

Razdvajanje hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“

Carić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:062724>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-08**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

DIPLOMSKI RAD

Ana Carić

Split, 2016.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Ana Carić

**Razdvajanje hidrograma otjecanja metodom
konstantnog „k“**

Diplomski rad

Split, 2016.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT: **Ana Carić**
BROJ INDEKSA: **513**
KATEDRA: **Katedra za Hidrologiju**
PREDMET: **Inženjerska hidrologija**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Razdvajanje hidrograma otjecanja novom metodom konstantnog „k“

Opis zadatka: Na temelju izmjerenih satnih protoka izvora rijeke Jadro na mjernim postajama Majdan, Novi kanal i Dioklecijanov kanal i izmjerenih satnih podataka o oborini na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko, u razdoblju od 1. siječnja 2011. do 31. prosinca 2013. godine, potrebno je najprije izvršiti hidrološku analizu. Na temelju dobivenih hidrograma otjecanja potrebno je za svaku od navedene tri godine izdvojiti karakteristična razdoblja u kojima se javljaju vršne vrijednosti protoka za promatranu godinu i razdvojiti komponente otjecanja pomoću nove metode konstantnog „k“ i grafičke metode razdvajanja hidrograma otjecanja (SL metode). U svrhu boljeg razumijevanja odnosa oborina i otjecanja kao odgovora na iste, potrebno je odrediti koeficijente otjecanja na temelju dobivenih rezultata volumena baznog otjecanja za izdvojena razdoblja.

U Splitu, 1. 3. 2016.

Voditelj diplomskog rada:

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Prof. dr. sc. Vesna Denić-Jukić

Prof. dr. sc. Ivica Boko

Razdvajanje hidrograma otjecanja novom metodom konstantnog „k“

Sažetak:

U ovom diplomskom radu izvršit će se hidrološka analiza na temelju izmjerenih satnih protoka krškog izvora rijeke Jadro i satnih podataka o oborini zabilježenih na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko u razdoblju od 1. siječnja 2011. - 31. prosinca 2013. Na temelju dobivenih hidrograma otjecanja, izdvojit će se karakteristična razdoblja unutar svake od navedenih godina i izvršiti razdvajanje komponente baznog i direktnog otjecanja pomoću metode konstantnog „k“ i grafičke metode razdvajanja hidrograma otjecanja (SL metode). Rezultati obje metode će se usporediti, a u svrhu detaljnijeg opisa mehanizma otjecanja odredit će se koeficijenti otjecanja izdvojenih razdoblja.

Ključne riječi:

Hidrogram otjecanja, bazno otjecanje, direktno otjecanje, koeficijent otjecanja, rijeka Jadro, krš

The separation of runoff hydrograph using the new constant „k“ method

Abstract:

In this study a hydrological analysis will be carried out based on hourly observed discharge of the Jadro karst spring and on hourly data of precipitation measured at rain gauge station called Tunel Konjsko in the period of January 1, 2011. – December 31, 2013. Based on resulting runoff hydrographs, within each of the following years, characteristic periods (of time) will be extracted and the separation of the components of the base and direct runoff will be executed using the new constant „k“ method and the graphical separation method (SL method). The results of both methods will be compared, and, in purpose of more detailed description of a runoff mechanism, the runoff coefficients for extracted periods (of time) will be determined.

Keywords:

Runoff hydrograph, base flow, direct flow, runoff coefficient, Jadro river, karst

Zahvaljujem se svojoj mentorici prof. dr. sc. Vesni Denić-Jukić na susretljivosti i stručnoj pomoći, te svojoj obitelji kojoj je ovaj rad posvećen.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SLIVNOG PODRUČJA RIJEKE JADRO	2
2.1. Izvor i rijeka Jadro	2
2.2. Slivno područje	4
2.3. Geološka i hidrogeološka svojstva slivnog područja	6
3. KRŠ	9
3.1. Opće karakteristike krša	9
3.2. Hidrološke značajke krša	10
4. PADALINE I OTJECANJE KAO ODGOVOR	14
4.1. Efektivna oborina	14
4.2. Hidrogram otjecanja	16
4.2.1. Komponente hidrograma otjecanja	18
4.2.2. Krivulja recesije	19
4.2.3. Razdvajanje hidrograma	21
4.3. Koeficijent otjecanja	23
5. METODE RAZDVAJANJA KOMPONENTI HIDROGRAMA OTJECANJA	27
5.1. Odvajanje baznog otjecanja kod efluentnog vodotoka	27
5.2. Standardne metode razdvajanja baznog otjecanja	28
5.3. Nova metoda razdvajanja komponente baznog otjecanja: Metoda konstantnog „k“ (CK metoda)	29
5.4. Linearni statistički model	32
6. HIDROLOŠKA ANALIZA	34
6.1. Analiza mjerenih oborina	34
6.2. Analiza mjerenih protoka	37
6.3. Hidrogrami promatranog razdoblja	42
6.5. Primjena nove metode konstantnog „k“ za razdvajanje hidrograma na izdvojena razdoblja	44
6.5.1. Izdvojena razdoblja za 2011. godinu	44
6.5.2. Izdvojena razdoblja za 2012. godinu	56
6.5.3. Izdvojena razdoblja za 2013. godinu	69
6.6. Odvajanje hidrograma pomoću metode konstantnog „k“ i SL metode	82
6.7. Određivanje koeficijenta otjecanja	92

7. USPOREDBA REZULTATA	96
8. ZAKLJUČAK.....	99
POPIS SLIKA.....	102
POPIS TABLICA.....	106
LITERATURA	107

1. UVOD

U ovom diplomskom radu izvršena je analiza i usporedba standardnih metoda razdvajanja hidrograma otjecanja i nove metode konstantnog „k“ na primjeru izvora rijeke Jadro za razdoblje od 1. siječnja 2011. do 31. prosinca 2013. godine.

Korišteni su satni podaci protoka izmjereni na mjernim postajama Majdan, Dioklecijanov kanal i Novi kanal u razdoblju od 2011. - 2013. godine, te satni podaci o oborinama mjereni na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko unutar istog razdoblja.

Za potrebe analize, iz svake od navedenih godina, izdvojeno je sedam karakterističnih razdoblja unutar kojih se javljaju vršne vrijednosti protoka. Za ta izdvojena razdoblja vrši se usporedba dviju metoda razdvajanja hidrograma: SL metode i nove metode konstantnog „k“ (CK). Komparacija dviju metoda zasnovana je na usporedbi vrijednosti volumena baznog otjecanja kao rezultata razdvajanja brze i spore komponente otjecanja.

Kako bi se dobila dodatna informacija o odgovoru slivnog područja rijeke Jadro na pale oborine, ali i u svrhu detaljnijeg opisa mehanizma otjecanja u kršu, izračunati su i koeficijenti otjecanja za izdvojena razdoblja. Da bi se pokazao utjecaj varijacije veličine slivne površine na konačan volumen baznog otjecanja, u ovom radu se određuju i međusobno uspoređuju dva koeficijenta otjecanja kojima pripadaju različite vrijednosti slivne površine (480 km² i 500 km²).

U ovom istraživanju, tri su glavna cilja: a) omogućiti objektivno i eventualno automatizirano određivanje završne točke otjecanja, (b) moći rješavati događaje s višestrukim prekoračenjima, i (c) bazirati se, koliko god je to moguće, na hidrološkom konceptu, odnosno linearnom statističkom modelu (često se koristi za simulaciju baznog otjecanja u konceptualnim hidrološkim modelima).

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SLIVNOG PODRUČJA RIJEKE JADRO

2.1. Izvor i rijeka Jadro

Priljevno područje izvora Jadra i Žrnovnice jedno je od prostorno većih slivova Dinarida (*Kapelj i sur., 2012.*). Vodni potencijal rijeke Jadro, kao tipične krške rijeke, dijelom potječe od podzemnog dotoka iz okršenog podzemlja i površinskog dotoka s direktnog sliva. Rijeka Jadro izvire u podnožju jugozapadnih padina Mosora na 35 metra nadmorske visine, a na istočnom rubu Kaštelanskoga zaljeva utječe u more nakon 4,3 km dugog toka. Prvih 500 m korita ima relativno velik pad koji se postupno smanjuje do ušća u Jadransko more. Jadro prima bujične vode iz pet pritoka. Dva najjača pritoka su bujice Rupotina i Poklinovac. Iz izvora Jadra kvalitetnom pitkom vodom se snabdijeva ne samo grad Split, već i grad Solin, Kaštela, Trogir i drugi dijelovi neposrednog gradskog okruženja. Stoga, najjuveći dio rijeke je reguliran. Do grada Splita kao najjuvećeg potrošača izvorske vode, voda se dovodi kroz dva paralelna kanala: stari Dioklecijanov kanal propusne moći 550 - 880 l/s i Novi kanal – novi betonski kanal kapaciteta 2000 l/s u gornjem i 1350 l/s u donjem dijelu. Stari Dioklecijanov kanal izgrađen prije 2700 godina, datira još iz Rimskog Carstva. Glavne karakteristike Dioklecijanovog kanala su: visina 120 cm, širina 60 cm i dužina 9 km, a danas je u uporabi samo rekonstruirani dio kanala do crpne stanice Kopilica, ukupne dužine 7450 m. Na crpnim stanicama Ravne njive i Kopilica, voda stigla s izvora Jadro, tlači se u pripadajuće glavne gradske vodospreme.



Slika 2.1. Izvor Jadra (Kapelj i sur., 2011.)

Rijeku Jadro u Solinu nazivaju „Solinska Rika“, a zbog njena iznimnog značaja i znamenite povijesti koristi se i naziv „Hrvatski Jordan“.

Gornji tok rijeke Jadro proglašen je 1984. godine posebnim ihtiološkim rezervatom zbog razvoja endemske podvrste Mekousne pastrve (*Salmothymus obtusirostris salonitana*) koja je rijetka i potencijalno ugrožena. Upravo izoliranost rijeke Jadro, odnosno činjenica da ista nije u kontaktu ni s jednim drugim vodotokom, rezultira stvaranjem ovakvih endema. Položaj ihtiološkog rezervata obuhvaća vodotok rijeke Jadro od izvora do Uvodića mosta, a njegova površina iznosi oko 78 000 m².



Slika 2.2. Označen je gornji tok rijeke Jadro, proglašen 1984. godine posebnim ihtiološkim rezervatom (Položaj: vodotok rijeke Jadro od izvora do Uvodića mosta)



Slika 2.3. Gornji tok rijeke Jadro proglašen 1984. godine posebnim ihtiološkim rezervatom

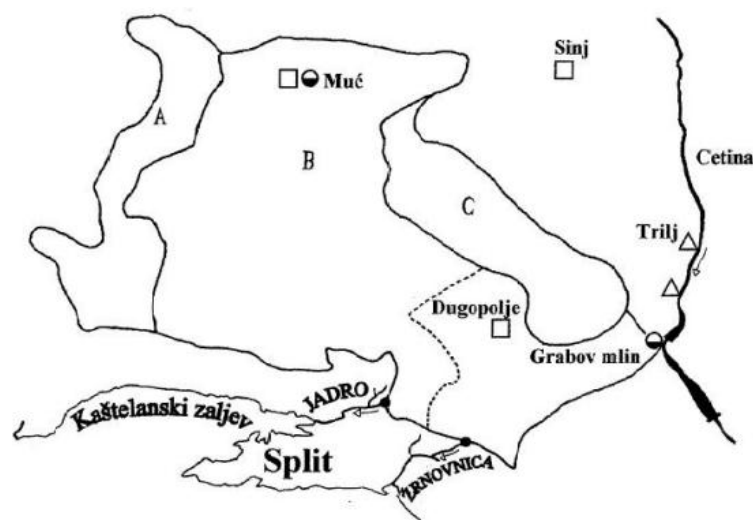
Protoci Jadra značajno i brzo variraju ovisno o količini oborina na slivu (*Kapelj i sur., 2012.*). Na temelju analiziranih hidroloških podataka u razdoblju od 1. siječnja 1995. do 31. prosinca 2009. zaključuje se da minimalni protok iznosi $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$, a izmjeren je na vodomjernom profilu Majdan (16. 11. 1985.), maksimalni izmjereni protok iznosi $78,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (13. 11. 1997.), a srednji godišnji protok iznosi $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Prirodni protoci izvora Jadra su najniži tijekom ljetnih sušnih razdoblja, osobito u srpnju i kolovozu. Budući da su tada ujedno i potrebe za vodom povećane, u tim mjesecima, a ponekad i u rujnu se iz izvora odvodi više od 50% prirodnog protoka. Ta činjenica je popraćena i snažnim trendom porasta minimalnih godišnjih protoka koje se nepovratno odvođe iz izvora Jadra.

2.2. Slivno područje

Slivno područje izvora Jadra i Žrnovnice je od iznimnog strateškog značaja za šire područje splitskog bazena. Međutim, zbog nepoznavanja podzemnih veza kao i zbog promjenljivosti površine slivova ovisno o razinama podzemne vode, postoje samo pretpostavke o veličini hidroloških slivova Jadra i Žrnovnice i njihovim granicama. Slivno područje Jadra seže duboko u zaleđe splitskog bazena i graniči sa slivovima izvora Pantan

na zapadu, rijeke Čikole na sjeveru, i rijeke Cetine na istoku. Unatoč brojnim dosadašnjim hidrogeološkim studijama, granice kao i površina sliva Jadra nije egzaktno određena, ali se procjenjuje da iznosi oko 500 km². To upućuje na činjenicu da se dijelom prihranjuje iz krškog vodonosnika koji vjerojatno dijeli sa susjednim vodotokom Cetinom, a moguće i sa izvorom Žrnovnica.

Na slici 2.4. prikazano je pretpostavljeno slivno područje Jadra i Žrnovnice (Denić-Jukić, 2002.). Površina označena s B predstavlja relativno sigurnu površinu slivova Jadra i Žrnovnice s mogućom vododjelnicom tih dvaju slivova. Ukoliko prirodna depresija označena kao površina C, ne pripada slivovima Jadra i Žrnovnice, onda se pretpostavlja da im pripada površina označena s A. Naravno, za utvrđivanje točnih površina slivova potrebna su detaljna hidrogeološka istraživanja i izrada pouzdanih podloga.



Slika 2.4. Pretpostavljeno slivno područje Jadra i Žrnovnice (Denić-Jukić, 2002.)

Južna granica sliva je određena kontaktom propusnih stijena Zagore i nepropusnih stijena priobalnog područja. Nepropusne stijene u priobalju sežu više stotina metara ispod razine mora i vrše funkciju potpune topografske barijere.

Sjevernu granicu sliva, sjeverno od Mučkog polja, uvjetuje potpuna topografska barijera u potpunosti izgrađena od nepropusne stijene trijasa. Oborinske vode pale na njenu površinu stvaraju više povremenih bujičnih tokova koji se slijevaju u Mučko polje u kojem poniru na kontaktu s propusnim stijenama.

