre, ki opisujejo model spreminjamo toliko časa, dokler rezultati modela niso realni. Namen modeliranja je vendarle, da na koncu dobimo realne rezultate. Spreminjamo privzete vrednosti parametrov in ugotavljamo občutljivost modela na spremembo posameznih parametrov. Za potrebe te naloge, umerjanje modela na podlagi resničnih podatkov ni bilo opravljeno, saj ni bilo na voljo dovolj terenskih podatkov. Model je bil umerjen samo glede na druge modele dostopne v literaturi za obravnavano območje.

Za kontrolo oz. določitev vpliva omenjenih napak na rezultate sem poleg modela HEC-HMS, kateri je opisan v nalogi, izdelala še dodaten model HEC-HMS. Vhodni podatki pa so bili določeni ročno na podlagi temeljnih topografskih kart in povzeti po IzVRS,2005.. Ugotovila sem, da omenjene napake ne vplivajo bistveno na volumen odtoka s podpovodij, saj ni bilo večjih odstopanj med rezultati enega in drugega modela. Pri umerjanju modela se je za najbolj občutljiv parameter izkazala določitev začetnih izgub padavin. Začetne izgube so bile določene arbitrarno.

V nadaljevanju sledi opis vpliva različnih kombinacij umestitve zadrževalnikov na volumen odtoka oz. na pretok na vtoku v Grosuplje. Vhodne podatke sem določila s programom HEC-GeoHMS. Pri pregledu vhodnih podatkov sem ugotovila, da so razvodnice mestoma določene drugače kot so določene razvodnice dostopne na ARSO (www.arso.gov.si,2010). S tem prihaja do odstopanj pri določitvi površine, naklona podpovodij. Vhodni podatek v postopku za določitev podpovodij je bila, poleg digitalnega modela terena, tudi vektorska mreža vodotokov, povzeta po ARSO. V določenem koraku vzpostavljanja modela program prilagodi digitalni model terena glede na podano mrežo vodotokov. Pri računalniški določitvi povodij

oz. podpovodij program na podlagi prilagojenega digitalnega modela terena ustvari nov sloj vodotokov. V primerjavi z vhodno mrežo vodotokov, prihaja na mestih, kjer je večja sprememba padca terena do večjih odstopanj v poteku vodotokov.

6.1 Račun glede na sedanje stanje – varianta 0

Najprej je bil izveden osnovni račun brez upoštevanja zadrževalnika. Računski interval je 1h. Rezultati so prikazani v prilogi F. Razvidno je, da na vtoku v Grosuplje pretok znaša 52,6 m³/s. Obseg poplav v mestu, ki ga povzroči ta pretok v mestu je prikazan v prilogi G. Ob sedanji ureditvi Grosupeljščice pa korito prevaja približno 10 m³/s. Dobljeni rezultat je primerljiv z rezultatom iz študije IzVRS, 2005, ki je znašal 52 m³/s. (Stele, 2005). Konica pretoka na vtoku v Grosuplje je dosežena 5 ur po začetku padavinskega dogodka. Celotni odtok traja 10 ur od začetka padavinskega dogodka. Največji pretok in s tem volumen odtoka je na podpovodjih 2 in 6, ki hkrati predstavljata tudi po površini največji območji ter imata hkrati tudi največji naklon. Na skupni volumen odtoka ima bistveni vpliv tudi podpovodje 3. Zanemarljivo majhen vpliv ima podpovodje 9.

6.2 Račun z upoštevanjem zadrževalnika Veliki potok – varianta 1

Račun sem ponovila tako, da sem med prvo in drugo vozlišče vstavila element zadrževalnika Veliki potok Liznik. Njegovi parametri so podani v poglavju 5.4.4. Vpliv zadrževalnika na pretok na vtoku v Grosuplje je znaten – zniža se na 41 m³/s. Tudi ta rezultat je primerljiv z rezultati študije IzVRS, 2005 - ob upoštevanju zadrževalnika bi moralo korito pravajati 38 m³/s (Stele, 2005). Omenjeni pretok pa še vseeno povzroča poplave v mestu. Njihov obseg je prikazan v prilogi G. Konica vtoka v zadrževalnik se pojavi dve uri po začetku padavinskega dogodka, konica iztoka pa tri ure po začetku padavinskega dogodka. Maksimalna gladina znaša 382,3 m, maksimalni volumen pa 525000 m³. Višina pregrade je 6,3 m, približna dolžina nasipa pa znaša 132 m. Zadrževalnik, razen na znižanje konice poplavnega vala, ne vpliva bistveno na čas odtoka poplavnega vala na vtoku v Grosuplje. Rezultati so podani v prilogi F.

6.3 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 2

Z umestitvijo več manjših zadrževalnikov v prostor sem poskušala čimbolj zmanjšati pretok vode na vtoku v Grosuplje. Tako sem v računu poleg zadrževalnika Veliki potok Liznik upoštevala še zadrževalnik na pritoku Duplici. Rezultati so podani v prilogi F. Zadrževalnik Duplica vpliva na še dodatno zmanjšanje pretoka na vtoku v Grosuplje na 35,2 m³/s. Konica vtoka v zadrževalnik se pojavi dve uri po začetku padavinskega dogodka, konica iztoka pa tri ure po začetku padavinskega dogodka. Maksimalna gladina znaša 348,4 m, maksimalni volumen pa 109200 m³. Višina pregrade znaša 2,4 m, približna dolžina pa 95 m. Zadrževalnik, razen na znižanje konice poplavnega vala, ne vpliva bistveno na čas odtoka poplavnega vala na vtoku v Grosuplje. V tem primeru znaša maksimalni volumen zadrževalnika Veliki potok 511500 m³, maksimalna gladina pa znaša 381,5 m. Višina pregrade je v tem primeru 5,5 m.

6.4 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 3

V tej varianti sem poleg zadrževalnika Veliki potok Liznik, namesto zadrževalnika Duplica upoštevala zadrževalnik Črna Dolina. Rezultati so prikazani v prilogi F. Ta zadrževalnik ne vpliva bistveno na zmanjšanje pretoka na vtoku v Grosuplje, saj pretok v tem primeru znaša 43,8 m³/s. Dodatni zadrževalnik ne vpliva niti na čas odtoka poplavnega vala na vtoku v Grosuplje. Maksimalna gladina v zadrževalniku znaša 353,4 m, maksimalni volumen pa 26900 m³. Višina pregrade znaša 3,4 m, dolžina nasipa pa približno 46,0 m. Volumen zadrževalnika Veliki potok znaša 511500 m³, maksimalna gladina vode pa 381,5 m. Višina pregrade znaša 5,5 m.

6.5 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 4

Račun sem ponovila z upoštevanjem treh zadrževalnikov – Veliki potok Liznik, Duplica in Črna Dolina. Rezultati so prikazani v prilogi F. V tem primeru pretok na vtoku v Grosuplje znaša 37,9 m³/s. Volumen Velikega potoka znaša 511500 m³, maksimalna gladina 381,5 m, višina pregrade pa znaša 5,5 m. Volumen Duplice znaša 109200 m³, maksimalna gladina vode 348,4 m, višina pregrade pa 2,4 m. Volumen zadrževalnika Črna dolina znaša 26900 m³, maksimalna gladina vode 353,4 m, višina pregrade pa 3,4 m.

6.6 Račun z upoštevanjem več manjših zadrževalnikov – varianta 5

Poleg že upoštevanih treh zadrževalnikov sem umestila še četrtega – Španov mlin. Rezultati so v prilogi F. Pretok na vtoku v Grosuplje se je zmanjšal na 33,3 m³/s. Maksimalna gladina v zadrževalniku Španov mlin znaša 352,8 m, maksimalni volumen pa 137700 m³. Višina pregrade znaša 6,8 m, dolžina nasipa pa približno 123 m. Volumen zadrževalnika Veliki potok znaša 425600 m³, maksimalna gladina vode 377,6m, višina nasipa pa v tem primeru 1,6 m. Maksimalni volumen Duplice znaša 109200 m³, maksimalna gladina 348,4 m, višina nasipa pa 2,4 m. Maksimalni volumen Črne doline znaša 26900 m³, maksimalna gladina 353,4 m, višina nasipa pa 3,4 m. Vsi zadrževalniki so umeščeni v prostor tako, da ne poplavlajo stanovanjskih površin. V prilogi G je označen obseg zadrževalnikov.

6.7 Povzetek rezultatov

V spodnji tabeli so zbrani prej opisani rezultati.

Preglednica 11: Povzetek rezultatov

Varianta 0			
Vtok v Grosuplje	Q =	52,6	m ³ /s
Varianta 1			
Vtok v Grosuplje	Q =	41,0	m ³ /s
Veliki potok Liznik	Q =	29,9	m ³ /s
	V =	525,0	*1000 m ³
	E =	382,3	m ³
Varianta 2			
Vtok v Grosuplje	Q =	35,2	m ³ /s
Veliki potok Liznik	Q =	24,2	m ³ /s
	V =	511,5	*1000 m ³
	E =	381,5	m ³
Duplica	Q =	15,5	m ³ /s
	V =	109,2	*1000 m ³
	E =	348,4	m ³

Se nadaljuje

Nadaljevanje tabele

Varianta 3			
Vtok v Grosuplje	Q =	43,8	m ³ /s
Veliki potok Liznik	Q =	24,2	m ³ /s
	V=	511,5	*1000 m ³
	E=	381,5	mnv
Črna dolina	Q =	6,5	m ³ /s
	V=	26,9	*1000 m ³
	E=	353,4	mnv
Varianta 4			
Vtok v Grosuplje	Q =	37,9	m ³ /s
Veliki potok Liznik	Q =	24,2	m ³ /s
	V=	511,5	*1000 m ³
	E=	381,5	mnv
Duplica	Q =	15,5	m ³ /s
	V=	109,2	*1000 m ³
	E=	348,4	mnv
Črna dolina	Q =	6,5	m ³ /s
	V=	26,9	*1000 m ³
	E=	353,4	mnv
Varianta 5			
Vtok v Grosuplje	Q =	33,3	m ³ /s
Veliki potok Liznik	Q =	24,9	m ³ /s
	V=	425,6	*1000 m ³
	E=	377,6	mnv
Duplica	Q =	15,5	m ³ /s
	V=	109,2	*1000 m ³
	E=	348,4	mnv
Črna dolina	Q =	6,5	m ³ /s
	V=	26,9	*1000 m ³
	E=	353,4	mnv
Boršti Španov mlin	Q =	6,5	m ³ /s
	V=	26,9	*1000 m ³
	E=	353,4	mnv

7 OVREDNOTENJE REZULTATOV IN PRIMERJAVA VARIANT

7.1 Opis predlaganih ukrepov

V računu sem poleg obstoječega stanja upoštevala pet različnih variant umestitve enega ali več zadrževalnikov v prostor z namenom rešitve protipoplavne varnosti Grosuplja. Namen je bil poiskati čimveč primernih lokacij za zadrževalnike, da bi bili potrebni protipoplavni ukrepi v mestu čimmanjši oz. sploh nepotrebni. Predlagane lokacije so bile določene na podlagi pregleda topografskih podatkov obravnavanega območja. Težava je v tem, da ni na voljo dovolj lokacij oz. da možne lokacije ne nudijo dovolj velike kapacitete za celotni volumen, ki bi ga bilo potrebno zadržati. Nekatere lokacije se nahajajo blizu izvirov pritokov in tako ne nudijo zadovoljive rešitve. Po drugi strani pa nekatere primerne lokacije omejuje avtocesta Ljubljana – Novo mesto. Prestavitev avtoceste pa bi pomenila neprimerno večji strošek od regulacije korita skozi mesto.

Glede na pretok na vtoku v Grosuplje se zdi, da je najugodnejša varianta 5 z umestitvijo štirih zadrževalnikov, saj je v tem primeru pretok najmanjši. Sledi ji varianta s kombinacijo zadrževalnikov Veliki potok Liznik in Duplica. Zadrževalnik Črna Dolina ne prispeva bistveno k reševanju protipoplavne varnosti. V vsakem primeru (ne glede na izbrano varianto) pa je treba poleg izgradnje zadrževalnikov, regulirati strugo skozi mesto, tako da bo prevajala ustrezno velik pretok. V primeru štirih zadrževalnikov bi tako morala lokalna skupnost izdelati štiri projektne dokumentacije, zgraditi štiri zadrževalnike in zagotoviti sredstva za plačilo odškodnine za čas poplavitve prizadeih zemljišč. Nenazadnje veliko oviro predstavlja tudi sprejemljivost ponujene rešitve za lokalne prebivalce. Vodni zadrževalnik namreč predstavlja velik poseg v prostor. Do sedaj predlagane rešitve regulacije struge skozi mesto so pri ljudeh vzbudile neodobravanje, pa čeprav predstavljajo neprimerno manjši poseg v prostor kot zadrževalniki.

Kljub zgoraj navedenim slabostim kot optimalno ocenjujem rešitev z izgradnjo štirih zadrževalnikov. V tem primeru znaša volumen zadrževalnika Veliki potok $377,6 \cdot 1000 \text{ m}^3$, Duplica Zaver $109,2 \cdot 1000 \text{ m}^3$, Boršti Španov mlin $137,7 \cdot 1000 \text{ m}^3$ in Breg Črna dolina $26,9 \cdot 1000 \text{ m}^3$. V tem primeru je zadrževalnike možno zgraditi v več etapah. Ker gre za manjše zadrževalnike pa to pomeni tudi manjši poseg v prostor. Lokacije zadrževalnikov so zasnovane tako, da ne poplavlajo višje ležečih oz. bližnjih stanovanjskih objektov.

Kot drugo najprimernejšo ocenjujem varianto z zadrževalnikom Veliki potok Liznik. Nudi dovolj veliko kapaciteto zadržanega volumna vode, da bistveno vpliva na zmanjšanje poplavne nevarnosti Grosuplja. Poleg tega predlagano lokacijo odobravajo tudi lokalni prebivalci in je zanjo že sprejet ureditveni načrt. Na območju se nahajajo kmetijska in gozdna zemljišča. Predviden je nasut, zatravljen zadrževalnik. Naklon nasipa zadrževalnika se uredi tako, da je v suhem obdobju omogočena nemotena raba zemljišč.

7.2 Ocena predlaganih ukrepov (SWOT analiza)

V slovenskem jeziku je SWOT analiza imenovana PSPN matrika. Zajema štiri aspekte: prednosti, slabosti, priložnosti, nevarnosti. Nudi podporo oz. usmeritev pri strateških odločitvah.

Preglednica 12: SWOT analiza – obravnava izbrane variante

Prednosti	Slabosti	Priložnosti	Nevarnosti
bistven pozitiven vpliv na protipoplavno varnost Grosuplja	drago	turizem	nepravilno delovanje
zmanjšanje poplav na Radenskem polju	zahteven projekt	gospodarska izraba vodnega potenciala	nenatančno dimenzioniranje zaradi pomanjkljivih vhodnih podatkov
nadomestitev izgubljenih retenzij v mestu	degradacija naravnega okolja	ribištvo	porušitev
dolvodno ležeča območja niso ogrožena	Sprememba nivoja podtalnice (to je lahko tudi prednost)		Protipoplavna varnost ni zagotovljena, dokler niso zgrajeni vsi objekti
Bogatenje podtalnice	Splakovanje polutantov in sedimentov		

7.3 Vpliv izbrane rešitve na vodno okolje, naravo in prostor

Za vsak večji načrtovan poseg v prostor je potrebno izvesti presojo vplivov na okolje. Vplive delimo na vplive v času gradnje, obratovanja in na vplive po končanem obratovanju. V času gradnje so predvsem negativni vplivi (hrup, vibracije, onesnaženje, vizualna degradacija okolja, moten dostop in raba zemljišč v vplivnem območju zadrževalnika). Vplivi v času obratovanja (opredeljeni v nadaljevanju) zaradi kratkega časa zadrževanja ne zmanjšujejo bistveno kakovosti okolja. Območje zadrževalnika bo preplavljeno le nekajkrat letno. Po končanem obratovanju pa je potrebno opazovanje pregrade. Kljub nekaterim negativnim vplivom na okolje, katere je možno omiliti, prevlada prednost, ki jo prinaša protipoplavna varnost.

Vplivi v času obratovanja:

Vplivi na vodno okolje:

- Izboljšanje protipoplavne varnosti Grosuplja
- Oviran transport sedimentov (za povodje Grosupeljščice ni na voljo podatkov o transportu sedimentov)
- Vpliv na režim vodotoka
- Zaradi kratkega časa zadrževanja sicer ni bistvenih vplivov na vodno okolje oz. na kakovost vode
- Vpliva na kvaliteto, količino in temperaturo vode (zanemarljiv vpliv)

Vplivi na naravo:

- Izpad pridelka
- Vpliv na vegetacijo in živalstvo ni bistven zaradi kratkega zadrževalnega časa

Vplivi na prostor:

- Tujek v prostoru – potrebna sonaravna umestitev v prostor
- Na obravnavanem območju ni pomembnejših objektov, infrastrukture ter naravne in kulturne dediščine

8 ZAKLJUČEK

V nalogi je bilo obravnavano reševanje poplavne ogroženosti Grosuplja. Mesto poplavno ogrožata vodotoka Bičje in Veliki potok oz. Grosupeljščica. Na Bičju je bil v letu 2009 zgrajen suhi zadrževalnik. Na povodju Grosupeljščice pa je predviden suhi zadrževalnik Veliki potok, poleg tega pa so za zagotovitev ustrezne protipoplavne varnosti potrebne še dodatne ureditve (nasipi, poglobitve struge) Grosupeljščice na odseku skozi mesto. Odgovornost za izgradnjo zadrževalnika se že desetletja prelaga z občine na državo in obratno. Prebivalci Grosuplja po eni strani pričakujejo zagotovitev protipoplavne varnosti, po drugi pa ne sprejemajo predvidenih protipoplavnih ukrepov. V nalogi sem tako poskušala najti alternativne rešitve za zagotovitev protipoplavne varnosti.

