

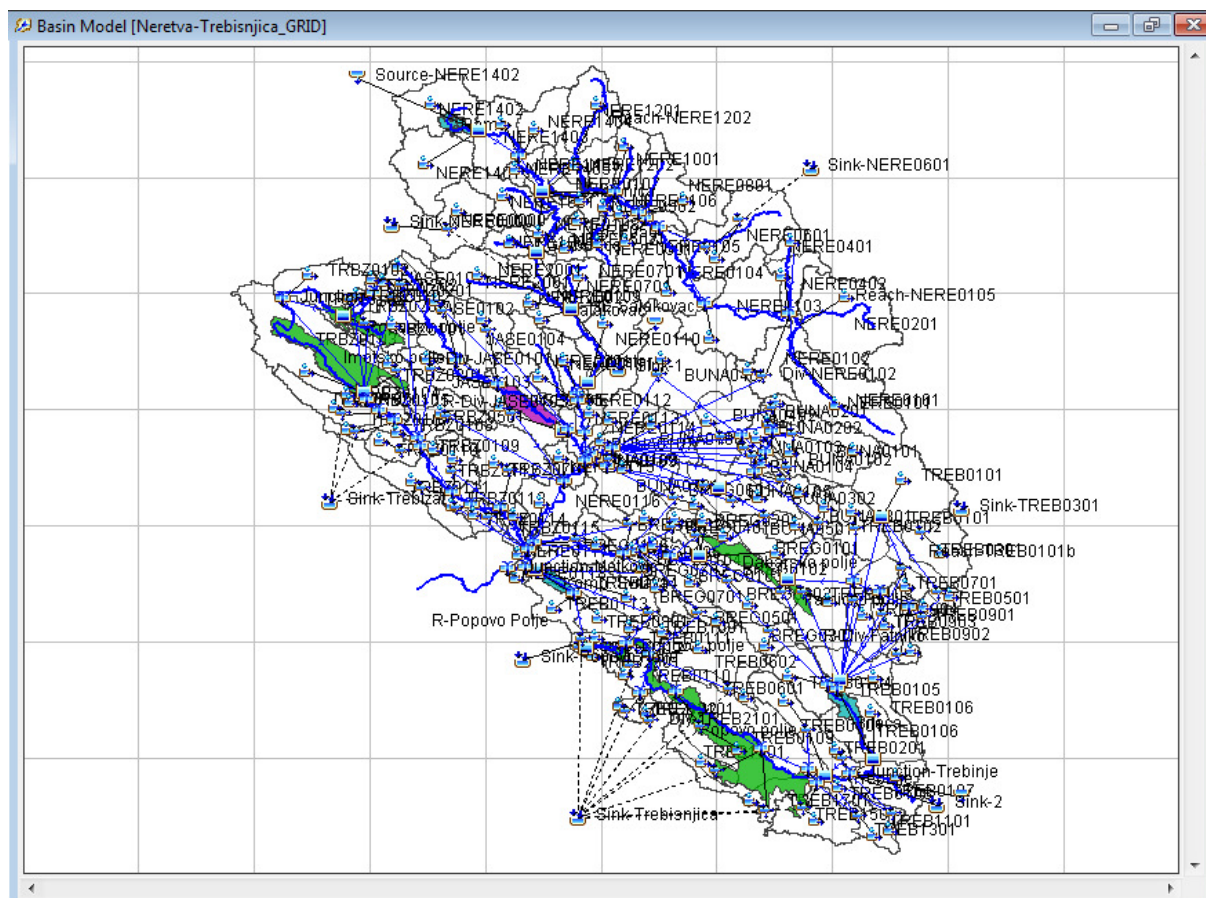
Izrada modela za hidrološka predviđanja, prognoziranje, donošenje odluka, priprema plana, smjernica, program obuke za optimalno upravljanje višenamjenskim akumulacijama u slivovima Rijeka Neretve i Trebišnjice

(Ugovor #: BA&CR-NTMP-GEF-QCBS-CS-11-08)

Matematički model

HIDROLOŠKI MODEL

Studeni 2014



Studeni 2014

Sadržetak

1. UVOD	1
2. MOGUĆNOSTI HEC-HMS MODELA	2
3. ZAJEDNIČKE KOMPONENTE PODATAKA	7
3.1. Vremenski nizovi podataka	7
3.2. Upareni podaci	8
3.3. Grid podaci	9
4. FIZIČKI OPIS SLIVA	10
4.1. Modeli sliva	10
4.1.1. Karta modela sliva	10
4.1.2. Hidrološki elementi	11
4.1.3. Mreža protoka	12
4.1.4. Računalne točke	12
4.1.5. Napravljeni modeli sliva	12
4.2. Datoteka Grid ćelija	12
5. KONTROLNE SPECIFIKACIJE	15
6. ELEMENTI PODSLIVA	18
6.1. Metoda gubitaka (Loss Method)	21
6.1.1. SCS Broj krivulje gubitaka	21
6.2. Odabir metode transformacije	30
6.2.1. "Clark" jedinični hidrogram transformacije	30
6.3. Metoda baznog otjecanja	34
6.3.1. Recesija baznog otjecanja	34
7. ELEMENTI DIONICE	36
7.1. Metoda "Routing method"	36
7.1.1. "Muskingum-Cunge Routing"	36
7.1.2. Lag Routing	38
8. ELEMENT REZERVOAR	40
8.1. Routing metoda (Routing method)	40
8.1.1. Strukture izlaznog protoka	40
8.1.2. Krivulja izlaznog protoka	43
8.2. Akumulacija Jablanica	43
8.2.1. Preljevi	44
8.2.2. Dodatni izlazni protok	47
8.3. Akumulacija Rama	47
8.3.1. Preljevi	48

8.3.2. Dodatni izlazni protok	48
8.4. Grabovica	48
8.4.1. Preljevi	49
8.4.2. Dodatni protok	51
8.5. Salakovac	51
8.5.1. Preljevi	52
8.5.2. Dodatni protok	54
8.6. Mostar	54
8.6.1. Preljevi	55
8.6.2. Dodatni protok	57
8.7. Bileća	57
8.7.1. Preljevi	58
8.7.2. Dodatni protok	59
8.8. Gorica	59
8.8.1. Preljevi	60
8.8.2. Dodatni protok	61
8.9. Imotsko Polje	61
8.9.1. Dodatni protok	62
8.10. Mostarsko Blato	62
8.10.1. Dodatni protok	63
8.11. Popovo polje	64
8.12. Fatničko polje	65
8.13. Dabarsko polje	66
8.14. Nevesinjsko polje	67
8.15. Svitava polje	68
8.16. Gatačko polje	69
9. ELEMENTI IZVOR, ČVOR, ODVOJAK I PONOR	71
9.1. Izvor Source	71
9.2. Čvor	72
9.3. Odvojak	73
9.3.1. Ograničavanje protoka ili zapremine	75
9.3.2. Odabir metode odvajanja	75
9.4. Ponor	76
10. OPIS METEOROLOGIJE	77
10.1. Meteorološki modeli	77
10.1.1. Metoda padalina	77
10.1.2. Vremenski niz mreža oborina	78

11. HIDROLOŠKE SIMULACIJE	79
12. OPTIMIZIRANJE MODELA I KALIBRIRANJE.....	80
12.1. Simulirani događaji	80
12.2. Proces kalibriranja	96

Slike

Slika 1. Pozadinska karta HEC-HMS model	11
Slika 2. Kontrolna specifikacija. Prosinac 2008	15
Slika 3. Kontrolna specifikacija. Prosinac 2010	15
Slika 4. Kontrolna specifikacija. Veljača 2010	16
Slika 5. Kontrolna specifikacija. Siječanj 2009.....	16
Slika 6. SCS broj krivulje GRID	22
Slika 7. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Jablanica.....	44
Slika 8. Krivulje proticaja. Preljev akumulacije	46
Slika 9. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Rama	47
Slika 10. Krivulja razina-protok. Akumulacija Rama	48
Slika 11. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Grabovica	49
Slika 12. Karakteristike preljeva. Akumulacija Grabovica.....	50
Slika 13. Karakteristike ustava. Akumulacija Grabovica.....	50
Slika 14. Krivulja razina- zapremina. Akumulacija Salakovac	51
Slika 15. Karakteristike preljeva 1. Akumulacija Salakovac	52
Slika 16 Karakteristike preljeva 2. Akumulacija Salakovac.....	52
Slika 17. Karakteristike ustava preljeva 1. Akumulacija Salakovac	53
Slika 18. Karakteristike ustava preljeva 2. Akumulacija Salakovac	54
Slika 19. Krivulja razina- zapremina. Akumulacija Mostar	55
Slika 20. Karakteristike preljeva. Akumulacija Mostar	56
Slika 21. Karakteristike ustava preljeva. Akumulacija Mostar	56
Slika 22. Krivulja razina protok. Akumulacija Bileća	57

Slika 23. Konfiguracija preljeva akumulacije Bileća	58
Slika 24. Funkcije razina-protjecaj. Akumulacija Bileća.....	59
Slika 25. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Gorica.....	60
Slika 26. Konfiguracija preljeva akumulacije Gorica	60
Slika 27. Funkcije razina-protok. Akumulacija Gorica.....	61
Slika 28. Krivulja razina-zapremina. Imotsko polje	62
Slika 29. Krivulja razina-zapremina. Mostarsko Blato	63
Slika 30. Odnos razine poplave (H) i kapaciteta kumulativnog gutanja (Qg) za Popovo, Fatničko, Dabarsko i Gatačko Polje	64
Slika 31. Krivulja zapremina-protok. Popovo polje.....	65
Slika 32. Krivulja zapremina-protok. Fatničko polje	66
Slika 33. Krivulja zapremina-protok. Dabarsko polje.....	67
Slika 34. Krivulja zapremina-protok. Nevesinjsko polje.....	68
Slika 35. Krivulja zapremina-protok. Svitava polje	69
Slika 36. Krivulja zapremina-protok. Gatačko polje.....	70
Slika 37. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. Konjic-Hagenuk.....	81
Slika 38. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća	82
Slika 39. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. HP-Buna.....	83
Slika 40. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. HP-Humac.....	84
Slika 41. Događaj protoka siječanj 2009. Kalibriranje rezultata. Konjic-Hagenuk.....	85
Slika 42. Događaj protoka siječanj 2009. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća.....	86
Slika 43. Događaj protoka siječanj 2009. Rezultati kalibriranja. HP-Buna.....	87
Slika 44. Događaj protoka siječanj 2009. Rezultati kalibriranja. HP-Humac.....	88
Slika 45. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. Konjic-Hagenuk.....	89
Slika 46. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća	90
Slika 47. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Buna.....	91
Slika 48. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Humac.....	92
Slika 49. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. Konjic-Hagenuk.....	93

Slika 50. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća	94
Slika 51. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Buna	95
Slika 52. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Humac	96

Tablice

Tablica 1. Uzorak Grid Cell Fle. Neretva1.mod	14
Tablica 2. Model podslivova	20
Tablica 3. Početni CN Koeficijenti	25
Tablica 4. Konačni CN koeficijenti	27
Tablica 5. Postotak nepropusnosti	30
Tablica 6. Parametri jediničnog hidrograma Clark.	34
Tablica 7. Parametri Muskingum-Cunge Routing	38
Tablica 8. Lag Routing. Podzemni tokovi.	39
Tablica 9. Kodovi elementa čvor.....	73
Tablica 10. Kodovi elementa " Diversion" (odvojak)	75

DVD: HEC-HMS Hidrološki model – Rijeka Neretva

1. UVOD

Ovo Izvješće odgovara dijelu 5.1.2. Projektne zadaće u kojem se navodi:

5.1.2. Izrada hidrološkog modela Trebišnjice i hidrološkog modela donjeg toka Neretve nizvodno od Mostara do granice sa Republikom Hrvatskom (hidrološki model za područje Neretve uzvodno od Mostara je izrađen korištenjem HEC-HMS, isti se mora dodatno provjeriti i kalibrirati.

Budući da je to zadatak za ažuriranje, a postojeći model je razvijen u HEC-HMS, Konsultant je koristio V 4.0 istog softvera za ažuriranje.

Model softvera je uključen u DVD u prilogu ovog dokumenta.

2. MOGUĆNOSTI HEC-HMS MODELA

Hidrološki sustav modeliranja (HEC-HMS) je osmišljen za simulaciju potpunih hidroloških procesa u sustavu dendritskih područja slivova. Softver uključuje mnoge tradicionalne postupke hidrološke analize poput događaja infiltracije, jediničnih hidrograma i hidrološkog usmjeravanja. HEC-HMS također uključuje i postupke koji su potrebni za kontinuirane simulacije uključujući evapotranspiraciju, otapanje snijega i računanje vlažnosti tla. Napredne mogućnosti su osigurane za „grid“ simulacije otjecanja pomoću transformacije linearne kvazi-distribucije otjecanja (ModClark). Dodatni alati analize osigurani su za procjenu parametara, analize dubine područja, predviđanje protoka, erozije i transport nanosa, i nutrijenta kvalitete vode.

Softverske značajke su potpuno integrirane u radno okruženje, uključuju bazu podataka, programske alate za unos podataka, računski program i rezultate alata za izvješćivanje. Grafičko korisničko sučelje omogućuje korisniku besprekidno kretanje između različitih dijelova programa. Rezultati simulacije su pohranjeni u HEC-DSS (Sustav za pohranjivanje podataka), i mogu se koristiti zajedno s drugim softverom za studije dostupnosti vode, urbane odvodnje, predviđanje protoka, budući utjecaj urbanizacije, dizajn preljeva akumulacije, smanjenje šteta od poplava, regulaciju poplavnih područja, i rad sustava.

Fizički opis područja sliva

Fizički prikaz područja sliva je ostvaren sa modelom sliva. Hidrološki elementi su povezani u dendritsku mrežu za proces simulacije otjecanja. Dostupni element su: posliv, dionica vodotok, čvor, rezervoar, odvojak, izvor, i ponor. Izračunavanje polazi od uzvodnih elemenata u nizvodnom smjeru.

Odabir različitih metoda je dostupan za simulaciju infiltracije gubitaka. Opcije za događaj modeliranja uključuju početni konstantu, SCS broj krivulje otjecanja, eksponencijalni, „Green Ampt i Smith Parlange“. Jedan sloj metode konstantnog deficita može se koristiti za jednostavno kontinuirano modeliranje. Troslojna metoda računanja vlažnosti tla može se koristiti za kontinuirano modeliranje složene infiltracije i okoline evapotranspiracije. „Grid metode“ su dostupne za konstantni deficit, „Green Ampt“, SCS broj krivulje, i metoda računanja vlage u tlu. Svod (luk) i površinske komponente također se mogu dodati po potrebi za prikazivanje presretanja i hvatanja procesa.

Sedam metoda je uključeno za transformaciju viška oborinske vode površinskog otjecanja. Metoda jediničnog hidrograma uključuje jednadžbe „Clark, Snyder“ i SCS tehnike. Korisnik može koristiti i određeni jedinični hidrogram ili s-grafikon. Modificirana metoda (ModClark) je kvazi-linearna distribucija jediničnog hidrograma koja se može koristiti sa grid meteorološkim podacima. Provedba kinematske metode vala s više razina i kanala je također uključena.

Uključeno je pet metoda za prikazivanje doprinosa baznog otjecanja za otjecanja u podslivu. Metoda recesije daje eksponencijalno smanjenje baznog otjecanja iz jednog događaja ili više uzastopnih događaja. Stalna mjesečna metoda može raditi i za kontinuirane simulacije. Linearna metoda rezervoara čuva masu od usmjeravanja infiltrirane oborine u kanal. „Nelinearna Boussinesq metoda“ daje odgovor sličan metodi recesije, ali se parametri mogu procijeniti iz mjerljivih kvaliteta područja sliva.

Ukupno šest hidroloških metoda usmjeravanja je uključeno za simulaciju protoka u otvorenim kanalima. Usmjeravanje bez prigušenja može biti modelirano sa metodom kašnjenja (lag metoda). Tradicionalna „Muskingum“ metoda je uključena zajedno sa metodom „the straddle stagger method“ za jednostavne aproksimacije prigušenja. Izmijenjena „Puls metoda“ može se koristiti za modeliranje dionice kao kaskadnih nizova razine bazena sa odnosom zapremina-protok koji je naveden od strane korisnika.

Kanali sa trapezastim, pravokutnim, trokutastim, ili kružnim poprečnim profilima mogu se modelirati s kinematičkom valom ili „Muskingum-Cunge“ metodama. Kanali sa obalnim područjima mogu se modelirati sa „Muskingum-Cunge“ metodom i sa poprečnim profilom 8 - točaka. Osim toga, gubici kanala mogu također biti uključeni u usmjeravanje. Metoda konstantnog gubitka može se dodati bilo kojoj „routing“ metodi, dok se metoda perkolacije može koristiti samo s modificiranim „Puls ili Muskingum-Cunge“ metodama.

Akumulacija se također može prikazati. Jezera se obično opisuju odnosom zapremina-protok unesenim od strane korisnika. Rezervoari se mogu simulirati opisujući fizički preljevne i izlazne strukture. Crpke mogu također biti uključene kad je potrebno simulirati unutarnje područje poplava. Kontrola crpki može biti povezana s dubinom vode u jezeru gdje se prikuplja, po izboru, razina u glavnom kanalu. Razne strukture također može biti zastupljene. Dostupne metode uključuju korisnički određenom funkciju, bočnu branu, pumpne stanice, promatrano odvajanje protoka.

Strukture odvojak također mogu biti prikazane. Dostupne metode uključuju funkciju koju navodi korisnik, bočna ustava, crpna postaja, promatrani odvojeni protok.

Opis Meteorologije

Meteorološka analiza podataka je urađena po meteorologiji i uključuje kratkovalno zračenje, padaline, evapotranspiraciju i otapanje snijega. Sve te komponente nisu potrebne za svaku simulaciju. Jednostavne simulacije događaja zahtijevaju samo padaline, dok kontinuirana simulacija dodatno zahtijeva evapotranspiraciju. Općenito, otapanje snijega samo je potrebno kada se radi o područjima slivova u hladnim podnebljima. Odabir „Priestley-Taylor“ metode za evapotranspiraciju zahtijeva jednu od metoda kratkovalnog zračenja.

Uključene su četiri različite metode za analizu povijesnih padalina. Korisnik navodi metodu hijetograma za podatke oborina koji su analizirani izvan programa. Metoda ponderiranja koristi neograničen broj zapisa i ne-zapisa mjerenja. Thiessen tehnika je jedna od mogućnosti za određivanje težine. Metoda inverzne udaljenosti usmjerava probleme dinamičkih podataka. Neograničen broj zapisa i ne-zapisa mjerenja može se koristiti za automatski nastavak kada su nepotpuni podaci pronađeni. „Grid“ metoda padaline koristi radarske podatke oborina.

Četiri različite metode su uključene za stvaranje sintetičke oborine. Metoda frekvencije pljuska koristi statističke podatke za proizvodnju uravnoteženog pljuska s određenom vjerojatnosti prekoračenja. Izvori statističke podrške podataka uključuju „SAD Odjel za trgovinu“, „Nacionalnu meteorološki servis (NMS)“, „Tehničku knjigu 40“ (svibanj 1961) i „Državni ured za oceane i atmosferu u (NOAA)“, „Atlas 2 i Atlas 14“. Standardna metoda projektiranja pljuska provodi propise za padaline pri procjeni standardnog projektiranja poplave koja je opisana u „USACE, EM 1110-2-1411“ (ožujak 1965). SCS hipotetička metoda pljuska provodi primarne raspodjele oborina za analizu dizajna koristeći „Natural Resources Conservation Service“ (NRCS) kriterije tehničke publikacije 55 (lipanj 1986.) Korisnik-određeni postupak hijetograma može koristiti sa sintetičkim hijetogramom koji proizlazi iz analize izvan programa.

Potencijalna evapotranspiracija se može izračunati pomoću mjesečne prosječne vrijednosti. Tu je i provedba metode „Priestley Taylor“. Grid verzija metode „Priestley Taylor“ je također dostupna gdje su potrebni parametri temperature i sunčevog zračenja određeni na grid osnovi. Metoda navedena od strane korisnika se može koristiti sa podacima iz analize koja je urađena izvan programa.

Otapanje snijega može biti uključeno za praćenje akumuliranja i otapanja iz nataloženog snijega. Dostupna je metoda indeksa temperature koja dinamički izračunava stopu otapanja na temelju trenutnih atmosferskih uvjeta i prethodnih uvjeta u nataloženom snijegu; time se poboljšava prikaz "sazrijevanja" procesa. Koncept hladnog sadržaja je ugrađen da bi se uzela u obzir sposobnost hladnog nataloženog snijega da zamrzne tekuću vodu koja ulazi u paket padalina.

Podsliv može biti prikazan sa visinom strana ili grid stanica.

„Priestley Taylor“ metoda evapotranspiracije zahtijeva neto zračenje koje je navedeno uz metodu kratkovalnog zračenja. Broj konceptualnih i fizički temeljenih metoda kratkovalnog zračenja su planirane za buduće verzije. Trenutno, postoji specificirana metoda za vremenske nizove podataka i grid metoda.

Hidrološka simulacija

Vremenski razmak za simulaciju kontrolira se kontrolnim specifikacijama. Kontrolne specifikacije uključuju početni datum i vrijeme, datum i vrijeme svršetka i vremenski interval.

Izvođenje simulacije je napravljeno putem kombiniranja modela sliva, meteoroloških modela i kontrolnih specifikacija. „Run opcije“ (opcije za pokretanje) uključuju padaline ili omjer toka, mogućnost da se sačuva stanje svih informacija o slivu u trenutku, i mogućnost za početak izvođenja simulacije od prethodno sačuvanog stanja informacija.

Rezultati simulacije se mogu vidjeti iz karte sliva. Globalne tablice i sažeti elementi uključuju podatke o vrhu protoka, ukupnoj zapremini i drugim varijablama. Tablice sa vremenskim nizovima i grafikoni su dostupni za elemente. Rezultati višestrukih elemenata i izvedenih simulacija također mogu biti pregledani. Svi grafikoni i tablice se mogu ispisati.

Procjena parametra

Većina parametara za metode uključene u podslivu i dionice elemenata mogu se procijeniti automatski pomoću optimizacije prosuđivanja. Promatrano protjecanje mora biti dostupno za barem jedan element prije nego što se može početi sa optimizacijom. Parametri u svakom elementu uzvodno od promatranog mjesta protoka se mogu procijeniti. Sedam različitih objektivnih funkcija je dostupno za procjenu uspješne prilagodbe „goodness-of-fit“ između izračunatih rezultata i promatranog protjecanja.

Dvije različite metode za pretraživanje mogu se koristiti kako bi se smanjila objektivna funkcija. Ograničenja se mogu nametnuti da bi se ograničio prostor parametara metode pretraživanja.

Analiza simulacija

Alati za analizu su osmišljeni za rad sa simulacijama da bi se pružile dodatne informacije ili obrade. Trenutno, jedini alat je alat za analizu dubine područja. On radi sa pokrenutom simulacijom koja ima meteorološki model koji koristi metodu frekvencije pljuska. S obzirom na odabir elemenata, alat automatski podešava područje pljuska i stvara vrh protoka prikazan kroz ispravna područja pljuska .

Prognoziranje budućih protoka

Model sliva uključuje značajke koje su dizajnirane da bi se povećala učinkovitost stvaranja prognoze budućih protoka u načinu rada u stvarnom vremenu. Područja mogu biti formirana kao grupa podslivova zajedno na temelju sličnih hidroloških uvjeta ili na regionalnim obilježjima. Područja se mogu dodijeliti odvojeno za stopu gubitka, transformaciju, i bazno otjecanje. Alternativna prognoza je vrsta simulacije koju koristi model sliva i meteorološki model u kombinaciji sa kontrolnim parametrima za prognozu budućih protoka. Vrijednosti parametara mogu se podesiti po području i miješanje može se primijeniti na elementima sa promatranim protokom.

Sediment i kvalitet vode

Opcionalne komponente u modelu sliva mogu se koristiti da bi se uključio sediment i kvalitet vode u analizu.

Erozija površine može se računati na elementima podsliva korištenjem „MUSLE“ pristupa za ruralna područja ili „build-up/wash-off“ pristupa za urbane sredine. Erozija kanala, taloženje, i transport nanosa može se dodati elementu dionice dok se nastanjeni talog može uključiti u elemente rezervoara. Rubni uvjeti nutrijenta (dušika i fosfora) mogu se dodati izvoru i elementima podsliva. Transformacije nutrijenta i transport mogu se dodati elementima dionici i rezervoaru.

GIS Povezanost

Snaga i brzina programa omogućuju prikazivanje područja slivova sa stotinama hidroloških elemenata. Tradicionalno, ti elementi bi se identificirali pregledom topografske karte i ručnim identificiranjem granica odvodnje. Iako je ova metoda učinkovita, obustavlja „time consuming“ kada će sliv biti prikazan sa mnogim elementima. Geografski informacijski sustav (GIS) može koristiti podatke o reljefu i geometrijske algoritme za obavljanje istog zadatka puno brže. GIS prateći proizvod je razvijen da bi se pomoglo u stvaranju modela sliva za takve projekte. Ovaj prateći proizvod je prošireno geoprostorno hidrološko modeliranje (HEC-GeoHMS), a može se koristiti za formiranje sliva i meteoroloških modela za korištenje s programom.

Ograničenja

Dizajn modela sliva sa HEC-HMS omogućen je samo za dendrične mreže protoka. Najbolji način da se vizualizira dendrična mreža je zamisliti stablo. Glavno deblo stabla, grane i grančice odgovaraju glavnoj rijeci, pritokama, i gornjem toku u području sliva. Ključna ideja je da se vodotok ne odvaja u dva toka.

Model sliva omogućuje svakom hidrološkom elementu da ima samo jednu nizvodnu povezanost, tako da nije moguće podijeliti otjecaj iz elementa u dva različita elementa nizvodno. Element odvojak pruža ograničenu mogućnost uklanjanja nekog protoka iz vodotoka i preusmjeri ga na drugo mjesto nizvodno u mrežu. Isto tako, element rezervoar može imati pomoćni ispušt. No, u cjelini, grananje ili uvijanje mreže vodotoka ne može se simulirati s programom, te će zahtijevati posebni hidraulički modeli koji će moći da predstavljaju takve mreže.

3. ZAJEDNIČKE KOMPONENTE PODATAKA

Hidrološka simulacija zahtijeva mnoštvo podataka koji će se koristiti kao početni uvjeti, rubni uvjeti, ili parametri. Veliki dio podataka su mjerenja atmosferskih uvjeta, kao što su količina padalina. Još su značajne krivulje zapremine, krivulje proticaja, i druge.

3.1. Vremenski nizovi podataka

Hidrološki modeli često zahtijevaju vremenski niz podataka oborina za procjenu prosječnih oborina u slivu. Vremenski niz podataka protoka, često se naziva promatrani protok ili promatrano protjecanje, korisno je za kalibraciju modela, a potreban je za optimizaciju. Vremenske nizovi podataka se pohranjuju u projektu kao mjerači „Gage“. Program razdvaja različite vrste podataka s različitim vrstama mjerača.

Mjerni podaci (gage data) treba da se unesu samo jedanput. Mjerenja su dio projekta i mogu ih zajednički koristiti više slivova ili meteoroloških modela.

U model su uvrštene dvije vrste:

- **„Precipitation Gages“:** To su oborinske postaje koje su određene u početnom modelu. Nisu korištene u ažuriranju modela jer se odabralo simuliranje oborine u GRID formatu.
- **„Discharge Gages“:** Uvrštene su izračunate vrijednosti protoka hidrološke postaje Konjic-Hagenuk (Konjik-Hagenuk), HP Humac i HP Buna i izračunati ulazni dotoci u akumulaciju Bileća (Bileća_Inflow), u događajima koji su se koristili za proces kalibracije modela. Osim toga, kao "Discharge gages" uvrštene su vrijednosti maksimalnih protoka kroz turbine u akumulacijama za simuliranje poravnanja u akumulacijama. To su sljedeće:
 - Bileća_Discharge
 - Gorica
 - Grabovica
 - Imostko Polje
 - Jablanica
 - Mostar
 - Mostarsko Blato
 - Popovo polje
 - Rama
 - Salakovac
 - Svitava
 - Tresanica

3.2. Upareni podaci

Hidrološki modeli često zahtijevaju upotrebu uparenih podataka kako bi se opisali ulazi koji su funkcionalni u obliku. Funkcionalni podaci definiraju ovisnu varijablu u smislu neovisne varijable. U većini slučajeva, funkcija treba da se jednolično povećava, što znači da se samo povećava i nikada ne smanjuje. Primjeri uparenih podataka uključuju krivulje zapremine-proticaj, razina-proticaj i krivulje odvojak-dotok. Program razdvaja različite vrste uparenih podataka s različitim vrstama podataka. Upareni podaci treba da se unesu samo jedanput. Podaci su dio projekta, a mogu ih zajednički koristiti više slivova ili meteoroloških modela.

Model koji je napravljen od strane Konsultanta uključuje sljedeće vrste podataka:

- Funkcije „zapremine-protok“:
 - Dabarsko Polje
 - Fatničko Polje
 - Gatačko Polje
 - Imotsko Polje
 - Jablanica
 - Mostarsko Blato
 - Nevesinsko Polje
 - Popovo Polje
 - Posusko Polje
 - Rama
 - Svitava
- Funkcije „razina-zapremine“:
 - Bileća
 - Gorica
 - Grabovica
 - Imotsko polje
 - Jablanica
 - Mostar
 - Mostarsko Blato
 - Pec Mlini
 - Popovo Polje
 - Rama
 - Salakovac
 - Svitava
- Funkcije „razina-protok“:
 - Bileća (jedna krivulja za svako otvaranje ustave. 10 cm)
 - Gorica (jedna krivulja za svako otvaranje ustave 10 cm i jedna krivulja za izlazni protok za svako otvaranje 50 cm)
 - Jablanica (jedna krivulja za svako otvaranje ustave)
 - Popovo polje
 - Rama
- Funkcije „dotok-odvojak“:
 - Div1-0000 (odvojak za podsliv NERE0000)

- Div1-0601 (odvojak za podsliv NERE0601)
- Div1-0602 (odvojak za podsliv NERE0602)
- Div35 (35 % odvojak protoka)
- Div50 (50 % odvojak protoka)
- Div65 (65 % odvojak protoka)
- Div75 (75 % odvojak protoka)

3.3. Grid podaci

Neke od metoda uključenih u program rade na temelju grid mreže ćelija. To znači da parametri moraju biti upisani za svaku ćeliju mreže. To također znači da rubni uvjeti poput padalina moraju biti dostupani za svaku ćeliju mreže. Jedan primjer grid podataka je SCS krivulja broj grid-a, koji se koristi kao „grid“ parametar. Drugi primjer je „gridset“ padalina, što je vremenski niz mreža.