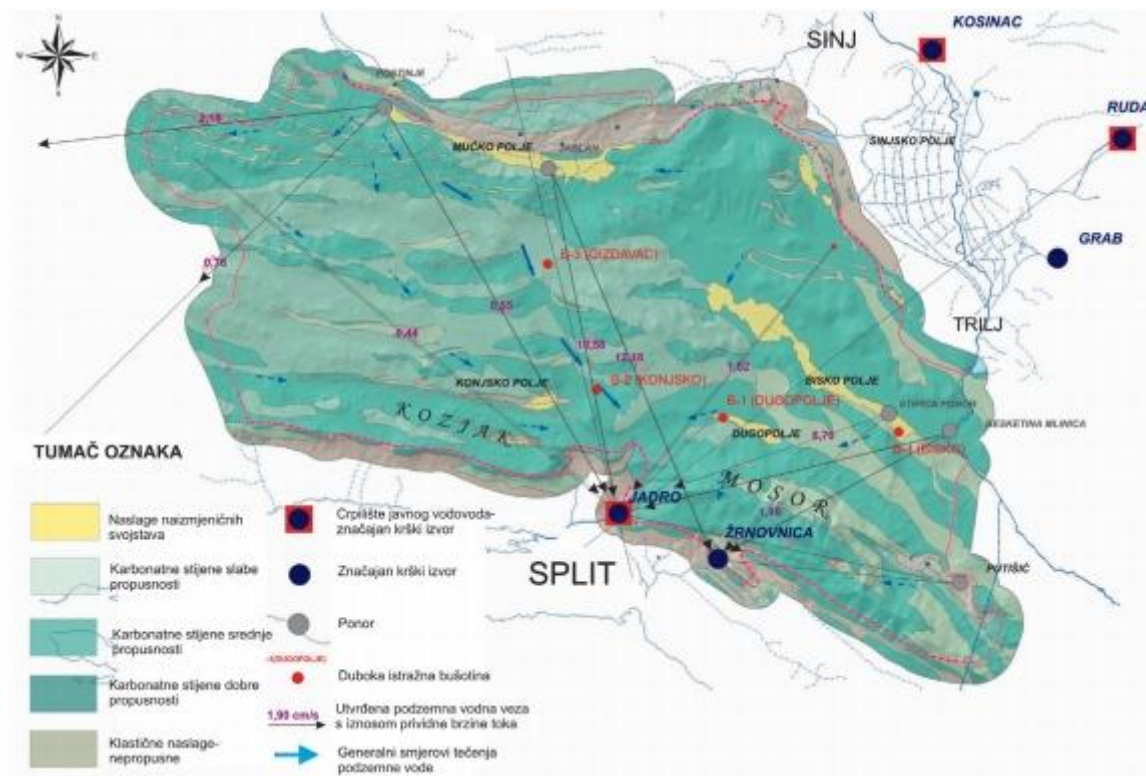
Zapadna granica sliva je zonarna podzemna razvodnica kojom ovaj sliv graniči sa slivom izvora Pantan. Budući da je ova granica postavljena na osnovu manje značajnih hidrogeoloških pokazatelja, ona bi se trebala odrediti korištenjem pouzdanijih pokazatelja.

Istočna granica sliva je problematična za precizniju odredbu zbog složenih hidrogeoloških odnosa u dolini Cetine. Traserska istraživanja izvršena 1962. godine u ponoru Grabov mlin, pokazala su da postoji direktna veza Cetine i Jadra, jer se 96% injektiranog trasera pojavilo na izvoru dvadesetak dana kasnije.

Također se pretpostavlja i da postoji direktna veza između izvora Jadra i izvora Žrnovnice, te da se tijekom velikih razina podzemne vode, jedan dio voda iz Jadra prelijeva u sliv Žrnovnice preko neke geološke barijere (*Bonacci, 1987.*), no za dokazivanje te pretpostavke potrebna su daljnja istraživanja i terenska mjerenja.

2.3. Geološka i hidrogeološka svojstva slivnog područja

Na području sliva izvora Jadra i Žrnovnice zastupljene su stijene vapnenci, dolomiti i laporoviti vapnenci mezozojske, eocenske starosti i prostorno vrlo male rasprostranjenosti – vapnenci perma (*Kapelj i sur., 2012.*). Klastične naslage u slivu su fliške naslage eocena, klastiti trijasa i paleocenski lapori. Stratigrafski najmlađe naslage su kvartarni deluvijalni sedimenti krških polja, pretežno sitnozrno-pjeskovitog sastava s različitim udjelom ulomaka kršja karbonatnih stijena. Izvor Jadra nalazi se u zoni dodira karbonatnih naslaga Splitske zagore i obilnog fliškog pojasa. S morfološkog aspekta evidentna je izrazita raščlanjenost reljefa, osobito u području rasprostiranja karbonatnih stijena.



Slika 2.5. Shematska hidrogeološka karta priljevnog područja izvora Jadra i Žrnovnice bez strukturnih elemenata (Kapelj i sur., 2008.)

Krška polja, od kojih su najveća: Mučko polje (cca 400 ha), Dicmansko polje (cca 300 ha), Dugopolje (cca 190 ha) i Konjsko polje (cca 150 ha), te brojne uvale i zaravni na nadmorskim visinama od 300 do 350 m smješteni su između niza vrhova nadmorske visine od 550 do 680 m. U sjeverozapadnom dijelu ovog područja, nizovi uzdignuća i depresija se pružaju u tzv. pravcu dinarskog pružanja (pravcu sjeverozapad–jugoistok), a kretajući se prema istoku njihova orijentacija postupno prelazi u tzv. hvarsko pružanje (pravac istok-zapad). Morfološki uzdignute dijelove reljefa izgrađuju čvrste karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti) u kojima su zastupljeni svi elementi krške morfologije. U morfološkim depresijama izgrađenim od klastične prašinasto glinovite naslage različite vrste i starosti, česte su pojave tokova i ponora, posebno u rubnim dijelovima polja, dok su brojna sufozijska uleknuća prisutna u klastičnim naslagama krških polja.

Vapnenci mezozoika i eocena su uglavnom dobro propusne stijene pa imaju funkciju vodonosnika. Ovisno o zastupljenosti dolomitne i laporovite komponente smanjuje se propusnost vapnenca u srednje do slabo propusne stijene. Klastične naslage eocenskog fliša, klastiti trijasa i paleocenski lapori kao nepropusne stijene imaju funkciju potpunih ili

relativnih hidrogeoloških barijera ovisno o njihovom prostornom položaju. Potpune hidrogeološke barijere usmjeravaju tokove podzemne vode, a ispod relativnih barijera podzemne vode nesmetano teku. Propusnost deluvijalnih sedimenata krških polja ovisi o njihovom pretežitom granulometrijskom sastavu, odnosno udjelu krupnih i sitnozrnatih čestica, fragmenata stijena i sadržaju glinovite komponente. Stoga, zbog lateralne i vertikalne nehomogenosti sedimente krških polja u hidrogeološkom smislu smatramo nepropusnim naslagama. Područje sliva Jadra i Žrnovnice odlikuje se naglašenom razlomljenošću i prisutnom tektonskom aktivnošću. Tektonska aktivnost rezultira i promjenama strukturnih odnosa osobito sustava rasjeda i pukotina.

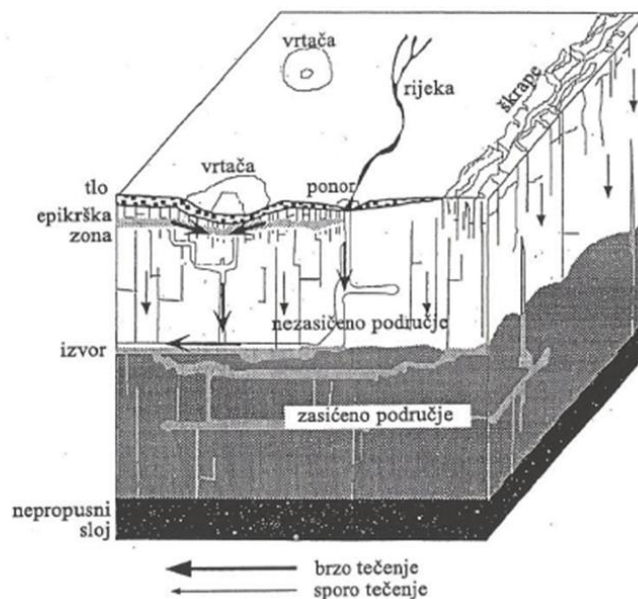
3. KRŠ

3.1. Opće karakteristike krša

Karstifikacija nastaje kao posljedica prodiranja vode u vodopropusne i rastvorljive stijene. Sam proces započinje kemijskim djelovanjem, tj. rastvaranjem stijene duž otvorene pukotine i odnošenjem rastvorenog kalcita – proces korozije (*Milanović, 1979.*). Proširenjem pukotine formira se karsni kanal koji je na početku malih dimenzija. Najvažniji trenutak u razvoju ovog procesa nastaje kada se stvore uvjeti za turbulentan tok vode kroz već formiran kanal. Tada voda sa sobom nosi materijal koji abrazivno djeluje na zidove kanala – proces erozije. U samom kanalu također dolazi do odlamanja većih masa stijene koja biva razorena i transportirana duž kanala.

Mnogi faktori utječu na proces karstifikacije, ali najvažniji su: tektonska razlomljenost stijene, oborine, temperatura i organska materija. Tektonika je ipak najvažniji činitelj okršavanja budući da su snažni tektonski procesi u kršnim karbonatnim stijenama stvorili rasjede i pukotine koji omogućuju prodiranje vode u dublje zone. Time je podzemlje pripremljeno za procese okršavanja, tj. otapanja duž pukotina i u njemu su uvjetovani glavni pravci i granice, odnosno dubine okršavanja. Pukotine koje su nastale tektonskim pokretima ili kasnijim otapanjem čine sekundarnu poroznost, te se s vremenom broj pukotina povećava zbog kemijskog i fizičkog djelovanja vode. Također, na proces karstifikacije utječu i kemijski sastav vode, brzine tečenja vode i klima. Proces je intenzivniji ukoliko se iznad karbonatnih stijena nalazi tanak sloj humusa, jer taj sloj intenzivira proizvodnju i akumuliranje CO₂.

Reljef slivnog područja koji je vertikalno dobro razveden karakteriziraju tipični krški fenomeni: škrape, vrtače (ponikve, doci), krške uvale ili zavale, kanjoni, krška polja, ponori, jame, špilje, kaverne, krška okna.



Slika 3.1. Shematski prikaz hidroloških procesa u kršu (Management committee of COST action 65, 1995.)

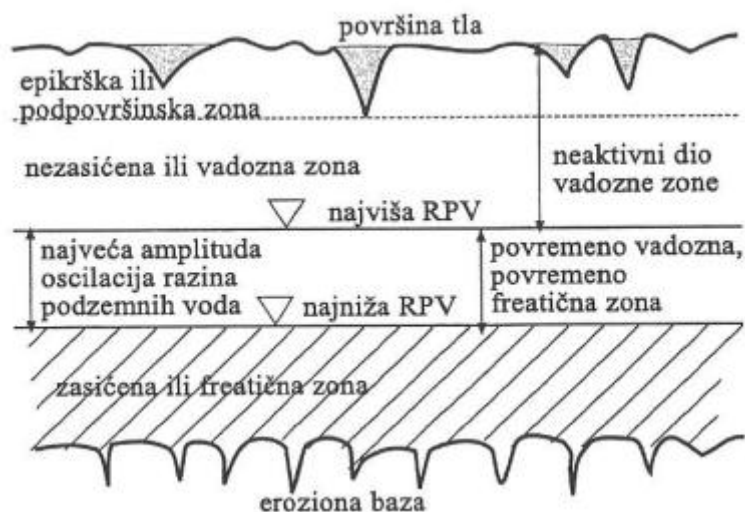
3.2. Hidrološke značajke krša

Krš je veoma heterogeno područje koje se u hidrološkom smislu sastoji od karbonatne stijenske mase sa sistemom provodnika i akumulacionih prostora (Gjetvaj, 2006.). Taj sistem tvore manje i veće pukotine, manji i veći podzemni krški prostori kao i ostali produkti procesa karstifikacije u zoni osciliranja voda u kršu. Provodnik je element podsliva koji pretvara razliku razina voda u proticaj. Dodatna kompleksnost definiranja tečenja u kršu uzrokuju razlike tečenja u stijenama pukotinske poroznosti (karakteristična za stijenske mase karbonata – gipsa i halita) i stijenama međuzrnske poroznosti (karakteristična za rastresite slojeve – aluvijalne sedimente).

Hidrološke značajke krša su: mala akumulativna sposobnost u zoni sitne pukotinske poroznosti, velika provodnost i stvaranje povremenih površinskih i podzemnih akumulacija u zonama krupnih pukotina, brza infiltracija palih oborina, kratko otjecanje po terenu uslijed velike okršenosti, a time i manji gubici na slivu uslijed isparavanja vode. Rezultat ovakvih karakteristika je slabo razvijena mreža površinskih tokova jer su provodna i kolektorska mreža smještene uglavnom u podzemlju.

Prema *Bonacciju (1987.)* postoje četiri zone u krškom masivu:

- voda akumulirana u podzemnim kanalima i rascjepima smještenim u zasićenoj zoni krškog masiva,
- voda akumulirana u nezasićenoj zoni i potpovršinskoj zoni koja se turbulentno transportira prema izvoru kroz podzemne kanale,
- površinska voda koja otječe u podzemlje i brzo se transportira kroz sustav podzemnih kanala,
- voda u sitnim pukotinama zasićene zone.

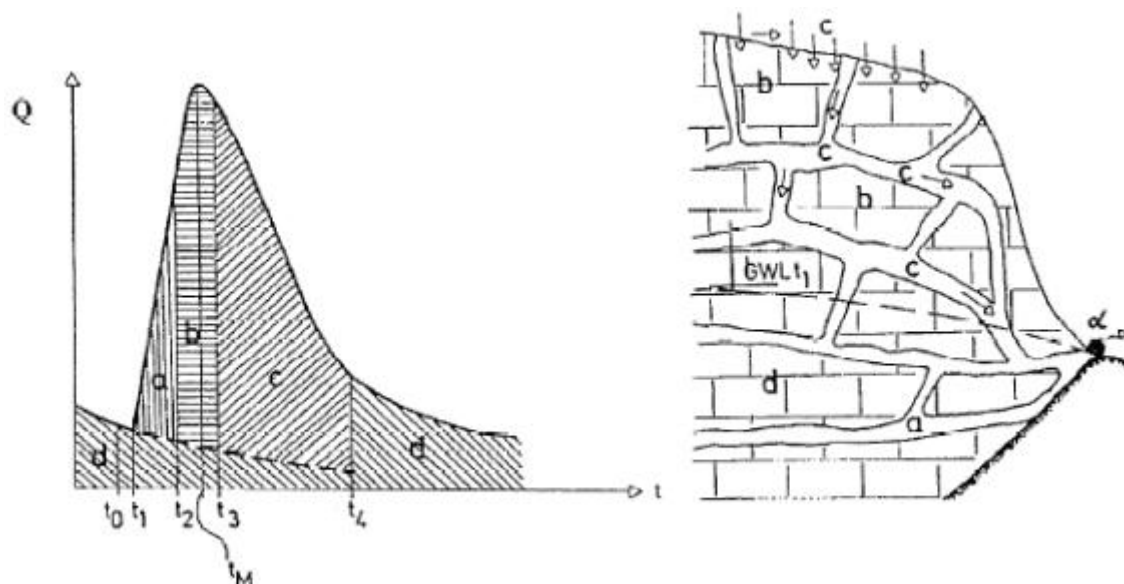


Slika 3.2. Shematski prikaz strukture krškog vodonosnika (Bonacci i Roje-Bonacci, 2003./2004.)

Određivanje utjecajnih slivnih površina u kršu, zbog njegove heterogenosti, vrlo je složen problem. Tektonski procesi kao najznačajniji faktor okršavanja i procesi postupnog otapanja karbonatnih stijena trajali su dosta dugo i bili su na svakom slivu drugačiji, pa su ovisno o prilikama, na pojedinim krškim slivovima stvoreni bitno različiti uvjeti za otjecanje vode (*Žugaj, 1995.*).

Jukić (2005.) navodi: „Izvor ne reagira trenutno na oborinu palu na sliv već s određenim vremenskim zaostatom t_1 (slika 3.3.) Tijekom vremena podizanja hidrograma (t_1 do t_2) otjecanje se formira vodom prethodno akumuliranom u podzemnim kanalima i rascjepima smještenim u zasićenoj zoni, nakon čega slijedi dotjecanje vode prethodno akumulirane u nezasićenoj zoni koje traje do trenutka t_3 . Poslije trenutka t_3 otjecanje se uglavnom formira vodom koja je stigla sa površine, a za tu fazu je karakterističan brzi tok sustavom

podzemnih kanala. Nakon pražnjenja nezasićene zone u trenutku t_4 , voda na izvoru potječe uglavnom od vode spremljene u sitnim pukotinama zasićene zone koje se prazne pretežno laminarnim tokom. Trenutak t_4 označava završetak tzv. brze komponente otjecanja i početak sporog ili baznog otjecanja (Padilla i sur., 1994.).“

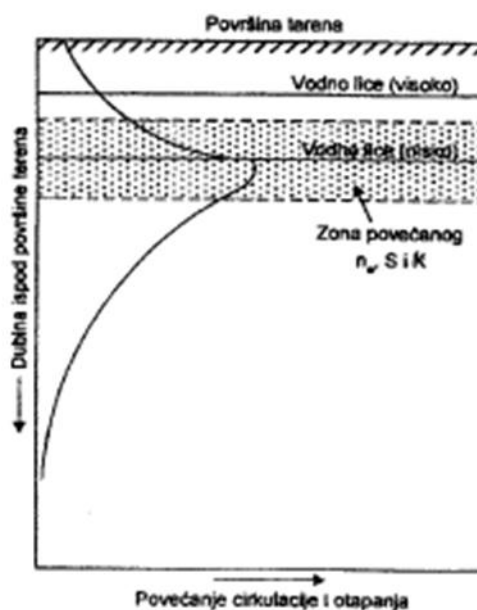


Slika 3.3. Dijelovi hidrograma otjecanja krškog izvora s obzirom na porijeklo vode (Bonacci, 1987.)