Povodje Grosupeljščice sem razdelila na več podpovodij in za vse določila volumne odtoka. Ugotovila sem, da pretok na vtoku v Grosuplje znaša $52,6 \text{ m}^3/\text{s}$ oz. da znaša volumen odtoka $702,5 \cdot 1000 \text{ m}^3$, struga pa prevaja približno $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Največji odtok je na podpovojih 2 in 6 (sliki 24). Odtok s podpovodja 2 znaša $27,4 \text{ m}^3/\text{s}$ oz. volumen odtoka $161,7 \cdot 1000 \text{ m}^3$, odtok s podpovodja 6 pa $18,9 \text{ m}^3/\text{s}$ oz. volumen odtoka $154,8 \text{ m}^3$. Raba bistveno vpliva na odtok s povodja. V splošnem je odtok z urbaniziranih površin hitrejši in večji, medtem ko gozd značilno vpliva na zakasnitev odtoka s povodja ter ima večjo sposobnost infiltracije padavin. Na obravnavanem območju prevladujeta gozdna in kmetijska raba. Stanovanjske površine predstavljajo le majhen delež.

Na hitrost odtoka bistveno vpliva tudi padec terena. Na podpovodjih znaša v povprečju med 25 in 30 %. Mesto pa leži na ravninskem terenu (približno 7 % padec terena). Po pregledu temeljne topografske karte in digitalnega modela terena sem določila štiri alternativne lokacije, kjer bi bilo možno zgraditi manjše zadrževalnike (slika 24). Za vsako od teh lokacij sem določila odnose volumen – nivo gladine. V analizi vpliva zadrževalnikov na odtok s povodja Grosupeljščice sem upoštevala vpliv enega in kombinacijo večjih zadrževalnikov. Iz rezultatov izhaja, da z izgradnjo zadrževalnikov na predlaganih štirih lokacijah, dosežemo največje zmanjšanje odtoka. V tem primeru znaša pretok na vtoku v Grosuplje $28,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Za

celovito protipoplavno varnost Grosuplja je kljub temu treba povečati pretočnost struge na odseku skozi mesto. V primeru izgradnje načrtovanega zadrževalnika Veliki potok pretok na vtoku v Grosuplje znaša 41,0 m³/s.

Strokovna rešitev za protipoplavno varnost je jasna. Problem pa predstavlja zagotavljanje potrebnih finančnih sredstev. Zadrževalnik Veliki potok predstavlja preveliko finančno breme za lokalno skupnost. Država pa meni, da izgradnja zadrževalnika ni v njeni domeni. Izgradnja zadrževalnika se sedaj vleče že deseteletja. V tem času bi lokalna skupnost z namenskim zbiranjem sredstev za zagotavljanje protipoplavne varnosti zagotovila dobršen del sredstev za izvedbo investicije. Dodaten vir financiranja je možen preko kandidiranja za finančno pomoč Evropske unije. Lokalna skupnost ima tudi možnost uvedbe posebne dajatve ti. samoprispevek. Prebivalci morajo uvedbo posebej podpreti na volitvah. Predstavlja pa učinkovit vir financiranja. V primeru izvedbe štirih zadrževalnikov, bi bilo lažje celotno investicijo razdeliti na več manjših. Tako bi z manjšimi delnimi vložki sproti izboljševali protipoplavno varnost. Obstaja večja verjetnost, da bi se lokalna skupnost prej lotila več manj finančno zahtevnih projektov kot enega bolj obsežnega. Izbrana rešitev z umestitvijo štirih zadrževalnikov je zmanjšala obseg ogroženost poseljenih območij. Z enim samim ukrepom bi bilo težko zagotoviti popolno poplavno varnost pred 100-letnimi vodami. Tak ukrep bi bil tudi zelo drag, varovanje kmetijskih zemljišč pa je ekonomsko vprašljivo. Z umeritvijo modela in natančnim dimenzioniranjem iztočnih odprtin bi bilo pri izbrani rešitvi možno doseči daljše zadrževalne čase oz. jih dimenzionirati ter med sabo uskladiti tako, da dosegli željeno protipoplavno varnost.

9 VIRI

9.1 Uporabljeni viri

Aquadata. <http://www.aquadata.us/hecras.html> (26.6.2010)

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Modeliranje površinskega odtoka in navodila za program HEC-HMS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 172 str.

Duhovnik, R. 2007. Ureditev suhega zadrževalnika ob reki Savinji pri Malih Braslovčah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 59 str.

Eionet. <http://nfp-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/GIS/voda/> (30.6.2010)

GERK. http://rkg.gov.si/GERK/Za_OB/ (6.7.2010)

Iniciativni odbor protipoplavne zaščite v Grosupljem. 2008. Zahteva za ureditev nujne protipoplavne zaščite ob Grosupeljščici. V: Grosupeljski odmevi. XXXIV. 11. str.3

Knapič, M. 2007. Vpliv zadrževalnika Brezje na poplavne vode reke Horjulščice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 64 str.

Kocjan, M. 2009. Zadrževalniki voda in vodni režim. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.66 str.

Kozelj, D., Kozelj, K., Steinman, F., Gosar, L. Poplavna ogroženost in posledice preostalega tveganja. <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2008/145.pdf> (10.10.2010)

Zaletelj, M. 2010. Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice
Dip.nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij Vodarstvo in komunalno inženirstvo

Maniak, U. 1997. Hydrologie und Wasserwirtschaft-Eine Einführung für Ingenieure, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 576 str.

Marušič, I. 1998. Kraške krajine notranje regije. Lj.u.bljana, Ministrstvo za okolje in prostor RS, Urad RS za prostorsko planiranje: 136 str.

Meze, D. 1977. Prispevek k hidrologiji Radenskega polja. Geografski vestnik. 49 (1977), str. 157-164

Meze, D., Lovrenčak, F., Šercelj, A. 1981. Poplavna področja v Grosupeljski kotlini. Geografski vestnik. 20: str. 35-93

Miklič, J. (ur.). 2009. 100 let prostovoljstva, pomoči, zaupanja in sodelovanja : PGD Grosuplje : zbornik 1909-2009

Mikoš, M. 2008. Urejanje vodotokov. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 182 str.

Občina Grosuplje.

http://www.grosuplje.si/portal_obcina/www/images/File/Seje/17.%20seja%20OS%2028.05.2008/Seznanitev%20s%20protipoplavno%20ureditvijo%20Velikega%20potoka.pdf
(26.6.2010)

Občina Grosuplje.

http://www.grosuplje.si/portal_obcina/www/images/File/Seje/21.Seja%20OS%2026.11.2008/Informacija%20o%20protipoplavni%20ureditvi%20Grosupeljsice.pdf (26.6.2010)
http://www.grosuplje.si/portal_obcina/www/staticAdminMgr.php?action=read&menu=1127554758 (22.6.2010)

OLN Vodna pot, Grosuplje, Strokovne podlage. TOPOS d.o.o. 2007 (Interni vir)

Zaletelj, M. 2010. Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice
Dip.nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij Vodarstvo in komunalno inženirstvo

Ranfl, M. 2008. Poplave v urbanem okolju – zadrževanje voda z zadrževalniki. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 44 str.

Samodejna vremenska postaja.

<http://www.grosuplje.info/narava-in-zdravje/samodejna-vremenska-postaja-tudi-v-grosupljem.php> (5.7.2010)

Steinman, F., Banovec, P. 2008. Hidrotehnika, Vodne zgradbe I. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 107 str.

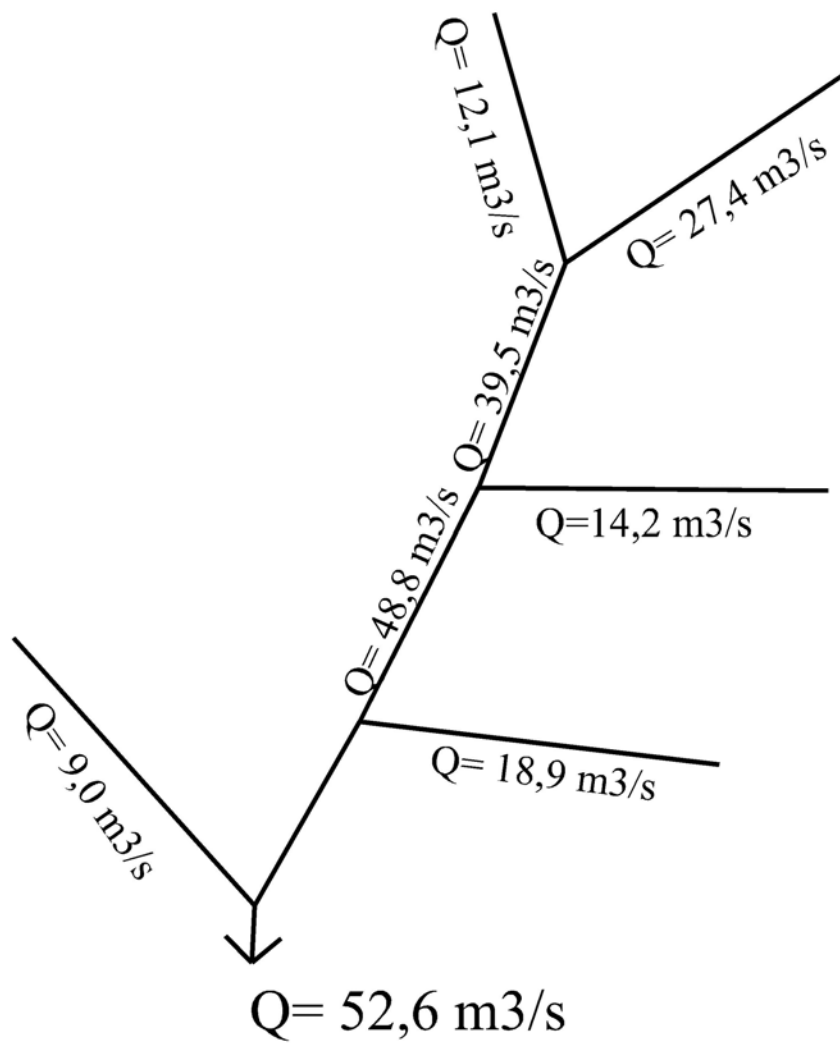
Stele, M. 2005. Predlog ureditve Grosupeljščice v urbanem območju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 57 str.

Zagotavljanje poplavlne varnosti v občini Grosuplje. IZVO. 2009 (Interno gradivo)

*Zaletelj, M. 2010. Zadrževalniki na povodju Grosupeljščice
Dip.nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij Vodarstvo in komunalno inženirstvo*

10 PRILOGE

PRILOGA A: SHEMA ODTOČNEGA REŽIMA



PRILOGA C: SCS KLASIFIKACIJA ZEMLJIN

Preglednica 3.1. SCS klasifikacija zemljin in infiltracijske izgube v odvisnosti od vrste zemljine.

Skupina zemljine	opis	Stopnja izgub (mm/hr)
A	Nizek odtočni potencial. Zemljina ima tudi, če je nasičena, visoko stopnjo infiltracije. Globoke, dobro drenirane zemljine z zmerno teksturo (pesek, globoka rečna naplavina)	7.5 – 11.5
B	Povprečni do nizek odtočni potencial. Zemljina ima, če je nasičena, povprečno stopnjo infiltracije vode. Pltve rečne naplavine, peščena ilovica z zmerno prepustnostjo.	3.85 – 7.5
C	Visok do zmeren odtočni potencial. Zemljina ima, če je nasičena, nizko stopnjo infiltracije vode. Glinena ilovica, plitva peščena ilovica, zemljine z nizko vsebnostjo organskih snovi in zemljine z običajno visoko vsebnostjo gline	1.3 – 3.85
D	Visok odtočni potencial. Zemljina ima, če je nasičena, zelo nizko stopnjo infiltracije vode. Zemljine z visoko gladino talne vode, z glinastim slojem ali neprepustnim slojem na površini ali tik pod površino, zaslanjena zemljišča ipd. Zemljine imajo zelo nizko stopnjo prepustnosti.	0.00 – 1.3

CN za povodja ocenimo s pomočjo tabel kot funkcijo rabe in vrste tal (odtočni potencial, preglednica 3.1) ter predhodne vlažnosti (priloga B) ali pa s pomočjo SCS krivulj (slika 3.4). Za povodja z več vrstami zemljin in različno rabo tal se enoten CN izračuna kot:

$$CN_{skupen} = \frac{\sum A_i * CN_i}{\sum A_i} \quad \text{enačba 3.9}$$

CN_{skupen} enoten skupen CN za račun odtoka,
 CN_i CN posameznega dela podpovodja,
 A_i površina pripadajočega podpovodja.

PRILOGA D: VREDNOSTI KOEFICIENTA CN

PRILOGA B: Preglednice koeficientov CN

Preglednica 1. Koeficienti CN za urbanizirane površine (US Army Corps of Engineers, 2000).

Raba tal	% neprep. površin	Vrednosti CN glede na odtočni potencial			
		A	B	C	D
<i>Odprte površine (parki, nasadi, golf igrišča, pokopališča itd.)</i>					
slabi pogoji (pokritost s travo < 50 %)		68	79	86	89
povprečni pogoji (pokritost s travo 50 % do 75 %)		49	69	79	84
dobri pogoji (pokritost s travo > 75 %)		39	61	74	80
<i>Neprepustne površine</i>					
tlakovane površine, strehe, ceste		98	98	98	98
tlakovane ulice in ceste z robniki in kanaliziranimi odtoki		98	98	98	98
tlakovane ulice in ceste z odprtimi kanali		83	89	92	93
makadamske ceste (pesek)		76	85	89	91
neobdelane poti (zemlja)		72	82	87	89
<i>Urbana območja</i>					
komercialna in poslovna območja	85	89	92	94	95
industrijska območja	72	81	88	91	93
<i>Stanovanjske površine</i>					
povprečna velikost parcele do 500 m ²	65	77	85	90	92
povprečna velikost parcele 1000 m ²	38	61	75	83	87
povprečna velikost parcele do 1300 m ²	30	57	72	81	86
povprečna velikost parcele do 2000 m ²	25	54	70	80	85
povprečna velikost parcele do 4000 m ²	20	51	68	79	84
povprečna velikost parcele do 8000 m ²	12	46	65	77	82

Preglednica 2. Koeficienti *CN* za obdelana kmetijska zemljišča (USACE, 2000).

Raba tal	Hidrol. pogoji	Vrednosti <i>CN</i> glede na odtočni potencial			
		A	B	C	D
<i>Ledina, neobdelan svet</i>					
gola zemljina	-	77	86	91	94
delno poraščena zemljina (ostanki posevkov)	slabi ¹	76	85	90	93
	dobri ²	74	83	88	90
<i>Poljščine v vrsti</i>					
v ravni vrsti	slabi	72	81	88	91
	dobri	67	78	85	89
v ravni vrsti, delna poraščenost	slabi	71	80	87	90
	dobri	64	75	82	85
po plastnicah	slabi	70	79	84	88
	dobri	65	75	82	86
po plastnicah, delna poraščenost	slabi	69	78	83	87
	dobri	64	74	81	85
po plastnicah in na terasah	slabi	66	74	80	82
	dobri	62	71	78	81
po plastnicah in na terasah, delna poraščenost	slabi	65	73	79	81
	dobri	61	70	77	80
<i>Nizka žita</i>					
v ravni vrsti	slabi	65	76	84	88
	dobri	63	75	83	87
v ravni vrsti, delna poraščenost	slabi	64	75	83	86
	dobri	60	72	80	84
po plastnicah	slabi	63	74	82	85
	dobri	61	73	81	84
po plastnicah, delna poraščenost	slabi	62	73	81	84
	dobri	60	72	80	83
po plastnicah in na terasah	slabi	61	72	79	82
	dobri	59	70	78	81
po plastnicah in na terasah, delna poraščenost	slabi	60	71	78	81
	dobri	58	69	77	80
<i>Gosto sejane stočnice ali kolobarjeni travnik</i>					
v ravni vrsti	slabi	66	77	85	89
	dobri	58	72	81	85
po plastnicah	slabi	64	75	83	85
	dobri	55	69	78	83
po plastnicah in na terasah	slabi	63	73	80	83
	dobri	51	67	76	80

¹ Slabi hidrološki pogoji – določeni faktorji zmanjšujejo infiltracijo in s tem povečujejo površinski odtok.

² Dobri hidrološki pogoji – določeni faktorji povečujejo infiltracijo nad povprečno in s tem zmanjšujejo površinski odtok.

Preglednica 3. Koefficienti *CN* za ostala kmetijska zemljišča (USACE, 2000).