Program razdvaja različite vrste mrežnih (grid) podataka s različitim vrstama podataka. Grid podataka treba samo da se unese jedanput. Podaci su dio projekta, a mogu ih zajednički koristiti više slivova ili meteoroloških modela.

Padaline se moraju unijeti u model u formatu GRID. To će omogućiti obavljanje simulacija uzimanjem u obzir vrijednosti padalina prethodnih dana iz baze podataka i sustava prognoziranja ALADIN.

U model je uvršteno sljedeće:

- SCS broj krivulje grid:
 - CN-Neretva-Trebišnjica.

Ovaj GRID se koristio za izračun koeficijenta CN za svaki podsliv modela i za izračun gubitaka infiltracijom putem metode “SCS broj krivulje otjecanja”.

U svrhu kalibracije, u model su uvršteni sljedeći vremenski nizovi mreže oborina "precipitation gridsets":

- Vremenski nizovi mreže oborina:
 - DEC_2008: Realna oborina između 15-og prosinca 2008 u 00:00 i 25-og prosinca 2008 god u 00:00
 - JAN_2009: Realna oborina između 10-og siječnja 2009 u 00:00 i 16-og veljače 2009 god u 00:00
 - FEB_2010: Realna oborina između 14-og veljače 2010 u 00:00 i 06-og ožujka 2010 god u 00:00
 - DEC_2010: Realna oborina između 27-og studenog 2010 u 00:00 i 08-og prosinca 2010 god u 00:00

4. FIZIČKI OPIS SLIVA

Ovo poglavlje opisuje kako su uneseni podaci o području sliva u model korištenjem modela sliva. Model sliva se koristi za opisivanje fizičkih svojstava slivova i topologije mreže protoka. Sadržava komponente modeliranja koje opisuju infiltraciju, površinsko otjecanje, bazno otjecanje i usmjeravanje kanala. Osim toga, može sadržavati komponente za prikaz projektiranih struktura kao što su odvojeci i rezervoari. Putem stvaranja više prikaza istog sliva, mogu se procijeniti različiti razvijeni scenariji ili alternativna upravljanja.

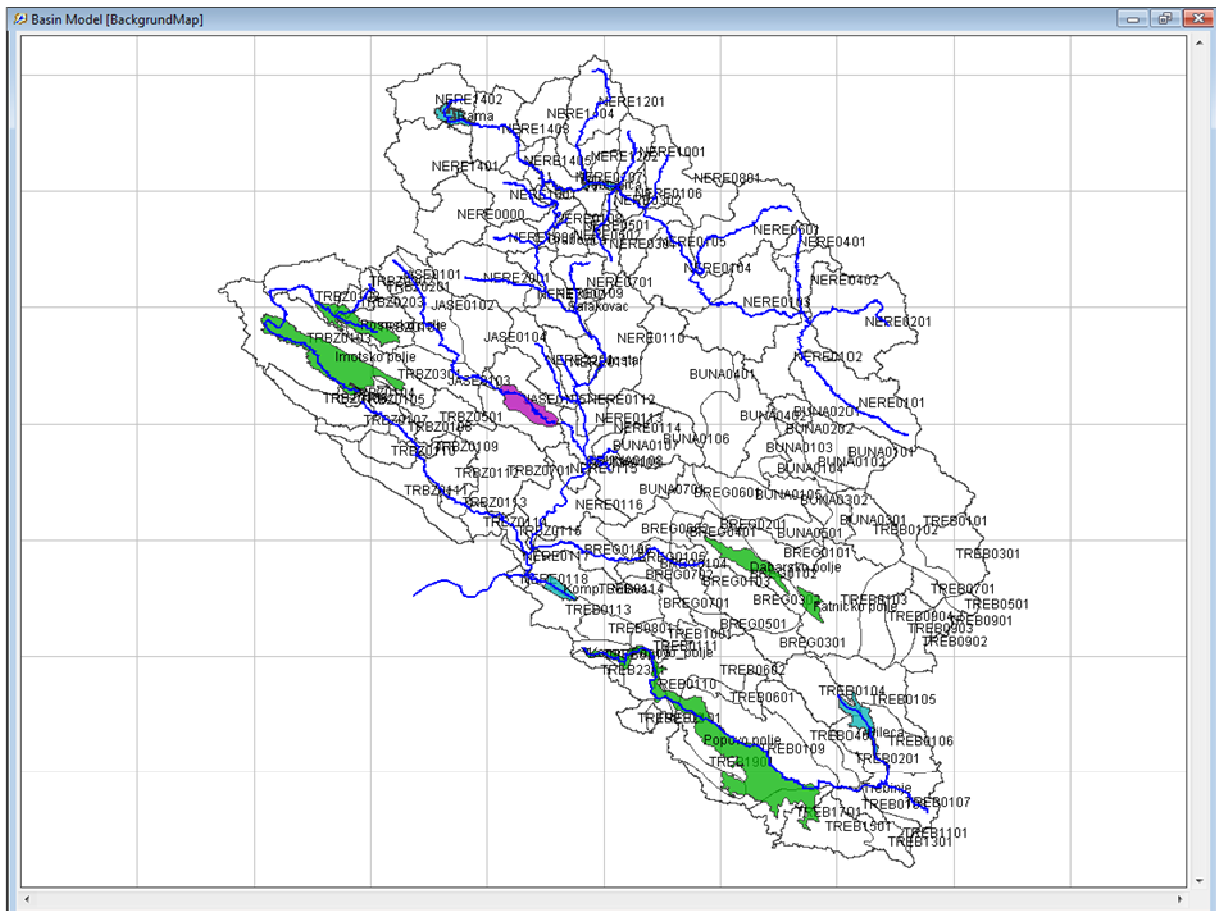
4.1. Modeli sliva

Model sliva je jedna od glavnih komponenti u projektu HEC-HMS. Njegova glavna svrha je pretvaranje atmosferskih uvjeta u protok na pojedinim lokacijama u slivu. Hidrološke elementi se koriste da bi se prekinuo sliv na upravljive komade. Oni su međusobno povezani u dendritsku mrežu u obliku prikaza sustava vodotoka. Pozadinska karta se može koristiti kao pomoć u postavljanju elemenata u prostornom kontekstu.

4.1.1. Karta modela sliva

Karta modela sliva je primarni način za vizualizaciju hidroloških elemenata dodanih modelu sliva za prikaz područja sliva. Pozadinska karta je dodana za prikaz nekih vrsta kartografskih podataka. Bilo je korisno konfiguriranje pozadinskih karata prije početka procesa stvaranja hidroloških elemenata i mreže protoka.

Pozadinska karta osigurava prostorni kontekst za hidrološke elemente koji čine model sliva. Karta zapravo se ne koristi u procesu računanja, ali je vrlo korisna u pokazivanju prostornog odnosa između elemenata. Korištenje pozadinskih karata je uvijek opcionalno.



Slika 1. Pozadinska karta HEC-HMS model

4.1.2. Hidrološki elementi

Hidrološki elementi su osnovne komponente modela sliva. Element predstavlja fizički proces poput područja hidrografskog sliva, dionice protoka, ili ušća. Svaki element predstavlja dio ukupnog odgovora slivnog područja na atmosferska prisiljavanja. Sedam različitih vrsta elemenata je uključeno u model: podsiv, dionica, rezervoar, čvor, odvojak, izvor, i ponor.

Element koristi jedan ili više matematičkih modela za opisivanje fizičkog procesa koji se događa u području sliva. Ponekad model je samo dobra aproksimacija stvarnog fizičkog procesa u ograničenom rasponu ekoloških uvjeta. Dostupnost podataka i potrebni parametri modela također mogu odrediti fitovanje (fitness). Da bi program bio pogodan za različite uvjete, većina elemenata imaju više od jednog modela ili metode za približavanje fizičkog procesa.

4.1.3. Mreža protoka

Mreža protoka je skelet koji povezuje hidrološke elemente zajedno u predstavljanju sustava protoka u području sliva. Svaka veza u mreži je jednosmjerni konektor koji uzima otjecaj iz elementa i povezuje ga kao dotok na nizvodnom elementu. Informacija o povezanosti mreže toka zajedno sa drenažnim područjem na svakom elementu se koristi za sortiranje elemenata u hidrološkom redu.

4.1.4. Računalne točke

Elementi u modelu sliva mogu biti osmišljeni kao računalne točke tako da ručna kalibracija postaje učinkovitija. Uglavnom samo elementi sa promatranim protocima, promatranom razinom, ili ostalim promatranim podacima su osmišljeni kao računalne točke. Odabrani element kao računalna točka pokazuje mali crveni krug dodan na ikonu u prozoru „Karta modela sliva“ (Basin Model Map windows) i u pretraživaču područja sliva (Watershed Explorer).

U modelu, elementi „Junction“ nazvani „Junction-Konjic-HAGENUK“, „Junction-Bileca3“, „Junction-BUNA0108“ i „Junction-TRBZ0112“, razmatrani su kao računalne točke za postupak kalibracije.

4.1.5. Napravljene modeli sliva

Tijekom procesa izgradnje modela, napravljeni su različiti modeli sliva "Basin models" do konačnog modela. Osim toga, napravljen je vremenski model za ispitivanje kalibracije:

- Neretva_Trebišnjica_GRID
- Calibra_NerTreb

4.2. Datoteka Grid ćelija

Korištenje metode grid padaline razvijene u ovom modelu zahtijeva datoteku grid ćelija. Datoteka definira stanice za svaku podsliv. Parametri za svaku stanicu također su uključeni u datoteku- grid ćelija. Ovu datoteku je uradio Konzultant koristeći Arc / GIS alate.

Datoteka grid-stanice počinje s ključnom riječi "Parameter Order" slijedi dvotočka, a parametar ključne riječi upućuju na red za čitanje parametara iz datoteke. Ključna riječ "End" mora biti na liniji sama po sebi nakon linije "Parameter Order". Ključna riječ „Parametar“ nisu velika i mala slova te su odvojeni razmacima. Ako „parametar order“ nije definiran, pretpostavlja se da je: Xcoord Ycoord TravelLength Area. Koordinatni sustav Xcoord i Ycoord koji je korišten u datoteci mora odgovarati koordinatnom sustavu koji se koristi u grid DSS zapisima.

Podaci za podsliv počinju sa ključnom riječi "Subbasin" (podsliv) nastavlja se sa dvotočkom i identifikatorom podsliva. Jedna linija počinje s ključnom riječi "Grid Cell" (grid ćelije) nastavlja se za svaku stanicu u podslivu. Podaci za podsliv završavaju s ključnom riječi "End" (kraj). Ključne riječi nisu velika i mala slova, a mogu sadržavati razmake. Prazne linije mogu biti uključene i linije koje počinju sa "#" se zanemaruju kao komentari. Ista datoteka mreže stanica može se odnositi na više od jednog podsliva, omogućujući za mnoge podslivove da se podaci pohranjuju u istoj datoteci. Identifikator za podsliv mora biti isti u datoteci grid-ćelija kao što je to u modelu bazena.

Napravljeni dio datoteke grid ćelija (Grid Cell File) je prikazan u nastavku.

Parameter Order: Xcoord Ycoord TravelLength Area
End:

```
Subbasin: TRBZ0102
  GridCell: 3549 3547 18.4999 2.3306
  GridCell: 3550 3547 16.6469 4
  GridCell: 3551 3547 10.5969 4
  GridCell: 3552 3547 13.671 3.963
  GridCell: 3553 3547 16.3941 2.6955
  GridCell: 3554 3547 20.2911 1.3488
  GridCell: 3555 3547 21.2096 0.0138
  GridCell: 3550 3543 3.2131 0.0862
  GridCell: 3550 3543 2.8775 0.0004
  GridCell: 3549 3544 7.0426 1.8647
  GridCell: 3550 3544 4.0831 3.7556
  GridCell: 3551 3544 1.7389 1.4285
  GridCell: 3548 3545 8.9352 0.0009
  GridCell: 3548 3545 8.1941 0.0058
  GridCell: 3548 3545 14.8541 0.0259
  GridCell: 3549 3545 11.3175 3.9069
  GridCell: 3550 3545 6.2781 4
  GridCell: 3551 3545 5.2631 2.0373
  GridCell: 3552 3545 8.5029 0.226
  GridCell: 3548 3546 15.1219 0.0004
  GridCell: 3549 3546 13.2811 3.3724
  GridCell: 3550 3546 11.0775 4
  GridCell: 3551 3546 7.9936 4
  GridCell: 3552 3546 13.269 1.8844
  GridCell: 3549 3548 18.0312 1.849
  GridCell: 3550 3548 16.3177 4
  GridCell: 3551 3548 14.3919 4
  GridCell: 3552 3548 14.0644 4
  GridCell: 3553 3548 17.9565 4
  GridCell: 3554 3548 19.8189 4
  GridCell: 3555 3548 23.0688 2.9503
  GridCell: 3556 3548 24.7514 0.258
  GridCell: 3555 3549 23.6991 0.7274
  GridCell: 3557 3549 26.7376 0.1946
  GridCell: 3556 3549 25.5764 1.9353
```

```

GridCell: 3554 3549 21.1867 2.1836
GridCell: 3549 3549 19.2842 0.9736
GridCell: 3550 3549 17.8936 4
GridCell: 3551 3549 17.2522 4
GridCell: 3552 3549 18.6019 4
GridCell: 3553 3549 21.0753 3.9955
GridCell: 3550 3550 20.6247 4
GridCell: 3551 3550 22.0112 4
GridCell: 3552 3550 24.866 4
GridCell: 3553 3550 25.4156 2.0126
GridCell: 3549 3550 20.7348 0.8776
GridCell: 3553 3551 27.0866 0.183
GridCell: 3549 3551 21.7465 0.1448
GridCell: 3550 3551 30.3703 1.4602
GridCell: 3551 3551 30.3579 3.7146
GridCell: 3552 3551 28.3843 3.9086
GridCell: 3553 3551 29.1676 0.418
GridCell: 3553 3552 29.7196 0.6048
GridCell: 3552 3552 30.2667 2.0844
GridCell: 3551 3552 32.7714 1.1621

```

End:

Tablica 1. Uzorak Grid Cell Fle. Neretva1.mod

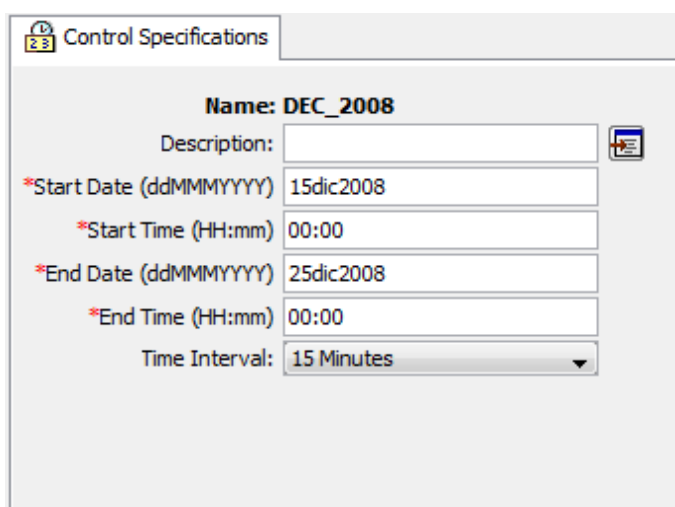
Datoteka grid ćelija koju je uradio Konsultant je nazvana Neretva1.mod.

5. KONTROLNE SPECIFIKACIJE

Kontrolne specifikacije su jedne od glavnih komponenti u projektu, iako one ne sadrže više podataka parametara. Njihova glavna svrha je kontrolirati pokretanje i zaustavljanje simulacije, i ono što je vremenski interval koji se koristi u simulaciji.

Konsultant je napravio 4 „kontrolne specifikacije“ koje odgovaraju za 4 simulirana događaja poplava. To su sljedeće:

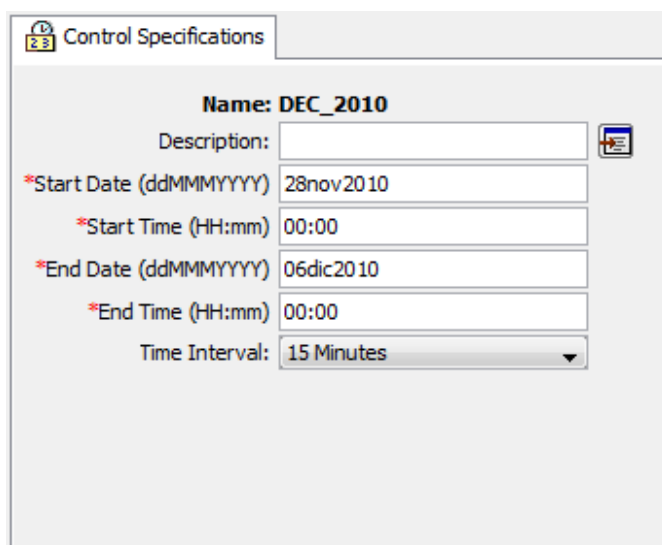
- Poplava u prosincu 2008



Control Specifications	
Name:	DEC_2008
Description:	<input type="text"/>
*Start Date (ddMMYYYY)	15dic2008
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	25dic2008
*End Time (HH:mm)	00:00
Time Interval:	15 Minutes

Slika 2. Kontrolna specifikacija. Prosinac 2008

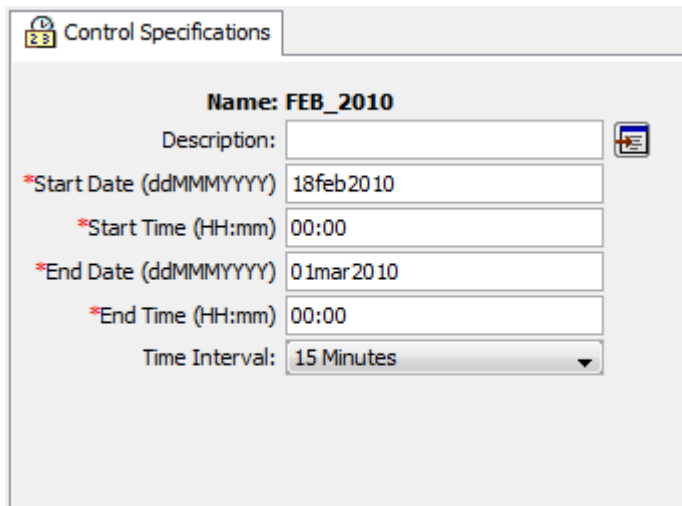
- Poplava u prosincu 2010



Control Specifications	
Name:	DEC_2010
Description:	<input type="text"/>
*Start Date (ddMMYYYY)	28nov2010
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	06dic2010
*End Time (HH:mm)	00:00
Time Interval:	15 Minutes

Slika 3. Kontrolna specifikacija. Prosinac 2010

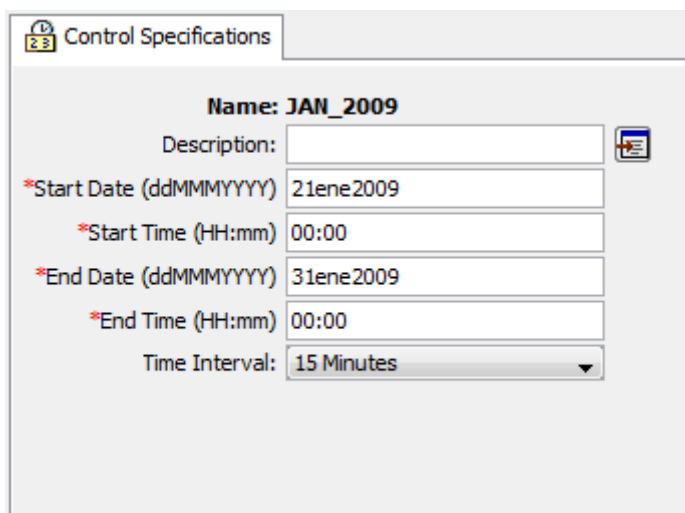
- Poplava u veljači 2010



Control Specifications	
Name:	FEB_2010
Description:	<input type="text"/>
*Start Date (ddMMYYYY)	18feb2010
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	01mar2010
*End Time (HH:mm)	00:00
Time Interval:	15 Minutes

Slika 4. Kontrolna specifikacija. Veljača 2010

- Poplava u siječnju 2009



Control Specifications	
Name:	JAN_2009
Description:	<input type="text"/>
*Start Date (ddMMYYYY)	21ene2009
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	31ene2009
*End Time (HH:mm)	00:00
Time Interval:	15 Minutes

Slika 5. Kontrolna specifikacija. Siječanj 2009

Svaka kontrolna specifikacija uključuje i vremenski interval koji će se koristiti za obavljanje računanja tijekom simulacije. Isti interval će se koristiti kada prikazete rezultate vremenskog niza simulacije. U nekim slučajevima, računanje se može obavljati u jednom kraćem vremenskom intervalu i interpolirani rezultati su u navedenom intervalu u kontrolnoj specifikaciji.

Vremenske nizovi mjernih podataka i grid podaci se interpoliraju u vremenskom intervalu tijekom simulacije. Originalni podaci pohranjeni u mjerač ili grid podaci se ne mijenjaju; dostupni podaci se

interpoliraju kao dio procesa simulacije i ne zadržavaju se. Interpolacija se provodi linearno u vremenu između točaka dostupnih podataka.

U svim slučajevima uzet je u obzir izračunski interval od 15 minuta.

Svaki put kad se izvodi nova simulacija, operater modela treba da napravi novu "Control Specifications" koja odgovara događaju koji će se simulirati.

6. ELEMENTI PODSLIVA

Podsliv je jedan element koji obično nema dotok već samo jedan izlazni protok (otjecaj). To je samo jedan od dva načina da se proizvede protok u modelu sliva. Izlazni protok se računa od meteoroloških podataka oduzimanjem gubitaka, transformirajući višak oborina i dodavanjem baznog otjecanja. Podsliv se može koristiti za modeliranje širokog raspona uzetih veličina.

Generirani su svi podslivovi, slivova rijeka Neretve i Trebišnjice, koji predstavljaju ponašanje protoka površinskih i podzemnih voda. Granice podslivova koje predstavljaju površinske tokove su generirane digitalnim modelom terena i GIS alata Arc /View koji izračunava smjerove otjecanja. Drugi podslivovi su generirani za simulaciju protoka podzemnih voda razmatranjem podataka prikupljenih u hidrogeološkim studijama.

Postoji ukupno 135 podslivova sa površinom od 10.685,8 km². Površina sliva je izračunata korištenjem alata Arc / GIS.

Podslivovi su prikazani u tablici 2 i nabrojani su u nastavku.

KOD SLIVA	POVRŠINA (km ²)
BREG0101	66,84
BREG0102	107,5
BREG0103	68,27
BREG0104	30,63
BREG0105	4,38
BREG0106	87,87
BREG0201	17,47
BREG0301	46,52
BREG0302	123,56
BREG0401	25,17
BREG0501	26,3
BREG0601	46,9
BREG0602	72,87
BREG0701	44,19
BREG0702	21,94
BUNA0101	150,61
BUNA0102	44,11
BUNA0103	56,4
BUNA0104	16,44
BUNA0105	115,53
BUNA0106	115,89
BUNA0107	21,18
BUNA0108	0,66
BUNA0109	1,63
BUNA0201	31,31
BUNA0202	4,87
BUNA0301	35,03
BUNA0302	49,23
BUNA0401	243,74
BUNA0402	150,6
BUNA0501	55,89

KOD SLIVA	POVRŠINA (km ²)
BUNA0701	120,39
JASE0101	31,73
JASE0102	131,52
JASE0103	93,48
JASE0104	107,22
JASE0105	160,99
NERE0000	130,11
NERE0101	213,24
NERE0102	111,33
NERE0103	243,41
NERE0104	168,03
NERE0105	73,18
NERE0106	37,2
NERE0107	114,07
NERE0108	45,22
NERE0109	109,66
NERE0110	193,61
NERE0111	64,15
NERE0112	5,79
NERE0113	29,71
NERE0114	93,44
NERE0115	38,75
NERE0116	138,45
NERE0117	16,38
NERE0118	10,3
NERE0201	258,58
NERE0301	53,11
NERE0302	7,32
NERE0401	28,85
NERE0402	61,13
NERE0501	22,89
NERE0502	29,06
NERE0601	213,28
NERE0701	75,17
NERE0801	152,61
NERE1001	57,69
NERE1201	122,53
NERE1202	59,67
NERE1401	156,86
NERE1402	134,51
NERE1403	110,94
NERE1404	79,55
NERE1405	25,93
NERE1601	96,97
NERE1801	46,95
NERE2001	152,08
NERE2002	11,53
NERE2201	87,01
TRBZ0101	86,25
TRBZ0102	124,54
TRBZ0103	307,12
TRBZ0104	7,33
TRBZ0105	10,06
TRBZ0106	79,88
TRBZ0107	49,41
TRBZ0108	20,07
TRBZ0109	15,22
TRBZ0110	46,94

KOD SLIVA	POVRŠINA (km ²)
TRBZ0111	120,72
TRBZ0112	70,88
TRBZ0113	24,47
TRBZ0114	30,98
TRBZ0115	28,25
TRBZ0201	13,98
TRBZ0202	8,33
TRBZ0203	26,38
TRBZ0301	65,05
TRBZ0501	92,55
TRBZ0701	171,23
TREB0101	235,75
TREB0102	97,72
TREB0103	214,85
TREB0104	100,39
TREB0105	119,57
TREB0106	147,82
TREB0107	105,36
TREB0108	32,23
TREB0109	349,75
TREB0110	57,05
TREB0111	28,48
TREB0112	31,85
TREB0113	70,10
TREB0114	146,43
TREB0201	19,91
TREB0301	108,64
TREB0401	109,65
TREB0501	16,65
TREB0601	47,93
TREB0602	173,04
TREB0701	26,44
TREB0801	45,39
TREB0901	22,61
TREB0902	39,82
TREB0903	62,48
TREB0904	103,51
TREB1001	24,26
TREB1101	17,81
TREB1301	43,03
TREB1501	116,86
TREB1701	57,05
TREB1901	53,14
TREB2101	8,65
TREB2102	22,51
TREB2301	20,31
TOTAL	10.685,79

Tablica 2. Model podslivova

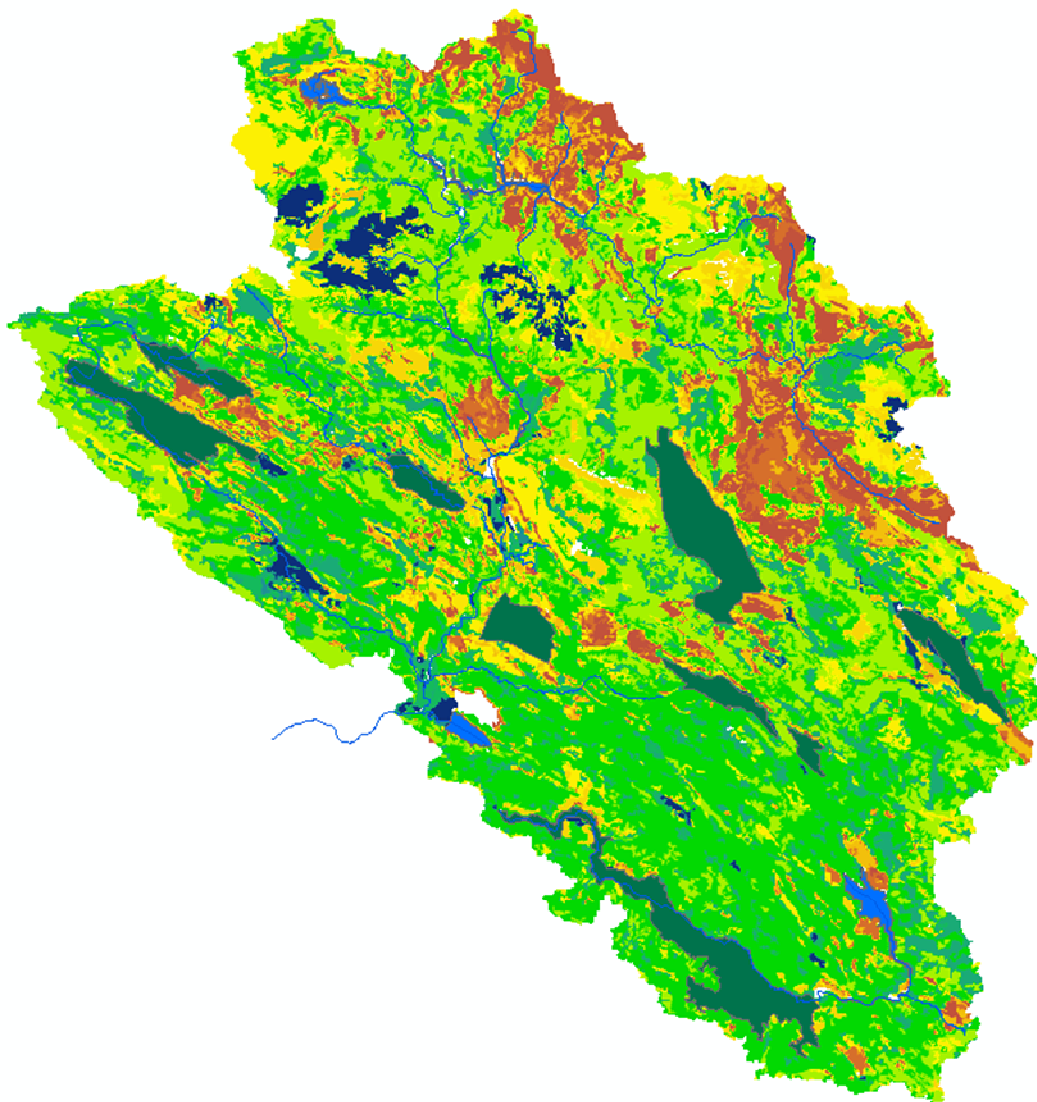
6.1. Metoda gubitaka (Loss Method)

Dok element sliva konceptualno predstavlja infiltraciju, površinsko otjecanje, i potpovršinski procesi su u interakciji zajedno, izračuni stvarne infiltracije se izvode metodom gubitka sadržaja unutar sliva. Ukupno dvanaest različitih metoda gubitaka osigurava HEC-HMS. Sve metode čuvaju masu. Odnosno, zbroj infiltracije i oborina ostavljenih na površini uvijek će biti jednak ukupnoj ulaznoj padalini. Metoda gubitka SCS broj krivulje je odabrana za sve podslivove modela.