Ovisno o pojavi i samoj veličini akumulacionih prostora dolazi do manjeg ili većeg zadržavanja vode u slivu. Upravo zbog retencione sposobnosti vodonosnika ovisne o karakteristikama krškog terena, dolazi do neravnomjernosti ulaza i transformacije ulaznog hidrograma što u konačnici rezultira neravnomjernim režimom otjecanja.

Mala poroznost i niska akumulativna sposobnost pukotinskog sistema dovodi do brzog porasta razina podzemnih voda. Razina podzemne vode obično brzo raste do neke veće površinske ili podzemne akumulacije, koja može prihvatiti veće količine vodene mase i omogućiti samu transformaciju vodnog vala. Tijekom strujanja kroz pukotine voda traži put najmanjeg otpora pritom topeći stijensku masu, uslijed čega se neke pukotine proširuju, a neke zamuljuju. Budući da je stijena procesom karstifikacije više oštećena na površini, propusnost stijene na površini je znatno veća od propusnosti u dubljim slojevima. Kako se s povećanjem dubine karstifikacija smanjuje, smanjuje se i hidraulička provodljivost. Najveća provodljivost u kršu je upravo u smjeru pružanja pukotina, a s obzirom na smjer

varira i transmisivost (T) kao umnožak hidrauličke vodljivosti i debljine vodonosnika. Maksimalne vrijednosti efektivne poroznosti (n_e), uskladištenja (S) i hidrauličkog konduktiviteta (K) odgovaraju zoni minimalnih razina podzemne vode, a potom se smanjuju sa dubinom (slika 3.4.)



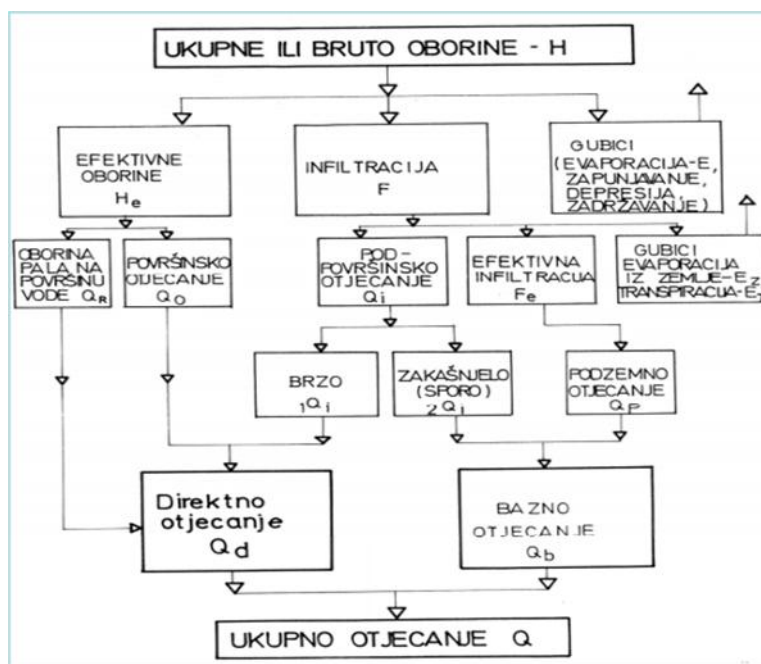
Slika 3.4. Zona povećane efektivne poroznosti, uskladištenja i hidrauličke vodljivosti (Bauk, 2015.)

Dakle, krški vodonosnici razvijaju se s vremenom i to ih razlikuje od drugih vodonosnih sustava. Konačno, krške rijeke su karakteristične po zamršenim odnosima nadzemnih i podzemnih dijelova svojega toka, te izuzetnoj osjetljivosti i na najmanje oblike onečišćenja. Naime, kroz krševit teren onečišćena voda se procjeđuje vrlo brzo i uz minimalnu filtraciju izbija u otvorene vodotoke.

4. PADALINE I OTJECANJE KAO ODGOVOR

4.1. Efektivna oborina

Oborina ili padalina je tekući ili čvrsti proizvod kondenzacije vodene pare koji pada iz oblaka ili se iz zraka taloži na tlo (Žugaj, 2009.). Sve padaline ne padnu na tlo zbog gubitaka u obliku intercepcije i evaporacije. Također, sve padaline koje dopiju na tlo ne formiraju površinski tok zbog gubitaka u tlu. Za modeliranje procesa padaline – otjecanje, pretpostavlja se da visina oborina mora prevladati hidrološke gubitke da bi se uopće dogodio površinski tok pri čemu su glavni hidrološki gubici: intercepcija vegetacije, evaporacija i evapotranspiracija, infiltracija i zadržavanje vode u depresijama.



Slika 4.1. Veze različitih komponenti ciklusa otjecanja (Hrelja, 2007.)

Dakle, razlika između ukupnih (bruto) oborina na jednom slivu i viška (efektivnih) oborina, predstavlja „gubitke“ kao preostali dio kiše koji ne doprinosi otjecanju (Hrelja, 2007.). Budući da se voda uistinu ne gubi u hidrološkom ciklusu, pojam „gubitak“ u ovom kontekstu označava gubitak sa gledišta otjecanja vode (deficit otjecanja).

- Gubici intercepcije

Intercepcija je proces zadržavanja dijela oborina na lišću i granama vegetacije. Neke od kapi sa listova padaju na tlo i postaju dostupne za infiltraciju tla. Intercepcijski gubitak se naziva i početni gubitak, izražen je u mm po slivu. Prema *Hortonu (1933.)*, gubitak intercepcije je proporcionalan ukupno paloju oborini prema izrazu:

$$I_a = 0.04 * 0.18 P \quad (4.1)$$

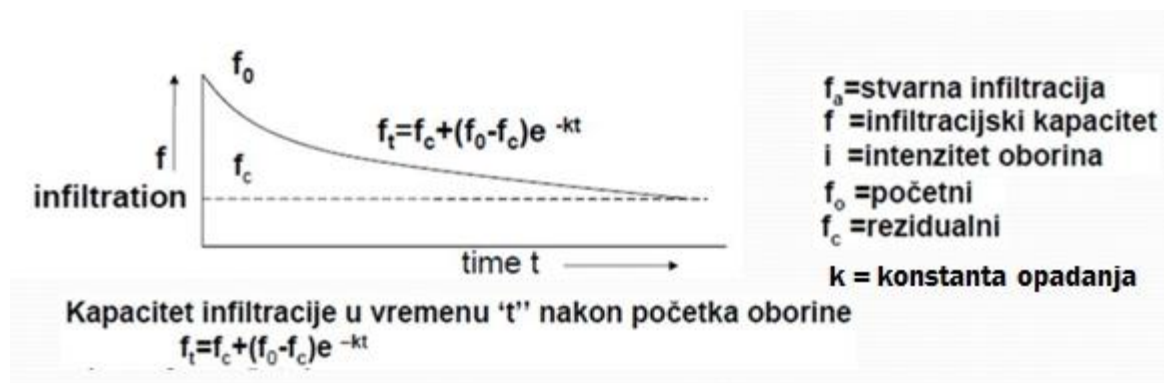
gdje I_a označava gubitak intercepcije u inch-ima, a P oborinu u inch-ima.

- Gubici evaporacije i transpiracije

Evaporacija ili isparavanje predstavlja prijelaz vode sa sliva u plinovito stanje u atmosferi, a odvija se sa slobodnih vodnih površina i golog tla. Transpiracija je fiziološki proces u kojem voda prolazi kroz pore u lišću odvijajući se u svijetlom dijelu dana. Evapotranspiracija je kombinacija istodobnog djelovanja evaporacije i transpiracije koja je svojstvena biljkama.

- Gubici infiltracije

Infiltracija je proces ulaska vode s površine u tlo ili stijenu i ujedno je glavni proces koji kontinuirano utječe na veličinu, vrijeme i raspodjelu površinskog otjecanja na slivu. Ukoliko je intenzitet oborine veći od intenziteta infiltracije vode u tlu, višak se skuplja po cijeloj površini i formira površinsko tečenje. Početna vrijednost infiltracije je njena maksimalna vrijednost tj. najveći prirast infiltracije je karakterističan za početak samog procesa zbog zajedničkog djelovanja sila gavitacije i kapilariteta. S vremenom se taj iznos smanjuje i dostiže konstantnu veličinu. Prisutna je razlika za različita početna stanja vlažnosti tla, a krajnja vrijednost je potpuno jednaka. Pjeskovita tla imaju najveću, a glinovita tla najmanju sposobnost infiltracije. Za definiranje krivulja infiltracije često se koristi Hortonov model.



Slika 4.2. Hortonov model krivulje infiltracije (Hrelja, 2007.)

• Gubici zadržavanja vode u depresijama

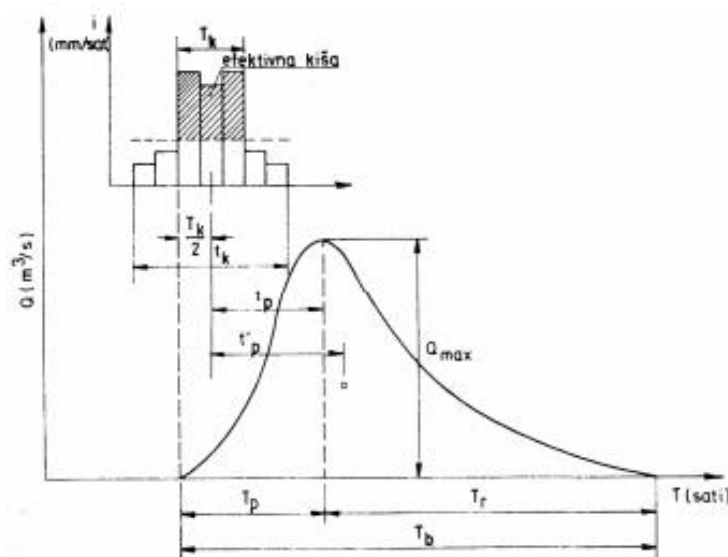
Na bilo kojoj slivnoj površini u prirodi postoje plitke depresije (udubljenja) različitih veličina, oblika i dubina u kojima se, prilikom padalina, formiraju male akumulacije privremeno zadržane vode. Ta voda ne sudjeluje u otjecanju i odatle iščezava zbog infiltracije i/ili isparavanja. Tek nakon što se popune sve depresije na nekoj površini, na njoj se počinje odvijati proces površinskog otjecanja. Dakle, ovaj tip gubitaka se sastoji od dva dijela: zadržavanja u lokvama i jamama, te površinskog zadržavanja ispod vodnog lica površinskog toka.

4.2. Hidrogram otjecanja

Kako bi se odredila varijabilnost otjecanja vode u vodotocima, neophodno je poznavati čimbenike koji utječu na glavne hidrološke parametre. Stoga je glavno polazište hidroloških obrada i analiza poznavanje podataka o oborinama, transpiraciji, isparavanju, vlazi u zemljištu, infiltraciji i sl. Naime, do formiranja otjecanja dolazi upravo u slučaju kada oborine premaše kapacitet infiltracije.

Ukupno otjecanje na izlaznom profilu sliva pojavljuje se kao vremenska funkcija $Q = f(t)$, čiji se grafički prikaz naziva hidrogram otjecanja ili hod protoka. Dakle, hidrogram otjecanja je grafički prikaz protoka vode u analiziranom vodotoku u ovisnosti o vremenu (Žugaj, 2000.). Dobije se tako da se na temelju zabilježenih vodostaja, preko protočne krivulje, odrede odgovarajući protoci. Hidrogram otjecanja je u direktnoj vezi sa

hijetogramom koji je uzrokovao otjecanje vode definirano hidrogramom. Hijetogram je grafički prikaz količina ili intenziteta oborina u ovisnosti o vremenu (Žugaj, 2009.).



Slika 4.3. Hidrogram otjecanja i hijetogram oborine koja ga je izazvala (Hrelja, 2007.)

Na slici 4.3. mogu se uočiti sastavni dijelovi hidrogram otjecanja:

- t_k - trajanje kiše
- T_k - trajanje efektivne kiše
- t_p - vrijeme zakašnjenja
- Q_{max} - vršni (maksimalni) protok
- T_b - vremenska baza hidrograma
- T_p - vrijeme podizanja hidrograma
- T_r - vrijeme recesije (opadanja) hidrograma (u nekima se slučajevima za vrijeme zakašnjenja uzima razmak od težišta hijetograma do težišta hidrograma t'_p).

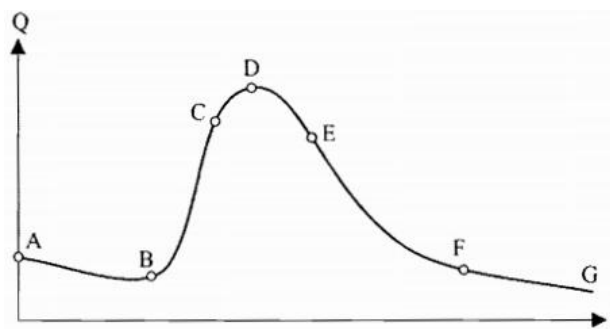
VRIJEME KONCENTRACIJE SLIVA (T_c) - predstavlja vrijeme potrebno da jedna kap efektivne oborine dođe iz najudaljenije točke sliva do protjecajnog profila vodotoka. Vrijeme koncentracije sliva se sastoji od vremena tečenja po terenu t_1 i vremena tečenja po koritu t_2 . Vrijeme putovanja po terenu može biti značajno kod malih slivova, dok je kod velikih slivova ono zanemarivo. Nakon postizanja vremena koncentracije sliva, čitava slivna površina sudjeluje u otjecanju.

VRIJEME ZAKAŠNJENJA (BASIN LAG) - predstavlja svojstvo sliva koje se definira kao vremenska razlika između težišta efektivne oborine i težišta hidrograma direktnog otjecanja. Ono ovisi o duljini puta na kojem se tečenje vrši, brzini tečenja, svojstvima i obliku sliva, padu korita itd.

VREMENSKA BAZA (trajanje hidrograma) – predstavlja zbroj vremena podizanja hidrograma T_p koje traje od početka izravnog dotoka iz oborine do vršnoga (maksimalnog) protoka i vremena recesije ili opadanja hidrograma T_r . Vrijeme recesije je vrijeme od vršnoga (maksimalnog) protoka vodnog vala do kraja vodnoga vala (slika 4.3.).

4.2.1. Komponente hidrograma otjecanja

Hidrogram otjecanja kao posljedica jedne izolirane kiše, uniformnog intenziteta i ravnomjerno raspoređene na slivu, ima karakterističan oblik sa tri osnovna dijela prikazana na slici 4.4. (Hrelja, 2007.).



Slika 4.4. Karakterističan oblik hidrograma otjecanja sa njegovim komponentama (Hrelja, 2007.)

Krivulja AB je hidrogram otjecanja efluentnog vodotoka prije kiše.