Raba tal	Hidrol. pogoji	Vrednosti <i>CN</i> glede na odtočni potencial			
		A	B	C	D
Pašnik, prerija	slabi	68	79	86	89
	povprečni	49	69	79	84
	dobri	39	61	74	80
Travnik, košen	-	30	58	71	78
Grmičevje	slabi	48	67	77	83
	povprečni	35	56	70	77
	dobri	30	48	65	73
Gozd v kombinaciji s travo (plantaže, sadovnjaki)	slabi	57	73	82	86
	povprečni	43	65	76	82
	dobri	32	58	72	79
Gozd	slabi	45	66	77	83
	povprečni	36	60	73	79
	dobri	30	55	70	77
Kmetija s poslopjem, podeželsko cesto in okoliškimi parcelami	-	59	74	82	86

PRILOGA E: ODNOS PROSTORNINA –NIVO GLADINE

Odnos prostornina - gladina (LIZNK)

Elevation [m]	Area [m2]	Volume [m3]	Volume [/1000 m3]
365	70.620	70.620	0.071
366	916.085	916.085	0.916
367	3082.687	3082.687	3.083
368	6952.240	6952.240	6.952
369	13360.927	13360.927	13.361
370	17466.121	17466.121	17.466
371	19926.090	19926.090	19.926
372	22126.731	22126.731	22.127
373	24539.131	24539.131	24.539
374	26826.892	26826.892	26.827
375	29992.842	29992.842	29.993
376	32581.987	32581.987	32.582
377	35431.340	35431.340	35.431
378	38312.016	38312.016	38.312
379	41010.795	41010.795	41.011
380	45962.805	45962.805	45.963
381	45962.810	45962.810	45.963
382	51139.151	51139.151	51.139
383	51139.151	51139.151	51.139
384	53932.251	53932.251	53.932
385	59105.615	59105.615	59.106
386	63679.518	63679.518	63.680
387	68378.909	68378.909	68.379
388	74348.673	74348.673	74.349
389	87281.306	87281.306	87.281
390	87281.306	87281.306	87.281
391	91895.791	91895.791	91.896
392	101093.198	101093.198	101.093
393	101093.210	101093.210	101.093
394	105763.122	105763.122	105.763
395	110715.293	110715.293	110.715
396	116073.672	116073.672	116.074
397	121652.343	121652.343	121.652
398	127412.113	127412.113	127.412
399	135483.279	135483.279	135.483
400	142482.807	142482.807	142.483

Odnos prostornina - gladina (VELIKI POTOK ŠPANOV MLIN)

Elevation [m]	Area [m2]	Volume [m3]	Volume [*1000 m3]
348	692.7258	692.7258	0.6927258
349	4255.5925	4255.5925	4.2555925
350	12485.0302	12485.0302	12.4850302
351	28431.9773	28431.9773	28.4319773
352	49804.0598	49804.0598	49.8040598
353	66188.1448	66188.1448	66.1881448
354	79570.534	79570.534	79.570534
355	91926.8459	91926.8459	91.9268459
356	114458.75	114458.75	114.4587503
357	139340.988	139340.988	139.3409878

Odnos prostornina - gladina (DUPLICA ZAVER)

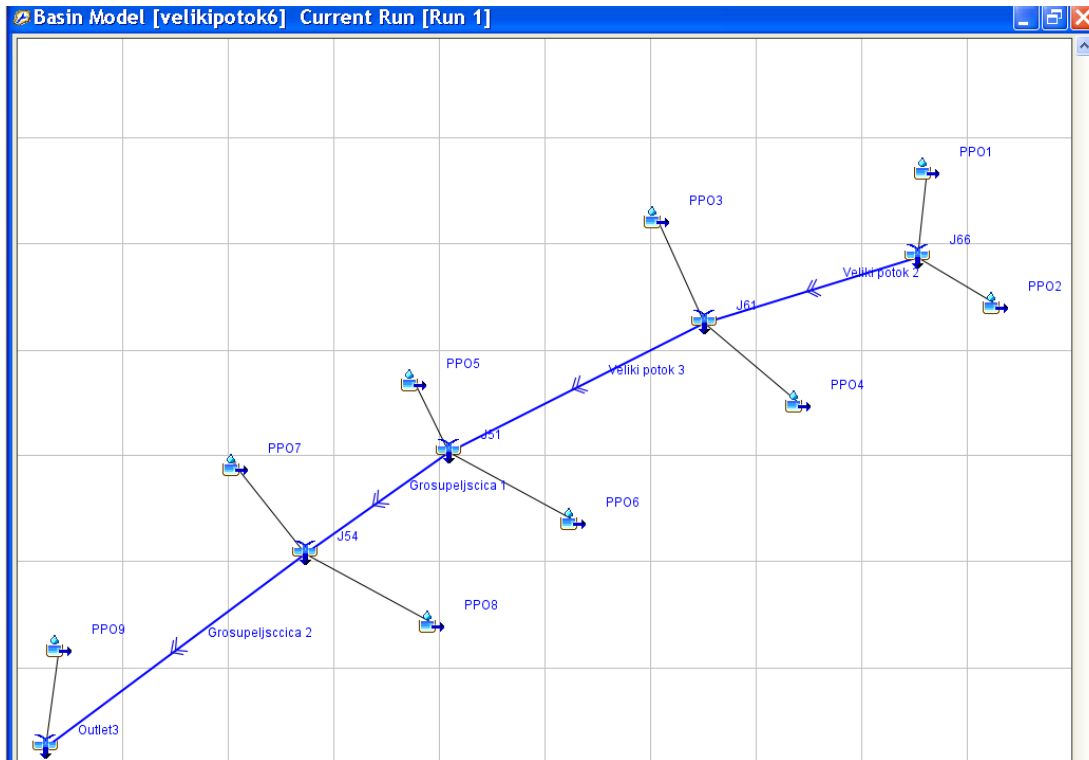
Elevation [m]	Area [m2]	Volume [m3]	Volume [*1000 m3]
345	27034.42	27034.42	27.03
346	60108.81	60108.81	60.11
347	84064.09	84064.09	84.06
348	102743.99	102743.99	102.74
349	120623.98	120623.98	120.62
350	145804.33	145804.33	145.80

Odnos prostornina - gladina (ČRNA DOLINA RIBNIK)

Elevation [m]	Area [m2]	Volume [m3]	Volume [*1000 m3]
348	108.7743	108.77	0.11
349	4316.3447	4316.34	4.32
350	8657.7196	8657.72	8.66
351	12079.3173	12079.32	12.08
352	16909.163	16909.16	16.91
353	24054.8878	24054.89	24.05
354	31759.2341	31759.23	31.76
355	41812.8499	41812.85	41.81
356	51391.3923	51391.39	51.39
357	61010.1019	61010.10	61.01
358	70938.774	70938.77	70.94
359	81150.562	81150.56	81.15
360	91507.8477	91507.85	91.51
361	101259.428	101259.43	101.26

PRILOGA F: REZULTATI MODELA HEC-HMS

VARIANTA 1



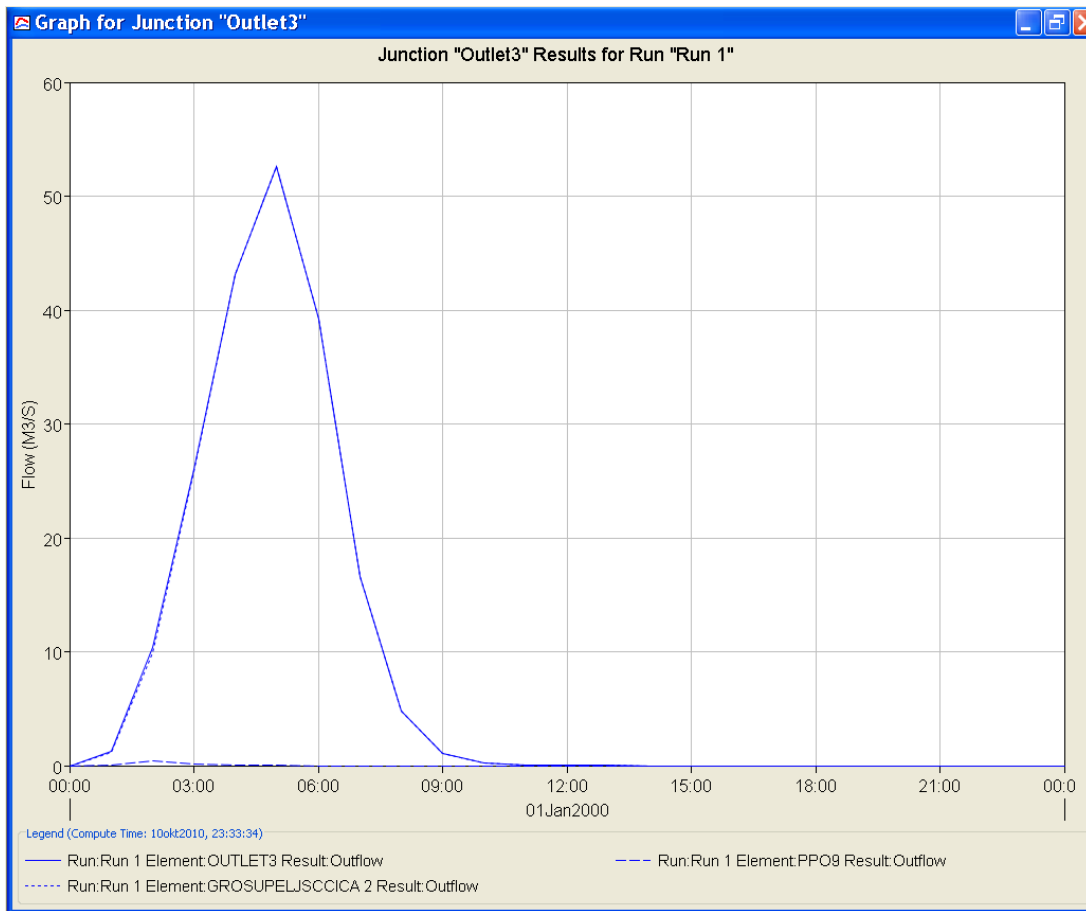
Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: velikipotok6 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: velikipotok6
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 10okt2010, 23:33:34 Control Specifications: kontrolni model

Show Elements: Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PPO9	0,0645312	0,4	01jan2000, 02:00	2,4
PPO6	5,5787500	18,9	01jan2000, 02:00	151,8
PPO8	1,1042000	4,4	01jan2000, 02:00	25,6
PPO7	2,2468750	9,0	01jan2000, 02:00	55,9
PPO4	2,9793750	14,2	01jan2000, 02:00	87,8
PPO3	3,9056250	18,2	01jan2000, 02:00	102,5
PPO2	6,0262500	27,4	01jan2000, 02:00	161,7
PPO5	2,0470000	8,7	01jan2000, 02:00	48,9
PPO1	2,4373000	12,1	01jan2000, 02:00	65,7
Outlet3	26,3899062	52,6	01jan2000, 05:00	702,5
J51	22,9743000	53,6	01jan2000, 03:00	618,5
J54	26,3253750	53,3	01jan2000, 05:00	700,1
J61	15,3485500	48,8	01jan2000, 03:00	417,8
J66	8,4635500	39,5	01jan2000, 02:00	227,4
Veliki potok 2	8,4635500	37,3	01jan2000, 03:00	227,4
Veliki potok 3	15,3485500	48,2	01jan2000, 04:00	417,8
Grosupeljsccica 1	22,9743000	53,0	01jan2000, 05:00	618,5
Grosupeljsccica 2	26,3253750	52,6	01jan2000, 05:00	700,1



Summary Results for Junction "Ou..."

Project: velikipotok6
Simulation Run: Run 1 Junction: Outlet3

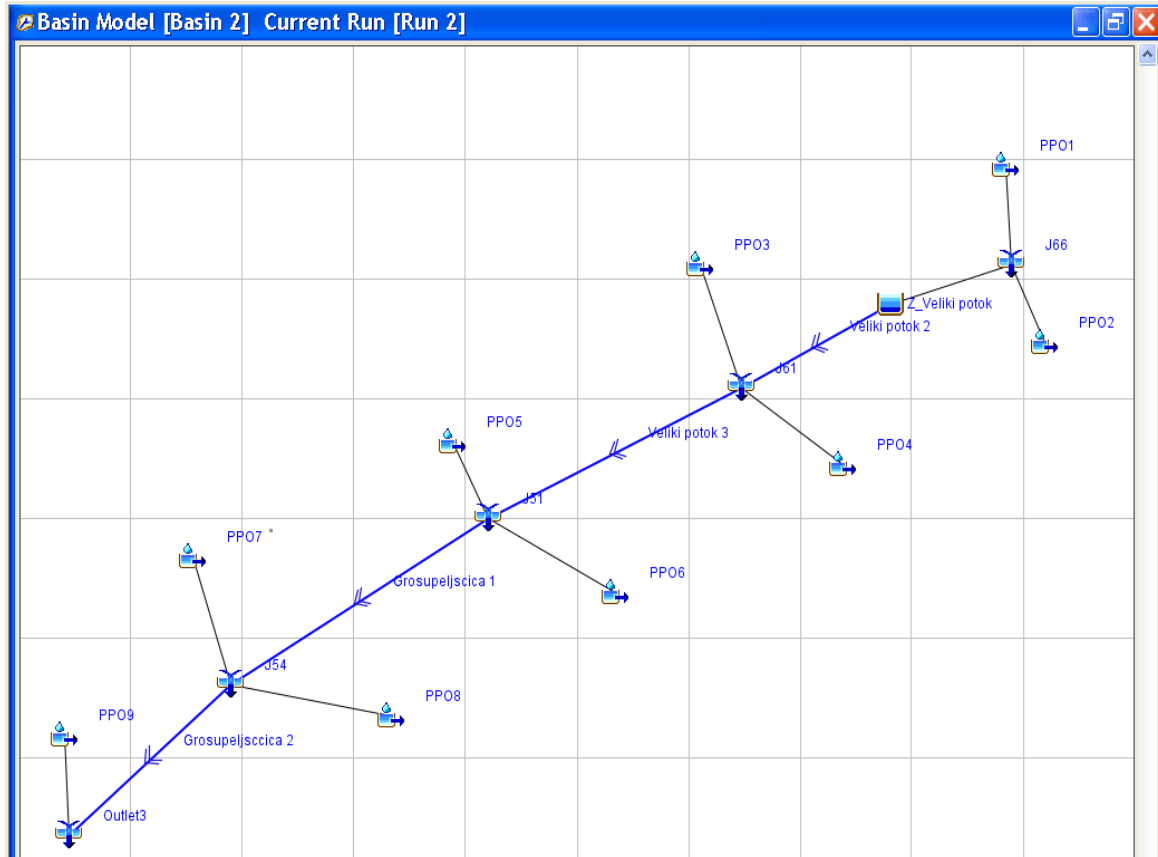
Start of Run: 01jan2000, 00:00	Basin Model: velikipotok6
End of Run: 02jan2000, 00:00	Meteorologic Model: velikipotok6
Compute Time: 10okt2010, 23:33:34	Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Outflow : 52,6 (M3/S) Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 05:00
Total Outflow : 702,5 (1000 M3)

VARIANTA 2



Global Summary Results for Run "Run 2"

Project: velikipotok6 Simulation Run: Run 2

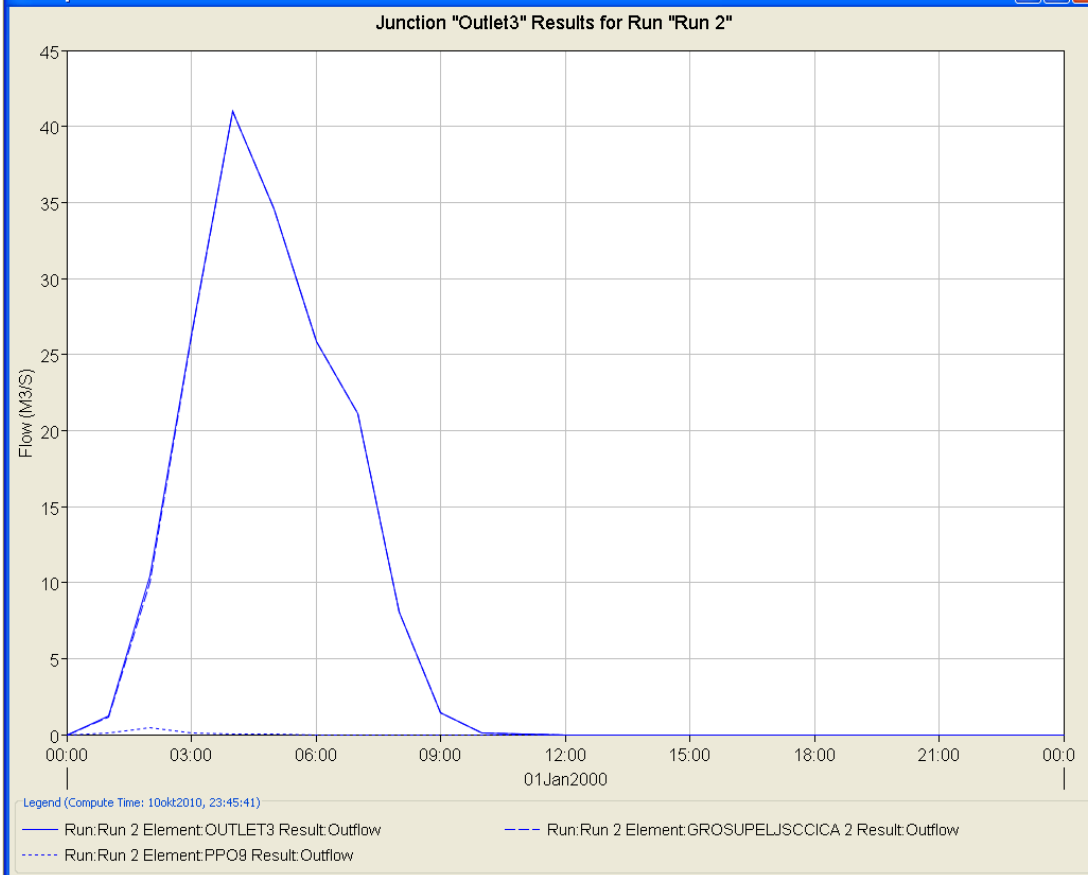
Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 2
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 10okt2010, 23:45:41 Control Specifications: kontrolni model