6.1.1. SCS Broj krivulje gubitaka

Servis za očuvanje tla (sada Servis za očuvanje prirodnih resursa) metoda broja krivulje provodi metodologiju broja krivulje za povećane gubitke. Izvorno, metodologija je pokušala izračunati ukupnu infiltraciju tijekom pljuska. Program računa povećanu oborinu tijekom pljuska putem izračuna zapreminu infiltracije na kraju svakog vremenskog intervala. Infiltracija tijekom svakog vremenskog intervala je razlika u zapremini na kraju dva susjedna vremenska intervala

Izračun je proveden prema preporukama "USDA Servisa za očuvanje prirodnih resursa" generiranjem podataka u GRID formatu kako bi se dobile detaljne informacije za svaki podsliv.



Slika 6. SCS broj krivulje GRID

Kasnije je izračunat koeficijent CN za svaki podsliv pomoću alata Arc / GIS. Stoga ovaj koeficijent CN je složena (kompozitna) krivulja broja koji predstavlja sve različite grupe tla i kombinaciju korištenja zemljišta u podslivu. Složeni broj krivulje ne uključuje nepropusnu površinu, koja je određena izračunom zasebno za svaki podsliv pomoću alata Arc / GIS, kao postotak nepropusne površine.

Početni CN koeficijenti su prikazani u tablici 3 u nastavku.

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENT
BREG0101	74
BREG0102	75
BREG0103	76

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENT
BREG0104	75
BREG0105	75
BREG0106	74
BREG0201	72
BREG0301	75
BREG0302	76
BREG0401	70
BREG0501	76
BREG0601	73
BREG0602	71
BREG0701	76
BREG0702	75
BUNA0101	73
BUNA0102	69
BUNA0103	72
BUNA0104	76
BUNA0105	73
BUNA0106	73
BUNA0107	74
BUNA0108	79
BUNA0109	75
BUNA0201	67
BUNA0202	68
BUNA0301	75
BUNA0302	75
BUNA0401	74
BUNA0402	75
BUNA0501	74
BUNA0701	73
JASE0101	75
JASE0102	74
JASE0103	72
JASE0104	74
JASE0105	75
NERE0000	77
NERE0101	66
NERE0102	66
NERE0103	72
NERE0104	72
NERE0105	72
NERE0106	67
NERE0107	71
NERE0108	74
NERE0109	74
NERE0110	74
NERE0111	68
NERE0112	70
NERE0113	73
NERE0114	73
NERE0115	73
NERE0116	73
NERE0117	77
NERE0118	78
NERE0201	73
NERE0301	75
NERE0302	68
NERE0401	67
NERE0402	71

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENT
NERE0501	74
NERE0502	76
NERE0601	71
NERE0701	76
NERE0801	69
NERE1001	65
NERE1201	68
NERE1202	73
NERE1401	74
NERE1402	73
NERE1403	72
NERE1404	71
NERE1405	74
NERE1601	77
NERE1801	77
NERE2001	77
NERE2002	75
NERE2201	73
TRBZ0101	73
TRBZ0102	75
TRBZ0103	75
TRBZ0104	74
TRBZ0105	72
TRBZ0106	74
TRBZ0107	75
TRBZ0108	74
TRBZ0109	77
TRBZ0110	75
TRBZ0111	76
TRBZ0112	79
TRBZ0113	75
TRBZ0114	76
TRBZ0115	76
TRBZ0201	74
TRBZ0202	74
TRBZ0203	74
TRBZ0301	74
TRBZ0501	75
TRBZ0701	74
TREB0101	74
TREB0102	74
TREB0103	76
TREB0104	75
TREB0105	75
TREB0106	75
TREB0107	74
TREB0108	76
TREB0109	76
TREB0110	77
TREB0111	74
TREB0112	76
TREB0113	76
TREB0114	76
TREB0201	74
TREB0301	75
TREB0401	76
TREB0501	71
TREB0601	76

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENT
TREB0602	76
TREB0701	76
TREB0801	76
TREB0901	75
TREB0902	74
TREB0903	75
TREB0904	75
TREB1001	75
TREB1101	74
TREB1301	74
TREB1501	75
TREB1701	75
TREB1901	76
TREB2101	76
TREB2102	75
TREB2301	76

Tablica 3. Početni CN Koeficijenti

Tijekom procesa kalibracije napravljene su različite izmjene na ovim koeficijentima dok se nije podesio model sa porastom od 10 % od svoje vrijednosti. Konačne vrijednosti koeficijenata CN su prikazane u tablici 4.

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENTI
BREG0101	81.4
BREG0102	82.5
BREG0103	83.6
BREG0104	82.5
BREG0105	82.5
BREG0106	81.4
BREG0201	79.2
BREG0301	82.5
BREG0302	83.6
BREG0401	77.0
BREG0501	83.6
BREG0601	80.3
BREG0602	78.1
BREG0701	83.6
BREG0702	82.5
BUNA0101	80.3
BUNA0102	75.9
BUNA0103	79.2
BUNA0104	83.6
BUNA0105	80.3
BUNA0106	80.3
BUNA0107	81.4
BUNA0108	86.9
BUNA0109	82.5
BUNA0201	73.7
BUNA0202	74.8
BUNA0301	82.5
BUNA0302	82.5
BUNA0401	81.4
BUNA0402	82.5
BUNA0501	81.4

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENTI
BUNA0701	80.3
JASE0101	82.5
JASE0102	81.4
JASE0103	79.2
JASE0104	81.4
JASE0105	82.5
NERE0000	84.7
NERE0101	72.6
NERE0102	72.6
NERE0103	79.2
NERE0104	79.2
NERE0105	79.2
NERE0106	73.7
NERE0107	78.1
NERE0108	81.4
NERE0109	81.4
NERE0110	81.4
NERE0111	74.8
NERE0112	77.0
NERE0113	80.3
NERE0114	80.3
NERE0115	80.3
NERE0116	80.3
NERE0117	84.7
NERE0118	85.8
NERE0201	80.3
NERE0301	82.5
NERE0302	74.8
NERE0401	73.7
NERE0402	78.1
NERE0501	81.4
NERE0502	83.6
NERE0601	78.1
NERE0701	83.6
NERE0801	75.9
NERE1001	71.5
NERE1201	74.8
NERE1202	80.3
NERE1401	81.4
NERE1402	80.3
NERE1403	79.2
NERE1404	78.1
NERE1405	81.4
NERE1601	84.7
NERE1801	84.7
NERE2001	84.7
NERE2002	82.5
NERE2201	80.3
TRBZ0101	80.3
TRBZ0102	82.5
TRBZ0103	82.5
TRBZ0104	81.4
TRBZ0105	79.2
TRBZ0106	81.4
TRBZ0107	82.5
TRBZ0108	81.4
TRBZ0109	84.7
TRBZ0110	82.5

KOD PODSLIVA	CN KOEFICIJENTI
TRBZ0111	83.6
TRBZ0112	86.9
TRBZ0113	82.5
TRBZ0114	83.6
TRBZ0115	83.6
TRBZ0201	81.4
TRBZ0202	81.4
TRBZ0203	81.4
TRBZ0301	81.4
TRBZ0501	82.5
TRBZ0701	81.4
TREB0101	81.4
TREB0102	81.4
TREB0103	83.6
TREB0104	82.5
TREB0105	82.5
TREB0106	82.5
TREB0107	81.4
TREB0108	83.6
TREB0109	83.6
TREB0110	84.7
TREB0111	81.4
TREB0112	83.6
TREB0113	83.6
TREB0114	83.6
TREB0201	81.4
TREB0301	82.5
TREB0401	83.6
TREB0501	78.1
TREB0601	83.6
TREB0602	83.6
TREB0701	83.6
TREB0801	83.6
TREB0901	82.5
TREB0902	81.4
TREB0903	82.5
TREB0904	82.5
TREB1001	82.5
TREB1101	81.4
TREB1301	81.4
TREB1501	82.5
TREB1701	82.5
TREB1901	83.6
TREB2101	83.6
TREB2102	82.5
TREB2301	83.6

Tablica 4. Konačni CN koeficijenti

Postoci nepropusnih područja su prikazani u tablici 5.

KOD PODSLIVA	Postotak nepropusnosti %
BREG0101	0.83
BREG0102	0.06
BREG0103	0.35
BREG0104	0.28

KOD PODSLIVA	Postotak nepropusnosti %
BREG0105	0.00
BREG0106	0.76
BREG0201	0.00
BREG0301	0.00
BREG0302	0.88
BREG0401	0.00
BREG0501	0.00
BREG0601	0.00
BREG0602	0.76
BREG0701	0.00
BREG0702	0.00
BUNA0101	0.19
BUNA0102	0.00
BUNA0103	0.00
BUNA0104	0.00
BUNA0105	0.00
BUNA0106	2.91
BUNA0107	0.57
BUNA0108	0.00
BUNA0109	6.83
BUNA0201	0.00
BUNA0202	0.00
BUNA0301	0.00
BUNA0302	0.00
BUNA0401	2.87
BUNA0402	0.46
BUNA0501	0.00
BUNA0701	0.28
JASE0101	0.00
JASE0102	0.19
JASE0103	0.28
JASE0104	0.00
JASE0105	0.29
NERE0000	2.78
NERE0101	1.95
NERE0102	0.00
NERE0103	0.68
NERE0104	0.99
NERE0105	0.92
NERE0106	6.70
NERE0107	13.82
NERE0108	11.28
NERE0109	5.20
NERE0110	2.10
NERE0111	3.68
NERE0112	28.19
NERE0113	6.14
NERE0114	3.65
NERE0115	5.73
NERE0116	2.57
NERE0117	11.35
NERE0118	7.01
NERE0201	0.01
NERE0301	0.00
NERE0302	5.17
NERE0401	2.52
NERE0402	1.34
NERE0501	0.00

KOD PODSLIVA	Postotak nepropusnosti %
NERE0502	0.97
NERE0601	5.47
NERE0701	1.19
NERE0801	0.15
NERE1001	0.39
NERE1201	0.00
NERE1202	5.07
NERE1401	0.23
NERE1402	11.27
NERE1403	0.04
NERE1404	0.00
NERE1405	4.70
NERE1601	0.45
NERE1801	0.28
NERE2001	0.00
NERE2002	4.50
NERE2201	0.59
TRBZ0101	0.00
TRBZ0102	0.84
TRBZ0103	1.35
TRBZ0104	5.11
TRBZ0105	0.14
TRBZ0106	0.00
TRBZ0107	0.00
TRBZ0108	0.00
TRBZ0109	0.00
TRBZ0110	0.00
TRBZ0111	0.00
TRBZ0112	0.18
TRBZ0113	0.96
TRBZ0114	0.00
TRBZ0115	1.43
TRBZ0201	0.08
TRBZ0202	5.36
TRBZ0203	2.05
TRBZ0301	1.24
TRBZ0501	0.00
TRBZ0701	0.09
TREB0101	2.85
TREB0102	0.66
TREB0103	0.00
TREB0104	6.68
TREB0105	2.13
TREB0106	11.84
TREB0107	2.92
TREB0108	2.11
TREB0109	1.78
TREB0110	1.65
TREB0111	1.32
TREB0112	3.21
TREB0113	4.57
TREB0114	18.54
TREB0201	0.00
TREB0301	0.31
TREB0401	0.45
TREB0501	0.00
TREB0601	0.00
TREB0602	0.30

KOD PODSLIVA	Postotak nepropusnosti %
TREB0701	0.00
TREB0801	0.00
TREB0901	0.00
TREB0902	0.00
TREB0903	0.00
TREB0904	0.00
TREB1001	0.00
TREB1101	0.00
TREB1301	3.84
TREB1501	0.62
TREB1701	0.12
TREB1901	0.00
TREB2101	0.00
TREB2102	0.00
TREB2301	0.05

Tablica 5. Postotak nepropusnosti

Početna apstrakcija definira količinu padalina koja mora pasti prije rezultata viška na površini. Međutim, to nije isto kao početno presretanje ili početni gubitak, promjenom početne apstrakcije mijenja se odgovor infiltracije kasnije u pljusk. Ako je ova vrijednost prazna, automatski bit će izračunato kao 0,2 puta potencijalno zadržavanje (retencija), koja se izračunava iz broja krivulje.

Zadani početni omjer apstrakcije je 0,2, ali u procesu kalibriranja je promijenjen na 0,0.

6.2. Odabir metode transformacije

Dok element podsliva konceptualno predstavlja infiltraciju, površinsko otjecanje, i potpovršinske procese u interakciji zajedno, izračuni stvarnog površinskog otjecanja obavljaju se metodom transformacije sadržaja u podslivu. HEC-HMS je osigurao ukupno osam različitih metoda transformacije. Metoda „Clark jediničnog hidrograma“ se koristila u svim podslivovima.

6.2.1. „Clark“ jedinični hidrogram transformacije

„Jedinični hidrogram Clark“ je metoda sintetičkog jediničnog hidrograma. Odnosno, korisnik ne mora razviti jedinični hidrogram kroz analizu prethodnih promatranih hidrograma. Umjesto njega se koristi vrijeme naspram krivulje površine ugrađene u program za razvoj translacije hidrograma koji je rezultat uslijed naleta oborine. Rezultirajuća translacija hidrograma je usmjerena kroz linearni rezervoar da bi se objasnili učinci prigušenja zapremine kroz podsliv.

Metodologija predložena od strane Clark-a je rezultat razmatranja dva procesa: translacija neto padalina, računata postupkom izokrona a za što je potrebno poznavanje vremena putanje (vode) sliva T_v , izravnanje zapremine u slivu, koji se uzima u obzir kroz hipotetički linearnu akumulaciju postavljenu na izlaznoj točki sliva.

U linearnoj akumulaciji se pretpostavlja da je izlazni protok proporcionalan volumenu koji se nalazi u njoj u tom trenutku.

$$O = \frac{1}{K} S$$

Gdje je:

O : Izlazni protok

S : volumen akumulacije bazena

K : parametar metode, nazvan koeficijent volumena

Parametri metode za određivanje su, dakle, T_v i K . Oba parametra su najviše korištena u procesu kalibracije.

Vrijeme putanje (T_v) definira maksimalno vrijeme putovanja u podslivu. Koristi se u izradi translacije hidrograma.

Korištena formula za izračun ovog parametra je preporučena od SCS.

$$T_v = \frac{L^{0,8} \left(\frac{1000}{CN} + 9 \right)^{0,7}}{1900 J^{0,5}}$$

Gdje je:

L : najduža putanja protoka (stopa)

CN : CN koeficijent

J : Prosječan nagib podsliva %

Koeficijent zapremine K je korišten u linearnoj akumulaciji koja prikazuje učinke volumena. Mnoge studije su pokazale da koeficijent zapremine podijeljen zbrojem vremena putovanja i koeficijenta volumena je razumno konstantan u jednoj regiji.

$$\frac{K}{T_p + K} = (\text{constant value over a region})$$

Kao što će se vidjeti u nastavku, u početku se polazilo od vrijednosti za ovaj odnos 0,25, koja se mijenjala tijekom procesa kalibracije do optimalne vrijednosti od 0,85.

Svi parametri korišteni nakon procesa kalibracije su prikazani u nastavku.

CODBASIN	LongestFlowPath (m)	J (%)	Tv (h)	Tv (min)	Storage Coef K	Constant
BREG0101	9277.7	22.23	0.57	34	3.24	0.850
BREG0102	23744.2	22.36	1.20	72	6.80	0.850
BREG0103	11287.5	25.94	0.61	37	3.45	0.850
BREG0104	9395.6	36.41	0.45	27	2.54	0.850
BREG0105	4071.1	16.12	0.34	21	1.95	0.850
BREG0106	24684.8	15.17	1.50	90	8.50	0.850
BREG0201	11341.2	23.31	0.66	40	3.74	0.850
BREG0301	8187.6	22.04	0.51	31	2.92	0.850
BREG0302	21847.2	20.67	1.16	69	6.58	0.850
BREG0401	7032.5	23.92	0.45	27	2.55	0.850
BREG0501	9817.5	16.07	0.69	42	3.94	0.850
BREG0601	11974.3	30.98	0.59	36	3.37	0.850
BREG0602	23149.9	25.15	1.13	68	6.44	0.850
BREG0701	12115.6	12.73	0.92	55	5.23	0.850
BREG0702	8822.9	11.61	0.75	45	4.28	0.850
BUNA0101	29885.5	26.68	1.34	80	7.58	0.850
BUNA0102	13042.5	30.48	0.66	40	3.74	0.850
BUNA0103	11017.7	13.92	0.84	50	4.75	0.850
BUNA0104	8279.5	16.25	0.60	36	3.40	0.850
BUNA0105	23724.7	19.38	1.30	78	7.39	0.850
BUNA0106	23275.4	20.97	1.23	74	6.96	0.850
BUNA0107	10600.6	13.98	0.80	48	4.54	0.850
BUNA0108	1421.4	4.83	0.26	16	1.50	0.850
BUNA0109	2631.1	12.50	0.28	17	1.57	0.850
BUNA0201	8588.8	21.83	0.56	34	3.20	0.850
BUNA0202	4121.0	26.09	0.28	17	1.61	0.850
BUNA0301	6504.2	28.52	0.38	23	2.13	0.850
BUNA0302	17746.0	21.26	0.97	58	5.52	0.850
BUNA0401	28545.5	24.98	1.32	79	7.49	0.850
BUNA0402	21415.9	14.27	1.38	83	7.84	0.850
BUNA0501	10366.5	22.76	0.62	37	3.49	0.850
BUNA0701	25135.2	17.65	1.43	86	8.08	0.850
JASE0101	9237.8	15.61	0.67	40	3.81	0.850
JASE0102	26686.8	23.49	1.29	77	11.59	0.900
JASE0103	25437.5	17.09	1.47	88	13.24	0.900
JASE0104	22452.5	25.43	1.08	65	9.73	0.900
JASE0105	24957.9	11.66	1.73	104	15.58	0.900
NERE0000	21664.7	27.37	1.00	60	5.64	0.850
NERE0101	32154.6	35.51	1.28	77	7.24	0.850
NERE0102	27779.7	31.09	1.22	73	6.89	0.850

CODBASIN	LongestFlowPath (m)	J (%)	Tv (h)	Tv (min)	Storage Coef K	Constant
NERE0103	28380.9	40.01	1.05	63	5.96	0.850
NERE0104	29966.2	45.10	1.03	62	5.85	0.850
NERE0105	16265.0	51.60	0.59	35	3.35	0.850
NERE0106	10618.9	41.63	0.48	29	2.74	0.850
NERE0107	19092.3	42.56	0.75	45	4.23	0.850
NERE0108	17280.0	59.87	0.57	34	3.23	0.850
NERE0109	26034.5	43.89	0.92	55	5.23	0.850
NERE0110	30749.0	35.91	1.17	70	6.61	0.850
NERE0111	20413.1	19.76	1.18	71	6.67	0.850
NERE0112	3418.8	20.81	0.27	16	1.54	0.850
NERE0113	8700.4	17.58	0.61	37	3.47	0.850
NERE0114	20944.5	18.86	1.19	72	6.76	0.850
NERE0115	9472.0	14.03	0.73	44	4.14	0.850
NERE0116	27521.0	10.68	1.98	119	11.20	0.850
NERE0117	10360.8	8.82	0.97	58	5.51	0.850
NERE0118	4969.2	13.95	0.43	26	2.42	0.850
NERE0201	31355.7	25.97	1.41	84	7.98	0.850
NERE0301	15988.7	53.53	0.57	34	3.20	0.850
NERE0302	6185.3	52.32	0.28	17	1.58	0.850
NERE0401	9845.1	48.18	0.42	25	2.40	0.850
NERE0402	20903.8	42.40	0.80	48	4.56	0.850
NERE0501	8408.7	68.83	0.30	18	1.70	0.850
NERE0502	10243.4	61.52	0.37	22	2.07	0.850
NERE0601	34494.1	46.14	1.15	69	6.52	0.850
NERE0701	18319.0	54.08	0.62	37	3.53	0.850
NERE0801	25316.5	33.58	1.06	64	6.03	0.850
NERE1001	16642.1	41.60	0.70	42	3.98	0.850
NERE1201	24670.8	42.72	0.93	56	5.29	0.850
NERE1202	14730.2	40.55	0.61	37	3.48	0.850
NERE1401	24432.2	21.80	1.25	75	7.09	0.850
NERE1402	21626.1	26.08	1.04	62	5.89	0.850
NERE1403	18369.7	44.16	0.70	42	3.99	0.850
NERE1404	19409.5	38.02	0.80	48	4.55	0.850
NERE1405	7085.4	57.42	0.29	17	1.62	0.850
NERE1601	25252.8	51.96	0.82	49	4.63	0.850
NERE1801	15089.1	66.27	0.48	29	2.71	0.850
NERE2001	26648.0	57.65	0.81	49	4.60	0.850
NERE2002	8517.1	68.15	0.30	18	1.71	0.850
NERE2201	28807.6	25.37	1.33	80	7.52	0.850
TRBZ0101	23512.2	16.22	1.41	85	12.72	0.900
TRBZ0102	33860.7	18.76	1.74	104	15.64	0.900
TRBZ0103	48091.1	14.52	2.61	157	23.49	0.900
TRBZ0104	5225.6	24.21	0.34	21	3.10	0.900
TRBZ0105	4710.2	21.44	0.34	21	3.08	0.900
TRBZ0106	24406.1	20.17	1.30	78	11.69	0.900
TRBZ0107	16781.1	22.38	0.91	55	8.18	0.900
TRBZ0108	6941.8	15.46	0.54	33	4.88	0.900
TRBZ0109	9334.4	12.29	0.76	46	6.83	0.900
TRBZ0110	13010.6	23.17	0.73	44	6.53	0.900
TRBZ0111	28286.0	17.08	1.57	94	29.80	0.950
TRBZ0112	16733.6	8.17	1.47	88	27.93	0.950
TRBZ0113	8276.7	8.78	0.82	49	7.39	0.900
TRBZ0114	8441.2	10.65	0.75	45	6.79	0.900
TRBZ0115	12260.9	18.67	0.77	46	6.91	0.900
TRBZ0201	6860.7	18.58	0.49	29	4.41	0.900
TRBZ0202	5429.9	20.04	0.39	23	3.52	0.900
TRBZ0203	11382.9	20.85	0.69	42	6.23	0.900
TRBZ0301	14376.8	14.86	0.99	59	8.92	0.900
TRBZ0501	26213.6	9.55	1.98	119	17.85	0.900
TRBZ0701	28150.8	8.75	2.20	132	19.82	0.900
TREB0101	37638.2	20.86	1.80	108	10.21	0.850
TREB0102	14008.2	25.76	0.74	44	4.17	0.850
TREB0103	34926.4	16.53	1.89	113	10.71	0.850
TREB0104	23471.6	18.19	1.31	79	7.44	0.850

CODBASIN	LongestFlowPath (m)	J (%)	Tv (h)	Tv (min)	Storage Coef K	Constant
TREB0105	13294.2	16.32	0.88	53	5.00	0.850
TREB0106	25508.1	18.16	1.40	84	7.96	0.850
TREB0107	20918.7	37.91	0.84	50	4.74	0.850
TREB0108	10471.7	30.89	0.53	32	2.99	0.850
TREB0109	39087.7	23.26	1.74	104	9.87	0.850
TREB0110	8424.7	25.28	0.49	29	2.76	0.850
TREB0111	6040.2	23.54	0.39	24	2.22	0.850
TREB0112	13781.0	23.43	0.75	45	4.27	0.850
TREB0113	18924.3	25.92	0.92	55	5.24	0.850
TREB0114	29894.8	13.89	1.82	109	10.29	0.850
TREB0201	6301.6	15.53	0.50	30	2.83	0.850
TREB0301	21710.8	19.05	1.21	72	6.84	0.850
TREB0401	24032.1	23.85	1.17	70	6.61	0.850
TREB0501	4249.0	21.41	0.32	19	1.80	0.850
TREB0601	7683.3	32.97	0.40	24	2.26	0.850
TREB0602	29823.3	25.58	1.34	80	7.57	0.850
TREB0701	11188.7	23.03	0.64	39	3.65	0.850
TREB0801	7836.0	13.92	0.62	37	3.53	0.850
TREB0901	4893.0	16.15	0.40	24	2.26	0.850
TREB0902	5718.2	13.77	0.49	29	2.79	0.850
TREB0903	14538.3	17.71	0.91	54	5.14	0.850
TREB0904	10828.7	15.69	0.76	46	4.32	0.850
TREB1001	8897.8	14.19	0.68	41	3.88	0.850
TREB1101	9416.9	27.27	0.52	31	2.95	0.850
TREB1301	10501.0	34.20	0.51	30	2.87	0.850
TREB1501	12975.6	27.54	0.67	40	3.78	0.850
TREB1701	9045.0	20.14	0.58	35	3.31	0.850
TREB1901	10202.0	22.66	0.60	36	3.42	0.850
TREB2101	3724.5	34.19	0.22	13	1.24	0.850
TREB2102	8638.4	38.65	0.40	24	2.29	0.850
TREB2301	3405.2	27.27	0.23	14	1.29	0.850

Tablica 6. Parametri jediničnog hidrograma Clark.

6.3. Metoda baznog otjecanja

Dok element podsliva konceptualno predstavlja infiltraciju, površinsko otjecanje, i potpovršinske procese u interakciji zajedno, stvarni potpovršinski izračuni se izvode metodom baznog otjecanja sadržaja unutar podsliva. Osigurano je ukupno šest različitih metoda baznog otjecanja. Metoda recesije se koristila za sve podslivove.

6.3.1. Recesija baznog otjecanja

Metoda recesije baznog otjecanja je osmišljena da približi tipično ponašanje promatrano u području sliva kada se protok kanala eksponencijalno povlači nakon jednog događaja. Ova metoda je prvenstveno namijenjena za simulacije događaja.

Početno bazno otjecanje na početku simulacije mora biti navedeno. Dvije metode su dostupne za određivanje početnog uvjeta: početno otjecanje i početno otjecanje po površini. Druga metoda se koristi određivanjem početnog baznog otjecanja kao zapremine po jedinici površine i jedinici vremena.

Ova metoda je pogodnija kada se moraju koristiti opće smjernice za prinos u području sliva za procjenu početnog otjecanja.

Vrijednost $0.0766 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ je konačno dobivena u procesu kalibriranja, osim desne obale rijeke Neretve nizvodno od Mostara (slivovi rijeka Jasenice i Trebižata), koja se smatra vrijednost $0.20678 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

Konstantna recesija je također potrebna i opisuje brzinu kojom se bazno otjecanje povlači između dva događaja pljuska. To se definira kao odnos baznog otjecanja u tom trenutku, za bazno otjecanje jedan dan ranije. **Vrijednost 0,9 konačno je dobivena u postupku kalibriranja.**

Postoje dvije različite metode za određivanje načina kako ponovo uspostaviti bazno otjecanje tijekom događaja oluje: omjer vrha i praga otjecanja. Korištena je metoda omjera vrha, navodeći omjer otjecanja za vrh. Bazno otjecanje se ponovo uspostavlja kada trenutno otjecanje podijeljeno sa vrhom otjecanja pada na određenu vrijednost. **Dobiven je omjer 0,2**, tako da će se bazno otjecanje uspostaviti na opadajuću granu događaja hidrograma kada otjecanje pada na 20% od događaja vrhunca protoka.

7. ELEMENTI DIONICE

Dionica je element sa jednim ili više dotoka i jednim izlaznim protokom. Dotoci proistječu iz drugih elemenata u modelu sliva. Ako postoji više od jednog dotoka, sav dotok se dodaje zajedno prije izračuna izlaznog protoka. Izlazni protok se izračunava koristeći jednu od nekoliko dostupnih metoda za simulaciju protoka u otvorenom kanalu. Po izboru se može uključiti metoda za prikazivanje interakcije sa potpovršinom. Element dionica može se koristiti za modeliranje rijeka i vodotoka.

7.1. Metoda “Routing method”

Dok element dionica konceptualno predstavlja segment vodotoka ili rijeku, stvarni izračuni se izvode metodom usmjeravanja (routing method) sadržaja unutar dionice. U HEC-HMS je osigurano ukupno sedam različitih metoda usmjeravanja. Svaka od metoda provodi hidrološku metodologiju usmjeravanja u odnosu na hidraulički pristup koji provodi potpune jednadžbe neustaljenog protoka.

Metoda “Muskingum-Cunge Routing” usmjeravanje je korištena u svim elementima riječne dionice.

7.1.1. “Muskingum-Cunge Routing”

Metoda usmjeravanja “Muskingum-Cunge Routing” temelji se na kombinaciji očuvanja mase i prikazivanju difuzije očuvanja momenta. To se ponekad naziva kao metoda varijabilnog koeficijenta, jer se parametri usmjeravanja ponovo računaju za svaki vremenski korak na temelju svojstava kanala i dubine otjecanja.

Kao odabir vremenskog intervala, odabrano je da HEC-HMS automatski mijenja vremenski interval da bi uzeo što duži mogući vremenski interval a istovremeno zadržao numeričku stabilnost.

Dužina je izračunata kao ukupna dužina elementa dionice. Nagib je izračunat kao prosječna kosina za cijelu dionicu. Oba su izračunata pomoću Arc / GIS alata.

Manning's “n” koeficijent hrapavosti bi trebao biti prosječna vrijednost za cijelu dionicu. Ova vrijednost je procijenjena na 0,08.

Kao poprečni profil trapezoidni oblik se koristio sa bočnim nagibom 1H: 1V.

Svi ovi parametri su izmijenjeni tijekom procesa kalibriranja, otkrivajući neprocjenljivu osjetnost u promjenama što se tiče rezultata modela.