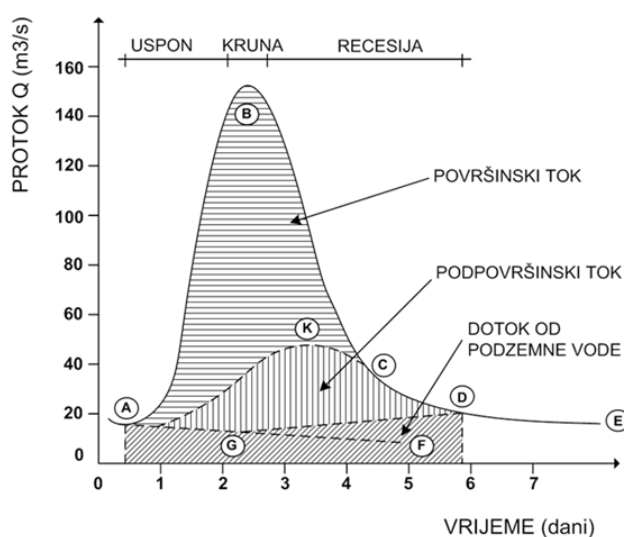
Grana porasta hidrograma ili krivulja koncentracije je dio hidrograma od točke A do točke B na slici 4.4. Taj dio predstavlja rastući dio hidrograma od $t = 0$ do $t = T_c$, gdje T_c predstavlja vrijeme koncentracije sliva. Uzlazna grana hidrograma se pripisuje činjenici doprinosa sve veće i veće slivne površine u otjecanju počinjući sa početkom kiše. Ona postepeno doseže maksimum kada čitava površina počinje doprinositi otjecanju u promatranoj točki vodotoka.

Vršni dio hidrograma predstavlja dio krivulje od točke C do točke E na slici 4.4. Uključuje dio hidrograma otjecanja od točke infleksije na grani porasta do također točke infleksije, ali na opadajućoj grani hidrograma. Vršni dio hidrograma se proteže na vremenskom intervalu od $t = T_c$ do kraja oborine, $t = T_d$ gdje je T_d trajanje oborine. Vrh hidrograma ili maksimalna trenutna vrijednost proticaja (čitava površina sliva počinje da doprinosi otjecanju) javlja se unutar tog intervala.

Krivulja recesije predstavlja konveksnu krivulju od točke E do točke F na slici 4.4., odnosno opadajući dio hidrograma od $t = T_d$ do $t = T_b$ pri čemu je T_b bazno vrijeme kada otjecanje opada do podzemnog ili baznog otjecanja. To znači da ovaj preostali dio hidrograma može, ali i ne mora opadati do proticaja čija je vrijednost nula, ovisno o vrijednosti podzemnog ili baznog otjecanja. Ovaj dio krivulje je posljedica ocjeđivanja nakon prestanka efektivne oborine, odnosno odgovara bezoborinskom razdoblju. Oblik krivulje recesije ovisit će o poroznosti te prihranjivanju iz susjednih slivova.

4.2.2. Krivulja recesije

Recesijska grana hidrograma obuhvaća opadajući dio hidrograma otjecanja koji odgovara bezoborinskom razdoblju (Hrelja, 2007.). Ona predstavlja otjecanje akumulirane vode u slivu sa maksimalnom akumulacijom u točki infleksije upravo na recesijskoj grani hidrograma otjecanja.

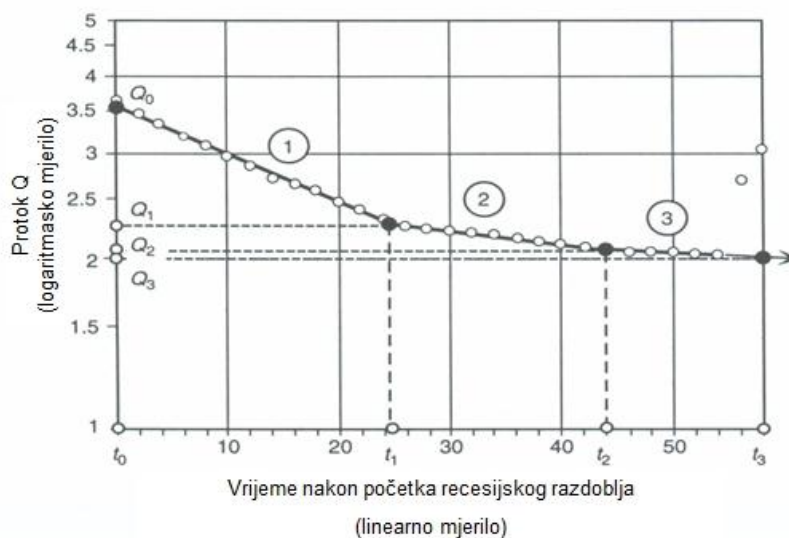


Slika 4.5. Komponente hidrograma otjecanja (Hrelja, 2007.)

Točka D na slici 4.5. predstavlja vrijeme kada nema površinskog otjecanja već je količina vode u rijeci doprinos samo dotjecanja podzemnih voda u mrežu vodotoka. Dakle, javlja se podzemno otjecanje koje se ovisno o karakteristikama slivnog područja može održati kroz dulje ili kraće vremensko razdoblje. Budući da u ovom trenutku nema doprinosa od kiše u otjecanju, oblik krivulje recesije ovisit će o poroznosti i prihranjivanju iz susjednih slivova. Kada su kiše na slivnoj površini koncentrirane bliže promatranoj točki na vodotoku, dužina krivulje recesije će biti kraća, dok će u slučaju kada su kiše koncentrirane bliže kraju slivne površine, njena dužina biti dulja.

Idealni uvjeti za analizu krivulje recesije koji odgovaraju bezoborinskom razdoblju u trajanju nekoliko mjeseci, rijetka su pojava. Upravo veći broj krivulja omogućava definiranje zajedničke prosječne recesijske krivulje i anvelope minimuma.

Radi pojednostavljenja, prikaz recesijske krivulje vrši se u polulogaritamskom mjerilu (slika 4.6.). Pri tome se eksponencijalni oblik krivulje recesije aproksimira pravcima. Takav prikaz krivulje recesije zorno prikazuje tri režima pražnjenja, odnosno eksponencijalna krivulja se sastoji od tri dijela sa tri različita koeficijenta recesije. Koeficijent recesije predstavlja nagib pojedinog pravca.



Slika 4.6. Krivulja recesije prikazana u polulogaritamskom mjerilu (Hrelja, 2007.)

Boussinesq (1877.) je predstavio osnovnu nelinearnu diferencijalnu jednadžbu promatrajući prelazni režim protoka iz neograničenog vodonosnika u tok (*Hall*, 1968.). Linearizirana verzija ove jednadžbe, pod pretpostavkom da su vertikalne komponente

strujanja i kapilarni učinci iznad razine vode zanemarivi, se naziva Dupuit-Boussinesqova jednačba (ponekad i Mailletova jednačba) i glasi:

$$Q(t) = Q_0 \cdot \exp(-kt) \quad (4.2)$$

gdje je $Q(t)$ protok u vremenu t ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), Q_0 je protok na početku recesije ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), a k je koeficijent recesije (l s^{-1}).

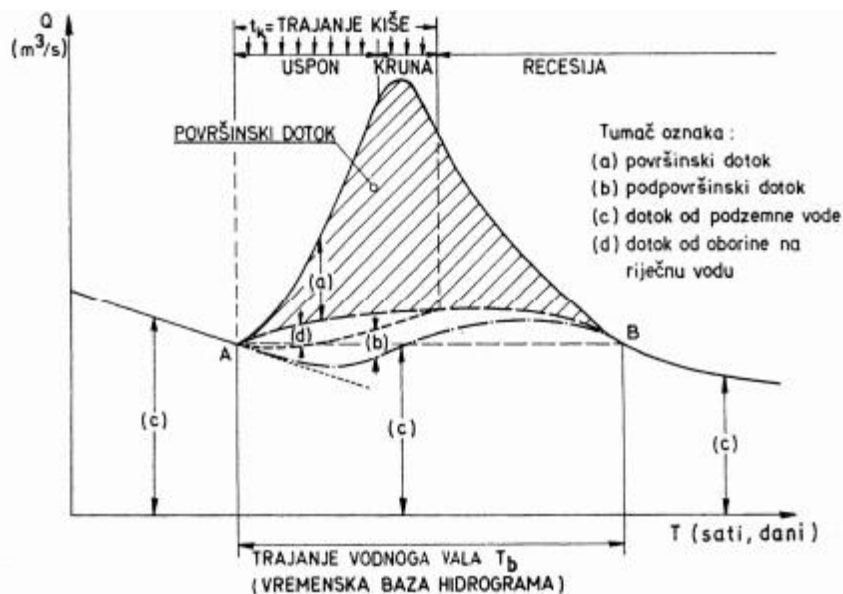
Francuski inženjer Maillet dao je izaz za recesijsku krivulju ili kako se još naziva, krivulju iscrpljenja podzemnih voda:

$$Q(t) = Q(t_0) \cdot e^{-\alpha(t-t_0)} \quad (4.3)$$

gdje je $Q(t)$ protok u vremenu (t) , $Q(t_0)$ je protok na početku recesije (početna točka na krivulji recesije), a α je koeficijent recesije sa dimenzijom (T^{-1}).

4.2.3. Razdvajanje hidrograma

Efluentni vodotok (*Hrelja, 2007.*) je vodotok koji se „hrani“ podzemnom vodom iz svog priobalja, ima razmjerno bogate male vode i razmjerno malen odnos malih i srednjih voda. Kod ovakvih vodotoka, ukupno otjecanje kao količina vode koja se javlja na izlaznom profilu slivnog područja sadrži četiri komponente: površinsko otjecanje, podpovršinsko otjecanje, podzemno otjecanje i otjecanje uzrokovano kišom koja je pala neposredno na površinu vodotoka (slika 4.7.).

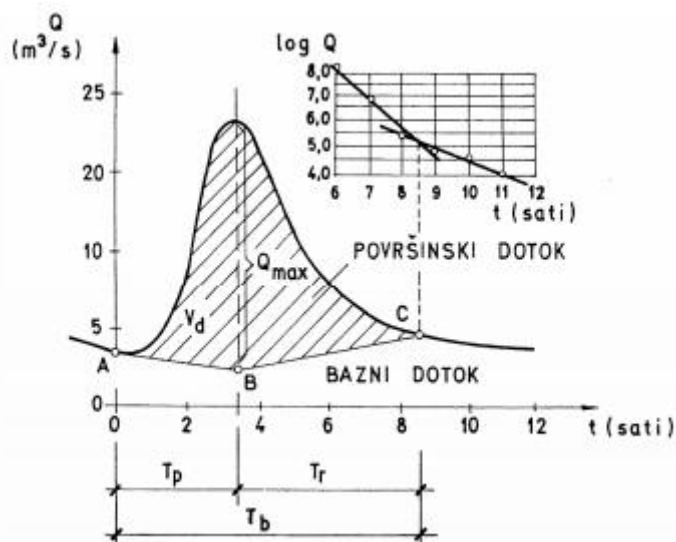


Slika 4.7. Glavne komponente otjecanja (Žugaj, 2009.)

U hidrološkoj praksi se teško mogu odvojiti sve navedene komponente hidrograma otjecanja, pa razdvajanje, separacija ili analiza hidrograma obuhvaća razdvajanje izravnog ili direktnog od baznog otjecanja (slika 4.8.). Direktno otjecanje je onaj dio ukupnog otjecanja koji je nastao uslijed oborine direktno pale na površinu vodotoka, terena i uslijed brzog potpovršinskog otjecanja. Bazno otjecanje obuhvaća komponentu sporog potpovršinskog otjecanja i otjecanja podzemnih voda.

Međutim, izraz „bazno otjecanje“ je pojam dvosmislenog značenja. Bazno otjecanje se može definirati kao procjeđivanje podzemne vode u plitkim akviferima (Wittenberg, 2003.), što je dinamičnije i varijabilnije od definicije: „komponentu sporog otjecanja smatramo baznim otjecanjem u tradicionalnoj hidrologiji poplava“ (Wittenberg, 2003.). Dok u prvom slučaju, izravno ili direktno otjecanje obuhvaća samo oborinu u pojedinom slučaju (Wittenberg, 2003.), u drugom slučaju, direktno otjecanje također sadrži brzu reakciju podzemlja i time je mješavina „stare“ i „nove“ vode.

Chapman (1999.) razlikuje inženjerski pristup baznom otjecanju kao „podzemnom otjecanju u sušnom razdoblju“ kao rezultat podzemnog protoka, analize sistema „sporog otjecanja“ i analizu „prethodno zabilježenog toka“ koju su proveli znanstvenici hidrolozi. Peters i van Lanen (2005.) su također spominjali dvije različite definicije.



Slika 4.8. Odvajanje direktne i bazne komponente hidrograma otjecanja (Žugaj, 2009.)

4.3. Koeficijent otjecanja

Koeficijent otjecanja ima široku primjenu i često se koristi za opisivanje odgovora sliva, bilo na godišnjoj bazi ili na bazi pojedinog događaja. Godišnji koeficijent otjecanja može predstavljati odnos ukupnog otjecanja i ukupne količine oborine (postotak oborine koji nije izgubljen na evapotranspiraciju, pretpostavljajući da je uskladištenje značajno na godišnjoj osnovi i da ne postoji odljev podzemnih voda iz sliva) (Savenije, 1996.; McNamara i sur., 1998.) ili odnos direktnog otjecanja i ukupne količine oborine (postotak brze komponente) (Hewlett i Hibbert, 1967.; Woodruff i Hewlett, 1970.; Van Dijk i sur., 2005.). Međutim, terminologija nije dosljedna kroz znanstvenu literaturu. U svom istraživačkom radu, Hewlett i Hibbert (1967.) ovaj parametar nazivaju „faktor odgovora“, Woodruff i Hewlett (1970.) „hidrološki odgovor“, McNamara i sur. (1998.) „omjer otjecanja“, a Savenije (1996.) i van Dijk i sur. (2005.) ga nazivaju „godišnji koeficijent otjecanja.“

Koeficijenti otjecanja pojedinih oborinskih epizoda se određuju ili korištenjem omjera ukupnog otjecanja i ukupno pale oborine (Burch i sur., 1987.; Iroumé i sur., 2005.), ili, nakon razdvajanja hidrograma, korištenjem omjera volumena otjecanja oborinske epizode i ukupnih oborina, odnosno kao postotak pale kiše koja se pojavljuje kao otjecanje tijekom, ili neposredno nakon, oborinske epizode (McNamara i sur., 1997., 1998.; Siddle i sur., 2000.; Bowden i sur., 2001.; Schellekens i sur., 2004.).

Dakle, koeficijent otjecanja C , kao jedan od osnovnih pokazatelja procesa transformacije oborina u otjecanje (*Žugaj, 2009.*), definira se kao odnos efektivne (neto) oborine P_e i oborine koja padne na sliv (bruto oborine) P :

$$C = \frac{P_e}{P} \quad (4.4)$$

Koeficijent otjecanja sa sliva predstavlja postotak otjecanja u odnosu na bruto količinu oborine pale na neko slivno područje. Za srednji protok glasi:

$$C = \frac{Q \cdot T}{P \cdot A} \quad (4.5)$$

gdje je Q (m^3/s) srednji protok (mjesečni, godišnji, višegodišnji), T (s) trajanje srednjega protoka, P (m) oborina koja padne na sliv, a A (m^2) površina sliva.

Koeficijent otjecanja mora imati vrijednost manju od 1 ili 100% (ukoliko je isti izražen u postotku), odnosno volumen otekle vode sa sliva uvijek je manji od volumena ukupnih oborina.

Kao što je prethodno spomenuto, postoje različiti nazivi za isti parametar - koeficijent otjecanja što otežava međusobnu usporedbu različitih istraživanja. Dodatan problem stvara i činjenica da pojam „koeficijent otjecanja“, neovisno o tome da li se odnosi na ukupno otjecanje ili brzo otjecanje kao dio oborine, često opisuje različite parametre.