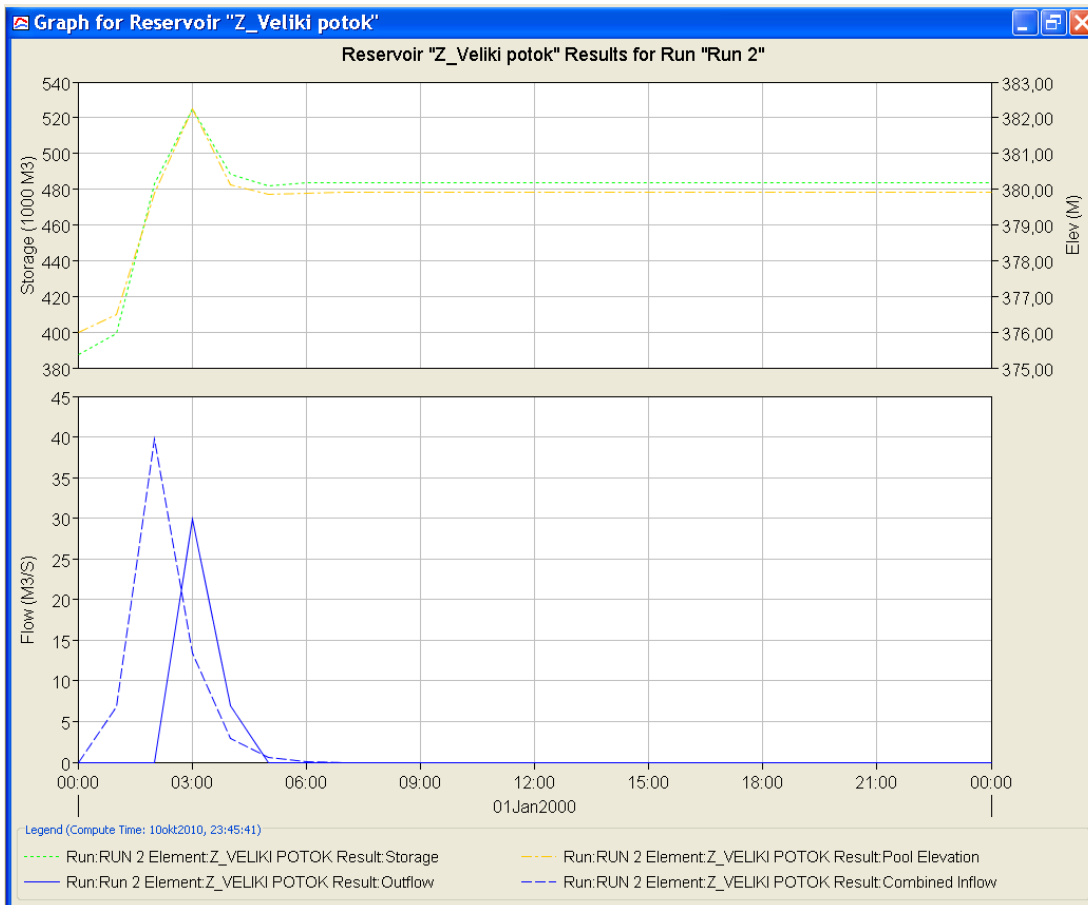
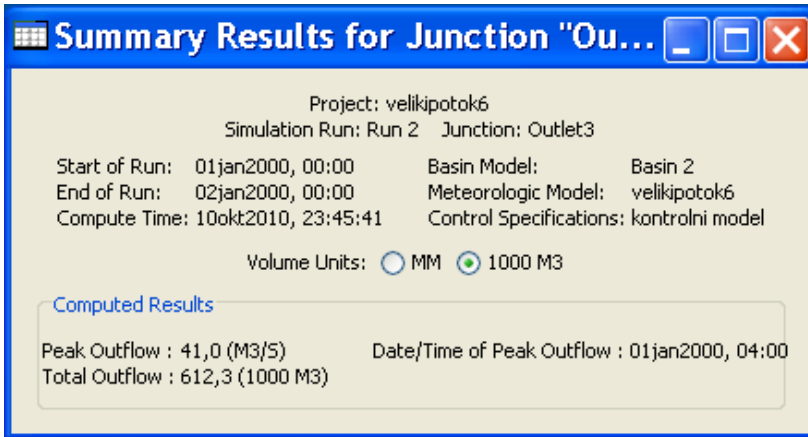
Show Elements: All Elements

Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PPO2	6,0262500	27,6	01jan2000, 02:00	162,8
PPO1	2,4373000	12,1	01jan2000, 02:00	66,2
J66	8,4635500	39,7	01jan2000, 02:00	229,0
Z_veliki potok	8,4635500	29,9	01jan2000, 03:00	132,5
Veliki potok 2	8,4635500	27,9	01jan2000, 01jan2000, 02:00	
PPO3	3,9056250	18,3	01jan2000, 02:00	103,2
PPO4	2,9793750	14,3	01jan2000, 02:00	88,4
J61	15,3485500	32,6	01jan2000, 02:00	324,1
Veliki potok 3	15,3485500	30,8	01jan2000, 03:00	324,1
PPO6	5,5787500	19,2	01jan2000, 02:00	154,5
PPO5	2,0470000	8,8	01jan2000, 02:00	49,2
J51	22,9743000	48,2	01jan2000, 03:00	527,8
Grosupeljscica 1	22,9743000	45,9	01jan2000, 04:00	527,8
PPO7	2,2468750	9,1	01jan2000, 02:00	56,3
PPO8	1,1042000	4,4	01jan2000, 02:00	25,7
J54	26,3253750	47,2	01jan2000, 04:00	609,8
Grosupeljscica 2	26,3253750	41,0	01jan2000, 04:00	609,8
PPO9	0,0645312	0,4	01jan2000, 02:00	2,4
Outlet3	26,3899062	41,0	01jan2000, 04:00	612,3

Graph for Junction "Outlet3"





Summary Results for Reservoir "Z..."

Project: velikopotok6
Simulation Run: Run 2 Reservoir: Z_Veliki potok

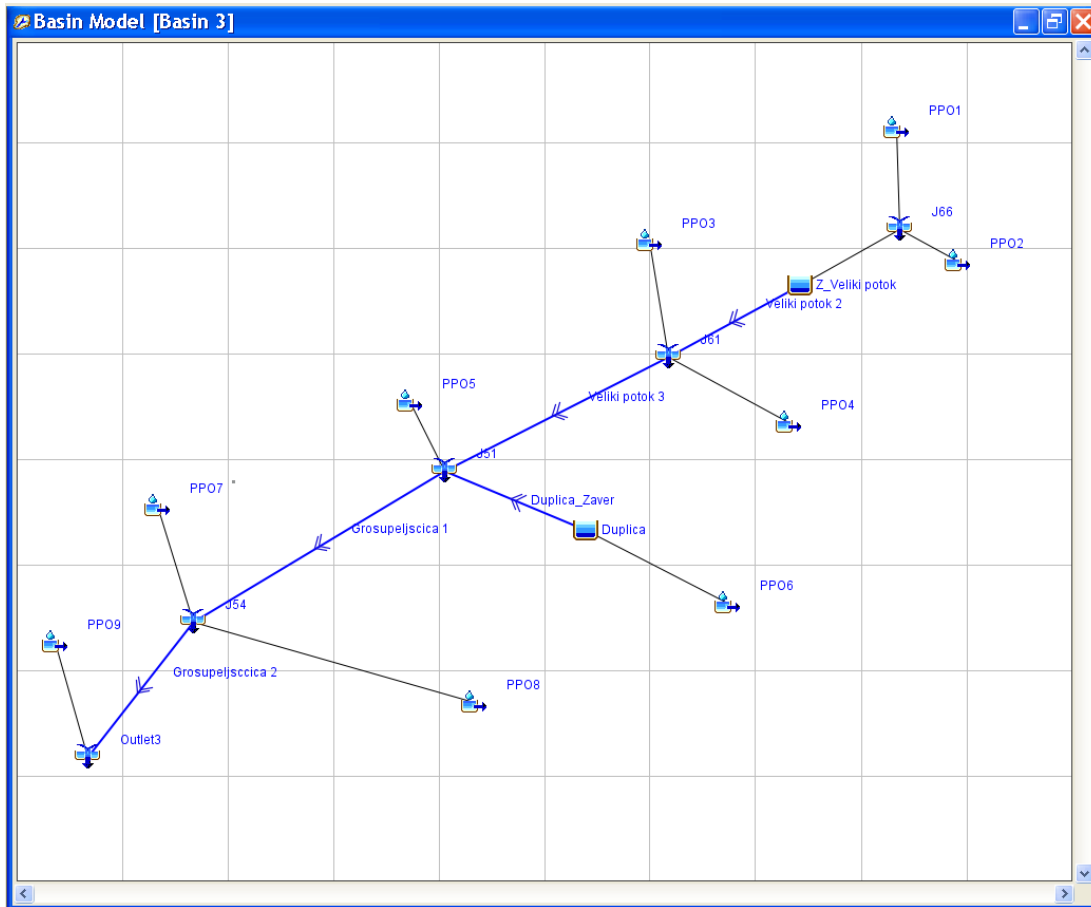
Start of Run: 01jan2000, 00:00	Basin Model: Basin 2
End of Run: 02jan2000, 00:00	Meteorologic Model: velikopotok6
Compute Time: 10okt2010, 23:45:41	Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 39,7 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 29,9 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 229,0 (1000 M3)	Peak Storage : 525,0 (1000 M3)
Total Outflow : 132,5 (1000 M3)	Peak Elevation : 382,3 (M)

VARIANTA 3



Global Summary Results for Run "Run 3"

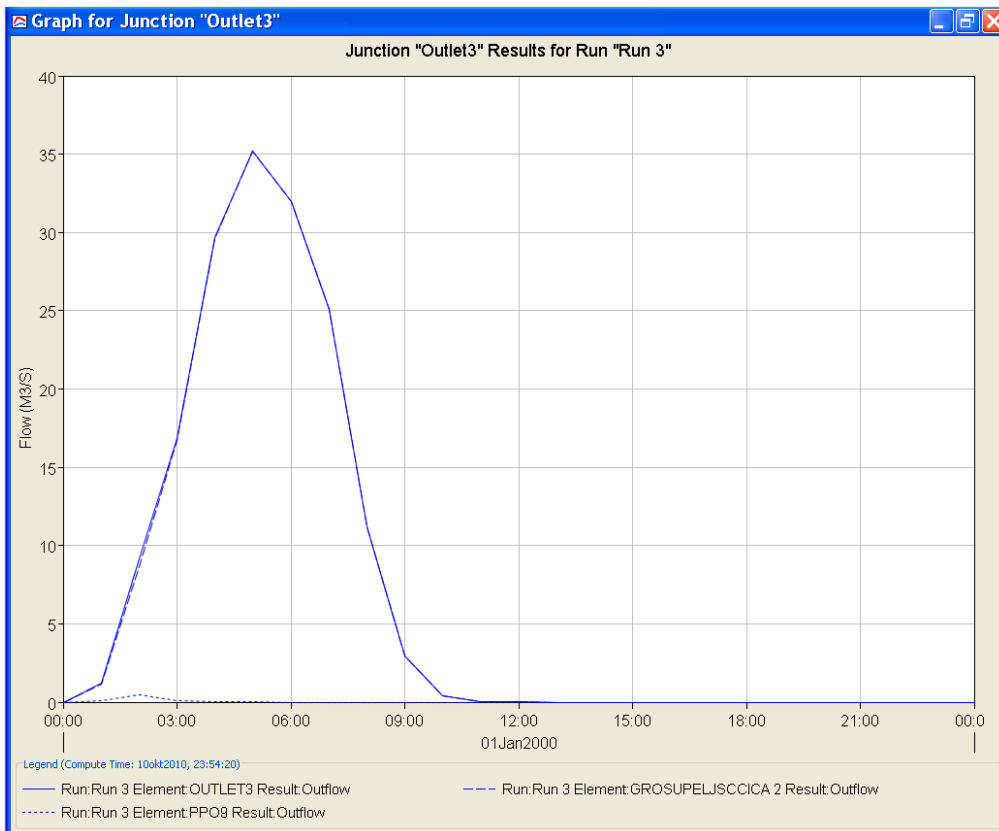
Project: velikipotok6 Simulation Run: Run 3

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 3
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 10okt2010, 23:54:20 Control Specifications: kontrolni model

Show Elements: All Elements

Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PPO2	6,0262500	27,6	01jan2000, 02:00	162,8
PPO1	2,4373000	12,1	01jan2000, 02:00	66,2
J66	8,4635500	39,7	01jan2000, 02:00	29,0
Z_veliki potok	8,4635500	24,2	01jan2000, 03:00	125,2
Veliki potok 2	8,4635500	22,6	01jan2000, 04:00	125,2
PPO3	3,9056250	18,3	01jan2000, 02:00	103,2
PPO4	2,9793750	14,3	01jan2000, 02:00	88,4
J61	15,3485500	32,6	01jan2000, 02:00	316,8
Veliki potok 3	15,3485500	30,8	01jan2000, 03:00	316,8
PPO6	5,5787500	19,2	01jan2000, 02:00	154,5
Duplica	5,5787500	15,5	01jan2000, 03:00	138,8
Duplica_Zaver	5,5787500	14,7	01jan2000, 04:00	138,8
PPO5	2,0470000	8,8	01jan2000, 02:00	49,2
J51	22,9743000	42,8	01jan2000, 03:00	504,8
Grosupeljsccia 1	22,9743000	38,7	01jan2000, 04:00	504,8
PPO7	2,2468750	9,1	01jan2000, 02:00	56,3
PPO8	1,1042000	4,4	01jan2000, 02:00	25,7
J54	26,3253750	39,9	01jan2000, 04:00	586,9
Grosupeljsccia 2	26,3253750	35,2	01jan2000, 05:00	586,9
PPO9	0,0645312	0,4	01jan2000, 02:00	2,4
Outlet3	26,3899062	35,2	01jan2000, 05:00	589,3



Summary Results for Junction "Ou..."

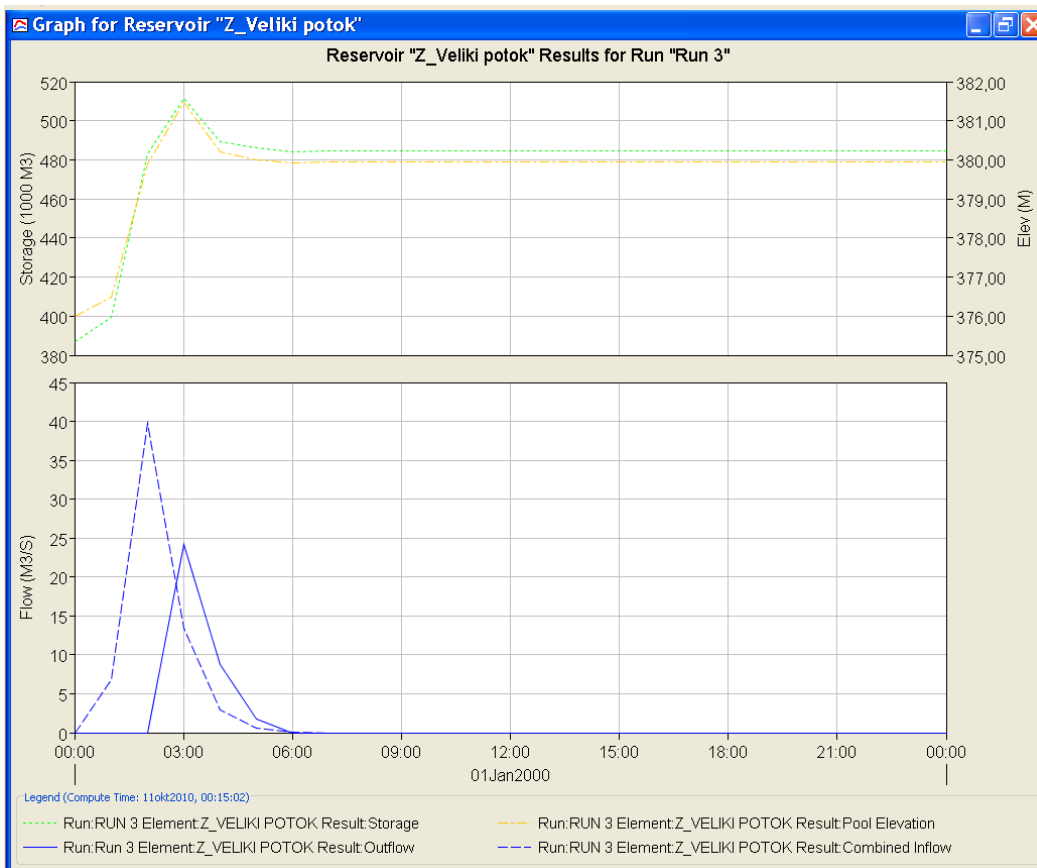
Project: velikopotok6
 Simulation Run: Run 3 Junction: Outlet3

Start of Run: 01jan2000, 00:00	Basin Model: Basin 3
End of Run: 02jan2000, 00:00	Meteorologic Model: velikopotok6
Compute Time: 10okt2010, 23:54:20	Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Outflow : 35,2 (M3/S) Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 05:00
 Total Outflow : 589,3 (1000 M3)



Summary Results for Reservoir "Z..."