Prikazani su u tablici 7 u nastavku.

Reach-Code	Length (m)	Slope (m/m)	Manning's n	Shape	Width (m)	Side Slope (xH:1V)
Reach-Bregave	7526.1	0.02733	0.08	Trapezoid	20	1
Reach-BREG0103	15311.9273	0.03004	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-BREG0105	3399.98538	0.00441	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-BREG0106	21586.0892	0.00162	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-BREG0302	21269.592	0.01726	0.08	Trapezoid	10	1

Reach-Code	Length (m)	Slope (m/m)	Manning's n	Shape	Width (m)	Side Slope (xH:1V)
Reach-BREG0602a	18768	0.0001	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-BREG0702	5446.8	0.01294	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-BUNA0102	8082.913	0.00405	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-BUNA0103a	5840.859	0.0001	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-BUNA0103c	14695.361	0.0001	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-BUNA0104	4939.205	0.0021	0.08	Trapezoid	30	1
Reach-BUNA0105a	15915.285	0.0001	0.08	Trapezoid	30	1
Reach-BUNA0105b	7489.66	0.00512	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-BUNA0109	2000	0.0001	0.08	Trapezoid	45	1
Reach-BUNA0302	17543.07	0.02002	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-BUNA0402	18.91926	0.00001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Dabarsko Polje	5942.781	0.05196	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Gorica	16728.8841	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Jasenica	11673.549	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-JASE0102	21400.086	0.02593	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-JASE0103	19502.731	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-JASE0104	16714.745	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Junction-Buna-Spring	5945.499	0.0042	0.08	Trapezoid	35	1
Reach-J-Buna-Bunica	825.366	0.0001	0.08	Trapezoid	35	1
Reach-J-Bunica	5013.346	0.001	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-J-Popovo Polje1	21621.6821	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-J-Popovo Polje3	11916.2867	0.00074	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-J-Popovo-Polje2	6909.2	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Metkovic	3729.7	0.0001	0.08	Trapezoid	115	1
Reach-NERE0102A	10320.586	0.01282	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-NERE0102B	2978.169	0.01844	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-NERE0103	20374.845	0.00724	0.08	Trapezoid	30	1
Reach-NERE0104A	20814.799	0.00379	0.08	Trapezoid	40	1
Reach-NERE0104B	11063.2405	0.0043	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-NERE0105	5991.219	0.00188	0.08	Trapezoid	50	1
Reach-NERE0106	6582.6	0.00152	0.08	Trapezoid	90	1
Reach-NERE0111	4.159489	0.00349	0.08	Trapezoid	45	1
Reach-NERE0112	1.599466	0.00164	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-NERE0113	6.395147	0.00272	0.08	Trapezoid	35	1
Reach-NERE0114	3.415336	0.00091	0.08	Trapezoid	60	1
Reach-NERE0115	6000	0.0001	0.08	Trapezoid	80	1
Reach-NERE0116	16900.066	0.0022	0.08	Trapezoid	100	1
Reach-NERE0117a	1680.3	0.00063	0.08	Trapezoid	40	1
Reach-NERE0117b	4515.8	0.0001	0.08	Trapezoid	120	1
Reach-NERE0302	4887.4	0.02046	0.08	Trapezoid	20	1
Reach-NERE0402	11917.581	0.03075	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-NERE0502	8875.9	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-NERE1202	8092.6	0.01035	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-NERE1403A	13252.3885	0.02124	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-NERE1403B	2558.9	0.00196	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-NERE1405	9190.9	0.0057	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-NERE2002	2983.5	0.01006	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Popovo Polje2	11858.7245	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-Posusko Polje	18033.5174	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TRBZ0103	30591	0.0001	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-TRBZ0106	3439.6	0.0001	0.08	Trapezoid	60	1
Reach-TRBZ0107	4480.6	0.0001	0.08	Trapezoid	60	1
Reach-TRBZ0108	6125.4	0.0001	0.08	Trapezoid	60	1
Reach-TRBZ0109	2102.1	0.0001	0.08	Trapezoid	60	1
Reach-TRBZ0112	11580.9247	0.0001	0.08	Trapezoid	60	1
Reach-TRBZ0113	5107.9	0.0001	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-TRBZ0114	6406.5	0.0001	0.08	Trapezoid	15	1
Reach-TRBZ0115	11390.1823	0.0001	0.08	Trapezoid	20	1
Reach-TRBZ0203	9412.6	0.03293	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0101a	18254.5221	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0101b	29136.5925	0.0001	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0103	19610.221	0.01277	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0107	9281.4	0.05692	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0108	17812.3821	0.03032	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0110	7268.4	0.00955	0.08	Trapezoid	10	1

Reach-Code	Length (m)	Slope (m/m)	Manning's n	Shape	Width (m)	Side Slope (xH:1V)
Reach-TREB0114	28869.2589	0.01835	0.08	Trapezoid	25	1
Reach-TREB0602	19383.25	0.02136	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0902	3581.012	0.02234	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0903	12081.426	0.02144	0.08	Trapezoid	10	1
Reach-TREB0904	2639.42	0.00379	0.08	Trapezoid	10	1
R-Div-Fatniko	15650	0.004	0.035	Circle		

Tablica 7. Parametri Muskingum-Cunge Routing

7.1.2. Lag Routing

Osim toga elementi dionice su se također koristili za simuliranje podzemnih kretanja vode.

Metoda "lag routing" samo predstavlja translaciju poplavnih valova. To ne uključuje prikazivanje prigušenja ili difuzijskih procesa. Jedini parametar je vrijeme kašnjenja (lag) u minutama. Dotok na dionici kasni u vremenu za količinu jednaku navedenom kašnjenju, a zatim se pretvara u otjecanje.

Uzeli su se u obzir radovi u području hidrogeologije, i promatrali su se podzemni tokovi između slivova i prikazani su u modelu putem elemenata "dionica".

Putem GIS-a, odredila se dužina, i kao prva procjena, izračunato je vrijeme putovanja uzimajući u obzir sljedeće vrijednosti postavljene u hidrogeološkim studijama.

Lijeva obala Neretve:

- Gatačko polje – Fatničko polje ~ 8 km/dan
- Gatačko polje vrelo Trebišnjice ~ 7 – 9 km/dan
- Fatničko polje – vrelo Trebišnjice ~ 8 – 16 km/dan
- Fatničko polje – Bregava ~ 4 – 5,5 km/dan
- Nevesinjsko polje – Buna ~ 3 – 5 km/dan
- Nevesinjsko polje (ponor Biogradci) – Bunica ~ 27 km/dan
- Nevesinjsko polje – Bunica ~ 3,6 km/dan
- Dabarsko polje – Bregava ~ 7 – 9 km/dan
- Popovo polje – Svitava ~ 7 – 8 km/dan

Desna obala Neretve

- Posusko polje – Imotsko polje ~1,5 - 2 km/dan
- Ostale brzine podzemnog tečenja 0,8 – 1,5 km/dan

U tablici 8 prikazan je odnos razmatranih dionica i njihovo procijenjeno vrijeme putovanja (u minutama) nakon procesa kalibriranja.

Reach	LAG Time (minutes)
Reach-BREG0102	2649
R-Div-BREG0102	1300
R-Div-BREG0106	1358
R-Div-BREG0301	800
R-Div-BREG0302	1347
R-Div-BREG0401	1825
R-Div-BREG0501	2192
R-Div-BREG0601	2000
R-Div-BREG0602	2944
R-Div-BREG0701	3310
R-Div-BUNA0101	12135
R-Div-BUNA0102	11496
R-Div-BUNA0103	8724
R-Div-BUNA0104	9385
R-Div-BUNA0105	2000
R-Div-BUNA0201	10704
R-Div-BUNA0202	10569
R-Div-BUNA0301	2044
R-Div-BUNA0302	10221
R-Div-BUNA0401	3874
R-Div-BUNA0402	5877
R-Div-BUNA0501	2635
R-Div-BUNA0701	446
R-Div-JASE0101	5000
R-Div-JASE0102	30000
R-Div-JASE0103	4300
R-Div-JASE0104	26961
R-Div-JASE0105	16954
R-Div-NERE0102	10331
R-Div-TRBZ0101	8570
R-Div-TRBZ0112	13575
R-Div-TRBZ0113	19224
R-Div-TRBZ0114	11010
R-Div-TRBZ0201	13142
R-Div-TRBZ0203	11354
R-Div-TRBZ0301	4300
R-Div-TRBZ0501	28879
R-Div-TRBZ0701	10594
R-Div-TREB0102	3903
R-Div-TREB0103	2494
R-Div-TREB0201	838
R-Div-TREB0401	966
R-Div-TREB0501	2821
R-Div-TREB0701	2619
R-Div-TREB0901	2171
R-Div-TREB0902	1357
R-Div-TREB0903	1718
R-Div-TREB0904	1704
R-Div-TREB1001	1306
R-Div-TREB1101	2213
R-Div-TREB1301	1722
R-Div1-Nevesinjko Polje	940
R-Div2-Nevesinjko Polje	6096
R-Gatacko Polje	4841
R-Popovo Polje	0

Tablica 8. Lag Routing. Podzemni tokovi.

Ovo je bio glavni parametar kalibriranja koje je urađeno za akumulaciju Bileća.

8. ELEMENT REZERVOAR

Rezervoar je element sa jednim ili više dotoka i jednim izračunatim izlaznim protokom. Dotok proistječe iz drugih elemenata u modelu sliva. Ako postoji više dotoka, svi dotoci se dodaju zajedno prije računanja izlaznog protoka. Pretpostavlja se da je površinska voda u rezervoaru bazena razina vode. Dostupno je nekoliko metoda za određivanje svojstava razine rezervoara. Element se može koristiti za modeliranje akumulacija, jezera i malih jezera.

8.1. Routing metoda (Routing method)

Dok element rezervoar konceptualno predstavlja prirodno jezero ili jezero iza brane, stvarni izračuni simulacije razine su urađeni metodom "routing" tj. usmjeravanja sadržaja u rezervoaru. Dostupne su četiri različite "routing" metode. Jedna je osmišljena da jednostavno prikaže rezervoar sa poznatim odnosom razina-otjecaj. Druga metoda koristi određeni izlazni protok i računa rezultirajući volumen. Posljednja metoda je osmišljena za prikazivanje pojedinačnih komponenti rada ispusta. Tu je i izbor za nijednu od routing metoda. Ova opcija ne pretpostavlja zapreminu u rezervoaru i sav dotok prolazi kao izlazni protok za svaki vremenski interval simulacije.

Korištene su različite routing metode kako bi se simulirale akumulacije u slivu Neretve i Trebišnjice.

8.1.1. Strukture izlaznog protoka

Metoda routing izlaznog protoka je osmišljena za modeliranje akumulacija sa brojem nekontroliranih struktura ispusta. Na primjer, jedna akumulacija može imati preliv i nekoliko izlaznih cijevi niske razine. Iako postoji mogućnost za uvođenje ustava preljeva, sposobnost kontrole ustava je iznimno ograničena u tom trenutku. Trenutačno nema ustava na izlaznim cijevima. Međutim, postoji mogućnost da se uključe vremenski nizovi izlaznog protoka osim nekontroliranog ispuštanja iz različitih struktura. Vanjska analiza se može koristiti za izradu dodatnih izlaznih protoka temeljena na planu rada akumulacija.

8.1.1.1 Metoda zapremine

Postoje dvije različite opcije za određivanje odnosa zapremine. Prva opcija je izbor kote -zapremine. Korisnik mora odabrati krivulju razina-zapremina od dostupnih krivulja u administratoru uparenih podataka (Paired Data Manager). Nakon završenog usmjeravanja, program će izračunati razinu i zapreminu za svaki vremenski interval. Druga opcija je izbor kota-površina, koja zahtijeva odabir krivulje kota-površina od dostupnih krivulja u administratoru uparenih podataka (Paired Data Manager). Sa ovim odabirom, program automatski pretvara krivulju kota-površina u krivulju kota-

zapremina putem konusne formule. Nakon završenog usmjeravanja, program će izračunati kotu, površine područja, te zapreminu za svaki vremenski interval.

8.1.1.2 Početni uvjet

Početni uvjet postavlja količinu zapremine u rezervoaru na početku simulacije. Stoga, najjednostavnija opcija je odrediti "Storage" kao zapreminu vode u rezervoaru. Kao pogodnost osigurane su i druge opcije. Metoda „Dotok=Otjecaj“ uzima dotok u rezervoar na početku simulacije i određuje potrebnu razinu bazena da se uzrokuje otjecaj (izlazni protok) kroz strukture ispusta. Razina bazena se koristi na krivulji razina-zapremina za određivanje odgovarajuće zapremine. Metoda razina bazena se može također odabrati kao početni uvjet. U tom slučaju, razina koja je data od strane korisnika se koristi u interpolaciji vrijednosti zapremine od krivulje razina-zapremina.

8.1.1.3 Preljevi

Preljevi se mogu samo uključiti u akumulacije koristeći „routing“ metodu struktura izlaznog protoka. Preljevi tipično predstavljaju strukture pri vrhu brana koji omogućuju da voda ide preko vrha brane na kontroliran način. U rezervoar može biti uključeno do 10 neovisnih preljeva.

Postoje tri različite metode za računanje izlaznog protoka putem preljeva: širokog vrha, sa lukom (broad-crested, ogee), i navedena od strane korisnika. Metode "širokog vrha i sa lukom" mogu uključiti po potrebi ustave. Ako ustave nisu odabrane onda je protok preko preljeva neograničen. Ako su ustave uključene, protok preko preljeva bit će kontroliran ustavama. Za preljev se može uključiti i do 10 neovisnih ustava.

Specificirani preljev

Preljev specificiran od strane korisnika može se koristiti za prikazivanje preljeva sa karakteristikama protoka koji se ne mogu prikazati sa pretpostavkama za ustave "broad-crested ili ogee". Korisnik može kreirati krivulju protjecanja koja predstavlja preljeveni protok ovisno o razini rezervoara bazena.

Krivulja proticaja (The rating curve) koja opisuje protok preko preljeva mora biti napravljena od strane korisnika. Krivulja proticaja se mora izračunati van programa na temelju napredne hidraulike preljeva ili eksperimentiranja.

Preljev "širokog vrha"

Preljev "široke krune" (broad-crested) omogućuje kontrolirani protok preko vrha rezervoara prema pretpostavkama protoka preljeva. Kota krune preljeva mora biti specificirana.

Dužina preljeva mora biti specificirana. To bi trebala biti ukupna širina kroz koju prolazi voda.

Koeficijent protjecanja objašnjava energetske gubitke kao vodu koja ulazi u preljev, protjecanje kroz preljev i na kraju izlazi iz preljeva. Ovisno o točnom obliku preljeva, tipične vrijednosti su rasponu od 1, 10 do 1, 66 u Međunarodnom sustavu jedinica (System International units).

8.1.1.4 Ustave preljeva

Ustave preljeva su jedan opcionalni dio specifikacije za konfiguraciju preljeva. Mogu biti uključene u bilo koji od "broad-crested ili ogee" preljeva. Ikona za svaku ustavu dodat će se ikoni preljeva ispod ikone rezervoara u pretraživaču hidrografski slivovi "Watershed Explorer". Parametri za svaku ustavu su s uneseni u model. Postoje dvije različite metode za računanje izlaznog protoka kroz preljev sa ustavama: normalna, ravna ustava ili radijalna. U oba slučaja potrebno je navesti broj identičnih jedinica; svaka identična jedinica ima točno isti broj parametara, uključujući i kontrolu ustava.

Radijalna ustava

Radijalna ustava se okreće iznad preljeva sa vodom koja prolazi ispod ustave dok se kreće preko preljeva.

Ova vrsta ustave je poznata kao segmentna ustava.

Širina radijalne ustave mora biti specificirana. Trebala bi se specificirati kao ukupna širina pojedinačne ustave.

Koeficijent ustave opisuje energetske gubitke kao vodu koja prolazi ispod ustave. Tipične vrijednosti su između 0,5 i 0,7 ovisno o točnoj geometriji i konfiguraciji ustave.

Koeficijent otvora opisuje energetske gubitke kao vodu koja prolazi ispod ustave a razina vode u koritu ispod ustave je dovoljno potopljena. Tipična vrijednost koeficijenta je 0.8.

Okretna točka (pivot točka) za radijalnu ustavu poznata je kao osovina rotacije ustava. Visina osovine rotacije iznad preljeva treba biti unesena.

EkspONENT obrtne osovine je dio specifikacije geometrije radijalne ustave. Tipična vrijednost je 0.16.

EkspONENT otvorenosti ustave je korišten u računanju protoka ispod ustave. Tipična vrijednost je 0.72.

EkspONENT visine se koristi u računanju ukupne visine radijalne ustave. Tipična vrijednost je 0.62.

8.1.1.5 Dodatni izlazni protok

Dodatni izlazni protok samo se može uključiti u akumulacije korištenjem metode usmjeravanja struktura izlaznog protoka "method routing Outflow Structures". U većini situacija jedna brana može biti ispravno konfigurirana korištenjem izlaznih struktura kao što su preljevi, ispusti itd. Ukupni otjecaj iz rezervoara može se automatski izračunati korištenjem fizičkih svojstava unesenih za svaku uključenu strukturu. Međutim, neki rezervoari mogu imati dodatni protok na izlazu izvan onoga što je

predstavljeno raznim fizičkim strukturama. Dodatni izlazni protok se može koristiti sa drugim izlaznim strukturama da bi se odredio ukupni izlazni protok za rezervoar.

Dodatni izlazni protok koji je specificiran mora se pohraniti kao mjerac protoka « discharge gage ».

8.1.2. Krivulja izlaznog protoka

Ova metoda izravnjanja (method routing) prikazuje akumulaciju ili jezero s odnosom, datim od strane korisnika, između protoka i razine. Površina vode u akumulaciji se pretpostavlja kao razina. Omjer između protoka i zapremine mora biti jedinstven, tako da se ne dozvole krivulje proticaja u petlji. Stoga, omjer treba da se jednolično povećava sa razinom. Korisnik mora razviti omjer razine izvan programa, s obzirom na sve moguće organe ispuštanja vode iz akumulacije i kombinirati ih samo sa jednim omjerom razine. Simulacija se izvodi s modificiranom „Puls“ algoritmom pomoću jednog koraka izravnjanja.

8.1.2.1 Metoda Storage

Postoje tri različite opcije kako bi se odredio odnos zapremine. Prva opcija koja se koristila je odnos zapremina-protok. Korisnik mora odabrati krivulju zapremina- protok od krivulja koje su dostupne u Administratoru uparenih podataka (Paired Data Manager).

8.1.2.2 Početni uvjet

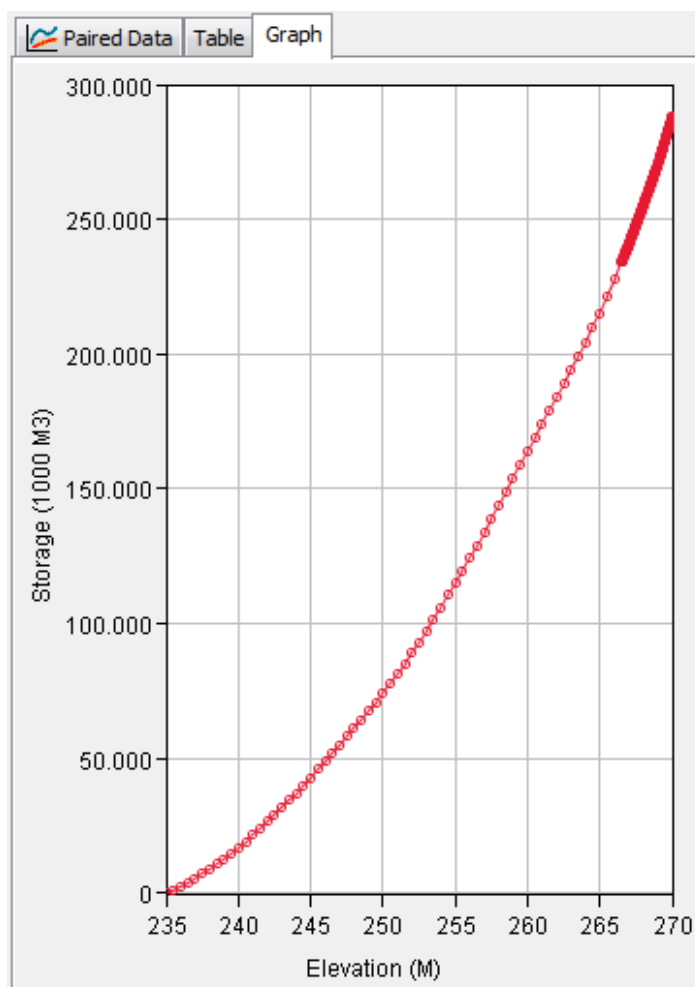
Početni uvjet postavlja količinu zapremine u akumulaciji na početku simulacije. Dakle, najjednostavnija opcija je odrediti zapreminu, kao zapreminu vode u akumulaciji.

U modelu, druge opcije nisu uzete u razmatranje.

8.2. Akumulacija Jablanica

„Routing metoda“ korištena kao strukture izlaznog protoka (Outflow Structures) i metoda zapremine „Razina – zapremina“ (Elevation-Storage).

Krivulja razina-zapremina je napravljena i sačuvana u administratoru uparenih podataka „Paired Data Manager“. To je prikazano u nastavku na slici 7.



Slika 7. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Jablanica

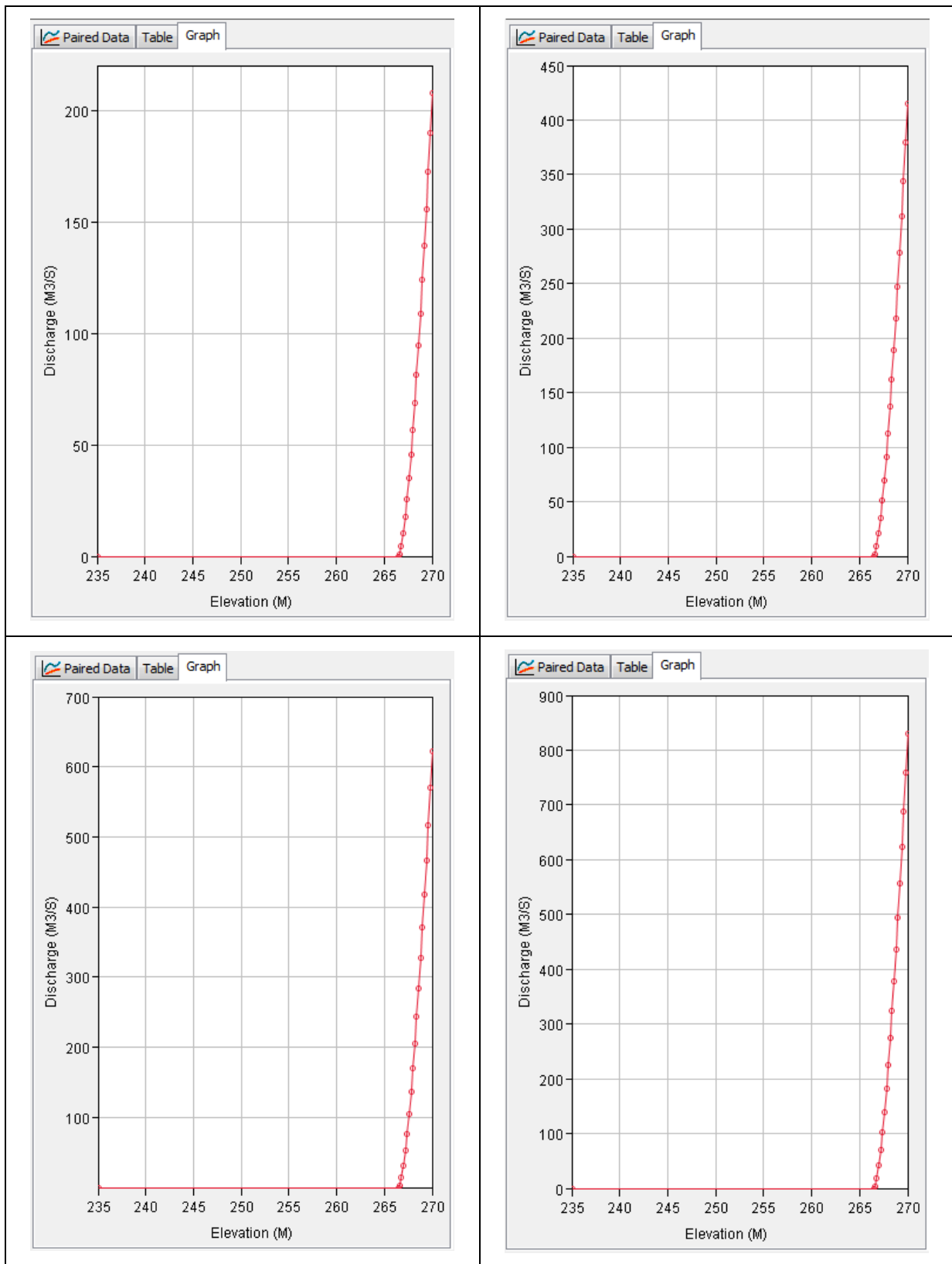
Kao početni uvjet se koristila opcija "Elevation"- „Razina“. Ova vrijednost mora biti izabrana i ručno unesena od strane modelara u svakoj simulaciji.

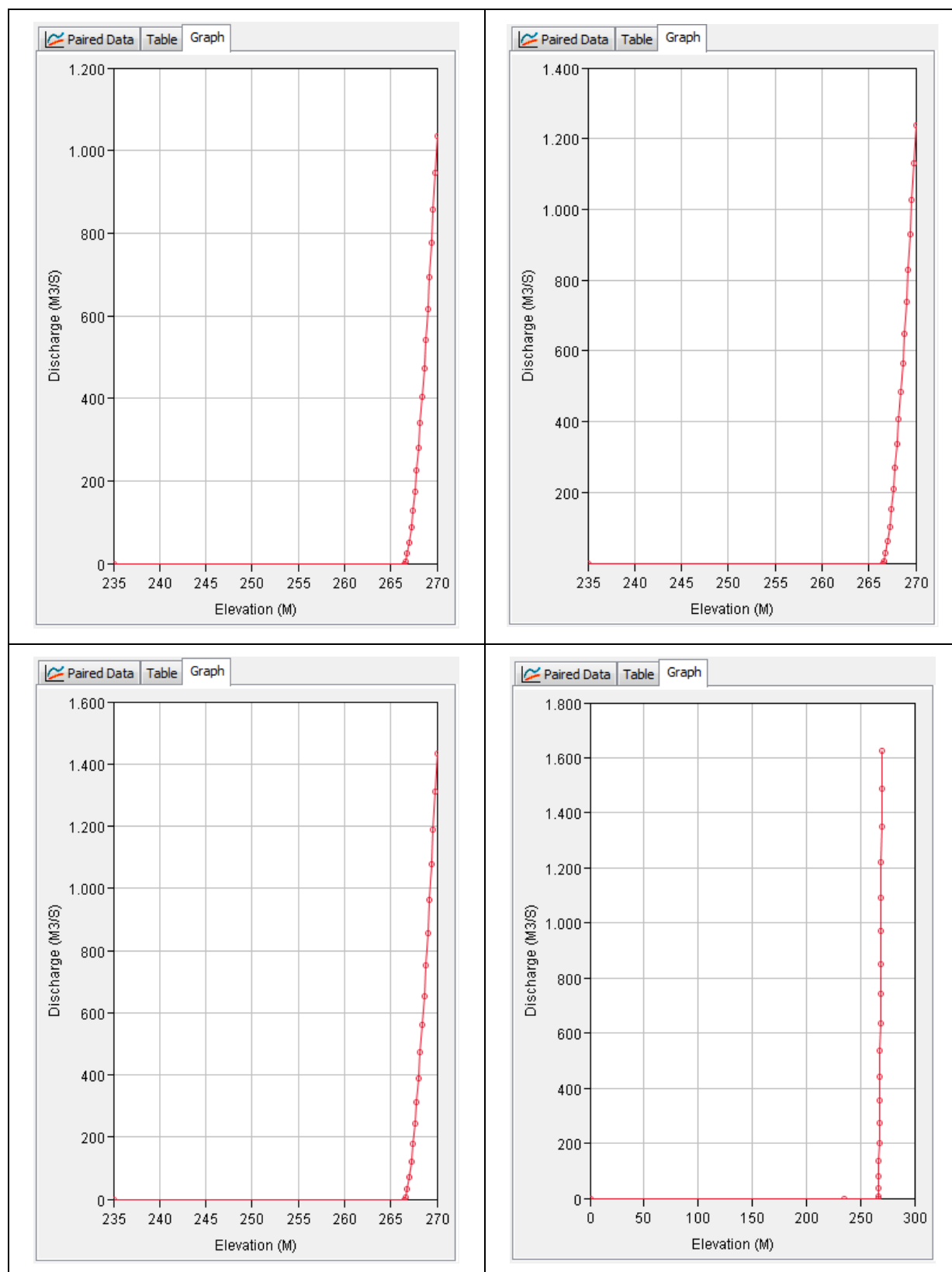
8.2.1. Preljevi

Koristila se metoda preljeva koja je navedena od strane korisnika.

Napravljeno je 8 različitih krivulja proticaja (rating curves elevation-discharge) da bi se simuliralo otvaranje ustave. Modelar mora odabrati u svakoj simulaciji krivulju proticaja koja prikazuje otvaranje ustave da bi bilo razmatrano u simulaciji.

Krivulje proticaja za svaku ustavu koja simulira kumulativni izlazni protok prikazana je u nastavku na slici 8.