Vrijednosti koeficijenta otjecanja koji ovisi o vrsti tla i uporabi zemljišta, obično su dane u tablicama za racionalnu metodu. Racionalna metoda se koristi za proračun hidrograma otjecanja s malih slivnih površina pravilnog oblika i kada su gubici približno konstantni u vremenu. Ta metoda je jednostavan model oborina – otjecanje, kod kojeg vrijedi da je vršni protok proporcionalan intezitetu oborine za određeni sliv (izraz (4.6)). Ove vrijednosti su definirane kao omjer otjecanja i oborine (*Pilgrim i Cordery, 1992.*). Međutim, promatrajući formulu racionalne metode (izraz (4.6)), jasno je da je C jednak omjeru specifične vršne vrijednosti otjecanja (mm h^{-1}) i inteziteta oborina (mm h^{-1}), pri čemu površina sliva A (km^2) i faktor pretvorbe F jednostavno pretvaraju protok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) u specifični protok (mm h^{-1}). U tom slučaju, razdvajanje hidrograma ne prethodi izračunu:

$$Q_p = F \cdot C \cdot i \cdot A \quad (4.6)$$

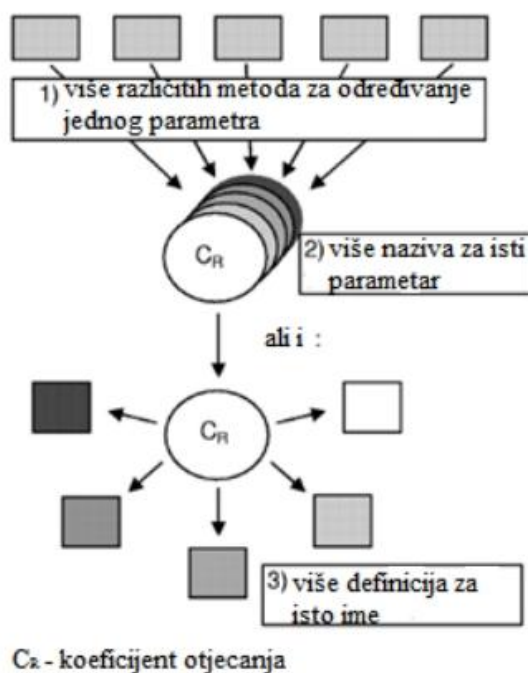
gdje je Q_p vršni protok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), C je koeficijent otjecanja, i i je intezitet oborine (mm h^{-1}).

Koristeći protok jedne oborinske epizode umjesto ukupnog protoka omogućuje istraživanje sustava oborina - otjecanje za taj jedan događaj, dok bi korištenje ukupnog protoka rezultiralo kombiniranjem otjecanja za jedan događaj sa uvjetima protoka koji su prethodili tom istom događaju, bilo da se radi o maksimalnom protoku u kišnim sezonama ili minimalnom protoku tijekom ljeta.

Trenutno stanje nedosljednosti u terminologiji, kao i u metodologiji sažeto je na slici 4.9. Prvi dio slike sažima činjenicu da se općenito, koeficijent otjecanja oborinske epizode određuje pomoću: (a) ukupnog otjecanja, ili (b) direktnog otjecanja kao dijela ukupne oborine. U slučaju (b), za potrebe određivanja direktnog otjecanja neophodno je razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja, što povećava neodređenost tog termina, budući da različite metode razdvajanja hidrograma rezultiraju različitim vrijednostima direktnog otjecanja. Zbrka proizlazi upravo iz različitih metoda razdvajanja baznog toka.

Hewlett i Hibbert (1967.) navode: „Najjednostavniji faktor odgovora je R_p , koji je izražen kao dio oborina i topljenja snijega koji otječe kao brzi tok. Ovakve usporedbe nisu nove; direktno otjecanje, odvojeno od baznog otjecanja u raznim metodama, često je prikazano kao djelić pojedinačnih pljuskova. No, zbog nedostatka univerzalne metode razdvajanja hidrograma, izgleda da nema uloženog napora u proširenje ovog jednostavnog koncepta sustava otjecanja na slivu.“

Unatoč činjenici da su gotovo četiri desetljeća prošla od tada, još uvijek je prisutan nedostatak standardne metode razdvajanja hidrograma. Koeficijent otjecanja se još uvijek utvrđuje, prikazuje i uspoređuje na temelju raznolikosti tehnika razdvajanja.



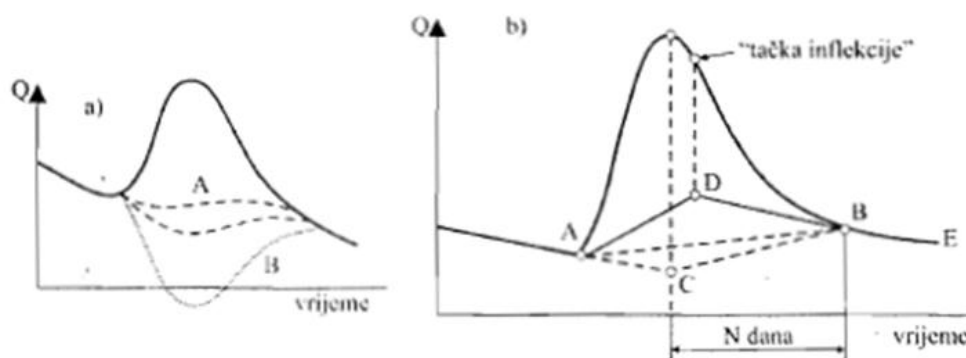
Slika 4.9. Koeficijenti otjecanja (C_R); trenutno stanje nedosljednosti u terminologiji i metodologiji (Blume i sur., 2007.)

Koeficijent otjecanja će imati vjerodostojniju vrijednost ukoliko ne služi za određivanje odnosa otjecanja i padalina za jednu, ili nekoliko kiša, već za cijelu godinu ili za cijeli višegodišnji period. Ovaj pristup je logičan, jer tijekom jedne godine nastupaju različite kiše (različitog intenziteta i trajanja), padaju i na vlažno i na suho tlo, na kojem ima i nema vegetacije, u periodu manjeg i većeg isparavanja, pa je godišnji koeficijent otjecanja izraz prosječnog stanja za godinu promatranu kao cjelinu, a ovo se od godine do godine znatno manje mijenja nego od kiše do kiše .

5. METODE RAZDVAJANJA KOMPONENTI HIDROGRAMA OTJECANJA

5.1. Odvajanje baznog otjecanja kod efluentnog vodotoka

Kod efluentnog vodotoka, hidrogram podzemnog otjecanja može imati dva ekstremna oblika (Hrelja, 2007.). Ako pri podizanju nivoa vode u koritu dolazi do znatnijeg prelaženja vode u podzemlje, dotok podzemne vode je negativan (ili nula), i takva situacija ostaje do pojave vrha hidrograma otjecanja, zatim se dotok podzemne vode poveća da bi, po prestanku površinskog otjecanja, hidrogram podzemne vode slijedio krivulju recesije (slika 5.1.b). U drugom ekstremnom slučaju, moguće je pretpostaviti da hidrogram podzemne vode ima oblik kao na slici 5.1.a. Hidrogram bazne komponente otjecanja kod malih i srednjih vodotoka nalazit će se između ova dva ekstrema.



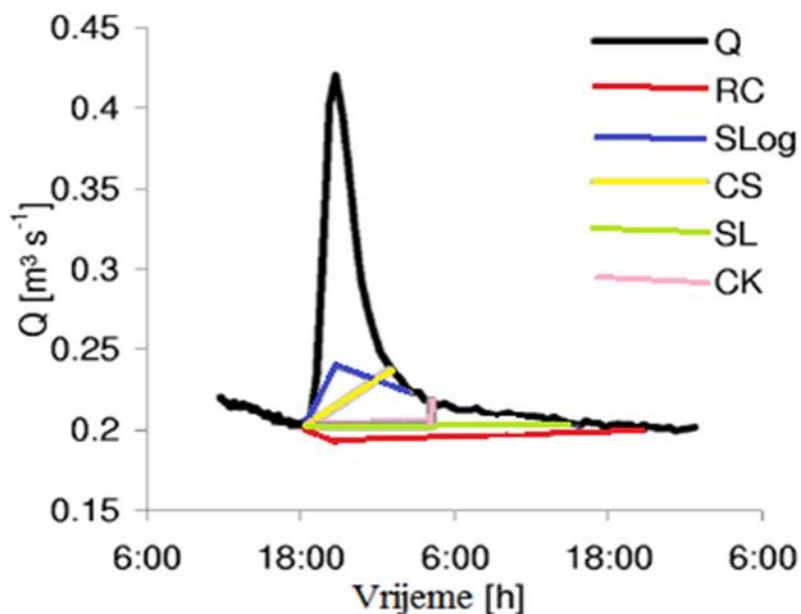
Slika 5.1. (a) Mogući oblici hidrograma baznog otjecanja, (b) Načini za izdvajanje baznog otjecanja

(Hrelja, 2007.)

Krivulja koncentracije hidrograma podzemnih voda se teško određuje ali, s obzirom da zapremina podzemne vode do vrha hidrograma najčešće nije značajna, pretpostavke o obliku grane porasta neće unijeti značajniju pogrešku u proračun.

5.2. Standardne metode razdvajanja baznog otjecanja

Za određivanje direktnog otjecanja koriste se tri često korištene grafičke metode separacije (npr. *Dingman, 2002.*), kao i jednostavna SL metoda i novorazvijena metoda (slika 5.2.).



Slika 5.2. Metode razdvajanja hidrograma otjecanja uključujući novu CK metodu (Blume i sur., 2007.)

(RC: recession continued; SL: semi-logarithmic plot; CS: constant slope; SL: straight line; CK: constant-k method)

1. Za prvu metodu (RC), recesija koja prethodi događaju se nastavlja ispod maksimuma, a potom se spaja sa točkom na hidrogramu, N dana nakon maksimuma pri čemu je $N = 0,827 \times A^{0.2}$, gdje je A otjecajna površina u km^2 (*Dingman, 2002.*).
2. Za drugu metodu (SLog) hidrogram je nacrtan polu-logaritamski, ravna linija je postavljena prema kraju krivulje recesije, prenesena natrag u aritmetičko mjerilo, i zatim se koristi za predviđanje recesije unatrag ispod maksimuma. Ova točka tada je povezana s početnom točkom podizanja hidrograma (*Dingman, 2002.*).

3. Treća metoda (CS) koristi liniju s konstantnim nagibom od $0,05 \text{ (ft}^3 \text{ s}^{-1}) \times A \text{ (mi}^2)$ na sat, što je jednako $1,415 \times 10^{-3} \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}) \times 2,59^{-1} \times A \text{ (km}^2)$ po satu, povezujući prvu točku podizanja hidrograma sa točkom u kojoj siječe krivulju recesije (*Dingman, 2002.*).
4. Metoda ravne linije (SL) jednostavno povezuje točku u kojoj se protok najprije poveća sa točkom na krivulji recesije u kojoj je protok jednak.
5. Novorazvijena metoda (CK) opisuje se u sljedećem poglavlju.

5.3. Nova metoda razdvajanja komponente baznog otjecanja: Metoda konstantnog „k“ (CK metoda)

Prethodno opisane grafičke metode razdvajanja hidrograma imaju nedostatak fizikalne osnove u interpolaciji baznog otjecanja, kao i u određivanju kraja otjecanja oborinske epizode (krajnje točke). Polu-logaritamska metoda (Slog metoda) ima fizikalnu osnovu za određivanje krajnje točke, ali istodobno uvodi određeni stupanj subjektivnosti. Novorazvijena metoda konstantnog „k“ (*Blume i sur., 2007.*) teoretski je zasnovana i objektivna u određivanju krajnje točke, ali nije fizikalno utemeljena u interpolaciji hidrograma baznog otjecanja.

Metoda konstantnog „k“ se temelji na pretpostavci da je tok podzemne vode (bazni tok) linearna komponenta otjecanja, te se očekuje eksponencijalni pad krivulje recesije baznog toka. Pri određivanju koeficijenta recesije, „k“, eksponencijalnom funkcijom u izrazu (5.1) za sve točke na hidrogramu, moguće je odrediti točku u vremenu, t_e , nakon što je „k“ približno konstantan. Stoga, t_e se definira kao kraj otjecanja oborinske epizode i „k“ (min^{-1}) se računa za svaku točku, diferenciranjem Dupuit-Boussinesqove jednadžbe (4.2):

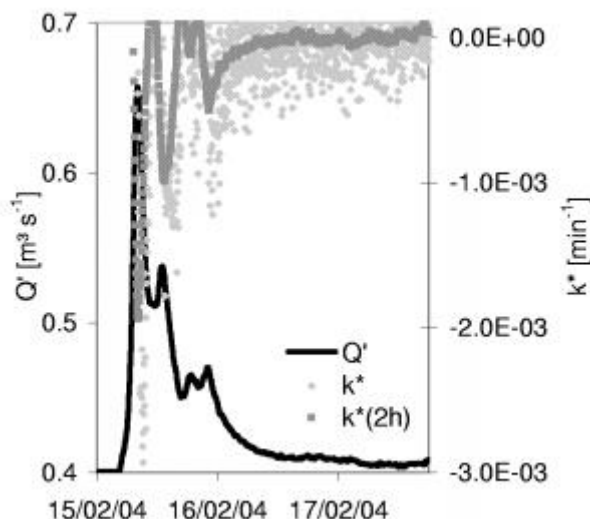
$$\frac{dQ}{dt} = -k \cdot Q(t) \quad (5.1)$$

i dijeljenjem sa $Q(t)$:

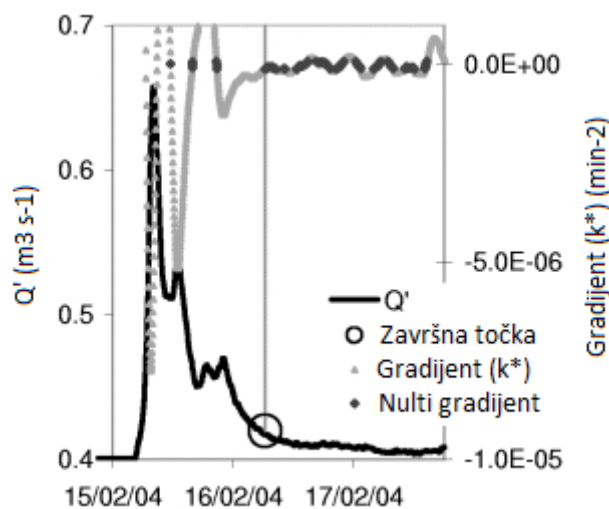
$$k = \frac{-dQ}{dt} \cdot \frac{1}{Q(t)} \quad (5.2)$$

U slučaju gdje Q teži nuli u uvjetima niskog protoka, „ k “ postaje osjetljiv na vrlo male promjene Q . Kako bi se smanjila osjetljivost „ k “ u odnosu na početne vrijednosti od Q , svi slučajevi su standardizirani s obzirom na prethodni događaj Q , a time i njihovu osnovu. Ova modificirana osnova izabrana je da bude srednje godišnje istjecanje. Međutim, primjena jednadžbe (5.2) sa modificiranim vremenskim serijama protoka ne rezultira vrijednošću „ k “ (stvarnim koeficijentom recesije), već „ k^{**} “ (stabiliziranim koeficijentom recesije). Ova modifikacija je održiva, iako točna vrijednost „ k “ ovdje nije područje interesa, već napredak „ k “ tijekom vremena. Hidrogram za jedan događaj, kao i za vrijednosti „ k^{**} “ i dvosatni pomični prosjek od „ k^{**} “ su prikazani na slici 5.3. U sljedećem koraku, gradijent regresijske linije od „ k^{**} “ je određen za svaku podatkovnu točku tijekom razdoblja od sljedećih pet sati. Krajnja točka protoka oborinske epizode, t_e , definira se kao točka u kojoj se gradijent „ k^{**} “ aproksimativno približava nuli ($\pm 10^{-7} \text{ min}^{-2}$), odnosno točka gdje „ k^{**} “ postaje konstantan (slika 5.4). Nije moguće odabrati egzaktenu vrijednost nule za ovaj kriterij, budući da „ k^{**} “ teži blagom osciliranju, čak i u kasnim vremenima. Granična vrijednost od 10^{-7} min^{-2} je općenito dva ili tri reda veličine manje od maksimalnih gradijenta.