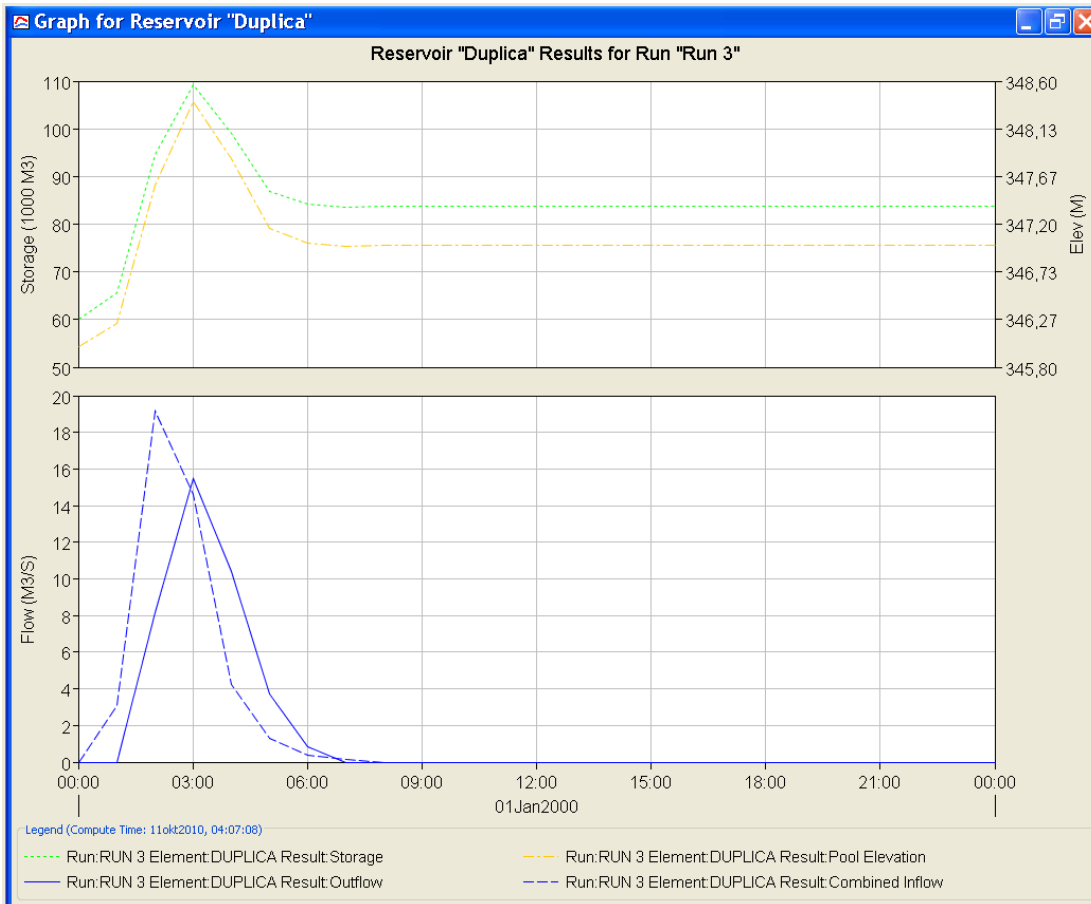
Project: velikipotok6
 Simulation Run: Run 3 Reservoir: Z_Veliki potok

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 3
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 11okt2010, 04:07:08 Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 39,7 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 24,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 229,0 (1000 M3)	Peak Storage : 511,5 (1000 M3)
Total Outflow : 125,2 (1000 M3)	Peak Elevation : 381,5 (M)



Summary Results for Reservoir "D..."

Project: velikpotok6
Simulation Run: Run 3 Reservoir: Duplica

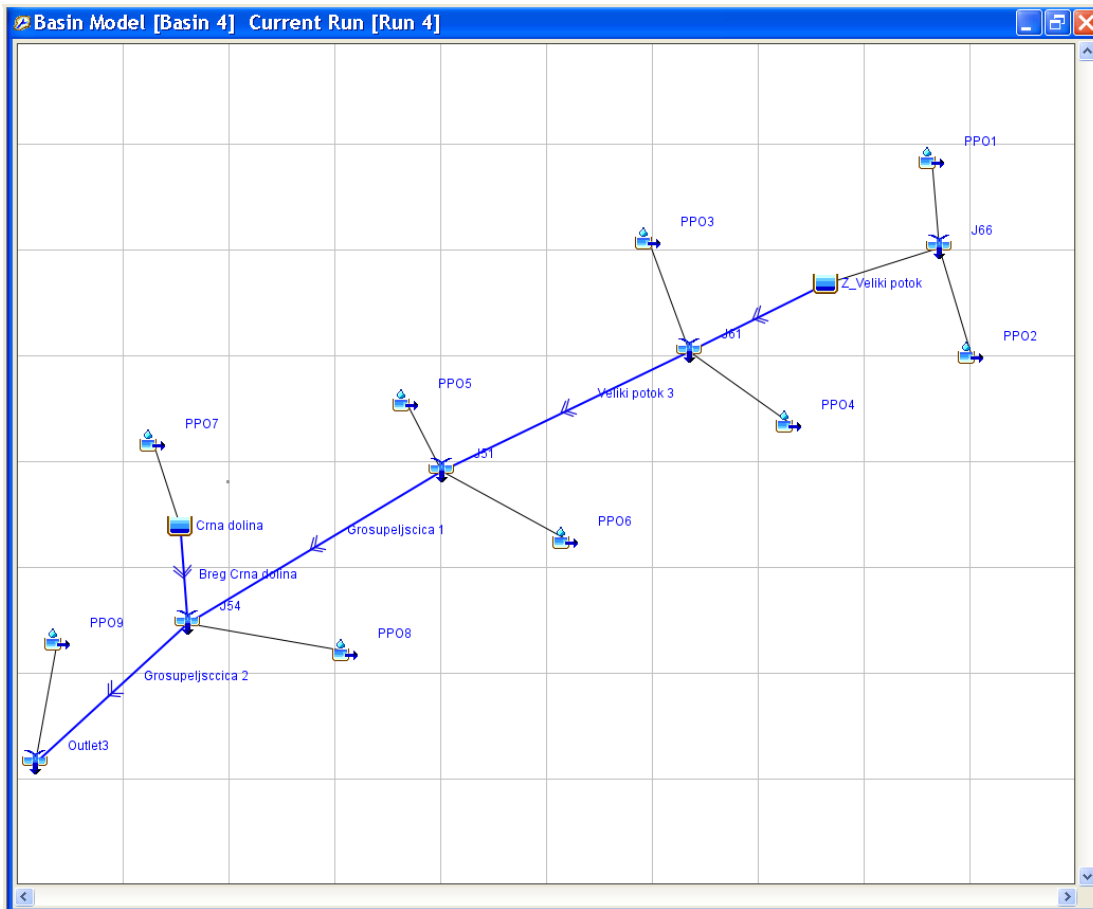
Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 3
End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikpotok6
Compute Time: 11okt2010, 04:07:08 Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 19,2 (M3/5)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 15,5 (M3/5)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 154,5 (1000 M3)	Peak Storage : 109,2 (1000 M3)
Total Outflow : 138,8 (1000 M3)	Peak Elevation : 348,4 (M)

VARIANTA 4



Global Summary Results for Run "Run 4"

Project: velikipotok6 Simulation Run: Run 4

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 4
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 11okt2010, 04:12:01 Control Specifications: kontrolni model

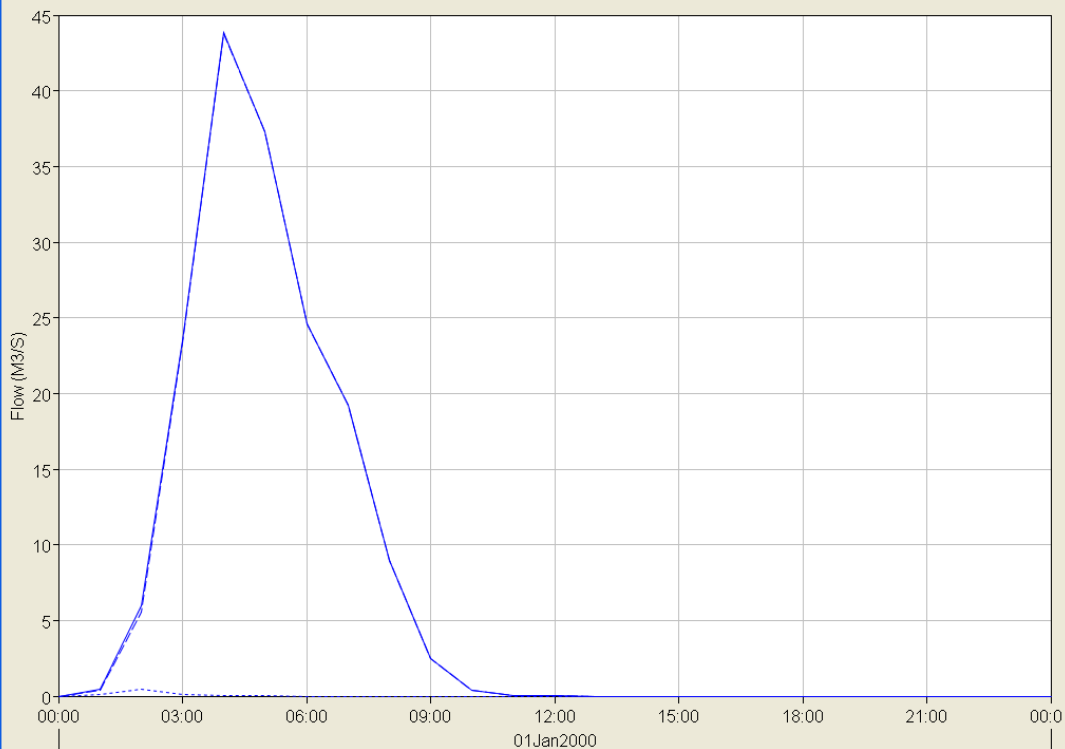
Show Elements: All Elements

Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PPO2	6,0262500	27,6	01jan2000, 02:00	162,8
PPO1	2,4373000	12,1	01jan2000, 02:00	66,2
J66	8,4635500	39,7	01jan2000, 02:00	229,0
Z_Veliki potok	8,4635500	24,2	01jan2000, 03:00	125,2
Veliki potok 2	8,4635500	22,6	01jan2000, 04:00	125,2
PPO3	3,9056250	18,3	01jan2000, 02:00	103,2
PPO4	2,9793750	14,3	01jan2000, 02:00	88,4
J61	15,3485500	32,6	01jan2000, 02:00	316,8
Veliki potok 3	15,3485500	30,8	01jan2000, 03:00	316,8
PPO6	5,5787500	19,2	01jan2000, 02:00	154,5
PPO5	2,0470000	8,8	01jan2000, 02:00	49,2
J51	22,9743000	48,2	01jan2000, 03:00	520,5
Grosupeljscica 1	22,9743000	45,9	01jan2000, 04:00	520,5
PPO7	2,2468750	9,1	01jan2000, 02:00	56,3
Crna dolina	2,2468750	6,5	01jan2000, 03:00	51,2
Breg Crna dolina	2,2468750	5,4	01jan2000, 03:00	51,2
PPO8	1,1042000	4,4	01jan2000, 02:00	25,7
J54	26,3253750	51,2	01jan2000, 04:00	597,4
Grosupeljscica 2	26,3253750	43,8	01jan2000, 04:00	597,4
PPO9	0,0645312	0,4	01jan2000, 02:00	2,4
Outlet3	26,3899062	43,8	01jan2000, 04:00	599,8

Graph for Junction "Outlet3"

Junction "Outlet3" Results for Run "Run 4"

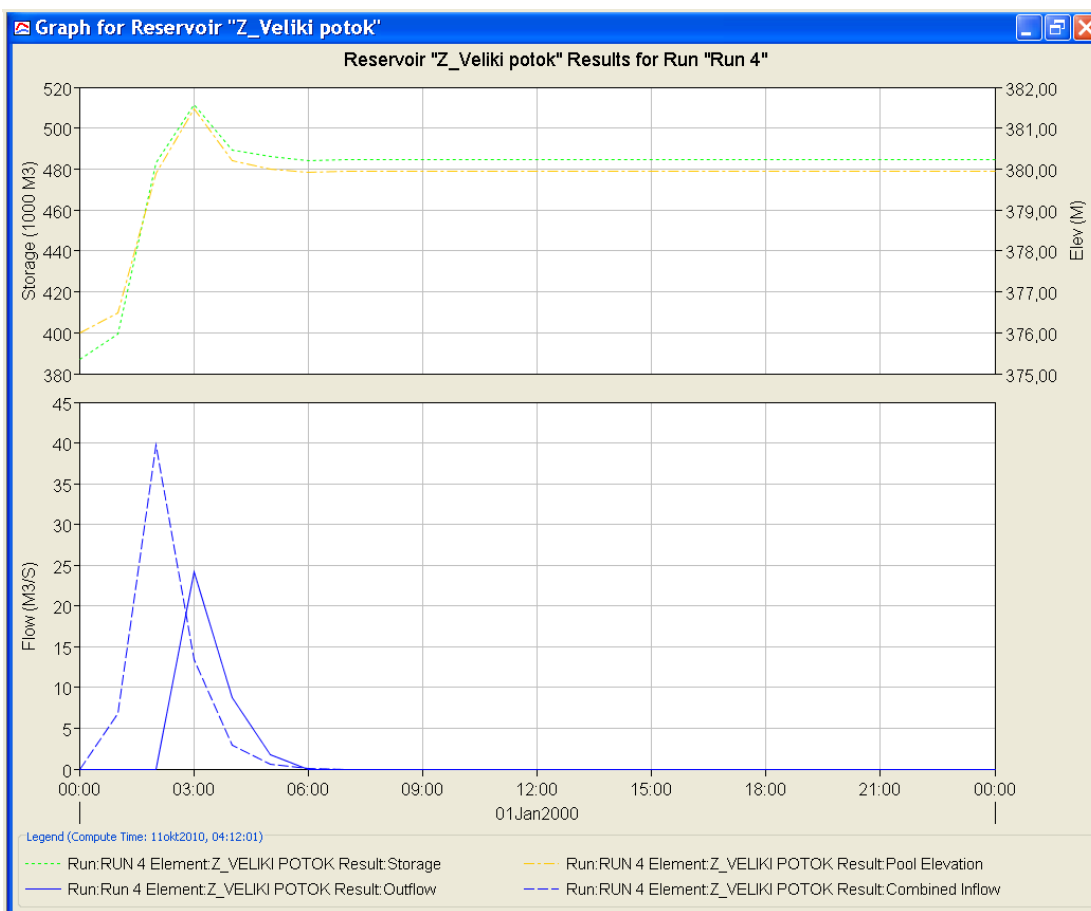
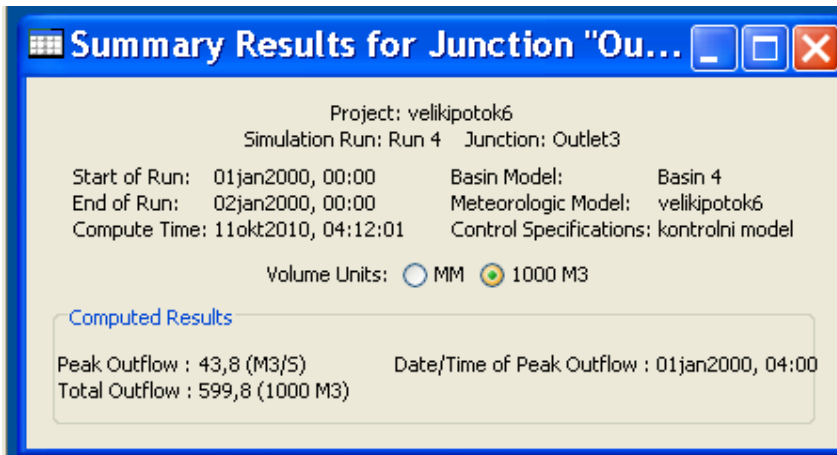


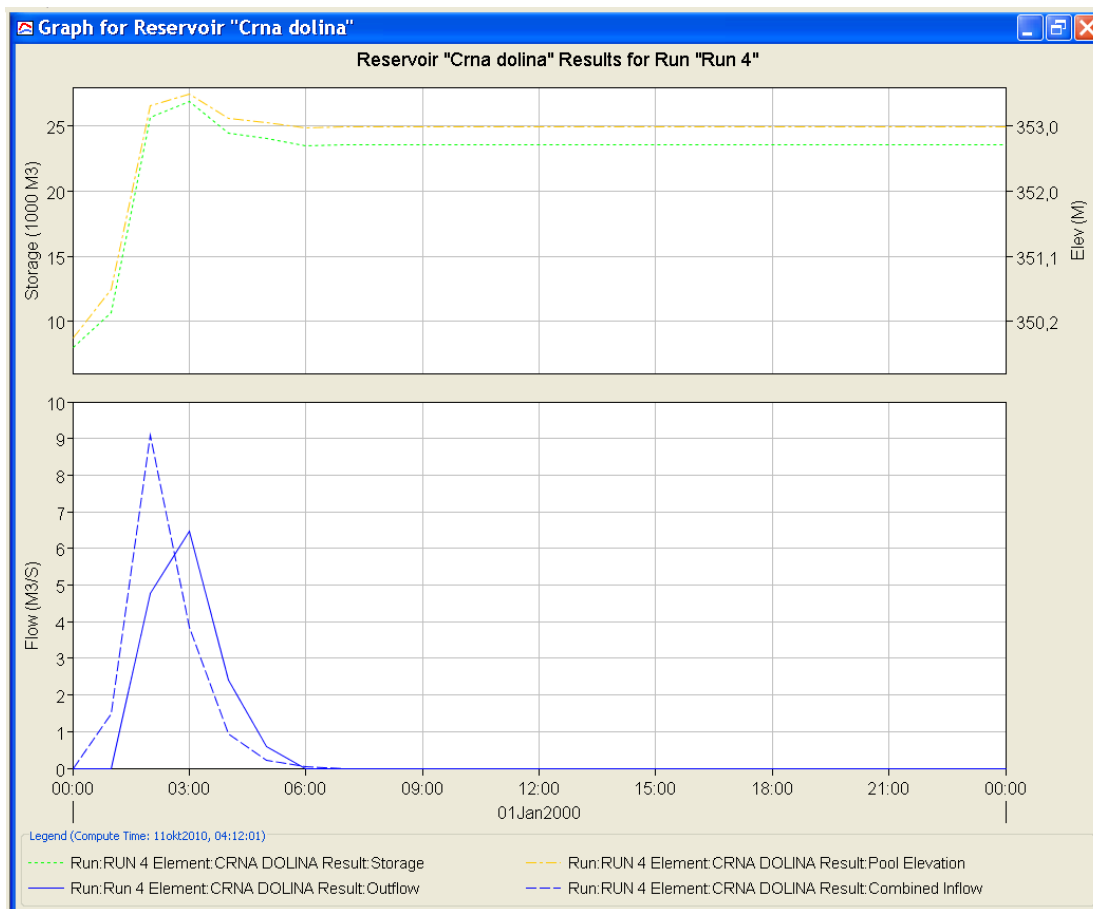
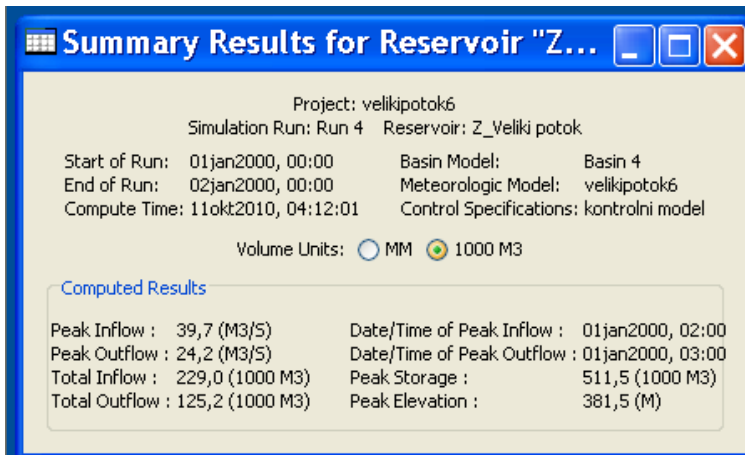
Legend (Compute Time: 11okt2010, 04:12:01)

— Run:Run 4 Element:OUTLET3 Result:Outflow

- - - Run:Run 4 Element:GROSUPELJSCICA 2 Result:Outflow

..... Run:Run 4 Element:PPO9 Result:Outflow





Summary Results for Reservoir "C..."