Slika 8. Krivulje proticaja. Preljev akumulacije

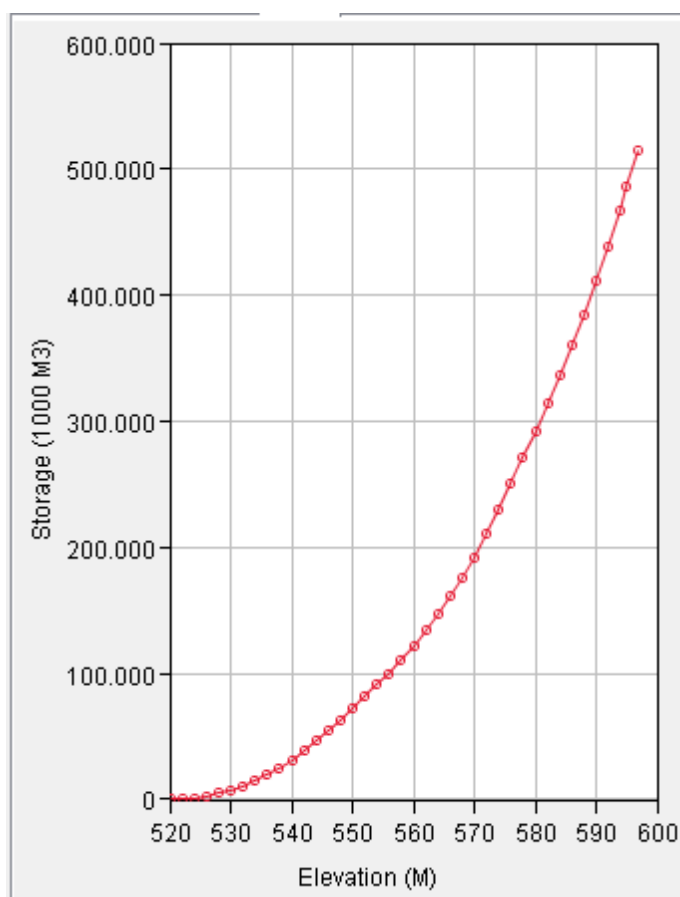
8.2.2. Dodatni izlazni protok

Dodatni protok od 180 m³/s je promatran u akumulaciji Jablanica da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine.

8.3. Akumulacija Rama

Metoda routing korištena kao strukture izlaznog protoka (Outflow Structures) i metoda zapremine, razina-zapremina "Elevation-Storage".

Krivulja razina-zapremina je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 9.



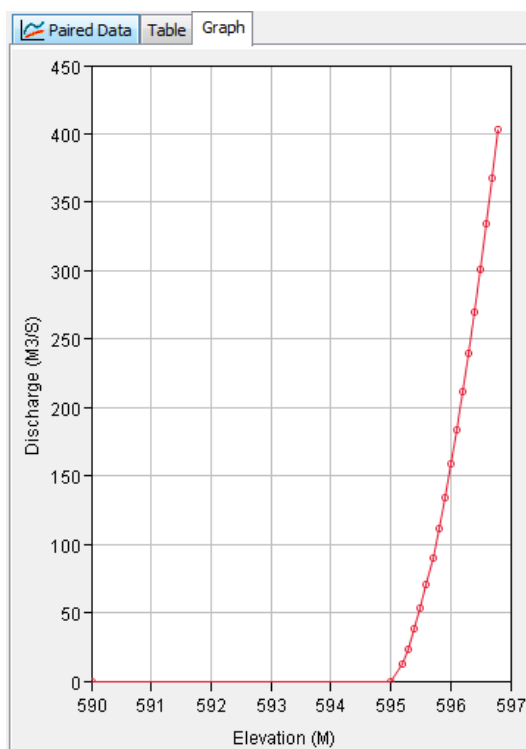
Slika 9. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Rama

Kao početni uvjet je korištena opcija "Elevation"- „Zapremina“. Ova vrijednost mora biti odabrana i ručno unesena od strane modelara u svaku simulaciju.

8.3.1. Preljevi

Koristila se metoda preljev navedena od strane korisnika.

Krivulja proticaja je napravljena da bi se simulirao izlazni protok. Krivulja razina/protok za preljev prikazana je na slici 10.



Slika 10. Krivulja razina-protok. Akumulacija Rama

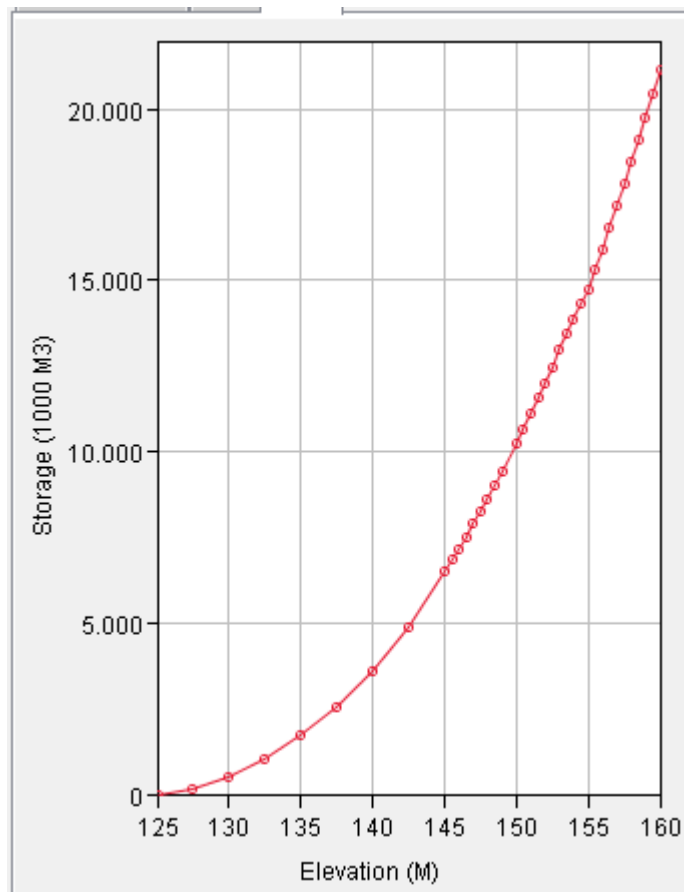
8.3.2. Dodatni izlazni protok

Dodatni protok od 64 m³/s je razmatran u akumulaciji Rama da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine.

8.4. Grabovica

Korištena metoda routing je strukture izlaznog protoka "Outflow Structures" i metoda zapremine "razina - zapremina "Elevation-Storage".

Krivulja razina protok je generirana i sačuvana u administrator uparenih podataka "Paired Data Manager". Prikazana je u nastavku na slici 11.

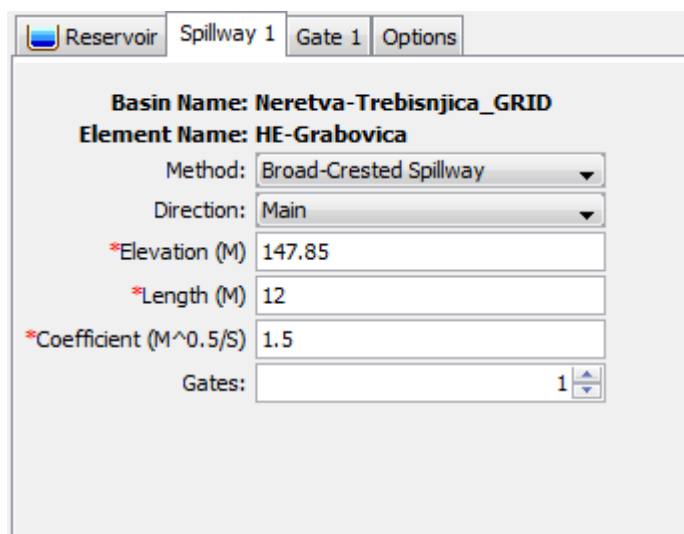


Slika 11. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Grabovica

Kao početni uvjet koristila se opcija "Dotok=Izlazni protok" ("Inflow=Outflow").

8.4.1. Preljevi

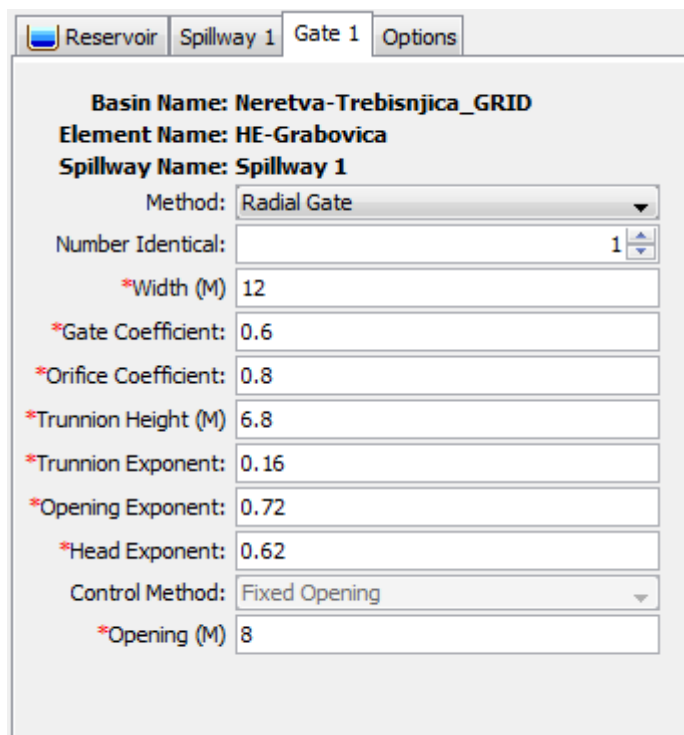
Metoda široka kruna preljeva (The Broad-Crested spillway method) je korištena sa sljedećim karakteristikama na oba preljeva:



Basin Name: Neretva-Trebišnjica_GRID
 Element Name: HE-Grabovica
 Method: Broad-Crested Spillway
 Direction: Main
 *Elevation (M) 147.85
 *Length (M) 12
 *Coefficient (M^{0.5}/S) 1.5
 Gates: 1

Slika 12. Karakteristike preljeva. Akumulacija Grabovica

Svaki preljev ima ustavu sa sljedećim karakteristikama:



Basin Name: Neretva-Trebišnjica_GRID
 Element Name: HE-Grabovica
 Spillway Name: Spillway 1
 Method: Radial Gate
 Number Identical: 1
 *Width (M) 12
 *Gate Coefficient: 0.6
 *Orifice Coefficient: 0.8
 *Trunnion Height (M) 6.8
 *Trunnion Exponent: 0.16
 *Opening Exponent: 0.72
 *Head Exponent: 0.62
 Control Method: Fixed Opening
 *Opening (M) 8

Slika 13. Karakteristike ustava. Akumulacija Grabovica

Vrijednost otvorenosti mora biti određena od strane modelara za svaku simulaciju.

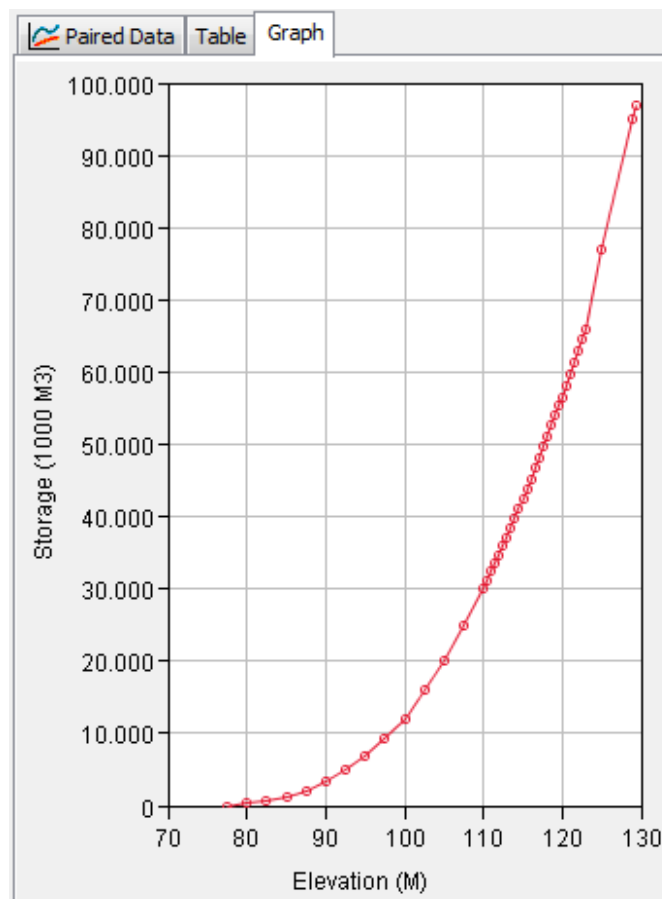
8.4.2. Dodatni protok

Dodatni protok od $380 \text{ m}^3/\text{s}$ može se razmatrati u akumulaciji Grabovica da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Grabovicu je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja. U simulacijama koje je izvodio Konsultant ova opcija je onemogućena.

8.5. Salakovac

Korištena metoda routing kao strukture izlaznog protoka "Outflow Structures" i metoda zapremine "razina zapremine "Elevation-Storage".

Krivulja razina protok je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 14.

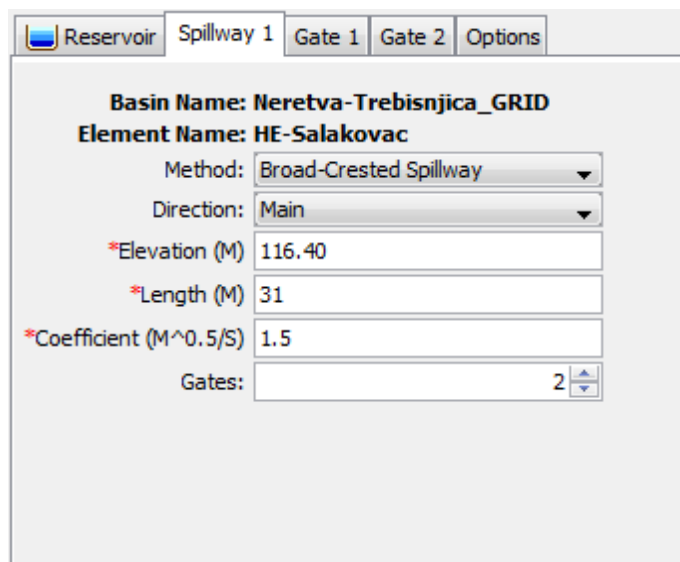


Slika 14. Krivulja razina- zapremine. Akumulacija Salakovac

Kao početni uvjet korištena je opcija dotok=otjecaj "Inflow=Outflow".

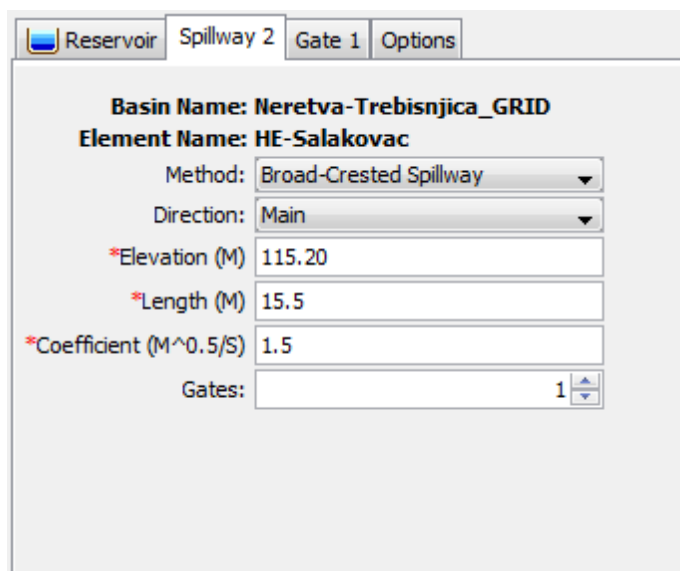
8.5.1. Preljevi

Korštena je metoda "Broad-Crested spillway" sa sljedećim karakteristikama na preljevima:



Basin Name:	Neretva-Trebišnjica_GRID
Element Name:	HE-Salakovac
Method:	Broad-Crested Spillway
Direction:	Main
*Elevation (M)	116.40
*Length (M)	31
*Coefficient (M ^{0.5} /S)	1.5
Gates:	2

Slika 15. Karakteristike preljeva 1. Akumulacija Salakovac



Basin Name:	Neretva-Trebišnjica_GRID
Element Name:	HE-Salakovac
Method:	Broad-Crested Spillway
Direction:	Main
*Elevation (M)	115.20
*Length (M)	15.5
*Coefficient (M ^{0.5} /S)	1.5
Gates:	1

Slika 16 Karakteristike preljeva 2. Akumulacija Salakovac

Preljev 1 ima dvije ustave sa istim karakteristikama. Prikazane su u nastavku:

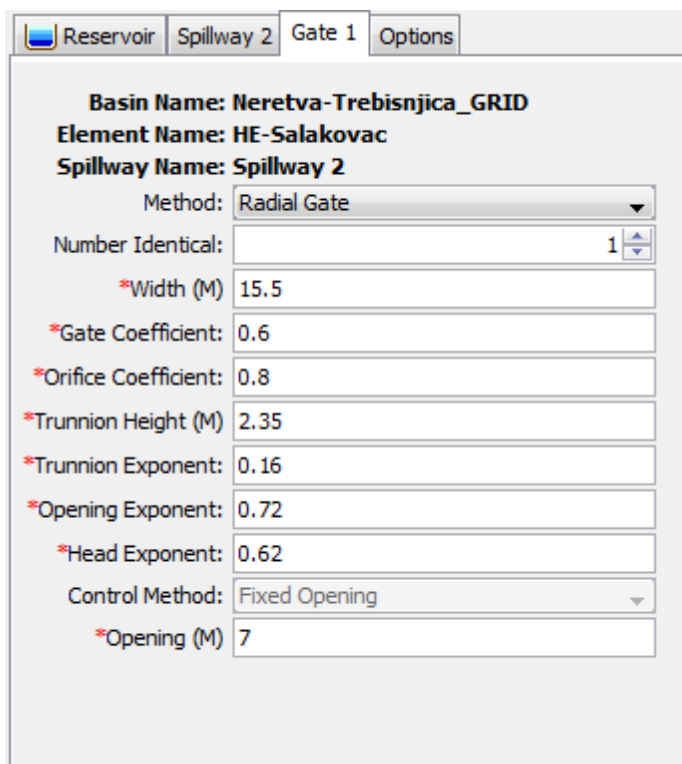
The screenshot shows a software window with tabs for 'Reservoir', 'Spillway 1', 'Gate 1', 'Gate 2', and 'Options'. The 'Gate 1' tab is active, displaying the following configuration for a spillway gate:

- Basin Name:** Neretva-Trebišnjica_GRID
- Element Name:** HE-Salakovac
- Spillway Name:** Spillway 1
- Method:** Radial Gate
- Number Identical:** 1
- *Width (M):** 15.5
- *Gate Coefficient:** 0.6
- *Orifice Coefficient:** 0.8
- *Trunnion Height (M):** 2.2
- *Trunnion Exponent:** 0.16
- *Opening Exponent:** 0.72
- *Head Exponent:** 0.62
- Control Method:** Fixed Opening
- *Opening (M):** 7

Slika 17. Karakteristike ustava preljeva 1. Akumulacija Salakovac

Vrijednost otvorenosti mora biti određena od strane modelara za svaku simulaciju.

Preljev 2 ima jednu ustavu sa sljedećim karakteristikama.



Slika 18. Karakteristike ustava preljeva 2. Akumulacija Salakovac

Vrijednost otvorenosti mora biti određena od strane modelara za svaku simulaciju.

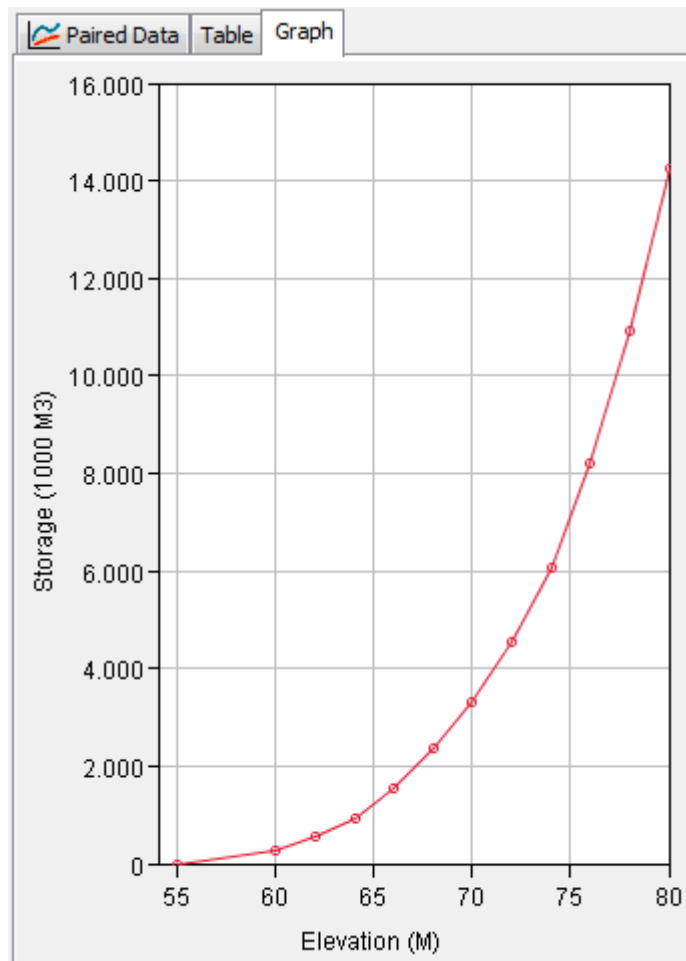
8.5.2. Dodatni protok

Dodatni protok od $540 \text{ m}^3/\text{s}$ može se razmatrati u akumulaciji Salakovac da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Salakovac je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja. U simulacijama koje je izvodio Konsultant ova opcija je onemogućena.

8.6. Mostar

Korištena metoda routing kao strukture izlaznog protoka "Outflow Structures" i metoda zapremine "razina zapremine "Elevation-Storage".

Krivulja razina protok je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 19.

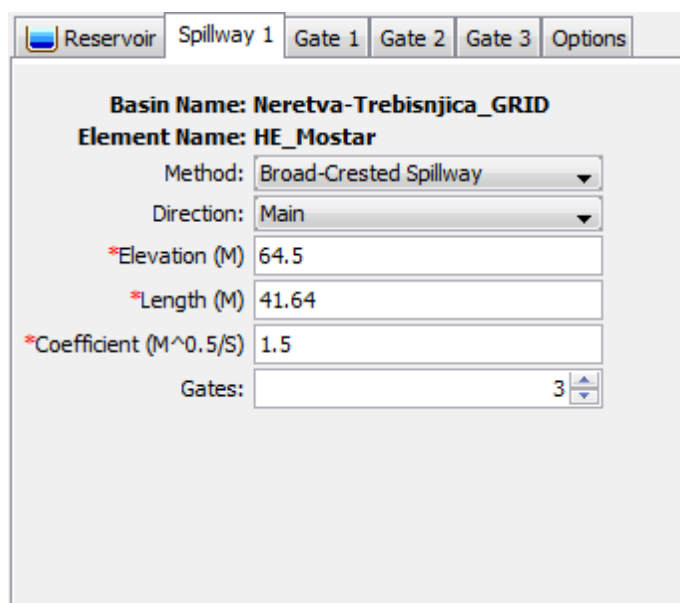


Slika 19. Krivulja razina- zapremina. Akumulacija Mostar

Kao početni uvjet koristila se opcija "dotok=otjecaj "Inflow=Outflow".

8.6.1. Preljevi

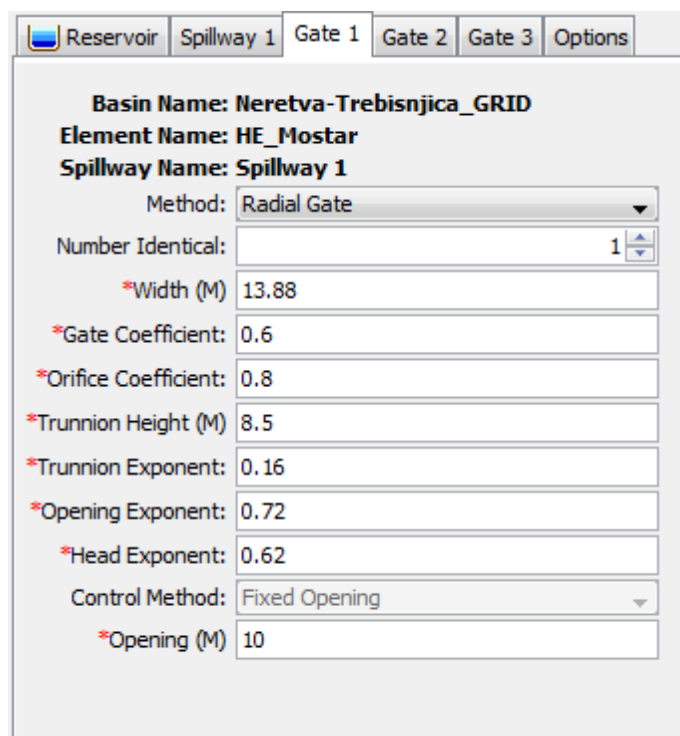
Korištena je metoda preljeva "Broad-Crested spillway". Karakteristike preljeva su prikazane u nastavku.



Parameter	Value
Basin Name	Neretva-Trebišnjica_GRID
Element Name	HE_Mostar
Method	Broad-Crested Spillway
Direction	Main
*Elevation (M)	64.5
*Length (M)	41.64
*Coefficient (M ^{0.5} /S)	1.5
Gates	3

Slika 20. Karakteristike preljeva. Akumulacija Mostar

Preljev 1 ima tri ustave sa istim karakteristikama. Prikazane su u nastavku:



Parameter	Value
Basin Name	Neretva-Trebišnjica_GRID
Element Name	HE_Mostar
Spillway Name	Spillway 1
Method	Radial Gate
Number Identical	1
*Width (M)	13.88
*Gate Coefficient	0.6
*Orifice Coefficient	0.8
*Trunnion Height (M)	8.5
*Trunnion Exponent	0.16
*Opening Exponent	0.72
*Head Exponent	0.62
Control Method	Fixed Opening
*Opening (M)	10

Slika 21. Karakteristike ustava preljeva. Akumulacija Mostar

Vrijednost otvaranja mora biti određena od strane modelara za svaku simulaciju.

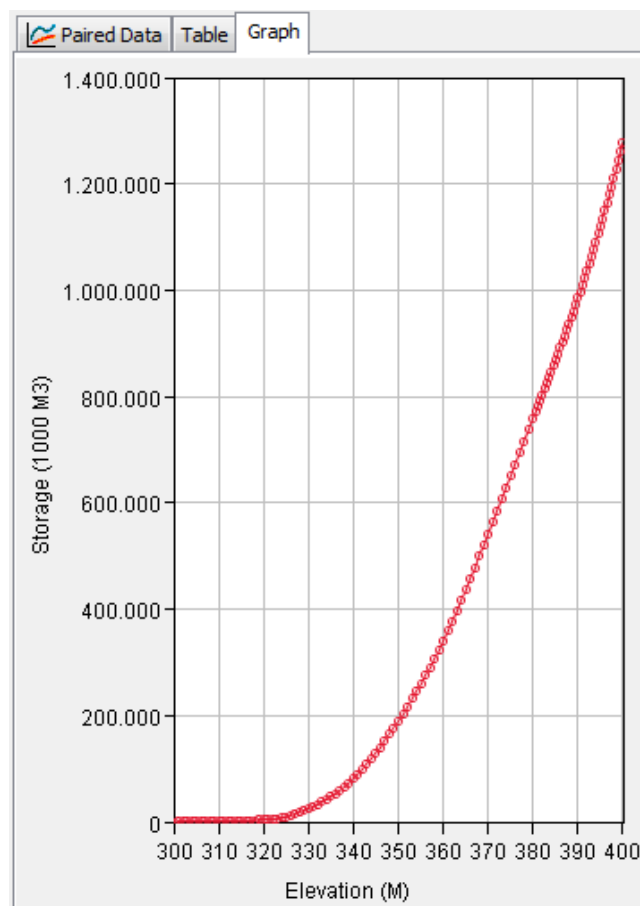
8.6.2. Dodatni protok

Dodatni protok od 360 m³/s može se razmatrati u akumulaciji Mostar da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Mostar je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja. U simulacijama koje je izvodio Konsultant ova opcija je onemogućena.

8.7. Bileća

Korištena metoda routing kao strukture izlaznog protoka "Outflow Structures" i metoda zapremine "razina zapremina "Elevation-Storage".

Krivulja razina protok je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 22.



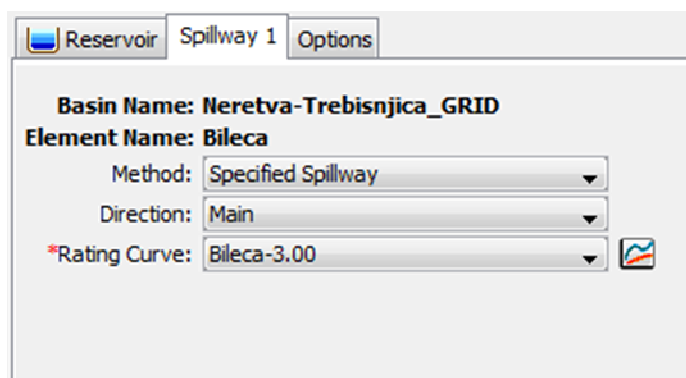
Slika 22. Krivulja razina protok. Akumulacija Bileća

Kao početni uvjet koristila se opcija razina "Elevation"- "Zapremina". Ova vrijednost mora biti odabrana i ručno unesena od strane modelara za svaku simulaciju.

8.7.1. Preljevi

Koristila se metoda preljeva koja je navedena od strane korisnika.

Napravljena je 31 različita krivulja proticaja (elevation-discharge) da bi se simuliralo otvaranje ustava. Modelar mora odabrati u svakoj simulaciji krivulju proticaja koja prikazuje otvaranje ustave kako bi se promatrala u simulaciji.