Interpolacija baznog otjecanja hidrograma između početka oborinske epizode i određene završne točke otjecanja je proizvoljna i nije bliska stvarnosti (razdvajanje hidrograma bazirano na traser testu često rezultira hidrogramima prethodnog događaja, koji su oblikom slični hidrogramu pljuskova). Međutim, budući da je nemoguće reproducirati „stvarno“ bazno otjecanje hidrograma, jednostavna, objektivna metoda interpolacije smatra se prikladnom. Stoga se koristi najjednostavnija metoda – SL metoda, uz pretpostavku konstantnog baznog otjecanja sa režimom protoka prethodnog događaja. Dobiveno razdvajanje (CK) u usporedbi sa drugim grafičkim metodama odjeljivanja prikazano je na slici 5.2.



Slika 5.3. Konstantna-k metoda za sliv Tres Arroyos na jugu Čilea: određivanje „ k^* “ i njegov dvosatni pomični prosjek za svaku podatkovnu točku; Q' = protok sa modificiranom osnovom ($0,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ za svaku oborinsku epizodu) (Blume i sur., 2007.)



Slika 5.4. Konstantna-k metoda za sliv Tres Arroyos na jugu Čilea: određivanje gradijenta od k^* (ovdje je prikazan kao negativne vrijednosti radi bolje vizualizacije), točaka u kojima je vrijednost gradijenta jednaka nuli i rezultirajuće krajnje točke otjecanja; Q' = protok sa modificiranom osnovom ($0,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ za svaku oborinsku epizodu) (Blume i sur., 2007.)

5.4. Linearni statistički model

U svrhu istraživanja procesa otjecanja bez detaljnih modeliranja, analiziraju se međudnosi između koeficijenta otjecanja oborinske epizode i raznih parametara koji opisuju ulazne podatke oborina i karakteristike hidrograma (*Blume i sur., 2007.*). To je moguće napraviti pomoću korelacijskih matrica (*McNamara i sur., 1998.*), ili statističkim modelima poput onih koje su koristili *Hewlett i sur. (1977., 1984.)* u procjeni olujnih protoka. Linearni statistički modeli u ovom istraživanju su određeni sa „logit-transformiranim“ C_R (izraz (5.3)) kao rezultatom varijabilnih i različitih parametara koji opisuju ulazne podatke oborine ili karakteristike hidrograma kao varijable koje je moguće procijeniti. „Logit transformacija“ $C_R - a$ je potrebna jer se vrijednosti C_R kreću između 0 i 1, dok se transformirane vrijednosti nalaze između $-\infty$ i ∞ . Bez te transformacije, linearni statistički model mogao bi predvidjeti besmislen koeficijent otjecanja oborinske epizode manji od 0 ili veći od 1. „Logit transformacija“ opisana je sljedećom jednadžbom:

$$C_R \text{ trans} = \ln[C_R/(1 - C_R)] \quad (5.3)$$

Varijable koje je moguće predvidjeti su: ukupne oborine, protok prethodne oborinske epizode, količina oborina tijekom prva dva sata oborinske epizode, maksimalni satni intenzitet oborine, srednji satni intenzitet oborine, trajanje oborina, zakašnjenje odgovora, vrijeme zakašnjenja između oborine i težišta otjecanja kao i krajnje točke. S obzirom na značaj predviđenih varijabli i slaganja s modelom, opisano sa R^2 , odabran je najbolji model i njegova izvedba je određena na temelju metode „jack-knifing“. „Jack-knifing“ dopušta popravak modela, dok zauzvrat ispušta jednu ulaznu vrijednost za drugom. Rezultat ovog postupka je n modela (n je veličina uzorka korištena za izradu modela). Svaki od ovih modela se može koristiti za predviđanje pojedine vrijednosti izostavljene tijekom kalibracije modela. Time je moguće provjeriti model, bez potrebe za dodatnim podacima. Izvedba modela određena je pomoću Nash-Sutcliffeove učinkovitosti:

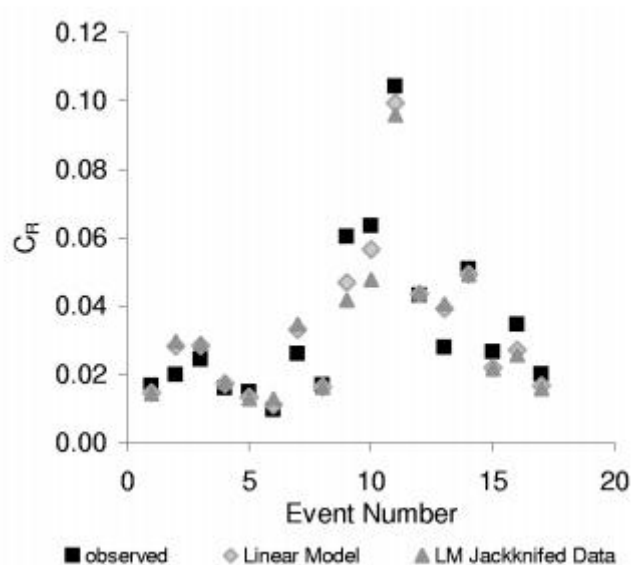
$$NS = 1 - \frac{\sum(C_R \text{ obs}_i - C_R \text{ mod}_i)^2}{\sum(C_R \text{ obs}_i - \overline{C_R \text{ obs}})^2} \quad (5.4)$$

(gdje su $C_R \text{ obs}$ opaženi koeficijenti otjecanja, $C_R \text{ mod}$ modelirani koeficijenti otjecanja, a $\overline{C_R \text{ obs}}$ je srednja vrijednost opaženih koeficijenta otjecanja), uz srednju apsolutnu pogrešku (MAE) i srednju apsolutnu pogrešku izraženu u postotku (MAEP):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |C_{Robs_i} - C_{Rmod_i}| \quad (5.5)$$

$$MAEP = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{C_{Robs_i} - C_{Rmod_i}}{C_{Robs_i}} \right| \cdot 100\% \quad (5.6)$$

Dakle, u svrhu ispitivanja robusnosti modela i njegove sposobnosti predviđanja, provedena je metoda „jack-knifing“. Ova metoda je poželjnija od pristupa razdvojenih uzoraka zbog male veličine uzorka. Svaki od dobivenih n modela se koristi za predviđanje vrijednosti izostavljenih tijekom kalibriranja. Na slici. 5.5, te predviđene vrijednosti uspoređene su sa „opaženim“ C_R vrijednostima i vrijednostima vraćenim od kalibriranog modela. U ovom slučaju, „opažene“ vrijednosti se odnose na izračunate vrijednosti iz mjerenih podataka.



Slika 5.5. Linerni statistički model za sliv Tres Arroyos na jugu Čilea: opaženi, modelirani podaci i podaci dobiveni metodom „jack-knifing“ (bezdimenzionalni koeficijenti otjecanja) (Blume i sur., 2007.)

6. HIDROLOŠKA ANALIZA

U sklopu ovog istraživanja analizirani su satni protoci mjereni u tri kanala koji se spajaju u jedno korito, a to su Novi kanal, kanal Majdan i Dioklecijanov kanal, za razdoblje od 1. siječnja 2011. godine do 31. prosinca 2013. godine. Za isti period su analizirane i oborine izmjerene na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko. Hidrološkom analizom obuhvaćen je izračun srednjih dnevnih protoka, mjesečnih i godišnjih maksimuma, minimuma i srednjih vrijednosti protoka, te srednjeg kvadratnog odstupanja (varijance) i standardnog odstupanja (devijacije) tih protoka. Također, određen je hidrogram otjecanja za svaku pojedinu godinu, ali i hijetogram oborine koja je ga je izazvala.

6.1. Analiza mjerenih oborina

Oborina se razlikuje od drugih meteoroloških elemenata. Budući da je oborina količinski element, uvijek je riječ o dnevnoj, mjesečnoj ili pak godišnjoj oborini, a njenu srednju vrijednost je moguće koristiti tek ako je mjerena nekoliko godina.

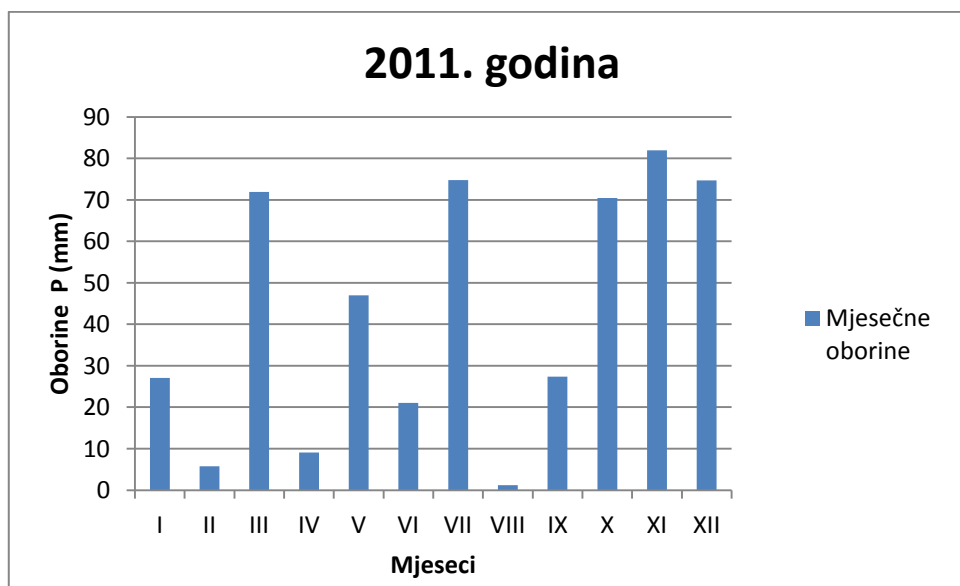
U ovom istraživanju, na osnovu satnih podataka o oborini mjenjenih na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko, određena je dnevna količina oborine. Dnevna količina oborine određena je kao zbroj svih izmjerenih satnih oborina palih u tom jednom danu. Istom analogijom se određuje mjesečna količina oborina dakle, kao zbroj svih dnevnih količina oborine pale u promatranom mjesecu.

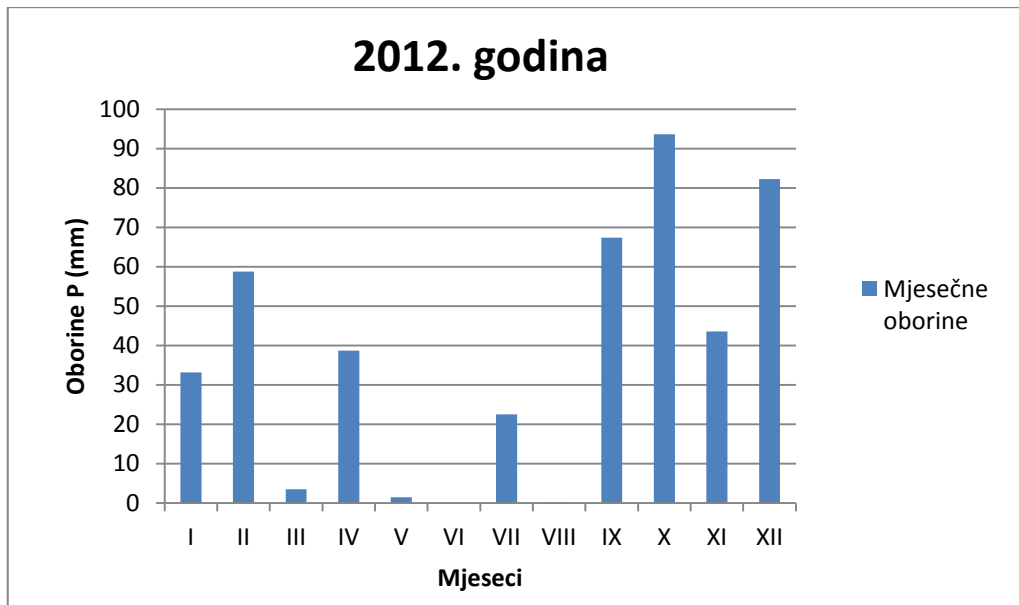
U tablici 6.1. dane su vrijednosti mjesečnih i godišnjih oborina izmjerenih na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko, te su izračunate srednja, minimalna i maksimalna vrijednost oborine za dane godine.

Tablica 6.1. Mjesečne i godišnje oborine izmjerene na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko

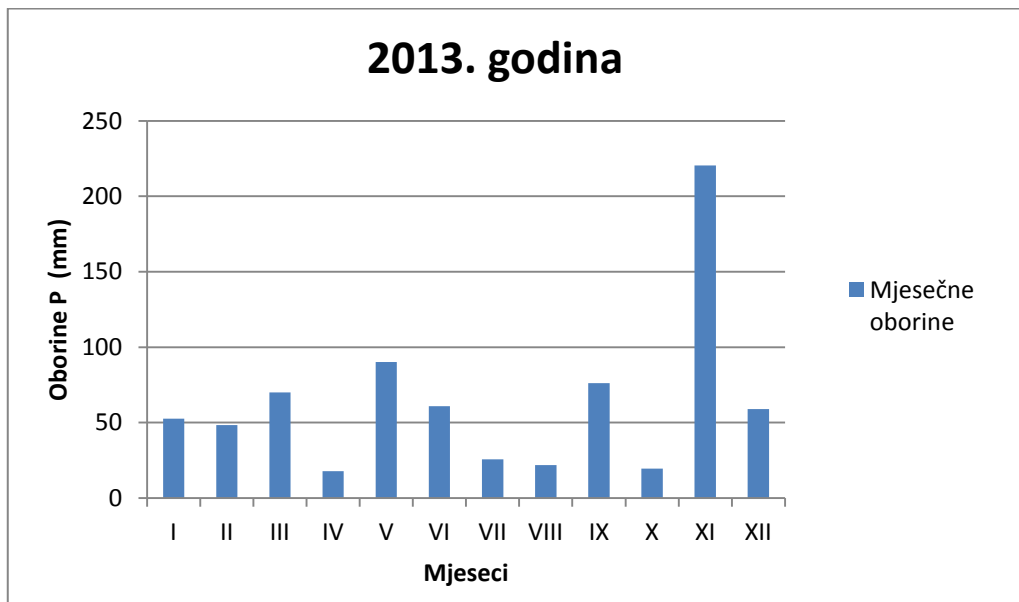
GOD.	MJESEC												Godišnje oborine (Σ)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2011.	27,08	5,75	71,92	9,08	46,95	21,07	74,76	1,20	27,33	70,43	81,93	74,70	512,20
2012.	33,13	58,78	3,47	38,63	1,45	0,00	22,52	0,03	67,34	93,60	43,57	82,22	444,73
2013.	52,74	48,46	69,97	17,91	90,27	61,01	25,65	21,77	76,15	19,58	220,40	58,97	762,88
Psred	37,65	37,66	48,45	21,87	46,22	27,36	40,98	7,67	56,94	61,21	115,30	71,96	
Pmax	52,74	58,78	71,92	38,63	90,27	61,01	74,76	21,77	76,15	93,60	220,40	82,22	
Pmin	27,08	5,75	3,47	9,08	1,45	0,00	22,52	0,03	27,33	19,58	43,57	58,97	

U nastavku su dani grafički prikazi oborina u vremenu, zasebno za 2011., 2012. i 2013. godinu, te graf sa zajedničkim prikazom sve tri godine iz kojeg je evidentno da su u studenom 2013. godine izmjerene najveće količine oborina. Dakle, maksimalne mjesečne oborine koje su se pojavile u periodu od 1. siječnja 2011. do 31. prosinca 2013. godine iznosile su 220,4 mm.