Project: velikipotok6
Simulation Run: Run 4 Reservoir: Crna dolina

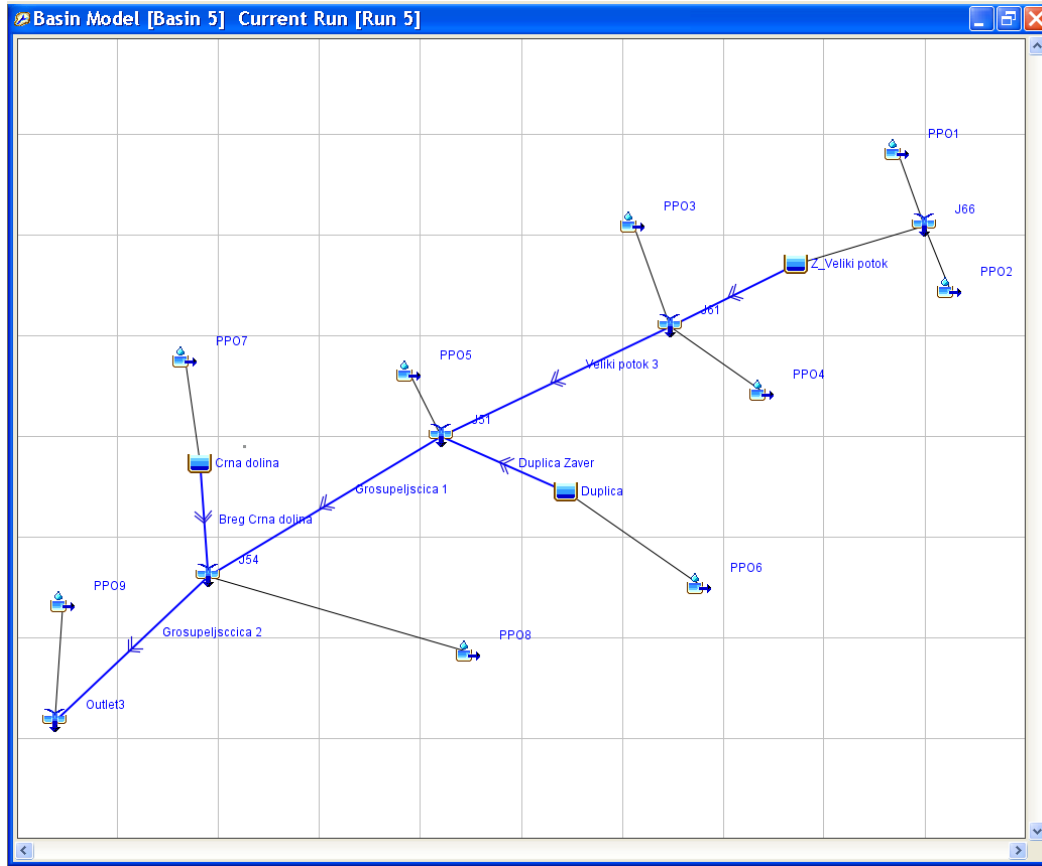
Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 4
End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
Compute Time: 11okt2010, 04:12:01 Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 9,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 6,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 56,3 (1000 M3)	Peak Storage : 26,9 (1000 M3)
Total Outflow : 51,2 (1000 M3)	Peak Elevation : 353,4 (M)

VARIANTA 5



Global Summary Results for Run "Run 5"

Project: velikpotok6 Simulation Run: Run 5

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 5
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikpotok6
 Compute Time: 11okt2010, 04:18:08 Control Specifications: kontrolni model

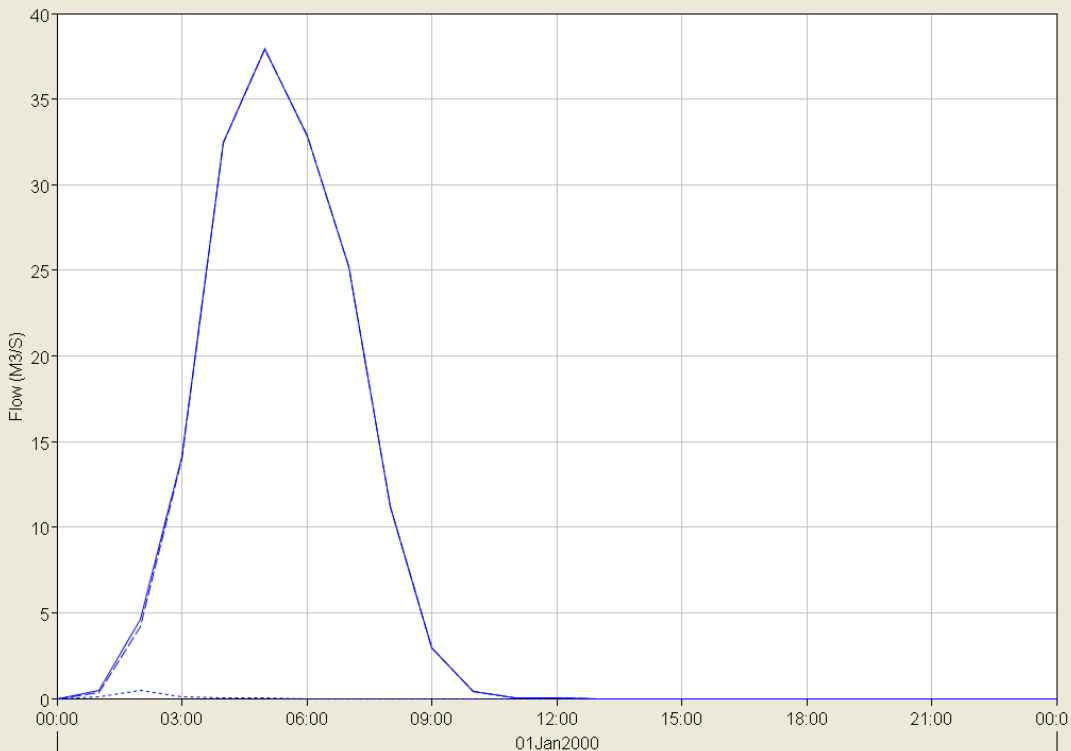
Show Elements: All Elements

Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PPO2	6,0262500	27,6	01jan2000, 02:00	162,8
PPO1	2,4373000	12,1	01jan2000, 02:00	66,2
J66	8,4635500	39,7	01jan2000, 02:00	229,0
Z_veliki potok	8,4635500	24,2	01jan2000, 03:00	125,2
Veliki potok 2	8,4635500	22,6	01jan2000, 04:00	125,2
PPO3	3,9056250	18,3	01jan2000, 02:00	103,2
PPO4	2,9793750	14,3	01jan2000, 02:00	88,4
J61	15,3485500	32,6	01jan2000, 02:00	316,8
Veliki potok 3	15,3485500	30,8	01jan2000, 03:00	316,8
PPO6	5,5787500	19,2	01jan2000, 02:00	154,5
Duplica	5,5787500	15,5	01jan2000, 03:00	138,8
Duplica Zaver	5,5787500	14,7	01jan2000, 04:00	138,8
PPO5	2,0470000	8,8	01jan2000, 02:00	49,2
J51	22,9743000	42,8	01jan2000, 03:00	504,8
Grosupeljsccica 1	22,9743000	38,7	01jan2000, 04:00	504,8
PPO7	2,2468750	9,1	01jan2000, 02:00	56,3
Crna dolina	2,2468750	6,5	01jan2000, 03:00	51,2
Breg Crna dolina	2,2468750	5,4	01jan2000, 03:00	51,2
PPO8	1,1042000	4,4	01jan2000, 02:00	25,7
J54	26,3253750	44,0	01jan2000, 04:00	581,7
Grosupeljsccica 2	26,3253750	37,9	01jan2000, 05:00	581,7
PPO9	0,0645312	0,4	01jan2000, 02:00	2,4
Outlet3	26,3899062	37,9	01jan2000, 05:00	584,1

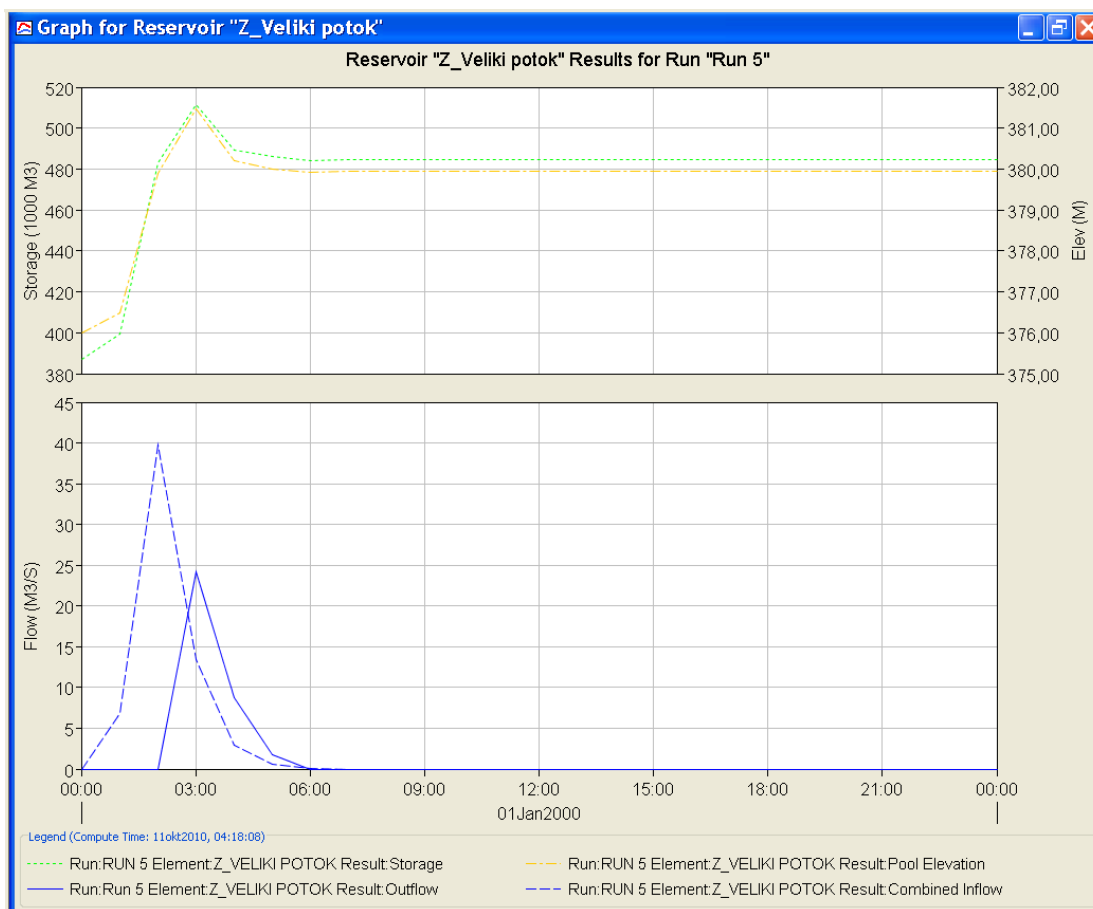
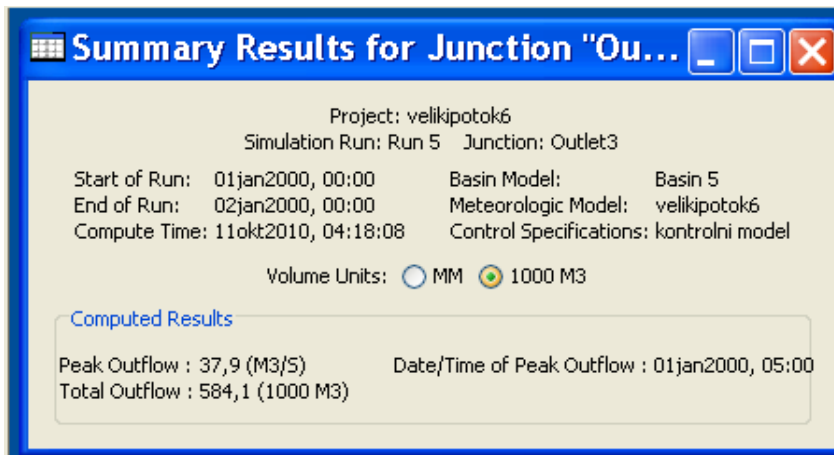
Graph for Junction "Outlet3"

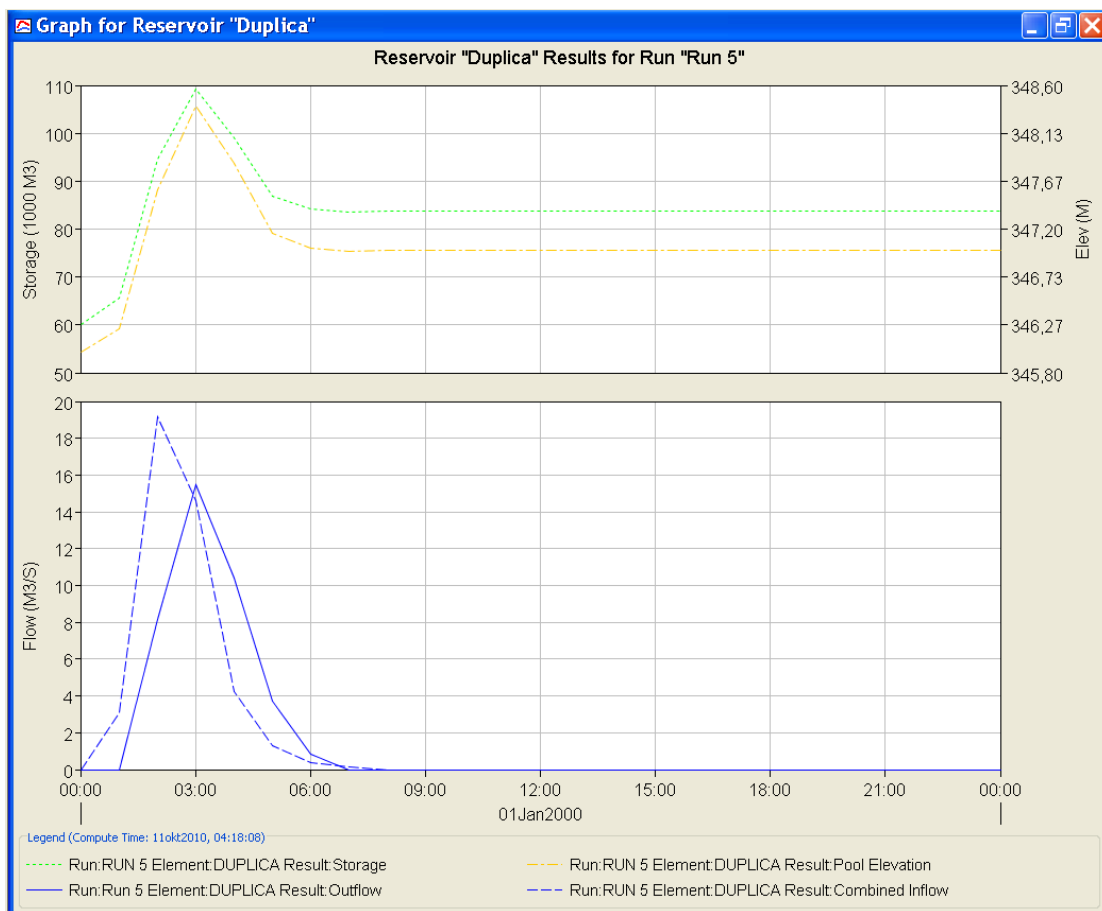
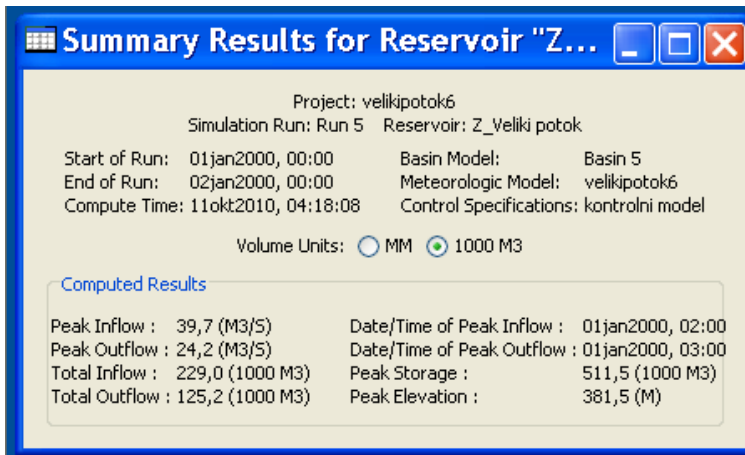
Junction "Outlet3" Results for Run "Run 5"



Legend (Compute Time: 11okt2010, 04:18:08)

- Run:Run 5 Element:OUTLET3 Result:Outflow
- - - Run:Run 5 Element:GROSUPELJSCCICA 2 Result:Outflow
- Run:Run 5 Element:PPO9 Result:Outflow





Summary Results for Reservoir "D..."