Slika 23. Konfiguracija preljeva akumulacije Bileća



Slika 24. Funkcije razina-protjecaj. Akumulacija Bileća

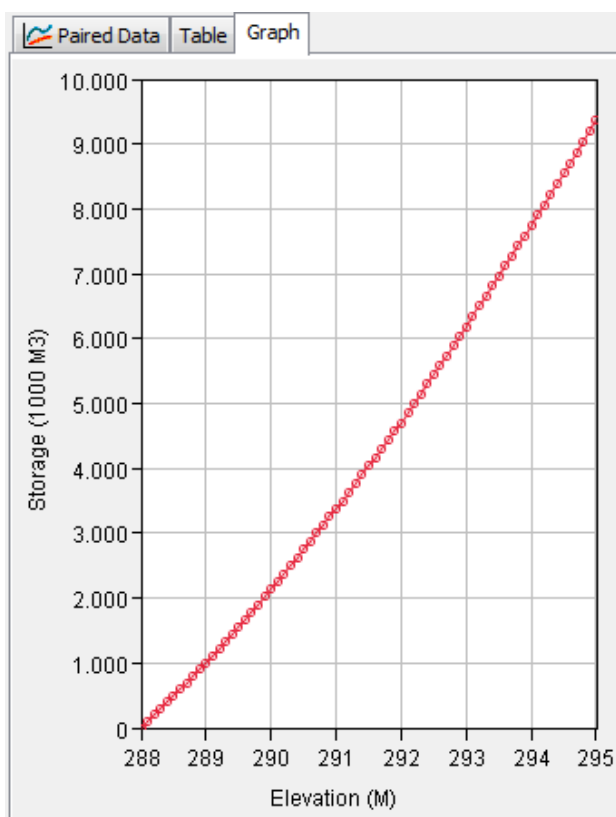
8.7.2. Dodatni protok

Dodatni protok od $252 \text{ m}^3/\text{s}$ može se razmatrati u akumulaciji Bileća da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Bileću je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja.

8.8. Gorica

Routing metoda koja je razvijena u modelu je strukture izlaznog protoka "Outflow Structures" i metoda zapremine "razina-zapremina" ("Storage method "Elevation-Storage").

Krivulja razina protok je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 25.

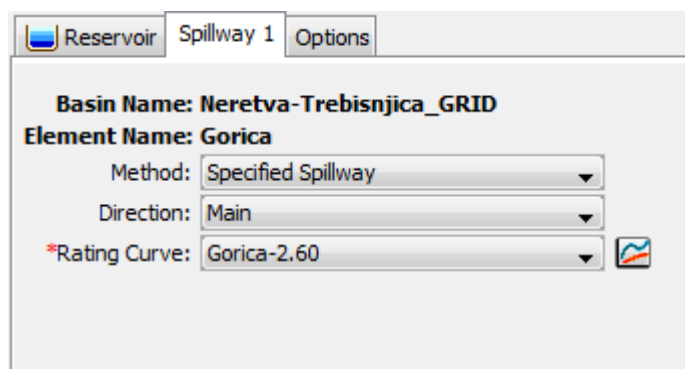


Slika 25. Krivulja razina-zapremina. Akumulacija Gorica

8.8.1. Preljevi

Koristila se metoda preljeva koja je navedena od strane korisnika.

Napravljeno je 28 različitih krivulja protjecanja (elevation-discharge) da bi se simuliralo otvaranje ustava. Modelar mora odabrati u svakoj simulaciji krivulju proticaja koja prikazuje otvaranje ustave da bi se promatrala u simulaciji.



Slika 26. Konfiguracija preljeva akumulacije Gorica



Slika 27. Funkcije razina-protok. Akumulacija Gorica

8.8.2. Dodatni protok

Dodatni protok od $45 \text{ m}^3/\text{s}$ može se razmatrati u akumulaciji Gorica da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Goricu je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja.

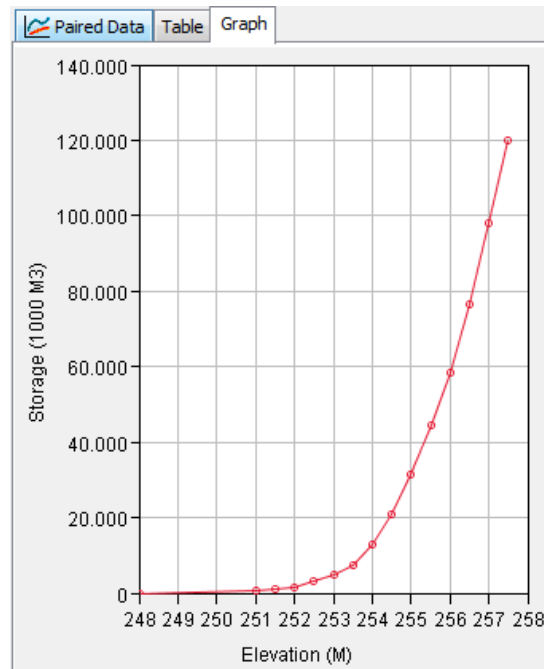
U završnim simulacijama koje je radio Konsultant korištena routing metoda je "None", zbog nedostatka informacija vezanih za otvaranja ustava akumulacije.

Osim toga neka polja i akviferi su simulirani kao rezervoari.

8.9. Imotsko Polje

Korištena metoda routing kao strukture izlaznog protoka „Outflow Structure“ i metoda zapremine "Razina- zapremina "Elevation-Storage".

Krivulja razina-zapremina je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka „Paired Data Manager”. To je prikazano u nastavku na slici 28.



Slika 28. Krivulja razina-zapremina. Imotsko polje

Kao početni uvjet koristila se opcija razina "Elevation". Ova vrijednost mora biti odabrana i ručno unesena od strane modelara u svakoj simulaciji.

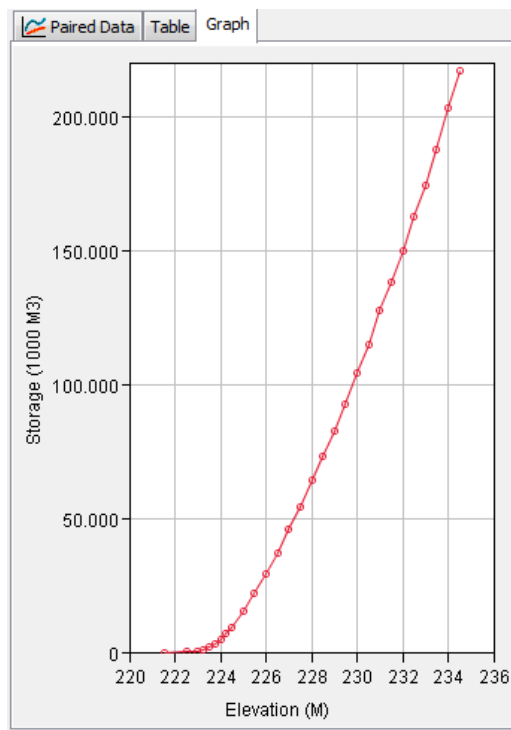
8.9.1. Dodatni protok

Dodatni protok od 40 m³/s može se razmatrati u Imotskom polju da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Imotsko polje je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja. U simulacijama koje je izvodio Konsultant ova opcija je onemogućena.

8.10. Mostarsko Blato

Korištena metoda routing kao strukture izlaznog protoka "Outflow Structures" i metoda zapremine "razina-zapremina "Elevation-Storage".

Krivulja razina- zapremina je generirana i sačuvana u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 29.



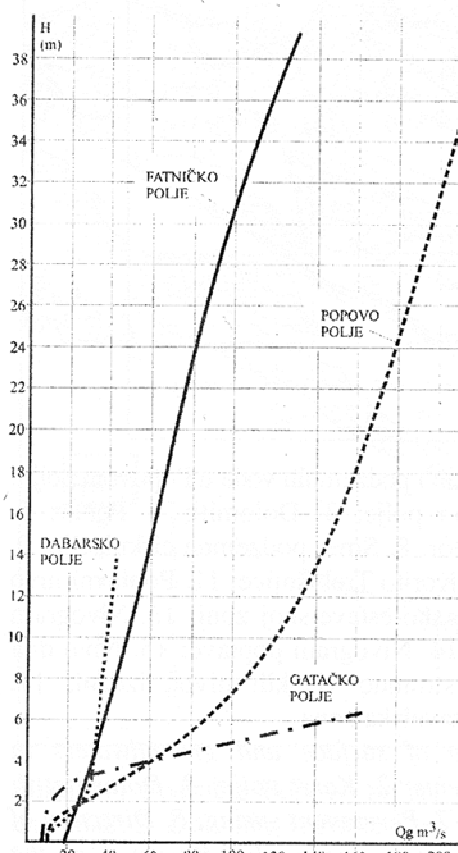
Slika 29. Krivulja razina-zapremina. Mostarsko Blato

Kao početni uvjet koristila se opcija razina "Elevation". Ova vrijednost mora biti odabrana i ručno unesena od strane modelara u svakoj simulaciji.

8.10.1. Dodatni protok

Dodatni protok od 40 m³/s može se razmatrati u Mostarskom blatu da bi se uzeo u obzir protok kroz turbine. Mjerač protoka (Discharge Gage) za Mostarsko blato je unesen u model sa ovom vrijednosti. Modelar ima opciju da je koristi ili ne i da je mijenja. U simulacijama koje je izvodio Konsultant ova opcija je onemogućena.

Za ostala polja Konsultant je uzeo procijenjeni odnos između kote razine vode i izlaznog protoka kao što je prikazano na slici 30.



The relationship of flood level (H) and cumulative swallow capacity (Q_g) for Popovo, Fatničko, Dabarsko and Gatačko Poljes.

Slika 30. Odnos razine poplave (H) i kapaciteta kumulativnog gutanja (Q_g) za Popovo, Fatničko, Dabarsko i Gatačko Polje

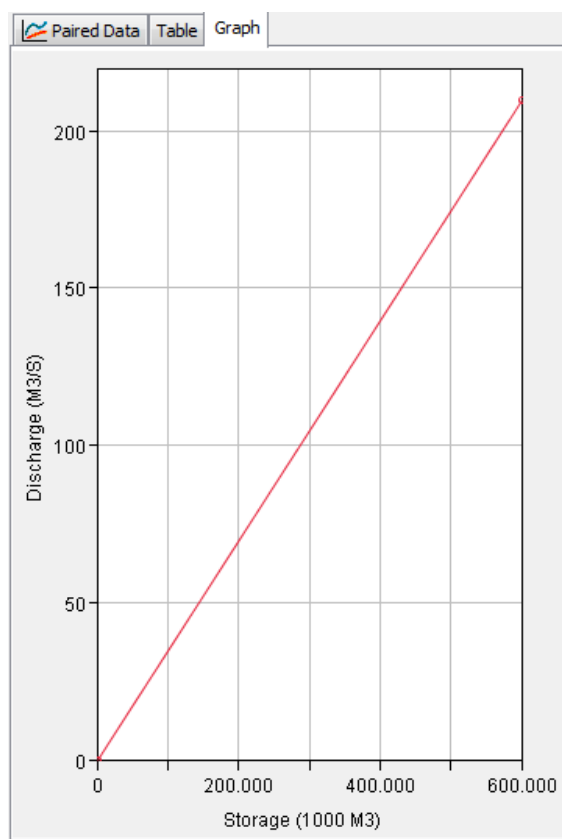
Nažalost, nije poznat odnos između zapremine polja i njegove kote, zbog čega će se morati koristiti jednostavan odnos između zapremine i izlaznog protoka.

8.11. Popovo polje

Koristila se Routing metoda krivulja izlaznog protoka i metoda zapremine, (zapremina – protok) "Storage-Discharge".

Maksimalna zapremina polja procjenjuje se na 600 hm³/s i maksimalni izlazni protok na 210 m³/s.

Napravljena je krivulja zapremina – protok i sačuvana je u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 31.



Slika 31. Krivulja zapremina-protok. Popovo polje

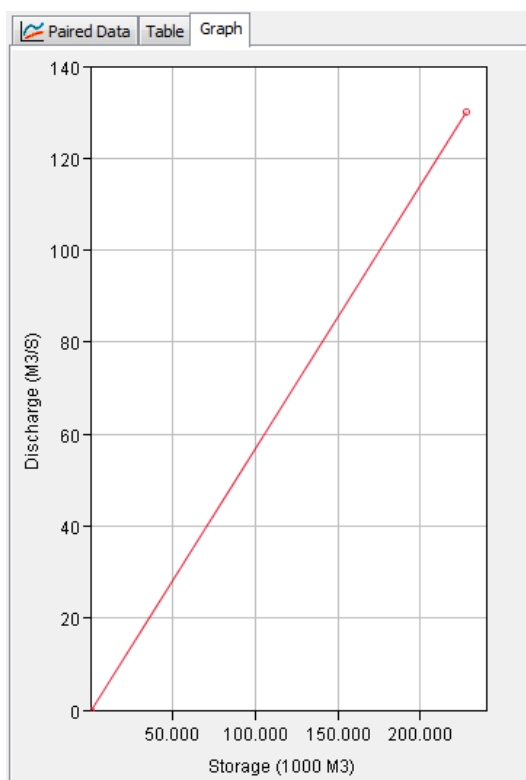
Kao početni uvjet koristila se opcija početna zapremina "Initial Storage". Ovu vrijednost mora odabrati i ručno upisati modelar u svakoj simulaciji.

8.12. Fatničko polje

Koristila se Routing metoda krivulja izlaznog protoka i metoda zapremine, (zapremina – protok) "Storage-Discharge".

Maksimalna zapremina polja se procjenjuje na 228 hm³ i maksimalni izlazni protok na 130 m³/s.

Napravljena je krivulja zapremina – protok i sačuvana je u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 32.



Slika 32. Krivulja zapremina-protok. Fatničko polje

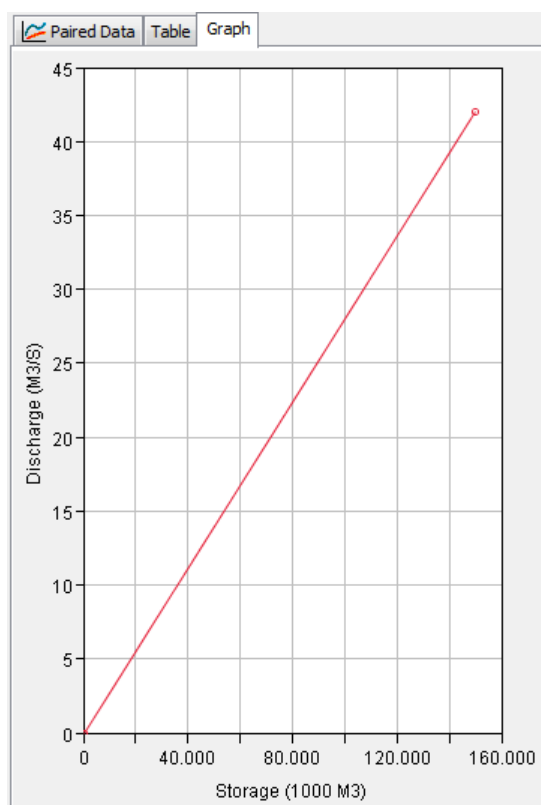
Konačne simulacije Konsultant je uradio koristeći routing metodu "none".

8.13. Dabarsko polje

Koristila se Routing metoda krivulja izlaznog protoka i metoda zapremine, (zapremina – protok) "Storage-Discharge".

Maksimalni volumen polja procjenjuje se na 150 hm³ i maksimalni izlazni protok na 42 m³/s.

Napravljena je krivulja zapremina – protok i sačuvana je u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 33.



Slika 33. Krivulja zapremina-protok. Dabarsko polje

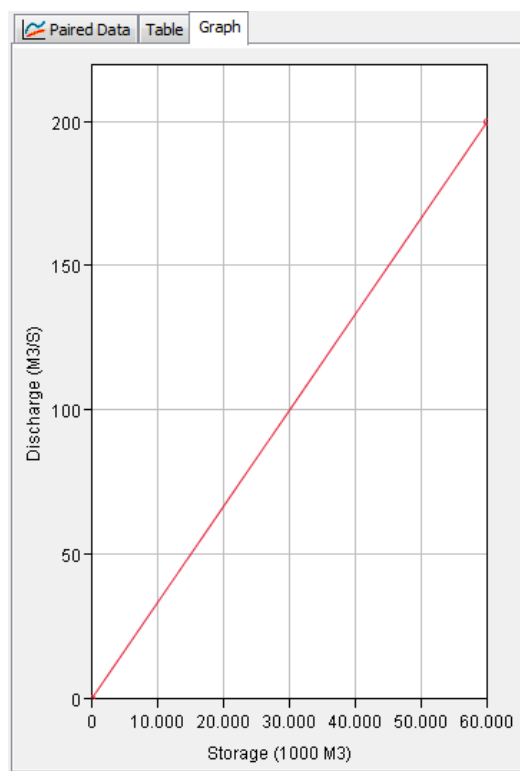
Konačne simulacije Konsultant je uradio koristeći routing metodu "none".

8.14. Nevesinjsko polje

Koristila se Routing metoda krivulja izlaznog protoka i metoda zapremine, (zapremina – protok) "Storage-Discharge".

Maksimalna zapremina polja procjenjuje se na 60 hm³ i maksimalni izlazni protok na 200 m³/s.

Napravljena je krivulja zapremina – protok i sačuvana je u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 34.



Slika 34. Krivulja zapremina-protok. Nevesinjsko polje

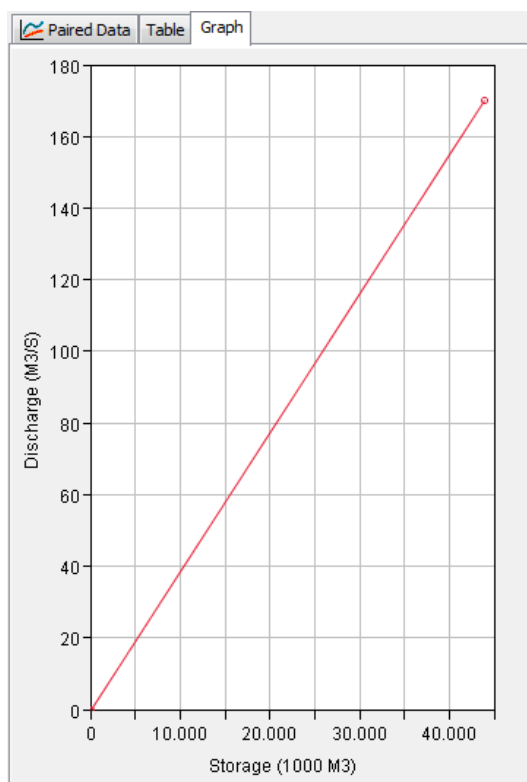
Kao početni uvjet je korištena opcija "Početna zapremina". Ovu vrijednost mora odabrati ručno i upisati modelar u svakoj simulaciji.

8.15. Svitava polje

Koristila se Routing metoda krivulja izlaznog protoka i metoda zapremine, (zapremina – protok) "Storage-Discharge".

Maksimalna zapremina polja procjenjuje se na 44 hm³ i maksimalni izlazni protok na 170 m³/s.

Napravljena je krivulja zapremina – protok i sačuvana je u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 35.



Slika 35. Krivulja zapremina-protok. Svitava polje

Kao početni uvjet je korištena opcija "Početna zapremina". Ovu vrijednost mora odabrati ručno i upisati modelar u svakoj simulaciji.

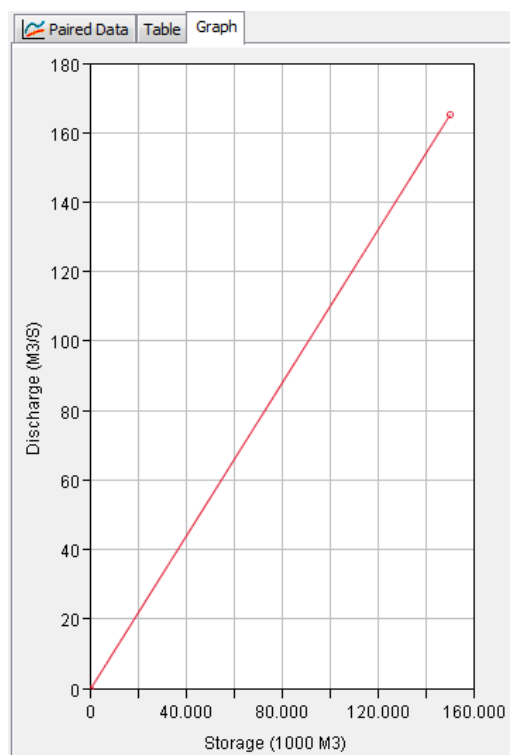
8.16. Gatačko polje

Koristila se Routing metoda krivulja izlaznog protoka i metoda zapremine, (zapremina – protok "Storage-Discharge").

Maksimalna zapremina polja procjenjuje se na 150 hm^3 i maksimalni izlazni protok na $165 \text{ m}^3/\text{s}$.

"Storage-Discharge".

Napravljena je krivulja zapremina – protok i sačuvana je u administratoru uparenih podataka "Paired Data Manager". To je prikazano u nastavku na slici 36.



Slika 36. Krivulja zapremina-protok. Gatačko polje

Konačne simulacije Konsultant je uradio koristeći routing metodu "none".

U ovom slučaju da bi se ograničio izlazni protok na $165 \text{ m}^3/\text{s}$, koristio se element odvojak "Diversion-Gatacko Polje".

9. ELEMENTI IZVOR, ČVOR, ODVOJAK I PONOR

Elementi izvor pružaju način za dodavanje izmjerenih dotoka u mrežu protoka, ili da predstavljaju uzvodne rubne uvjete. Element čvor se koristi u mreži protoka za kombiniranje višestrukih dotoka (ulaza), često ušća. Element odvojak se koristi za prikaz mjesta u mreži protoka gdje je voda povučena iz kanala, i može se ispuštati u kanal ili vodotok. I na kraju, elementi ponor se koriste za prikazivanje izlaza iz područja sliva.

9.1. Izvor Source

Izvor je element bez ulaznog dotoka, sa izlaznim otjecajem i jedan je od dva načina za stvaranje protjecanja u modelu sliva. Izvor se može koristiti za prikazivanje rubnih uvjeta za model sliva kao što je izlazni protok iz rezervoara ili područja gornjeg toka koja nisu modelirani.

Tri elementa ove vrste su uključena u model:

- **Source-NERE1402:** Element koji se koristio za simuliranje ulaznog protoka u akumulaciju Rama dolazi izvan sliva Neretve. Modelar će uključiti razmatranu vrijednost u svakom događaju simuliranja.
- **Source-NERE0110:** Element koji se koristio za simuliranje ulaznih protoka u akumulaciju Mostar dolazi izvan sliva Neretve. Modelar će uključiti razmatranu vrijednost u svakom događaju simuliranja.
- **Source-Susica:** Element koji se koristio za simuliranje ulaznih protoka u korito Trebišnjice dolazi iz sliva rijeke Sušice. Modelar će uključiti razmatranu vrijednost u svakom događaju simuliranja.

Metoda dotoka

Dok element izvor konceptualno predstavlja izvor dotoka u mreže protoka, stvarni izračuni se izvode po metodi dotoka koji se nalazi unutar elementa izvor. Tri metode su trenutno dostupne za računanje dotoka u HEC-HMS.

U modelu se koristila metoda konstantnog protoka (Constant flow Method). Kada se ova metoda odabrala za izvor, modelar mora unijeti protok. Isti protok se koristi za sve vremenske korake tijekom simulacije.

9.2. Čvor

Čvor je element sa jednim ili sa više dotoka i samo jednim izlaznim protokom. Svi dotoci se dodaju zajedno da bi stvarali otjecanje pod pretpostavkom nula zapremine na čvoru. Uobičajeno se koristi za prikazivanje ušća rijeka ili vodotoka. Element čvor nema nikakve posebne podatke ili svojstva.

U modelu se koristilo 57 elemenata tipa "Junction". Prikazani su u tablici 9.

Kod čvora
Čvor-Ljuta
Čvor-Glavaticevo
Čvor-Gornja Bijela
Čvor--Konjic Hagenuk
Čvor-Konjic
Čvor--Idbar
Čvor-Marina Pecina
Čvor-Grad Mostar
Čvor-Radoboljab
Čvor -Aerodrom
Čvor-BUNA0402
Čvor-BUNA0202
Čvor-Zalomka1
Čvor-Zalomka2
Čvor-Bunica1
Čvor-Bunica2
Čvor-Buna-Izvor
Čvor-Buna-Bunica
Čvor-BUNA0108
Čvor-čitava-Buna
Čvor-20
Čvor-19
Čvor-Jasenica
Čvor-NERETVA-JASENI
Čvor-NERETVA-BUNA
Čvor-NERE0115
Čvor-TREB0902
Čvor-TREB0903
Čvor-TREB0904
Čvor-Bregave1
Čvor-Bregave2
Čvor-BREGAVE3
Čvor-Bregave4
Čvor-TRBZ0202
Čvor-TRBZ0102
Čvor-TRBZ0105
Čvor-TRBZ0106
Čvor-TRBZ0107
Čvor-TIHALJINA-KOBLUK
Čvor-TRBZ0110
Čvor-TRBZ0112

Kod čvora
Čvor-TRBZ0113
Čvor-TRBZ0114
Čvor-Neretva-Trebizat
Čvor-Hutovo Blato1
Čvor-Neretva-Trebišnjica
Čvor-Metkovic
Čvor-TREB1501
Čvor-Gorica
Čvor-Popovo Polje1
Čvor-Popovo Polje2
Čvor-TREB2102
Čvor-Popovo Polje3
Čvor-Popovo Polje4
Čvor-Bileca2
Čvor-Bileca3
Čvor-Trebinje

Tablica 9. Kodovi elementa čvor

9.3. Odvojak

Odvojak je element sa dva izlaza (otjecanja), glavnim i odvojenim, i sa jednim ili dva ulaza (dotoka). Dotok dolazi iz drugih elemenata u model sliva. Ako postoje više od jednog dotoka, svi dotoci se dodaju zajedno prije računanja otjecanja. Dostupno je šest metoda u HEC-HMS za računanje odvojenog protoka koji će se uzeti izvan kanala. Sav protok koji nije odvojen pretvara se u glavni otjecaj. Odvojeni protok može se povezati sa elementom koji je računarski nizvodno. Element odvojak uključuje opcionalna svojstva da bi se ograničila količina odvojenog protoka.

Odvojak se uglavnom koristio u ovom modelu za prikazivanje podzemnog toka vode, povezivanjem odvojenog protoka sa drugom točkom u mrežu elemenata. U ovom slučaju odvojeni protok se može pretvoriti u dotok na čvoru ili drugom elementu. Ovo je korisno za prikazivanje vode koja se odvaja sa točke položaja u području sliva, kreće se kroz potpovršinu, ponovo spaja sa tokom od kojeg je odvojena ili ispravno postavljena (konfigurirana), ali se može koristiti za prikazivanje podzemnih tokova između slivova. Ako odvojak toka nije povezan, povlači se iz sustava element odvojak. U svakom slučaju, vremenski nizovi odvojenog protoka su prikazani u grafikonu i tablicama vremenskih nizova za element odvojak. Količina odvojenog protoka je također prikazana u sažetim tablicama elementa odvojak.

U nastavku je priložen pregled svih elemenata ovog tipa u hidrološkom modelu.

Kod Odvojka
Div-NERE0102
Div1-NERE0601
Div2-NERE0601
Div-BUNA0401

Kod Odvojka
Div-BUNA0402
Div-BUNA0101
Div-BUNA0102
Div-BUNA0201
Div-BUNA0202
Div-BUNA0103
Div-BUNA0302
Div-BUNA0301
Div-BUNA0104
Div-BUNA0105
Div-BUNA0501
Div-Nevesinjko-Polje
Div-BUNA0701
Div-JASE0102
Div-JASE0101
Div-JASE0104
Div-JASE0103
Div-JASE0105
Div-TREB0903
Div-TREB0902
Div-TREB0901
Div-TREB0904
Div-TREB0103
Div-Fatniko Polje
Div-BREG0302
Div-BREG0102
Div-BREG0301
Div-Tunel Dabar_Fatniko
Div-BREG0501
Div-BREG0602
Div-BREG0601
Div-BREG0701
Div-BREG0401
Div-BREG0106
Div-TRBZ0103
Div-TRBZ0101
Div-TRBZ0203
Div-TRBZ0201
Div-TRBZ0301
Div-TRBZ0106
Div-TRBZ0107
Div-TRBZ0501
Div-TRBZ0110
Div-TRBZ0111
Div-TRBZ0112
Div-TRBZ0113
Div-TRBZ0701
Div-TRBZ0114
Div-TREB1001
Div-TREB0301
Div-TREB0102
Div-TREB0701
Div-TREB0501
Div-TREB1101
Diversioin-1
Div-TREB0401
Div-TREB0201
Div-TREB1501

Kod Odvojka
Div-TREB1301
Div-TREB1701
Div-TREB1901
Div-TREB0109
Div-TREB0601
Div-TREB2102
Div-TREB2101
Div-TREB0110
Div-TREB2301
Diversion-Popovo Polje
Div-NERE0000
Diversion-Gatacko Polje

Tablica 10. Kodovi elementa "Diversion" (odvojak)

9.3.1. Ograničavanje protoka ili zapremine

Dostupne su dvije opcije za ograničavanje količine vode koja je uklonjena iz kanala kao odvojeni protok. Ako se ne koristi nijedna opcija odvojeni protok neće biti ograničen. Ako se koristi jedna ili obje opcije odvojeni protok se računa prvi bez ikakvih ograničenja te potom smanjuje ako je potrebno da bi se ispunili opcionalni zahtjevi.

Prva opcija za ograničavanje odvojenog protoka je specifikacija maksimalne zapremine. Odvojeni protok se računa normalno i kumulativna zapremina odvojenog protoka se prati. Jedanput kada kumulativna zapremina dosegne specificiranu maksimalnu zapreminu, svi budući odvojeni protoci se postavljaju na nulu.

Druga opcija za ograničavanje odvojenog protoka je specifikacija maksimalnog dozvoljenog protoka. Odvojeni protok se početno izračunava bez ograničenja. Za svaki vremenski interval, izračunati odvojeni protok se uspoređuje sa maksimalnim specificiranim protokom. Ako je izračunati protok iznad maksimalnog protoka odvojeni protok se smanjuje na maksimalni specificirani protok.

9.3.2. Odabir metode odvajanja

Dok element odvojak konceptualno predstavlja odvojak iz vodotoka ili rijeke, stvarni izračuni se izvode metodom odvajanja sadržaja u elementu odvojak. Trenutno je dostupno 6 metoda u HEC-HMS za računanje odvojenog protoka.

U svim slučajevima koristila se metoda funkcija odvojenog dotoka "Inflow Function Divert".