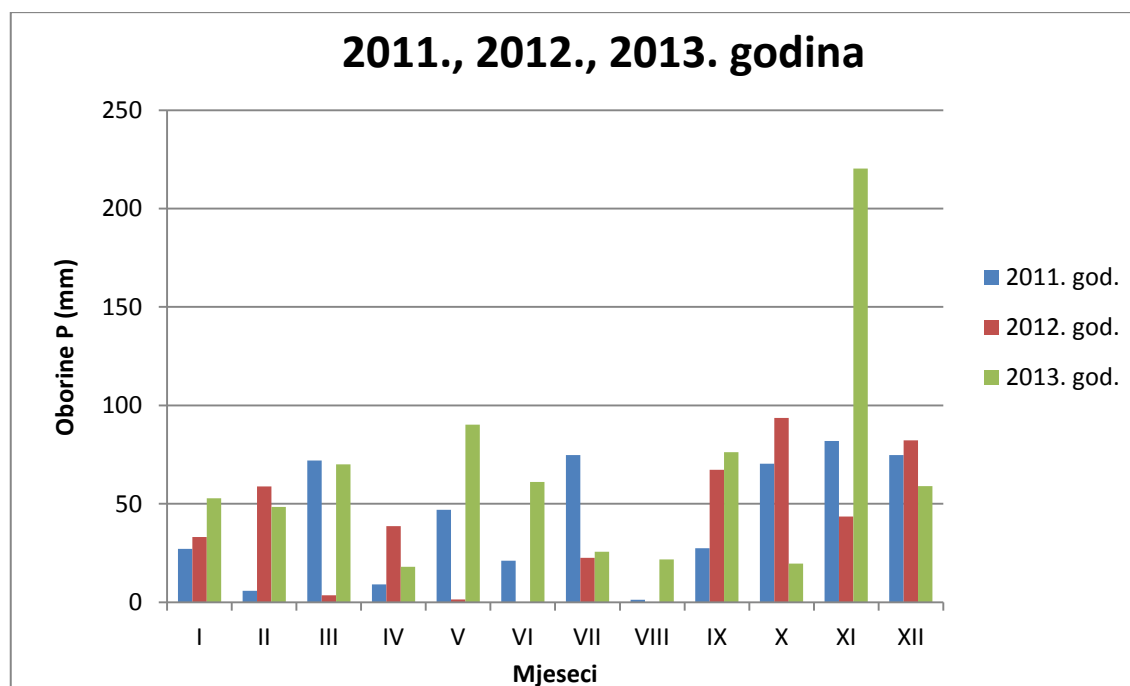
**Slika 6.1.** Hijetogram oborina za 2011. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko



Slika 6.2. Hijetogram oborina za 2012. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko



Slika 6.3. Hijetogram oborina za 2013. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko



Slika 6.4. Hijetogram oborina za 2011., 2012. i 2013. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko

6.2. Analiza mjerenih protoka

Na temelju raspoloživih satnih protoka na vodomjernim postajama Novi kanal, Majdan i Dioklecijanov kanal određeni su srednji dnevni protoci izvora rijeke Jadro. Satni protoci izmjereni u svakom od navedena tri kanala najprije su sumirani za svaki sat kako bi se dobili ukupni satni protoci izvora rijeke Jadro. Nakon toga su zbrojena 24 satna protoka jednog dana i podijeljena sa 24 sata tog istog dana kako bi se dobio srednji dnevni protok za svaki dan.

U priloženoj tablici 6.2., 6.3. i 6.4. dane su vrijednosti srednjih dnevnih protoka i izračunate srednja, minimalna i maksimalna vrijednost protoka, kao i statističke karakteristike protoka (varijanca i standardna devijacija).

Tablica 6.2. Srednji dnevni protoci za 2011. godinu

2011. godina												
dan/mje	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	15,61	7,33	7,04	8,53	7,27	5,65	5,08	5,27	4,41	4,20	4,77	6,45
2	14,75	7,32	7,10	8,30	7,98	5,68	5,10	5,01	4,40	4,20	4,73	6,16
3	14,04	7,30	7,78	8,12	9,97	5,67	5,03	4,90	4,41	4,21	4,59	6,07
4	13,11	7,10	8,49	7,97	11,34	5,59	4,95	4,85	4,39	4,18	4,54	5,86
5	12,25	7,04	8,80	7,77	9,60	5,50	4,93	4,71	4,40	4,20	4,54	5,81
6	11,40	7,04	8,69	7,60	8,30	5,39	4,90	4,70	4,41	4,18	4,62	5,83
7	10,70	6,92	8,40	7,50	7,60	5,40	4,90	4,68	4,39	4,18	7,56	5,85
8	10,08	6,82	8,05	7,29	7,17	5,38	4,89	4,57	4,39	4,19	6,77	5,83
9	9,59	6,83	7,88	7,25	6,91	5,53	4,89	4,53	4,40	4,18	15,15	5,63
10	9,31	6,80	7,68	7,13	6,62	5,62	4,89	4,54	4,41	4,20	11,85	5,62
11	9,13	6,68	7,47	6,99	6,50	5,59	4,88	4,53	4,40	4,16	9,57	5,62
12	11,08	6,59	7,40	6,99	6,37	5,48	4,88	4,55	4,39	4,11	8,01	5,52
13	11,19	6,54	7,26	6,98	6,24	5,42	4,89	4,54	4,42	4,10	7,15	13,84
14	10,57	6,39	9,28	6,99	6,09	5,42	4,88	4,53	4,38	4,08	6,47	15,81
15	9,99	6,34	11,47	6,80	6,05	5,43	4,88	4,53	4,39	4,10	6,04	12,33
16	9,53	6,36	12,08	6,74	6,70	5,29	4,84	4,51	4,42	4,08	5,83	10,38
17	9,12	9,94	28,62	6,53	6,37	5,25	4,83	4,50	4,38	4,10	5,67	13,61
18	8,80	9,79	27,69	6,52	6,25	5,26	4,83	4,52	4,32	4,08	5,51	15,68
19	8,56	8,88	23,34	6,38	6,26	5,27	4,89	4,52	4,25	4,09	5,45	15,12
20	8,39	8,30	20,02	6,29	6,11	5,26	4,88	4,53	4,24	4,15	5,28	17,52
21	8,20	7,94	17,22	6,29	6,04	5,25	4,90	4,51	4,22	5,08	5,24	15,93
22	8,12	7,92	15,56	6,23	6,04	5,24	4,89	4,52	4,23	4,77	5,21	14,08
23	7,90	7,74	14,42	6,09	6,03	5,23	5,42	4,51	4,24	4,52	7,07	12,26
24	7,92	7,56	13,45	6,07	6,03	5,14	5,35	4,51	4,22	4,37	16,52	10,70
25	7,91	7,36	12,50	6,08	5,94	5,09	5,49	4,51	4,22	4,29	13,75	9,59
26	7,69	7,34	11,53	6,08	5,80	5,09	4,82	4,44	4,23	4,28	10,90	8,79
27	7,61	7,25	10,58	6,06	5,82	5,09	4,69	4,40	4,20	6,07	9,13	8,38
28	7,58	7,13	9,73	6,04	5,78	5,09	4,94	4,39	4,21	6,70	8,03	8,16
29	7,37	-	9,18	5,97	5,66	5,07	8,49	4,38	4,21	5,80	7,35	7,82
30	7,34	-	8,90	5,89	5,60	5,08	7,06	4,39	4,20	5,28	6,83	7,58
31	7,36	-	8,64	-	5,60	-	5,73	4,37	-	4,92	-	7,39
Qsr	9,75	7,38	11,81	6,85	6,78	5,35	5,16	4,58	4,33	4,49	7,47	9,52
Qmin	7,34	6,34	7,04	5,89	5,60	5,07	4,69	4,37	4,20	4,08	4,54	5,52
Qmax	15,61	9,94	28,62	8,53	11,34	5,68	8,49	5,27	4,42	6,70	16,52	17,52
σ^2	5,16	0,84	34,50	0,58	1,88	0,04	0,57	0,04	0,01	0,43	10,36	15,48
σ	2,27	0,92	5,87	0,76	1,37	0,20	0,75	0,19	0,09	0,65	3,22	3,93

Tablica 6.3. Srednji dnevni protoci za 2012. godinu

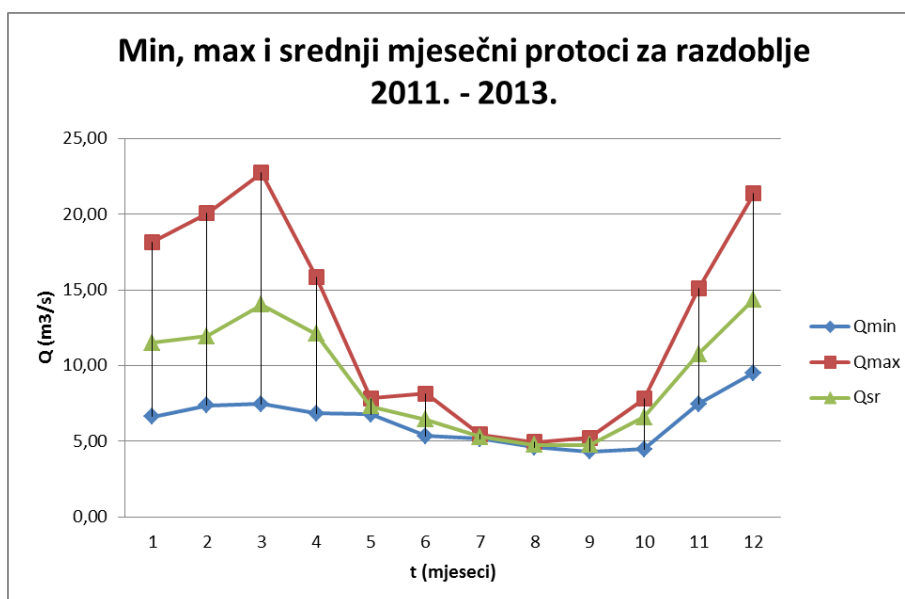
2012. godina												
dan/mje	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	7,16	5,95	11,46	5,86	9,55	6,20	5,32	5,27	4,44	4,71	17,87	28,65
2	7,00	5,94	10,97	5,86	9,05	6,11	5,33	5,25	4,41	4,80	17,78	28,56
3	6,86	5,93	10,96	5,83	8,70	6,08	5,33	5,23	4,39	4,87	15,37	27,93
4	6,94	5,93	10,55	5,74	8,49	6,08	5,29	5,07	4,38	4,75	13,61	23,82
5	7,19	5,95	9,85	5,66	8,23	6,70	5,30	5,05	4,38	4,69	12,23	21,66
6	8,77	5,89	9,22	5,77	7,99	6,44	5,29	5,06	4,42	4,57	11,09	20,14
7	8,42	5,77	8,71	10,32	7,91	6,32	5,29	5,04	4,38	4,56	10,30	17,96
8	7,80	5,70	8,20	31,50	7,84	6,13	5,29	4,88	4,36	4,57	9,71	28,55
9	7,43	5,72	7,84	20,35	7,62	6,07	5,23	4,82	4,33	4,57	9,11	30,13
10	7,12	5,70	7,56	15,45	7,62	6,03	5,16	4,76	4,34	4,56	8,60	25,03
11	6,89	5,70	7,35	12,62	7,52	6,00	5,13	4,72	4,34	4,64	8,23	21,23
12	6,73	5,71	7,21	15,66	7,33	5,97	5,13	4,71	4,32	8,40	7,94	18,14
13	6,62	5,70	7,02	14,33	7,32	5,96	5,14	4,72	5,94	11,76	7,59	16,07
14	6,49	5,70	6,82	12,71	7,29	5,96	5,12	4,73	5,27	8,88	7,35	14,80
15	6,33	5,63	6,70	13,77	7,22	5,94	5,12	4,73	5,08	8,26	7,17	18,04
16	6,25	5,56	6,71	14,34	7,07	5,82	5,13	4,73	4,77	11,01	6,95	21,61
17	6,18	5,58	6,70	13,79	7,07	5,73	5,14	4,72	4,68	10,82	6,86	22,60
18	6,03	5,62	6,60	14,01	7,05	5,73	5,13	4,71	4,85	8,67	6,67	41,69
19	5,99	5,88	6,69	15,27	6,79	5,66	5,12	4,63	4,94	7,56	6,49	31,55
20	5,97	7,03	6,67	26,04	6,78	5,57	5,12	4,55	5,18	6,90	6,49	26,35
21	5,93	11,29	6,54	23,11	6,62	5,49	5,14	4,53	5,06	6,48	6,41	22,88
22	5,94	13,88	6,45	18,88	7,17	5,48	5,15	4,53	4,96	6,19	6,28	19,63
23	5,94	14,51	6,35	15,57	7,52	5,49	5,18	4,53	4,94	5,98	6,16	17,52
24	6,02	14,16	6,32	13,65	6,96	5,50	5,30	4,52	4,95	5,76	6,15	15,96
25	6,36	14,97	6,21	13,08	6,78	5,47	5,31	4,53	4,81	5,69	6,01	14,87
26	6,40	15,73	6,12	13,24	6,56	5,47	5,31	4,51	4,75	5,52	5,95	14,30
27	6,23	15,43	6,04	12,20	6,49	5,47	5,29	4,52	4,71	8,57	5,93	14,22
28	6,21	13,58	5,89	11,43	6,32	5,48	5,27	4,43	4,72	10,81	7,50	14,99
29	6,18	12,01	5,86	10,72	6,30	5,47	5,26	4,40	4,72	13,67	18,73	15,81
30	6,14	-	5,87	10,05	6,30	5,41	5,25	4,38	4,73	16,58	25,11	14,53
31	5,99	-	5,87	-	6,29	-	5,27	4,41	-	14,16	-	13,49
Qsr	6,63	8,35	7,46	13,56	7,35	5,84	5,22	4,73	4,72	7,51	9,72	21,38
Qmin	5,93	5,56	5,86	5,66	6,29	5,41	5,12	4,38	4,32	4,56	5,93	13,49
Qmax	8,77	15,73	11,46	31,50	9,55	6,70	5,33	5,27	5,94	16,58	25,11	41,69
σ^2	0,53	15,32	2,85	36,60	0,68	0,12	0,01	0,07	0,14	10,91	23,11	43,91
σ	0,73	3,91	1,69	6,05	0,83	0,34	0,08	0,26	0,37	3,30	4,81	6,63

Tablica 6.4. Srednji dnevni protoci za 2013. godinu

2013. godina												
dan/mje	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12,49	14,98	16,23	26,34	7,74	14,22	6,06	5,02	4,78	10,99	5,63	15,34
2	11,72	14,55	14,95	36,56	7,54	14,67	6,06	5,06	4,77	8,23	5,55	14,63
3	11,02	20,08	13,92	38,49	7,55	12,92	6,00	5,03	4,76	6,84	5,42	14,00
4	10,27	19,80	13,08	31,23	7,33	11,64	5,95	5,02	4,70	6,09	5,40	13,22
5	9,72	17,57	12,22	27,67	7,27	10,44	5,82	5,03	4,68	5,79	6,18	12,39
6	9,17	15,78	11,50	24,71	7,29	9,48	5,74	5,00	4,68	5,63	8,04	11,58
7	8,88	14,88	13,90	22,45	8,25	9,22	5,68	5,02	4,68	6,42	6,79	10,78
8	8,50	14,30	14,38	19,83	8,64	8,96	5,60	4,99	4,71	8,88	6,38	10,14
9	8,29	13,79	18,36	18,23	8,18	8,60	5,61	4,98	4,70	9,64	6,15	9,47
10	8,22	13,08	21,47	16,92	7,88	8,33	5,57	4,99	4,72	9,74	6,01	8,99
11	8,59	12,42	28,64	15,86	7,74	8,10	5,54	5,01	5,14	9,50	13,77	8,65
12	8,85	20,64	30,10	15,27	7,54	7,83	5,52	4,99	5,90	8,61	17,34	8,64
13	8,91	35,56	26,70	14,68	7,47	7,61	5,49	5,00	5,58	7,76	12,95	8,30
14	10,15	36,99	36,37	13,83	7,27	7,34	5,43	4,93	5,25	7,14	10,82	8,25
15	16,26	31,28	33,15	13,03	7,27	7,22	5,40	4,91	5,05	6,84	9,42	8,03
16	18,34	27,14	27,77	12,27	7,01	7,07	5,35	4,91	6,55	10,89	8,29	7,81
17	20,38	23,62	24,39	11,63	6,99	6,92	5,35	4,92	6,01	13,68	7,69	7,71
18	21,74	20,93	24,85	10,91	6,85	6,78	5,34	4,89	5,52	11,50	7,32	7,51
19	19,99	18,10	29,86	10,36	6,76	6,68	5,28	4,87	5,31	9,45	8,02	7,38
20	19,00	16,32	26,85	9,90	6,53	6,57	5,24	4,88	5,21	8,19	19,36	7,40
21	36,12	15,16	26,36	9,51	6,52	6,51	5,20	4,87	5,10	7,51	26,91	7,13
22	43,50	14,35	25,30	9,30	6,51	6,45	5,21	4,87	5,05	7,08	24,48	7,04
23	33,97	19,88	22,24	9,04	6,96	6,42	5,21	4,89	4,98	6,79	47,27	6,86
24	33,53	25,92	19,84	8,74	7,44	6,45	5,19	4,89	4,99	6,57	40,93	6,85
25	33,68	25,06	19,77	8,58	7,20	6,61	5,18	4,90	4,98	6,33	31,87	6,73
26	29,48	22,33	33,91	8,42	9,99	6,42	5,12	4,88	4,99	6,16	27,26	9,07
27	26,00	19,79	28,64	8,32	11,43	6,29	5,10	4,90	4,97	6,06	23,50	41,65
28	22,97	17,60	25,48	8,12	9,62	6,26	5,07	4,95	4,99	5,90	20,04	31,50
29	20,12	-	22,48	8,02	8,76	6,26	5,07	4,92	5,00	5,84	17,64	24,12
30	17,54	-	20,03	7,85	9,25	6,11	5,02	4,87	9,10	5,67	16,09	19,99
31	16,01	-	22,62	-	9,69	-	5,02	4,85	-	5,71	-	17,16
Qsr	18,17	20,07	22,75	15,87	7,82	8,15	5,43	4,94	5,23	7,79	15,08	12,20
Qmin	8,22	12,42	11,50	7,85	6,51	6,11	5,02	4,85	4,68	5,63	5,40	6,73
Qmax	43,50	36,99	36,37	38,49	11,43	14,67	6,06	5,06	9,10	13,68	47,27	41,65
σ^2	99,40	42,56	46,36	77,14	1,33	5,73	0,10	0,00	0,73	4,20	122,72	61,41
σ	9,97	6,52	6,81	8,78	1,15	2,39	0,31	0,06	0,85	2,05	11,08	7,84