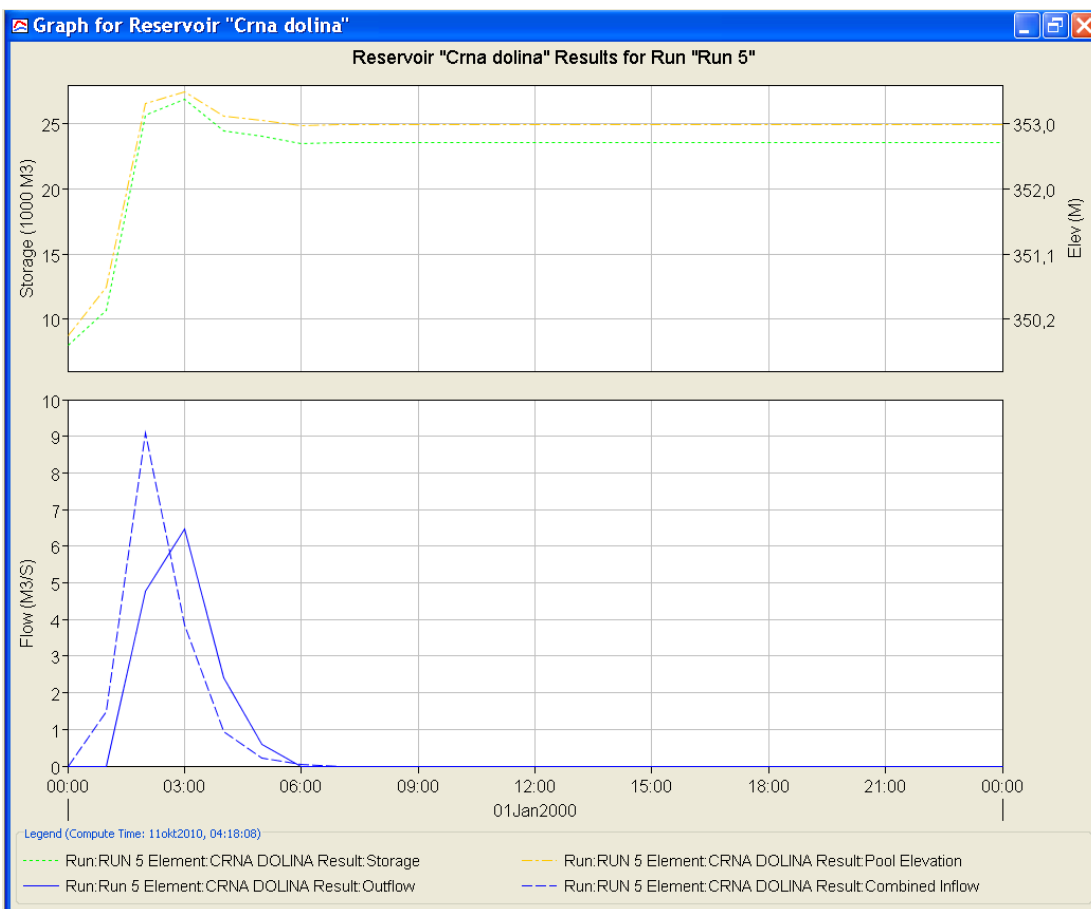
Project: velikipotok6
 Simulation Run: Run 5 Reservoir: Duplica

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 5
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 11okt2010, 04:18:08 Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 19,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 15,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 154,5 (1000 M3)	Peak Storage : 109,2 (1000 M3)
Total Outflow : 138,8 (1000 M3)	Peak Elevation : 348,4 (M)



Summary Results for Reservoir "C...

Project: velikipotok6
Simulation Run: Run 5 Reservoir: Crna dolina

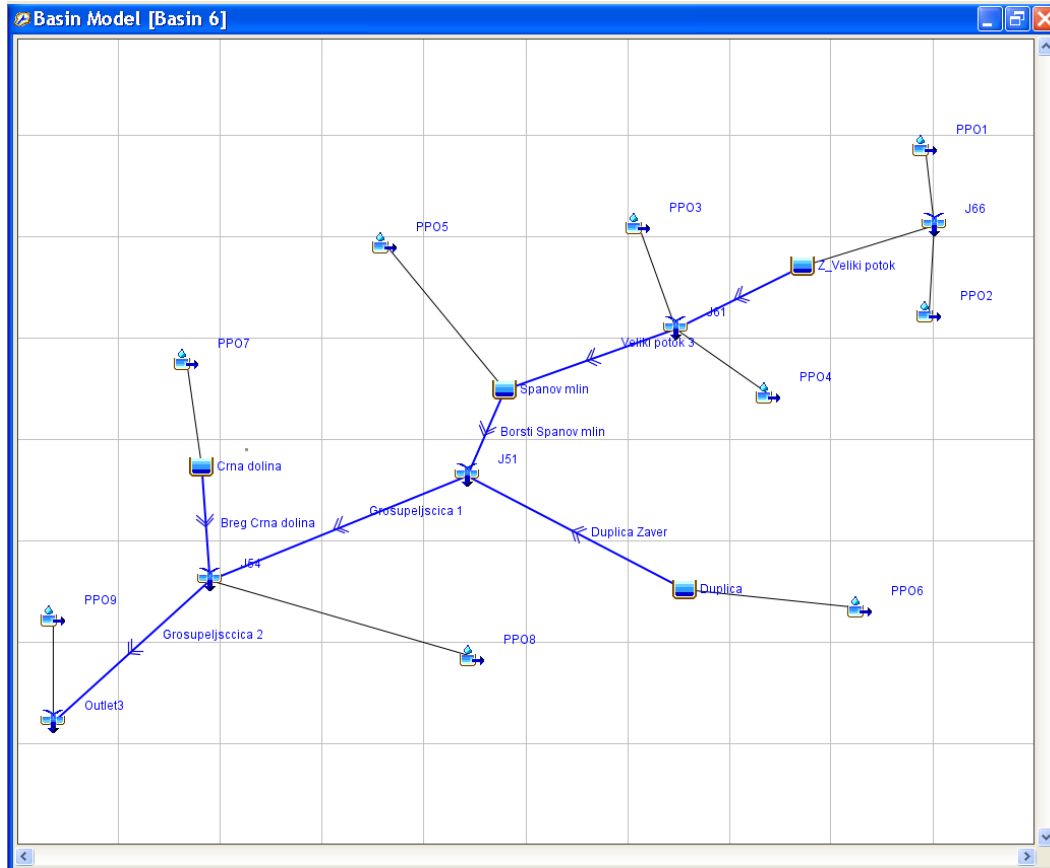
Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 5
End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
Compute Time: 11okt2010, 04:18:08 Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 9,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 6,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 56,3 (1000 M3)	Peak Storage : 26,9 (1000 M3)
Total Outflow : 51,2 (1000 M3)	Peak Elevation : 353,4 (M)

VARIANTA 6



Global Summary Results for Run "Run 6"

Project: velikpotok6 Simulation Run: Run 6

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 6
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikpotok6
 Compute Time: 11okt2010, 04:25:10 Control Specifications: kontrolni model

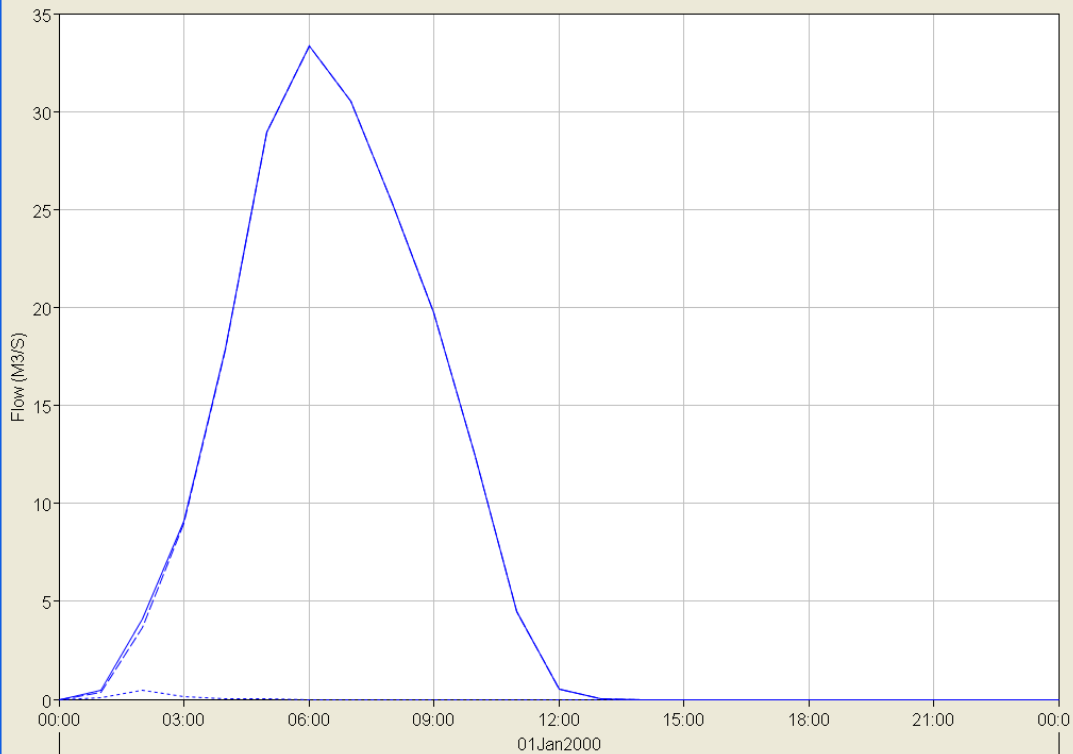
Show Elements: All Elements

Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PPO2	6,0262500	27,6	01jan2000, 02:00	162,8
PPO1	2,4373000	12,1	01jan2000, 02:00	66,2
J66	8,4635500	39,7	01jan2000, 02:00	229,0
Z_veliki potok	8,4635500	24,9	01jan2000, 03:00	229,7
Veliki potok 2	8,4635500	24,6	01jan2000, 04:00	229,7
PPO3	3,9056250	18,3	01jan2000, 02:00	103,2
PPO4	2,9793750	14,3	01jan2000, 02:00	88,4
J61	15,3485500	37,9	01jan2000, 02:00	421,3
Veliki potok 3	15,3485500	35,8	01jan2000, 03:00	421,3
PPO5	2,0470000	8,8	01jan2000, 02:00	49,2
Spanov mlin	17,3955500	25,2	01jan2000, 05:00	454,4
Borsti Spanov mlin	17,3955500	24,1	01jan2000, 06:00	454,4
PPO6	5,5787500	19,2	01jan2000, 02:00	154,5
Duplica	5,5787500	15,5	01jan2000, 03:00	138,8
Duplica Zaver	5,5787500	14,7	01jan2000, 04:00	138,8
J51	22,9743000	33,7	01jan2000, 04:00	593,2
Grosupeljsccica 1	22,9743000	32,7	01jan2000, 06:00	593,2
PPO7	2,2468750	9,1	01jan2000, 02:00	56,3
Crna dolina	2,2468750	6,5	01jan2000, 03:00	51,2
Breg Crna dolina	2,2468750	5,4	01jan2000, 03:00	51,2
PPO8	1,1042000	4,4	01jan2000, 02:00	25,7
J54	26,3253750	33,6	01jan2000, 05:00	670,0
Grosupeljsccica 2	26,3253750	33,3	01jan2000, 06:00	670,0
PPO9	0,0645312	0,4	01jan2000, 02:00	2,4
Outlet3	26,3899062	33,3	01jan2000, 06:00	672,4

Graph for Junction "Outlet3"

Junction "Outlet3" Results for Run "Run 6"

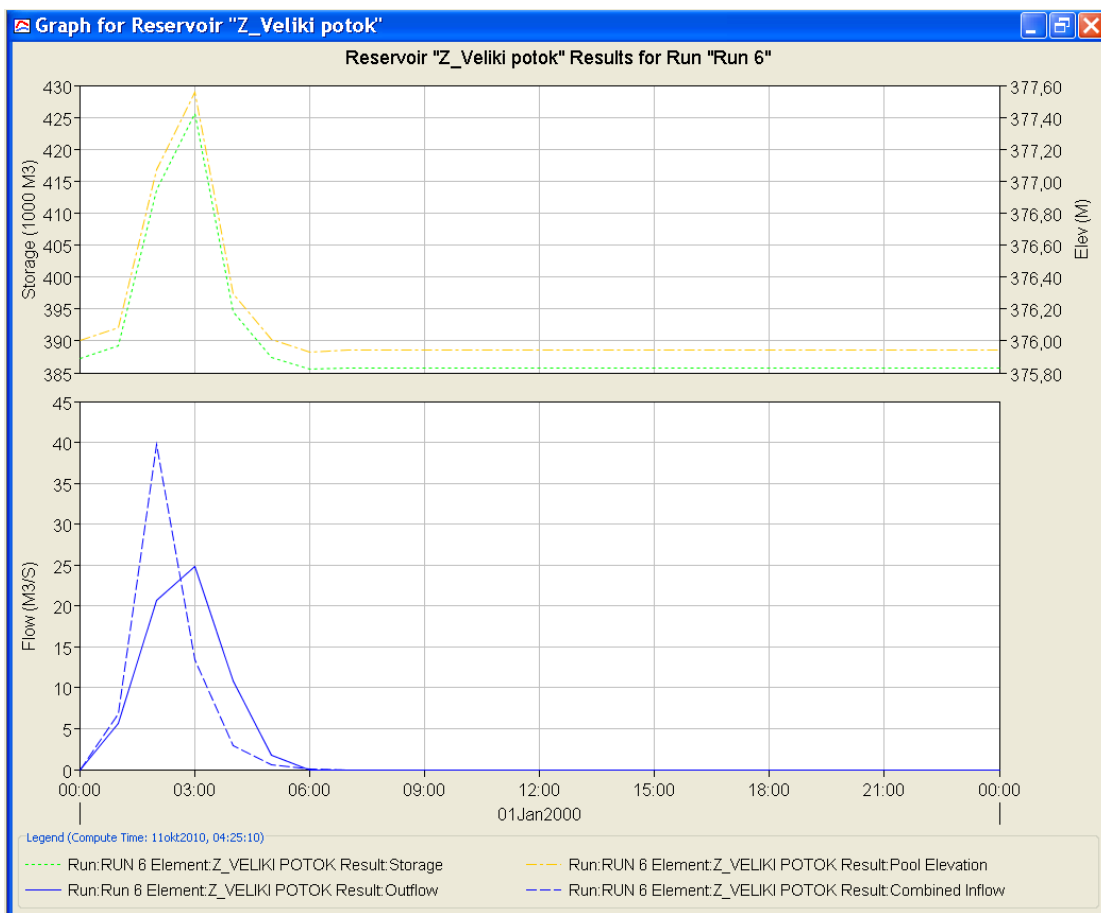
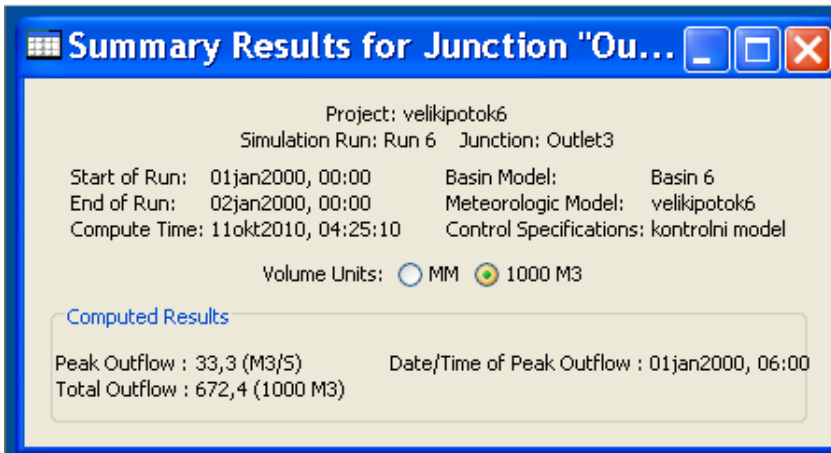


Legend (Compute Time: 11okt2010, 04:25:10)

— Run:Run 6 Element: OUTLET3 Result: Outflow

- - - Run:Run 6 Element: GROSUPELJSCCICA 2 Result: Outflow

..... Run:Run 6 Element: PPO9 Result: Outflow



Summary Results for Reservoir "Z..."