Funkcija odvojenog dotoka

Ova metoda koristi funkcionalan odnos između dotoka i odvojenog protoka da bi se odredila količina protoka za odvajanje iz kanala. Raspon specificiranog dotoka u funkciji trebao bi pokriti cijeli raspon

ukupnog dotoka od uzvodnih elemenata. Obično prvi dotok u funkciji trebao bi biti nula. Posljednji dotok bi trebao biti veći od maksimalnog dotoka predviđenog za element.

Odvojeni protok je ovisna varijabla i mora biti navedena za svaku odgovarajuću vrijednost dotoka.

Navedeno je 7 različitih funkcija u administrator uparenih podataka (the paired data manager).

- **Div1-0000:** Prikazuje protok koji je izveden izvan sustava podsliva NERE-0000. Smatrao se kao izlaz iz sustava od 10% od generiranog protoka;
- **Div1-0601:** Prikazuje protok koji je izveden izvan sustava podsliva NERE-0601. Smatrao se kao izlaz iz sustava od 10% od generiranog protoka;
- **Div2-0601:** Prikazuje protok koji je izveden izvan sustava podsliva NERE-0601 u element Junction-Konjic Hagenuk;
- **Div35:** Teoretska funkcija koja se koristila za simuliranje skretanja od 35% generiranog protoka u određenog elementu;
- **Div50:** Teoretska funkcija koja se koristila za simuliranje skretanja od 50% generiranog protoka u određenog elementu;
- **Div65:** Teoretska funkcija koja se koristila za simuliranje skretanja od 65% generiranog protoka u određenog elementu;
- **Div75:** Teoretska funkcija koja se koristila za simuliranje skretanja od 75% generiranog protoka u određenog elementu;
- **Div100:** Teoretska funkcija koja se koristila za simuliranje skretanja od 100% generiranog protoka u određenog elementu;

9.4. Ponor

Ponor je element sa jednim ili više dotoka, ali nema izlaza (otjecaja). Višestruki dotoci se dodaju zajedno da bi odredili ukupnu količinu vode koja ulazi u element. Ponori se mogu koristiti za prikazivanje najniže točke unutarnje odvodnje područja ili izlaz (ispuste) iz modela sliva. Element ponor nema nijedan poseban podatak ili svojstva.

U model je uvršteno 7 elemenata ove vrste s ciljem simuliranja izlaza protoka u sustavu. To su sljedeći:

- **Ponor-Popovo Polje:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka sustava Popovog polja;
- **Ponor Dubrovnik:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka iz sustava za Dubrovnik;
- **Ponor-NERE0000:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka iz sustava generiranih u podslivu NERE0000;
- **Ponor-NERE0601:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka iz sustava generiranih u podslivu NERE0601;
- **Ponor-Trebišnjica:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka iz sustava generiranih u podslivu Trebišnjica;
- **Ponor-TREB0301:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka iz sustava generiranih u podslivu TREB0301;
- **Ponor-Trebizat:** Korišten za simuliranje izlaznih protoka iz sustava generiranih u podslivu Trebizat.

10. OPIS METEOROLOGIJE

Meteorološki model je odgovoran za pripremu graničnih uvjeta koji djeluju na slivnom području tijekom simulacije. Prema tome, meteorološki model može se pripremiti za upotrebu s jednim ili više modela sliva. Ako model sadrži elemente podsliva, onda meteorološki model mora odrediti kako će se padaline generirati za svaki sliv.

10.1. Meteorološki modeli

Meteorološki modeli su jedna od glavnih komponenti u projektu. Glavni cilj je pripremiti meteorološke rubne uvjete za podslivove. Meteorološki model se može koristiti sa mnogo različitih modela sliva. Međutim, rezultati izračunati meteorološkim modelom će se uskladiti sa podslivovima u modelima sliva koji koriste naziv podsliva. Ako podslivovi u različitim modelima sliva imaju isti naziv, oba će dobiti iste rubne uvjete iz meteorološkog modela.

Nekoliko meteoroloških modela je napravljeno tijekom izrade modela. Na kraju, oni koji se koriste za kalibriranje ostavljeni su u konačnom modelu.

10.1.1. Metoda padalina

U modelu, padalina uključuje kišu nad cijelom površinom zemlje. Metoda oborine određuje količinu vode koja pada na površinu zemlje u tečnom obliku. Nedostatak podataka je onemogućio uključivanje simuliranja snijega.

Postoji osam različitih metoda oborina u HEC-HMS uključujući i opciju bez padalina. Neke metode padalina zahtijevaju podatke parametara za svaku podsliv. Druge metode koriste iste podatke za sve podslivove.

S obzirom na izraženu potrebu od strane klijenta da se koriste realni podaci oborina izmjereni na meteorološkim postajama zajedno sa predviđanjima sustava ALADIN koristila se metoda "Gridded Precipitacion".

Grid mreža oborina

Metoda grid mreže oborina je osmišljena za rad sa „ModClark metodom” za transformaciju grid-a. Međutim, može se koristiti sa drugim metodama transformacije prosječnog-područja kao Clark jedinični hidrogram.

Koristeći dodatni softver i obavljajući izračune izvan modela HEC-HMS, Konsultant je razvio „grid“ zastupljenost meteoroloških mjernih podataka i izlaz iz atmosferskog modela ALADIN. Prosječno ponderirano područje grid stanica u podslivu se koristi za izračun hijetograma oborine za svaki podsliv.

Komponenta “Editor” za sve podslivove u meteorološkom modelu uključuje podatke parametara za opis mreže grid oborina. Podaci mreže grid oborina moraju biti pohranjeni kao mreža podataka prije nego što se mogu koristiti u meteorološkom modelu. Bez obzira na to, grid podaci moraju biti pohranjeni kao grid mreža oborina.

10.1.2. Vremenski niz mreža oborina

Metoda razdvaja različite vrste grid podataka s različitim tipovima podataka. Grid podaci samo se unose jedanput. Podaci su dio projekta, a mogu se dijeliti za više slivova ili meteoroloških modela. Metode grid oborina rade na osnovi grid mreža ćelija. To znači da parametri moraju biti upisani za svaku ćeliju mreže. To također znači da količina padalina mora biti na raspolaganju za svaku grid ćeliju.

Povratiti grid podatke iz DSS datoteke zahtijeva učitavanje podataka u datoteku. Datoteka može biti pohranjena na lokalnom računalu ili na mrežnom serveru.

Četiri različita vremenska niza mreže „Gridsets“ padalina su generirana od strane Konsultanta, da bi se izveo postupak kalibracije.

- GRID_DEC_2008;
- GRID_JAN_2009;
- GRID_FEB_2010;
- GRID_DEC_2010.

11. HIDROLOŠKE SIMULACIJE

Izvođenje simulacije je glavna metoda računarskih rezultata. Svako pokretanje je sastavljeno od jednog hidrološkog modela, jednog modela sliva, i jedne kontrolne specifikacije. Rezultati se mogu vizualizirati kao grafikoni, sažete tablice, i tablice vremenskih nizova bilo kroz mapu sliva ili iz pretraživača područja sliva (Watershed Explorer). Osim toga da bi se odabrala meteorologija, sliv, ili kontrolne komponente napredne funkcije za kontroliranje pokretanja „Run“ su također uvrštene u HEC-HMS modele.

Konsultant je generirao različite simulacije koje će poslužiti kao temelj za buduće simulacije klijenta. Ove simulacije su različite kombinacije između „Modela sliva“, „Kontrolnih specifikacija“ i „Meteorološkog modela“.

Generirane simulacije su sljedeće:

- Run GRID_Total_DEC_2008
- Run GRID_Total_DEC_2010
- Run GRID_Total_FEB_2010
- Run GRID_Total_JAN_2009

12. OPTIMIZIRANJE MODELA I KALIBRIRANJE

Kalibriranje je prilagodba parametara modela, kao što su broj krivulje, parametri transformacije i omjer baznog otjecanja, tako da se reproduciraju razmotreni rezultati na prihvatljivu točnost.

Dok se koristi metoda "Clark jediničnog hidrograma" za proces transformacije, koeficijenti zapremine su jedna od glavnih varijabli koje su se koristile u kalibriranju hidrološkog modela Neretva-Trebišnjica. Za prilagodbu se koristio parametar LAG koji odgovara simulaciji podzemne vode i omjeri baznog otjecanja.

Proces kalibriranja se sastoji u prilagodbi ovih koeficijenata, na način da model HEC-HMS osigura na hidrološkim postajama sa dostupnim podacima vrijednosti protoka što je moguće sličnije dobivenim na krivuljama proticaja (na engleskom rating discharge curves).

Konsultant je naišao na mnoga ograničenja u pogledu pronalaženja adekvatne hidrološke postaje i dostupnosti podataka za kalibraciju, koji su razvili proces na hidrološkoj postaji Konjic-Hagenuk i u akumulaciji Bileća i na hidrološkim postajama HP Humac i HP Buna.

Treba uzeti u obzir da je za razvoj procesa potrebno imati na raspolaganju najmanje sljedeće podatke za događaje poplave:

- Podaci o razini vode na hidrološkoj postaji u prirodnom režimu; odnosno bez hidroloških promjena akumulacije;
- Krivulja kota/protok koja omogućuje dobivanje podataka protoka hidrološke postaje za konkretan događaj poplave;
- Podaci o oborinama za događaj poplave koji se želi kalibrirati, padalina na reprezentativnim meteorološkim postajama koja je uzrokovala poplavu.
- U slučaju akumulacije, treba imati dostupne podatke o ulaznim dotocima akumulacije, koji se trebaju računati sa podacima o razinama akumulacije i izlazima iz akumulacije.

12.1. Simulirani događaji

U procesu kalibriranja analizirali su se sljedeći događaji poplava registrirani na hidrološkoj postaji Konjic-Hagenuk

- Prosinac 2008 god
- Siječanj 2009 god
- Veljača 2010 god
- Prosinac 2010 god

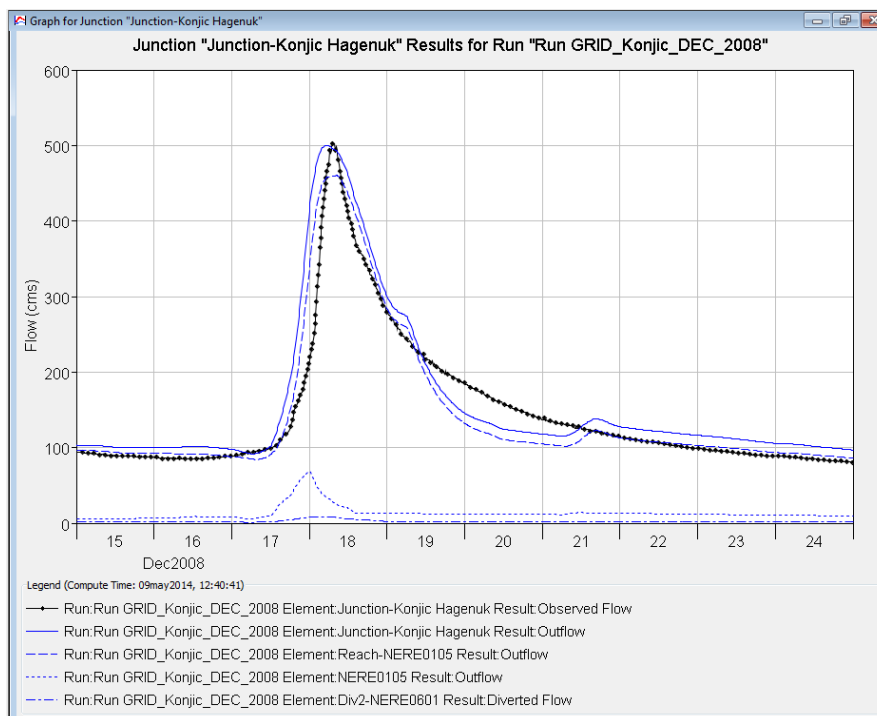
Proces koji je slijedio sastojao se u uvođenju u model podataka na Konjic-Hagenuk, HP Humac, HP Buna i ulaznih dotoka u akumulaciju Bileća za ove poplave, koji su izračunati od podataka razine vode hidroloških postaja Konjic-Hagenuk, HP Humac, HP Buna i od podataka razina i izlaznih protoka u akumulaciji Bileća i usporedili su se sa rezultatima modela do postizanja najbolje moguće prilagodbe za četiri događaja poplave, mijenjanjem parametara modela unutar razumljivih vrijednosti. Parametri modela su isti za sve simulirane događaje, izuzev početne zapremine Nevesinjskog polja.

U nastavku su prikazani grafikoni za usporedbu između protoka koje je pružio model (puna crta plave boje) i izračunatih protoka na hidrološkim postajama i akumulaciji Bileća od stvarnih podataka razina vode i izlaznih protoka iz akumulacije (crta s točkama crne boje).

Treba uzeti u obzir da su ulazi u akumulaciju Bileća uvjetovani između ostalog razinom punjenja Gatačkog, Fatničkog i Dabarskog polja kao i razinom punjenja vodonosnika koji hrani izravno akumulaciju. Nepoznavanje razina ovih elemenata koji u konačnici funkcioniraju slično akumulaciji uvjetovali su mogućnosti prilagodbe u kalibriranju akumulacije.

Osim toga, hidrološka postaja HP-Humac je uvjetovana, između ostalog, zapreminom punjenja Imotskog polja a hidrološka postaja HP-Buna zapreminom punjenja Nevesinjskog polja, hidrološkim promjenama koje otežavaju kalibriranje.

- **Prosinac 2008 godine**

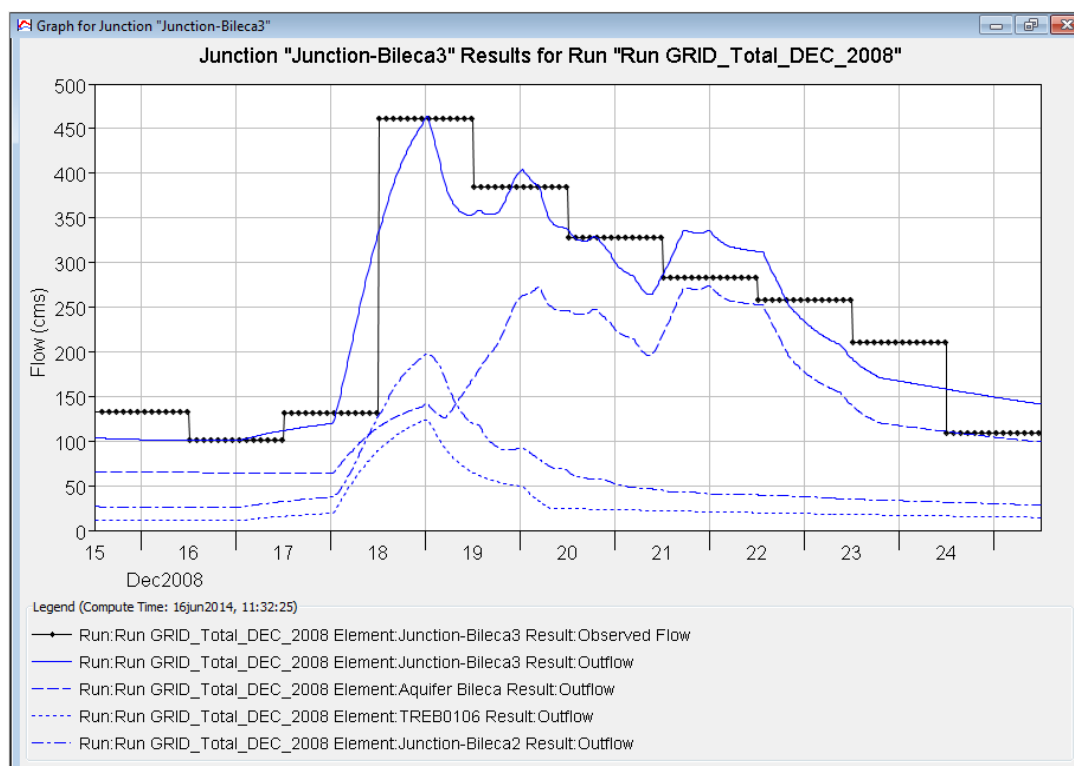


Slika 37. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. Konjic-Hagenuk

Karakteristične vrijednosti ove poplave su:

- Maksimalni protok simulirani: 499,9 m³/s
- Maksimalni protok izmjereni: 502,2 m³/s
- Volumen hidrograma simulirani: 137,4 hm³
- Volumen hidrograma izmjereni: 125,8 hm³

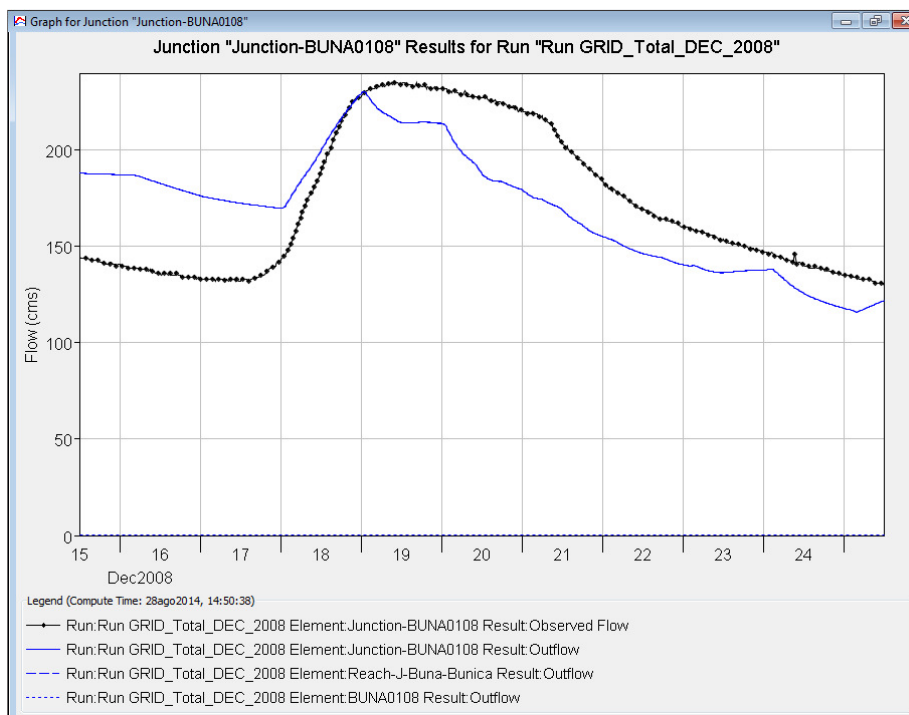
Smatra se da je prilagodba između izračunatih vrijednosti modelom i izmjerenih na hidrološkoj postaji Konjic veoma dobra.



Slika 38. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća

U slučaju ulaza u akumulaciju Bileća, zapremina ulaznih dotoka izračunata od razina i izlaza je 207 m³/s, i model osigurava vrijednost od 201 hm³ naspram izmjerenih 460,6 m³/s.

Prilagodba se smatra vrlo dobrom, uzimajući u obzir zapreminu hidrograma i njegov oblik, koji uzima kako početno povećanje dana 18-og prosinca kao i opadanje do 24-og.



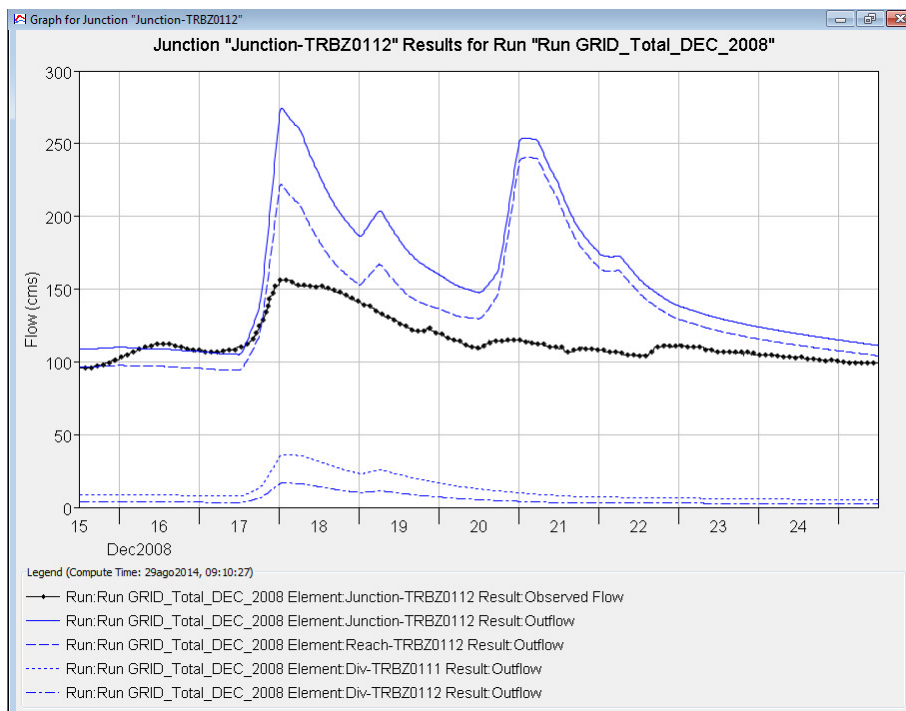
Slika 39. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. HP-Buna

Kalibriranje na hidrološkoj postaji HP-Buna je uvjetovana razinom punjenja Nevesinjskog polja. Modelar će morati odabrati u svakoj simulaciji najprikladniju. U ovom slučaju razmatrano je 40 hm³.

Karakteristične vrijednosti u ovoj poplavi su:

- Maksimalni simulirani protok: 230,4 m³/s
- Maksimalni izmjereni protok: 235,0 m³/s
- Zapremina simuliranog hidrograma: 146,7 hm³
- Zapremina izmjerenog hidrograma: 149,2 hm³

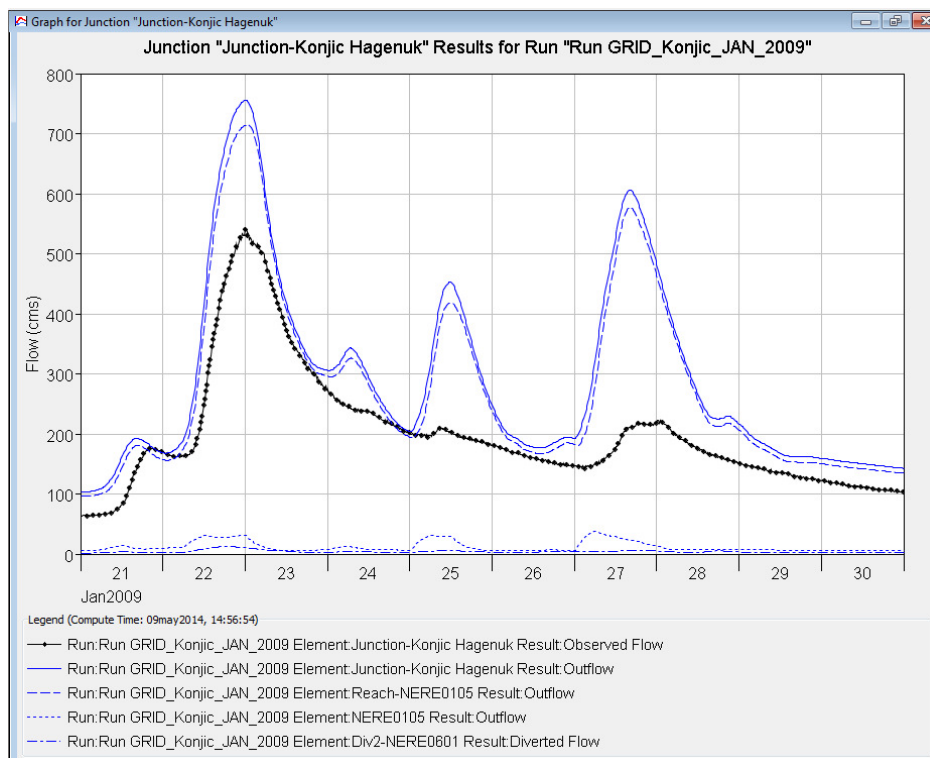
Smatra se da je prilagodba između izračunatih vrijednosti modelom i izmjerenih na hidrološkoj postaji Buna prihvatljiva.



Slika 40. Događaj protoka prosinac 2008. Rezultati kalibriranja. HP-Humac

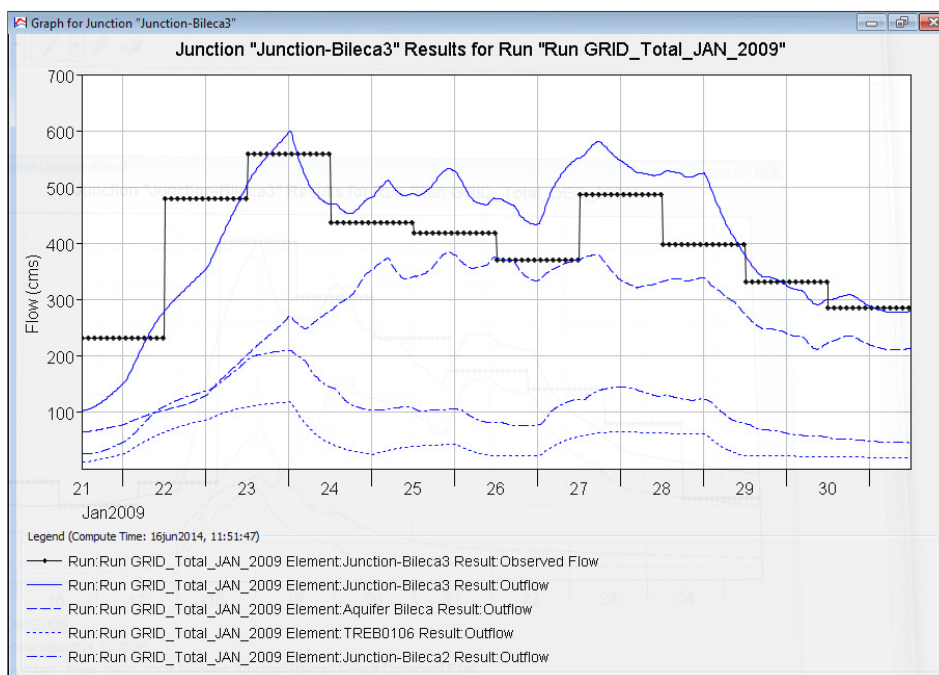
U ovom slučaju prilagodba se ne može smatrati dobrom, iako su bazno otjecanje i vremenski momenat maksimalnih protoka prilagođeni. Utjecaj Imotskog polja može uvjetovati simulaciju.

- Siječanj 2009 godine



Slika 41. Događaj protoka siječanj 2009. Kalibriranje rezultata. Konjic-Hagenuk

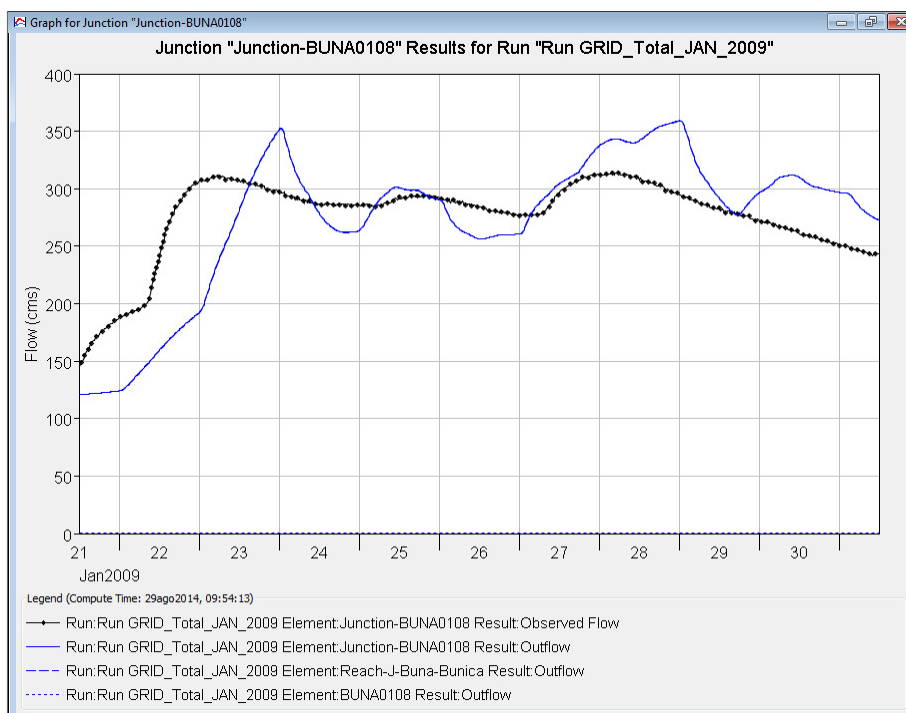
Ova prilagodba se ne može smatrati dobrom jer model daje neke rezultate maksimalnih protoka veće od onih izmjerenih na hidrološkoj postaji. Moguće je da meteorološke postaje za koje su postojali podaci za ovo razdoblje ne prikazuju adekvatno stvarne oborine koje su uzrokovale poplavu.



Slika 42. Događaj protoka siječanj 2009. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća

U slučaju ulaza u akumulaciju Bileća, zapremina ulaznih dotoka izračunata od razina i izlaza je 345 m³/s, i model osigurava vrijednost od 361 hm³. Vrh protoka modela je 599,2 m³/s naspram izmjerenih 558,3 m³/s.

Prilagodba se smatra vrlo dobrom, iako je zapremina i vršni protok nešto veći.