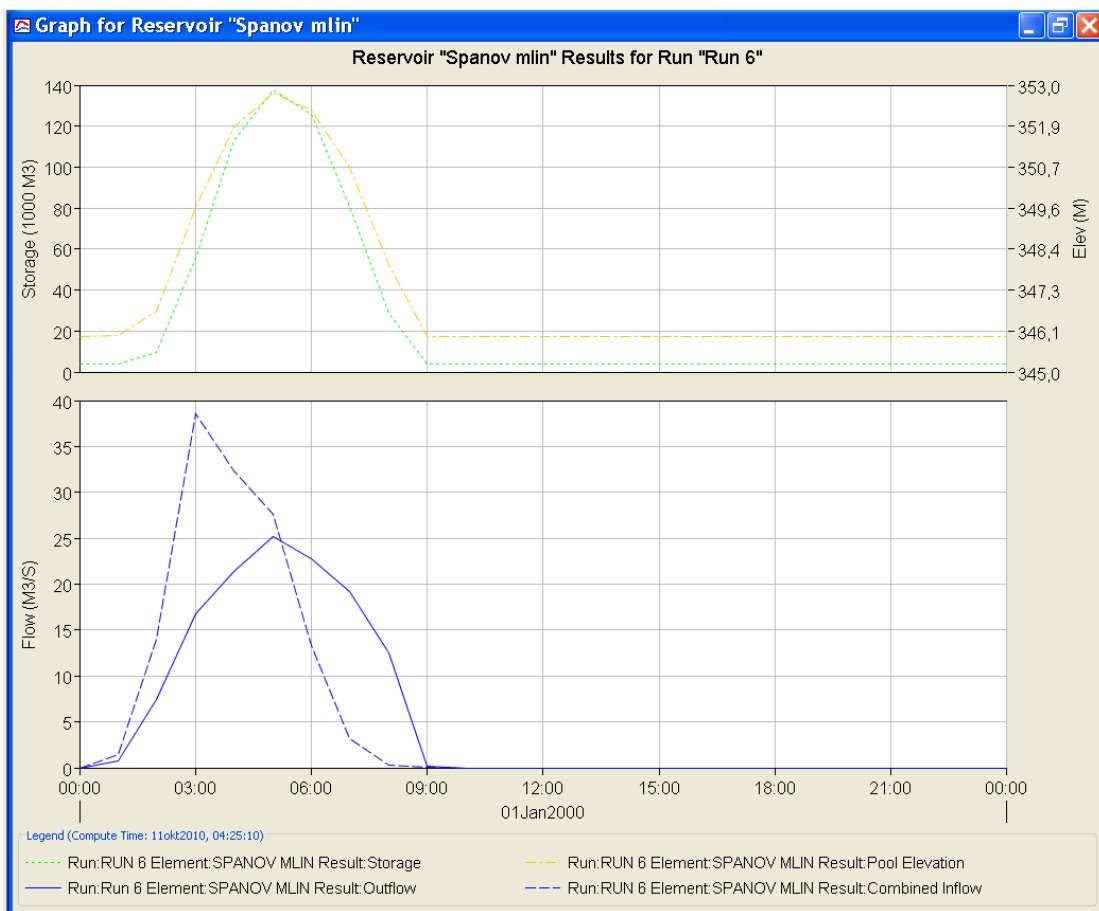
Project: velikipotok6
 Simulation Run: Run 6 Reservoir: Z_Veliki potok

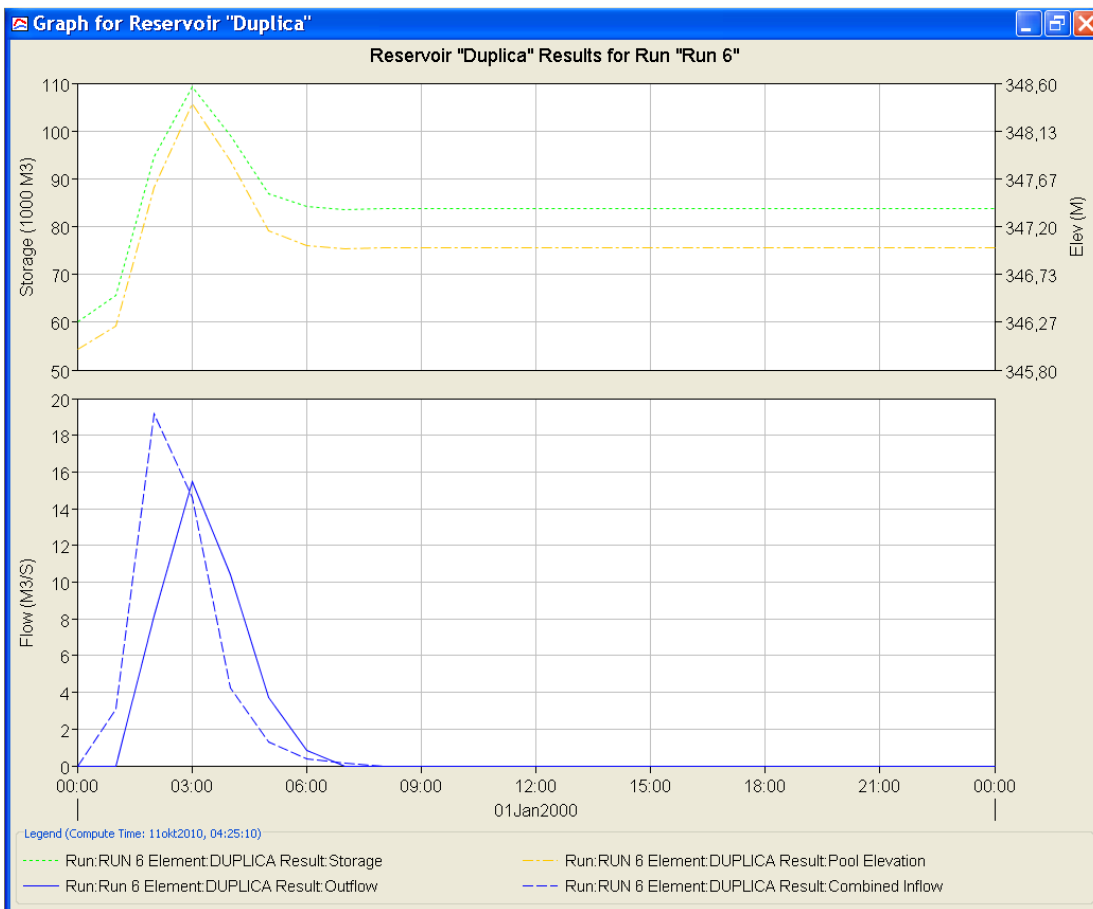
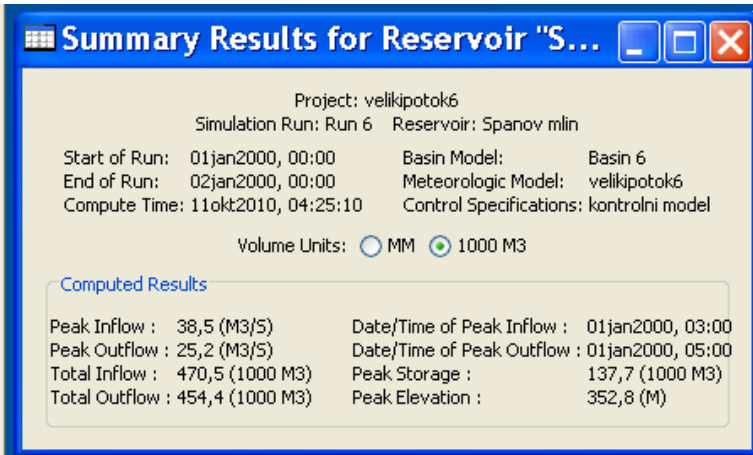
Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 6
 End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikipotok6
 Compute Time: 11okt2010, 04:25:10 Control Specifications: kontrolni model

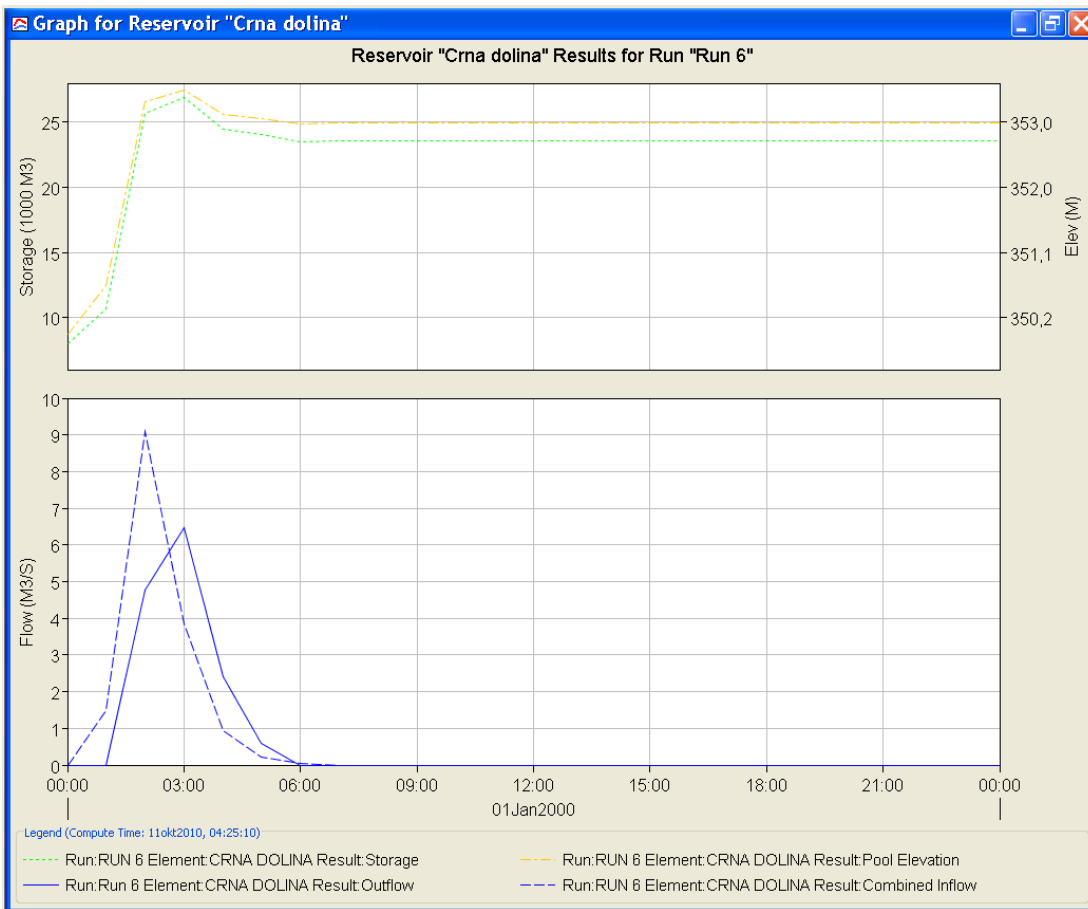
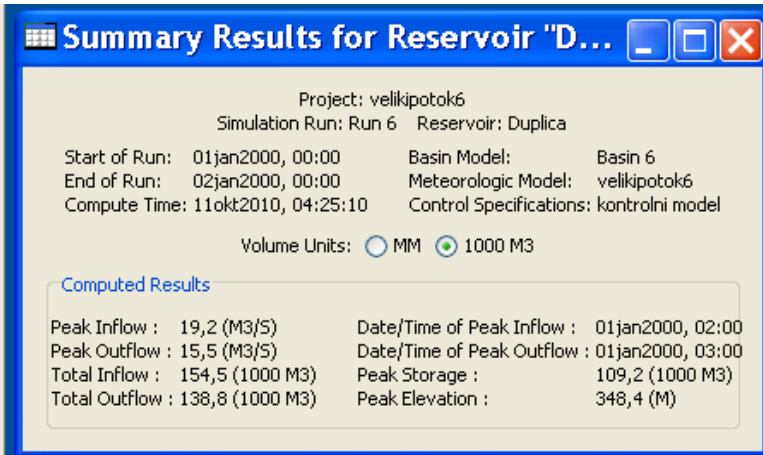
Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 39,7 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 24,9 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 229,0 (1000 M3)	Peak Storage : 425,6 (1000 M3)
Total Outflow : 229,7 (1000 M3)	Peak Elevation : 377,6 (M)







Summary Results for Reservoir "C...

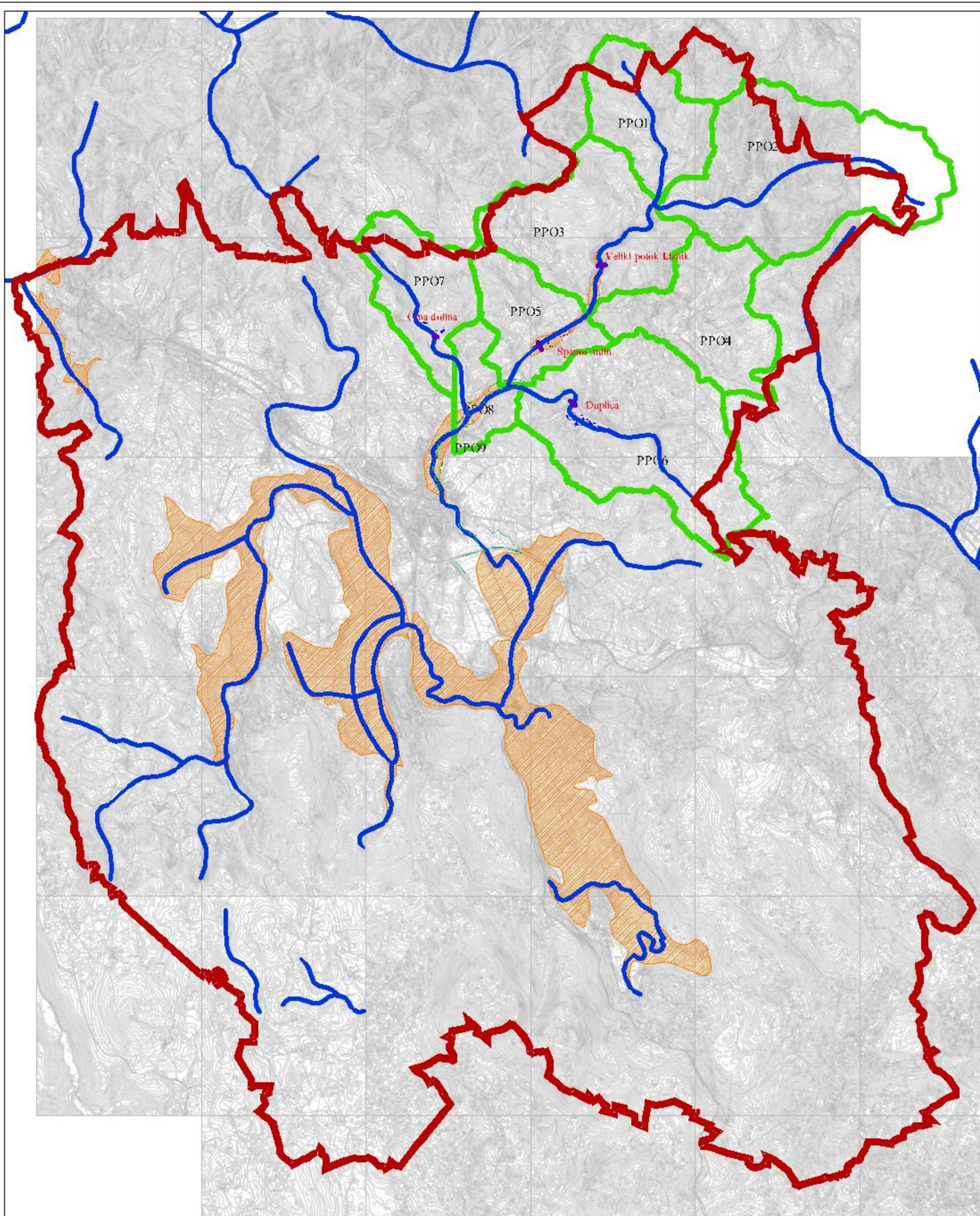
Project: velikpotok6
Simulation Run: Run 6 Reservoir: Crna dolina

Start of Run: 01jan2000, 00:00 Basin Model: Basin 6
End of Run: 02jan2000, 00:00 Meteorologic Model: velikpotok6
Compute Time: 11okt2010, 04:25:10 Control Specifications: kontrolni model

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow : 9,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow : 01jan2000, 02:00
Peak Outflow : 6,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01jan2000, 03:00
Total Inflow : 56,3 (1000 M3)	Peak Storage : 26,9 (1000 M3)
Total Outflow : 51,2 (1000 M3)	Peak Elevation : 353,4 (M)



- LEGENDA:**
- Območje
 - Loci
 - Območje zadrževalnika
 - Območje Ljanskega potoka
 - Območje potoka potokovca
 - Območje potoka potokovca
 - Območje zadrževalnika
 - Konepoto

Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Vodarstvo in komunalno inženirstvo Jamova 2 Ljubljana	
Pravica: Diplomsko naloga Zadrževalniki na pavadju Grosuplječice	Priloga: Pregledna situacija
Učitelj: prof.dr. Francei Steinman prof.dr. Jože Panjari	Učitelj: Občina Grosuplje ARSO
Učitelj: Marja Zateelj	Umera: 1: 25 000
Datum: 14.10.2010	