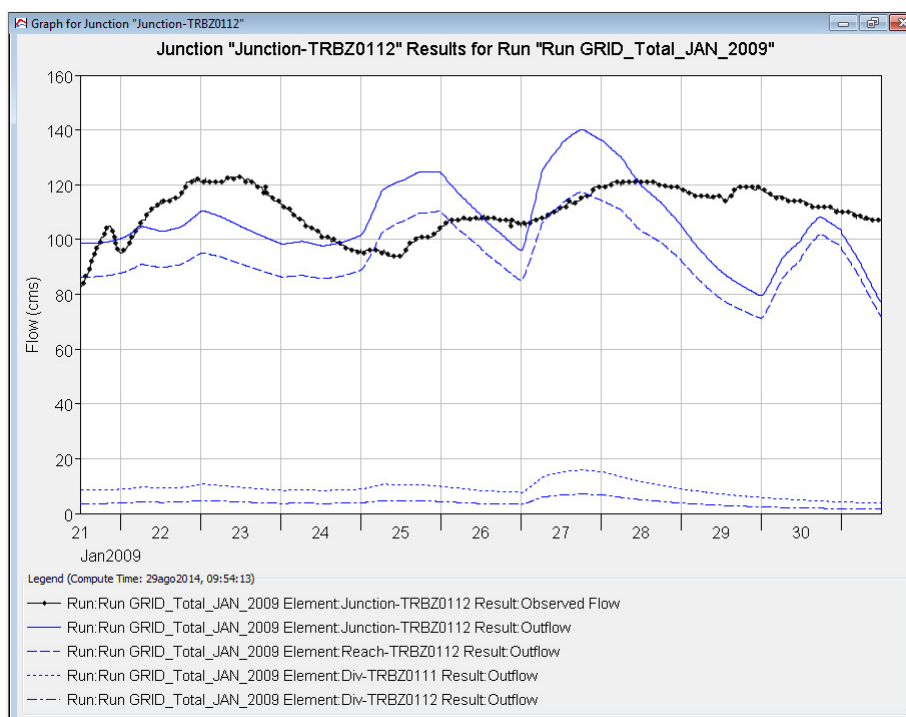
Slika 43. Događaj protoka siječanj 2009. Rezultati kalibriranja. HP-Buna

Kalibriranje na hidrološkoj postaji HP-Buna je uvjetovana razinom punjenja Nevesinskog polja. Modelar mora odabrati u svakoj simulaciji najprikladniju. U ovom slučaju razmatrano je 20 hm³.

Karakteristične vrijednosti ove poplave su:

- Maksimalni simulirani protok: 359,3 m³/s
- Maksimalni izmjereni protok: 314,0 m³/s
- Zapremina simuliranog hidrograma: 236,9 hm³
- Zapremina izmjerenog hidrograma: 238,8 hm³

Smatra se da je prilagodba između izračunatih vrijednosti modelom i izmjerenih na hidrološkoj postaji Buna prihvatljiva.



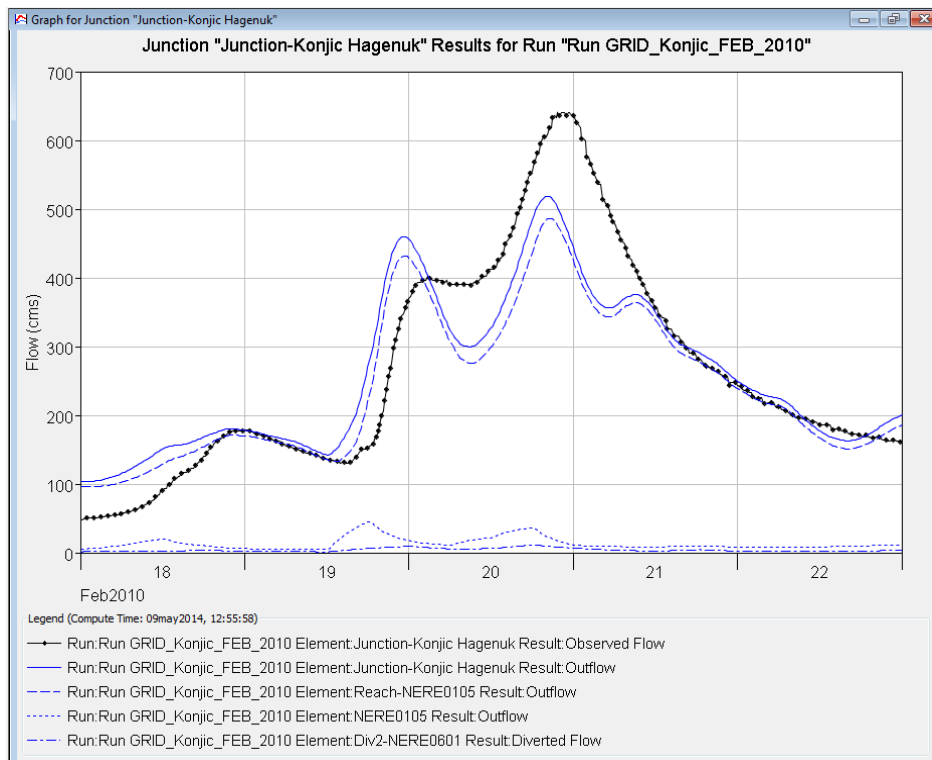
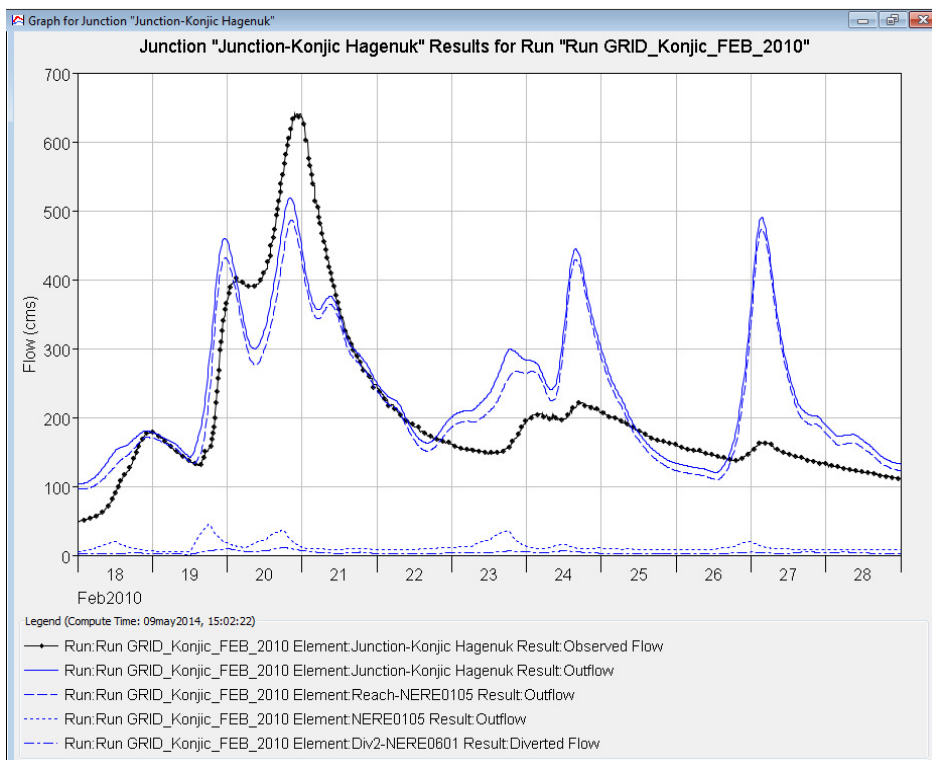
Slika 44. Događaj protoka siječanj 2009. Rezultati kalibriranja. HP-Humac

U ovom slučaju prilagodba se ne može smatrati dobrom, iako su zapremina i maksimalni protok prihvatljivo kalibrirani. Utjecaj Imotskog polja može uvjetovati simulaciju.

Karakteristične vrijednosti ove poplave su:

- Maksimalni simulirani protok: 140,2 m³/s
- Maksimalni izmjereni protok: 123,0 m³/s
- Zapremina simuliranog hidrograma: 92,3 hm³
- Zapremina izmjerenog hidrograma: 95,2 hm³

• **Veljača 2010**

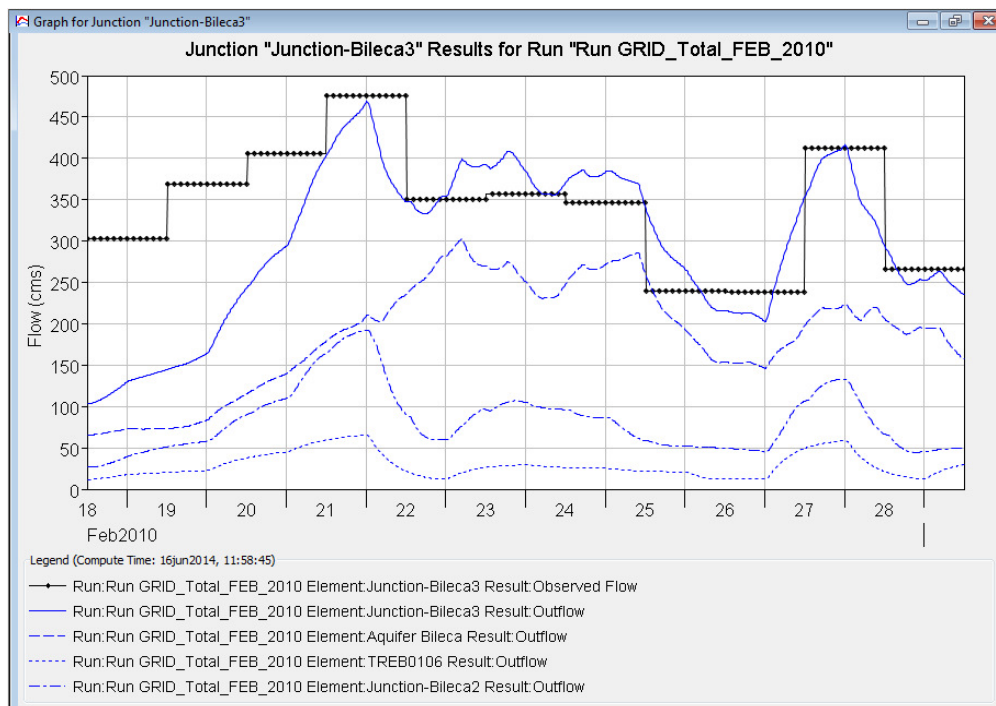


Slika 45. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. Konjic-Hagenuk

U ovom slučaju možemo smatrati prihvatljivom ovu prilagodbu između 18 i 22 veljače 2010 god., model je pružio vrijednosti mnogo veće u narednim danima, motiviran mjerenjima na meteorološkim postajama.

Karakteristične vrijednosti ove poplave u razdoblju od 18-og do 22-og veljače su:

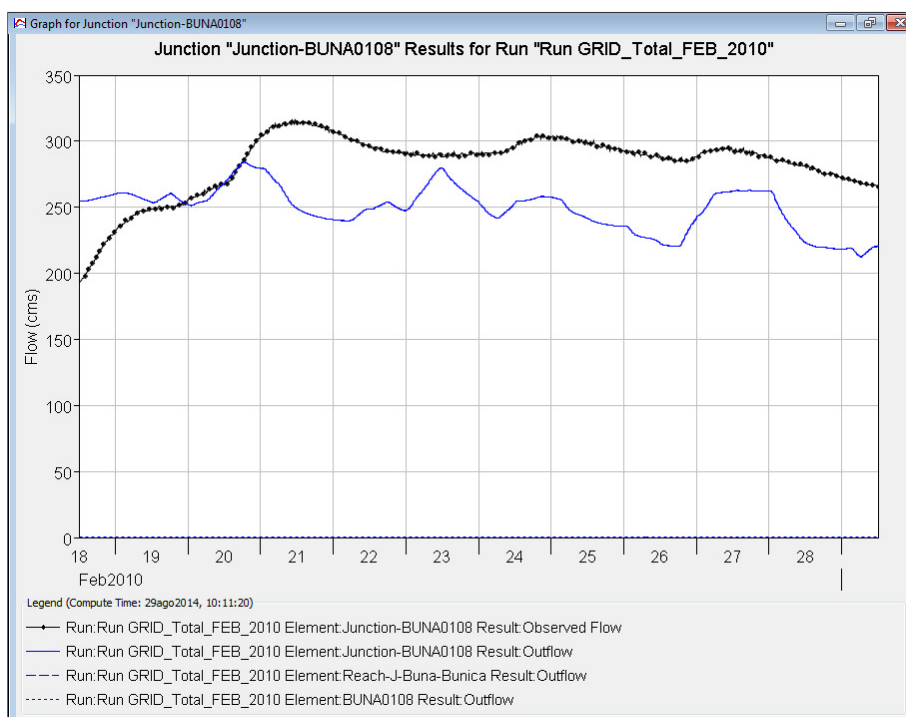
- Maksimalni protok simulirani: 518,2 m³/s
- Maksimalni protok izmjereni: 639,9 m³/s
- Zapremina hidrograma simulirana: V112,4 hm³
- Zapremina hidrograma izmjerena: 114,6 hm³



Slika 46. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća

U ovom slučaju možemo smatrati prilagodbu prihvatljivom, promatrajući nesrazmjeru na dijelu porasta na početku simulacije. Može biti da je zbog oborinskih događaja prethodnih dana zemljište zasićeno i da je neto oborina veća u stvarnosti i da se akvifer koji hrani akumulaciju Bileća drenira u akumulaciju prije početka simulacije.

Međutim model simulira ispravno vršne protoke 21 i 27 veljače 2010 kao i vrijednosti između tih dana. Simulirana zapremina modelom je 284 hm³ naspram izmjerenih 325 hm³.



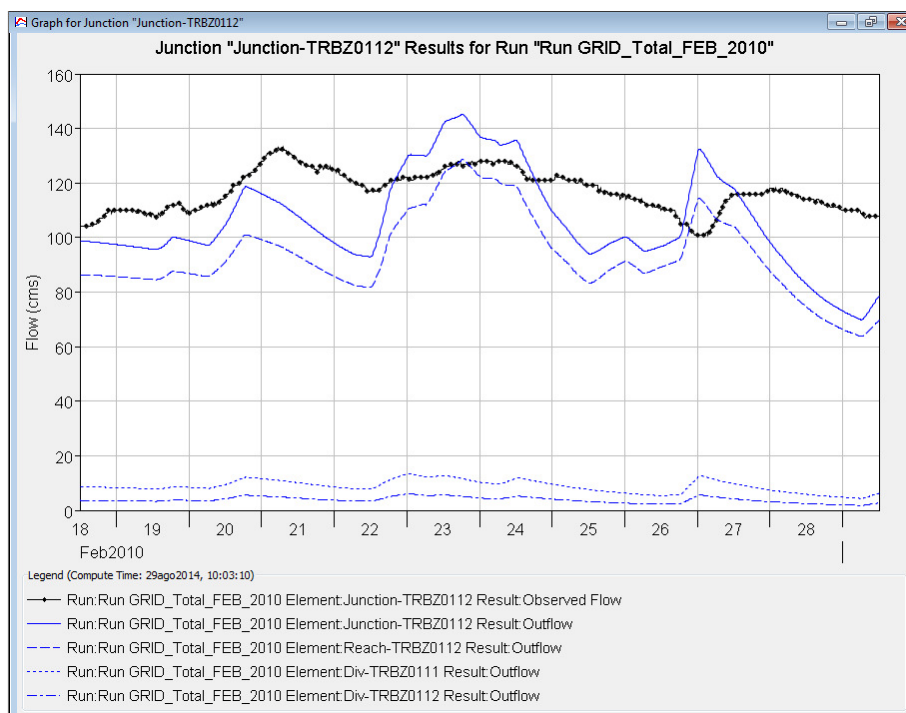
Slika 47. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Buna

Kalibriranje na hidrološkoj postaji HP-Buna je uvjetovana razinom punjenja Nevesinjskog polja. Modelar mora odabrati u svakoj simulaciji naprikladniju. U ovom slučaju je razmatrano 60 hm^3 .

Karakteristične vrijednosti u ovoj poplavi su:

- Maksimalni simulirani protok: $284,4 \text{ m}^3/\text{s}$
- Maksimalni izmjereni protok: $316,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Zapremina simuliranog hidrograma: $236,8 \text{ hm}^3$
- Zapremina izmjerenog hidrograma: $269,0 \text{ hm}^3$

Vrijednosti koje su dobivene modelom su 10% manje od izmjerenih na hidrološkoj postaji zbog čega se prilagodba ne treba smatrati lošom.



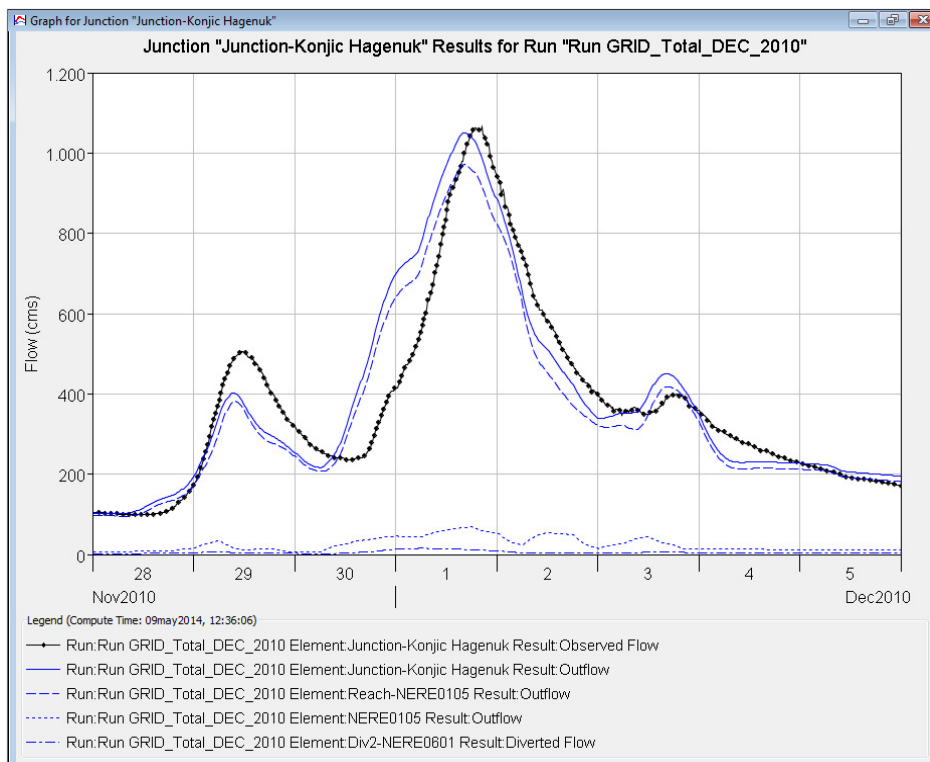
Slika 48. Događaj protoka veljača 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Humac

U ovom slučaju prilagodba se ne može smatrati dobrom, iako su zapremina i maksimalni protok prihvatljivo kalibrirani. Utjecaj Imotskog polja može uvjetovati simulaciju.

Karakteristične vrijednosti ove poplave su:

- Maksimalni simulirani protok: 145,2 m³/s
- Maksimalni izmjereni protok: 133,0 m³/s
- Zapremina simuliranog hidrograma: 100,9 hm³
- Zapremina izmjerenog hidrograma: 111,2 hm³

- **Prosinac 2010 godine**

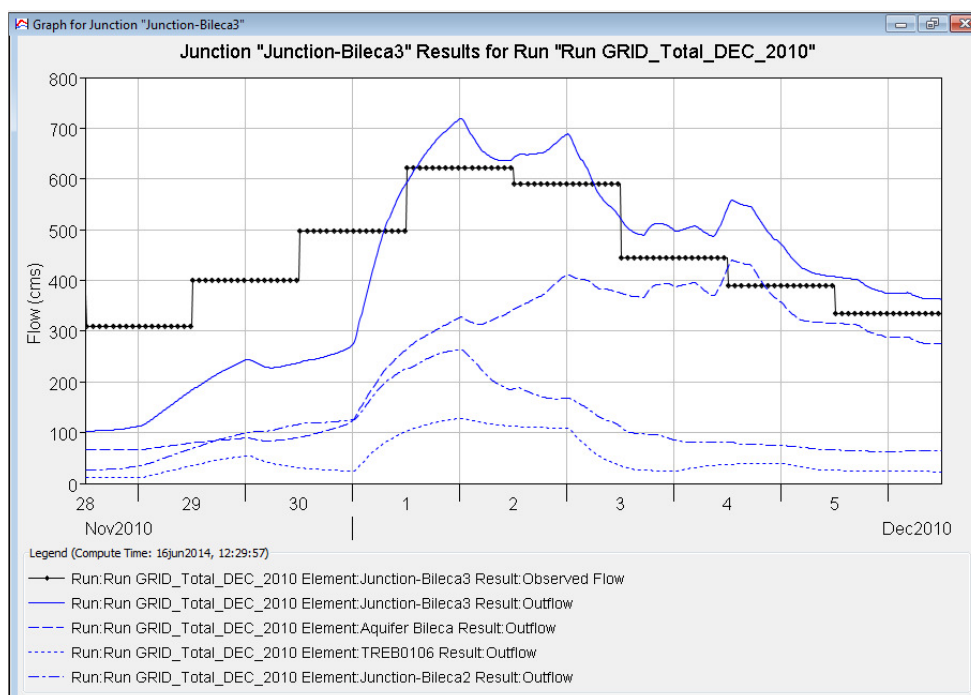


Slika 49. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. Konjic-Hagenuk

Karakteristične vrijednosti ove poplave su:

- Maksimalni protok simulirani: 1.050,5 m³/s
- Maksimalni izmjereni protok: 1.066,2 m³/s
- Zapremina hidrograma simulirana: 268,1 hm³
- Zapremina hidrograma izmjerena: 261,5 hm³

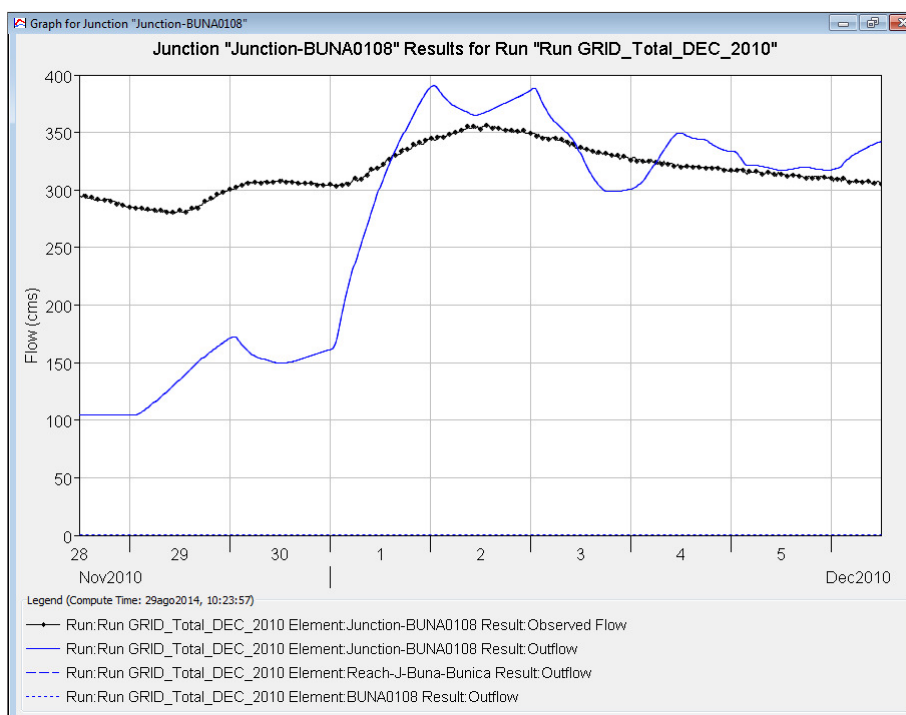
Smatra se da je prilagodba između izračunatih vrijednosti modelom i izmjerenih na hidrološkoj postaji Konjic veoma dobra.



Slika 50. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. Akumulacija Bileća

Ovo je sličan slučaj događaju iz veljače 2010. Možemo smatrati prilagodbu prihvatljivom, promatrajući nesrazmjernu na dijelu porasta na početku simulacije.

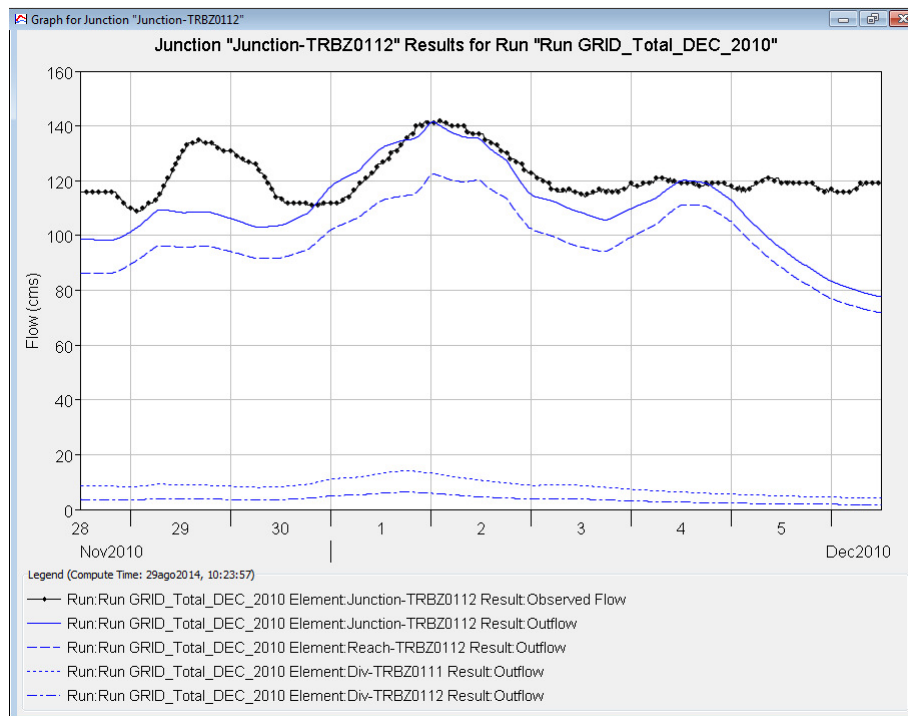
Simulirana zapremina modelom je 290 hm³/s naspram 310 hm³/s izmjerenih.



Slika 51. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Buna

Kalibriranje na hidrološkoj postaji HP-Buna je uvjetovana razinom punjenja Nevesinjskog polja. Modelar mora odabrati u svakoj simulaciji naprikladniju. U ovom slučaju razmatrano je 15 hm^3 .

Podešavanje se može smatrati dobrim, osim prva dva dana simulacije. U ovom slučaju, ova razlika između dobivenih vrijednosti modelom i stvarno izmjerenih u prva dva dana može biti zbog padalina u dane prije događaja simulacije jer su se vrijednosti protoka nalazile blizu $300 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 52. Događaj protoka prosinac 2010. Rezultati kalibriranja. HP-Humac

U ovom slučaju prilagodba se može smatrati dobrom, iako utjecaj Imotskog polja može uvjetovati simulaciju.

Karakteristične vrijednosti ove poplave su:

- Maksimalni simulirani protok: 141,5 m³/s
- Maksimalni izmjereni protok: 142,0 m³/s
- Zapremina simuliranog hidrograma: 76,6 hm³
- Zapremina izmjerenog hidrograma: 84,1 hm³

12.2. Proces kalibriranja

Pri procjeni ovih rezultata treba uzeti u obzir sljedeće:

- Vrijednosti protoka postaja Konjic-Hagenuc, Buna i Humac, su se računale od vrijednosti kota izmjerenih na hidrološkoj postaji;
- Vrijednosti ulaza u akumulaciju Bileća su izračunate od podataka razina i izlaza iz akumulacije;
- Koristile su se vrijednosti oborina dostupne na svim meteorološkim postajama i putem metode Thiessen se izračunala vrijednost oborine na svakom hidrografskom podslivu za Konjic, Buna,

Humac i akumulaciju Bileća, pod pretpostavkom da izmjerene vrijednosti padalina budu one koje je dala kao rezultat izmjerena poplava u Konjicu, Buna, Humac i u akumulaciji Bileća;

- Izračunat je Grid-set koji odgovara svakom događaju pljuska;
- Procijenili su se parametri koji odgovaraju broju CN krivulje otjecanja od dostupnih informacija o korištenju tla, geologije, edafologije i mapa nagiba;
- Procijenio se postotak nepropusne površine svakog podsliva;
- Izračunati su parametri za dobivanje hidrograma u HEC-HMS kao što su vrijeme koncentracije koeficijent zapremine;
- Izračuni koji se odnose na prijenos poplavnog vala kroz različite dionice rijeke;
- Izračuni koji se odnose na vrijeme translacije hidrograma vodonosnikom koji prihranjuje hidrološke postaje Buna, Humac i akumulaciju Bileća.
- Procijenilo se bazno otjecanje i generirano je za svaki podsliv.

Tijekom procesa kalibriranja koristili su se alati iz HEC-HMS "Optimization Trial Manager".

Proces optimiziranja počinje s prvim procjenama parametara i njihovim prilagodbama, tako da se simulirani rezultati podudaraju sa promatranim podacima protoka što je bliže moguće.

Dva različita algoritma pretraživanja su osigurana u HEC-HMS koji prelaze iz početne procjene parametara u konačne procjenama najboljih parametara. Niz objektivnih funkcija je osigurano za mjerenje uspješne prilagodbe (the goodness of fit) između simuliranih protoka i promatranih na različite načine.

Dok procjena parametra pomoću optimizacije ne daje savršene rezultate, to je vrijedna pomoć pri kalibriranju modela.

Došlo se do zaključka da parametri koji imaju najveći učinak na rezultate su odgovarajući „krivulji broja otjecanja "Curve Number (CN)", koeficijenti zapremine akumulacije metode „Clark jediničnog hidrograma“ i parametri koji se odnose na bazno otjecanje.

Obavljeni su testovi optimiziranja mijenjanjem parametara koji se odnose na vrijeme koncentracije i translacije hidrograma i došlo se do zaključka da imaju malo učinka na rezultate simulacije mijenjajući ih u razumnom intervalu.

U slučaju kalibriranja u akumulaciji Bileća, parametar sa najviše utjecaja bio je vrijednost Lag koja je odgovarajuća vremenu translacije hidrograma koji odgovaraju podzemnim vodama.

U kalibriranju postaja Humac i Buna potrebno je uzeti u obzir hidrološke promjene Nevesinjskog i Imotskog polja, budući da je jedan od najutjecajnih parametara u kalibraciji prethodno spomenuta vrijednost Lag, kao i one koje se odnose na bazno otjecanje.

S obzirom na sva navedena ograničenja kao što su rezultati kalibriranja, iako neki od simuliranim događaja se nisu mogli podesiti, općenito prilagodba se smatra dobrom.

Tako kalibrirani parametri su ekstrapolirani na ostatak sliva Neretva -Trebišnjica.