Tablica 6.5. Mjesečni i godišnji minimumi, maksimumi i srednje vrijednosti srednjih mjesečnih protoka, te statističke karakteristike protoka za razdoblje od 2011. do 2013. godine

RAZDOBLJE OD 2011. DO 2013. GODINE												
god/mje	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2011.	9,75	7,38	11,81	6,85	6,78	5,35	5,16	4,58	4,33	4,49	7,47	9,52
2012.	6,63	8,35	7,46	13,56	7,35	5,84	5,22	4,73	4,72	7,51	9,72	21,38
2013.	18,17	20,07	22,75	15,87	7,82	8,15	5,43	4,94	5,23	7,79	15,08	12,20
Qsr	11,52	11,93	14,01	12,09	7,31	6,44	5,27	4,75	4,76	6,60	10,76	14,37
Qmin	6,63	7,38	7,46	6,85	6,78	5,35	5,16	4,58	4,33	4,49	7,47	9,52
Qmax	18,17	20,07	22,75	15,87	7,82	8,15	5,43	4,94	5,23	7,79	15,08	21,38
σ^2	35,66	49,89	62,09	21,95	0,27	2,23	0,02	0,03	0,20	3,36	15,29	38,64
σ	5,97	7,06	7,88	4,69	0,52	1,49	0,14	0,18	0,45	1,83	3,91	6,22



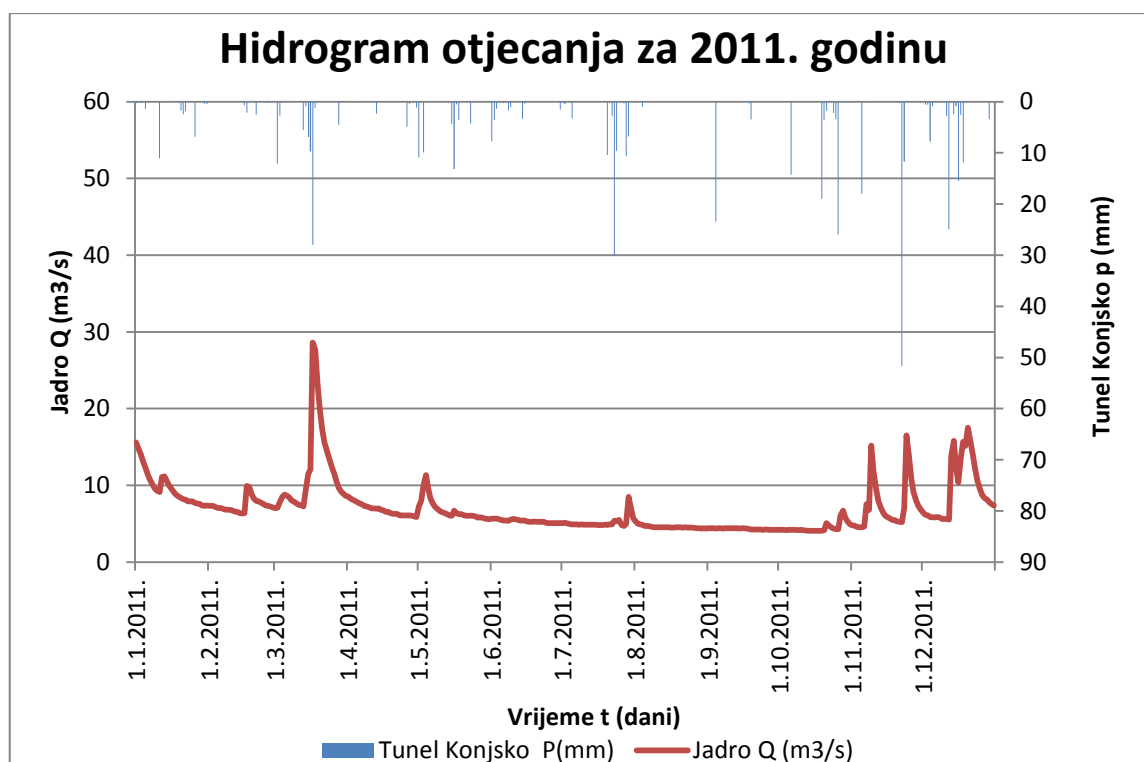
Slika 6.5. Minimalni, srednji i maksimalni srednji mjesečni protoci izvora rijeke Jadro za promatrano razdoblje od 2011. do 2013. godine

6.3. Hidrogrami promatranog razdoblja

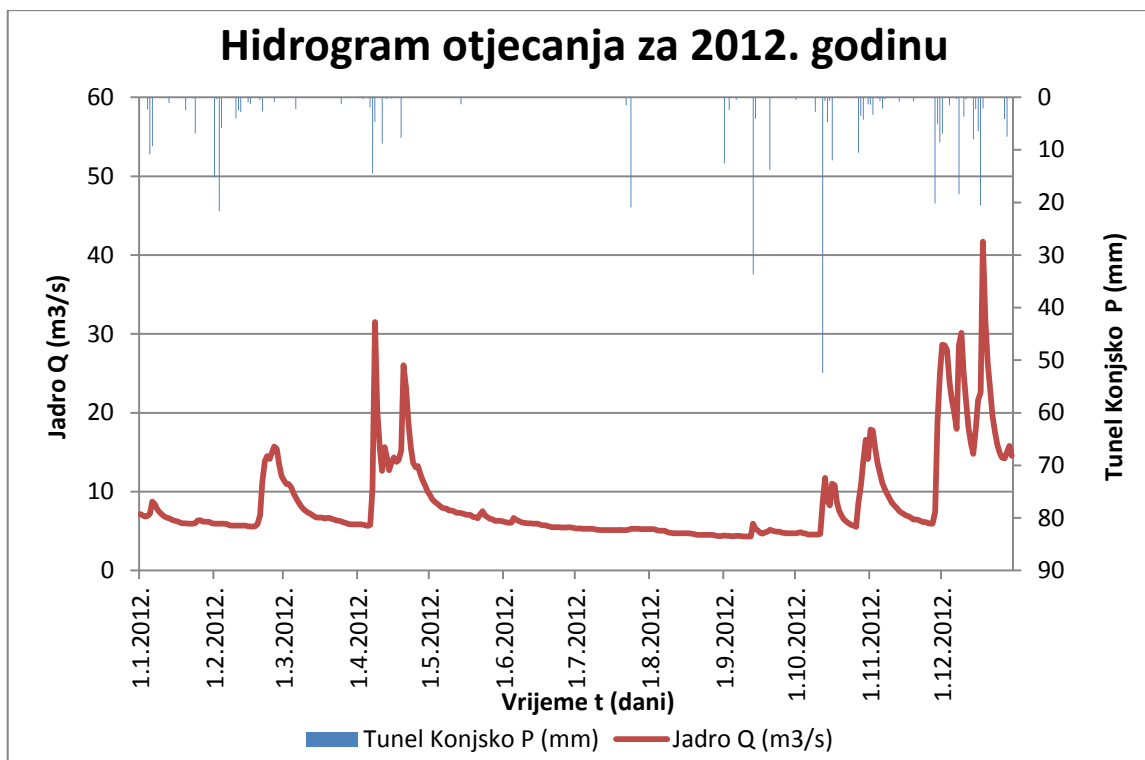
Na slici 6.6. prikazan je hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2011. godinu i hijetogram oborina koje su ga uzrokovale. Iz grafa je vidljivo da je minimalni uočeni srednji dnevni protok u 2011. godini $4,08 \text{ m}^3/\text{s}$, a maksimalni uočeni srednji dnevni protok $28,62 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na slici 6.7. prikazan je hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2012. godinu i hijetogram oborina koje su ga uzrokovale. Iz grafa je vidljivo da je minimalni uočeni srednji dnevni protok u 2012. godini $4,32 \text{ m}^3/\text{s}$, a maksimalni uočeni srednji dnevni protok $41,69 \text{ m}^3/\text{s}$.

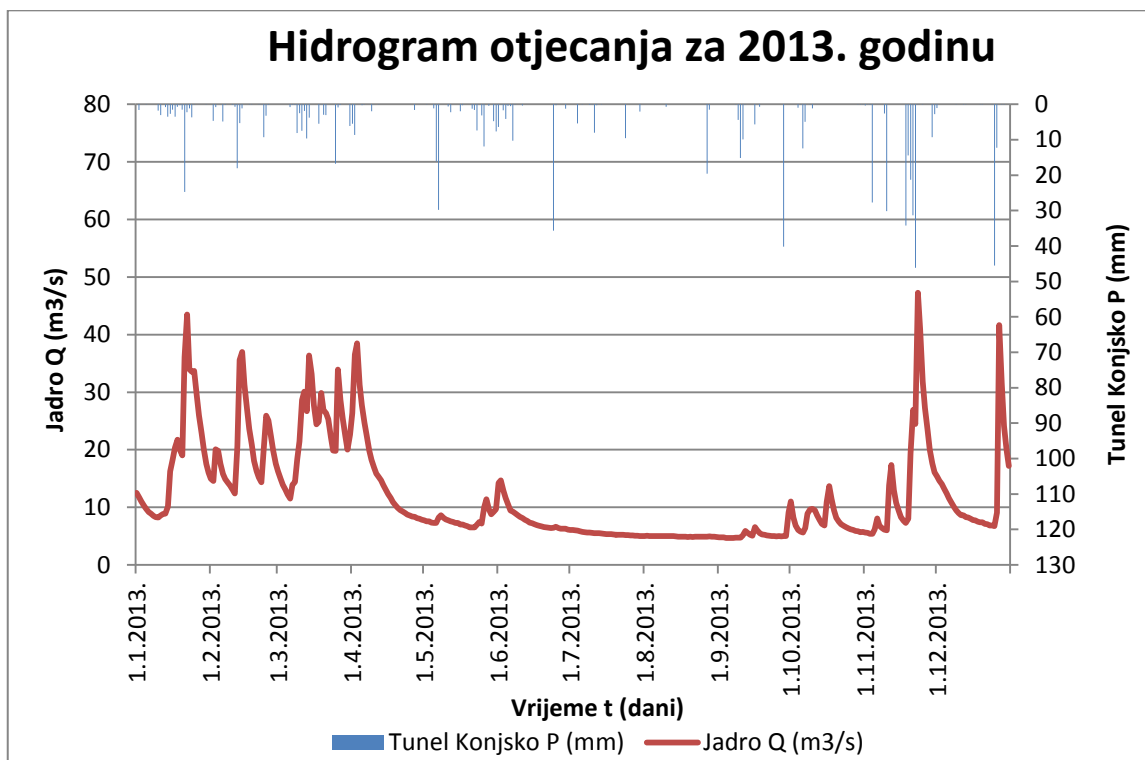
Na slici 6.8. prikazan je hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2013. godinu i hijetogram oborina koje su ga uzrokovale. Iz grafa je vidljivo da je minimalni uočeni srednji dnevni protok u 2013. godini $4,68 \text{ m}^3/\text{s}$, a maksimalni uočeni srednji dnevni protok $47,27 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 6.6. Hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2011. godinu i oborine koje su ga uzrokovale



Slika 6.7. Hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2012. godinu i oborine koje su ga uzrokovale



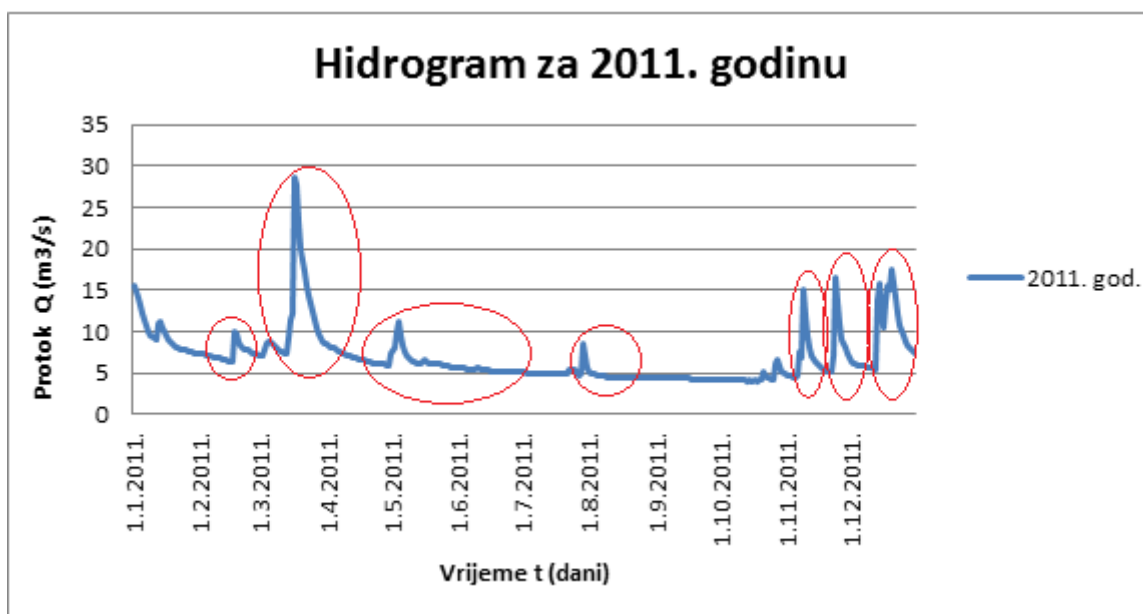
Slika 6.8. Hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2013. godinu i oborine koje su ga uzrokovale

6.5. Primjena nove metode konstantnog „k“ za razdvajanje hidrograma na izdvojena razdoblja

Za promatrano razdoblje od 1. siječnja 2011. do 31. prosinca 2013. godine, za svaku pojedinu godinu, izvršen je odabir razdoblja hidrograma otjecanja po principu izdvajanja intervala u kojem se pojavljuje vršna (maksimalna) vrijednost protoka.

6.5.1. Izdvojena razdoblja za 2011. godinu

Za 2011. godinu izdvojeno je ukupno sedam karakterističnih razdoblja sa pripadnim vršnim protokom za svako razdoblje, a označeni su na slici 6.9.:



Slika 6.9. Izdvojena razdoblja za 2011. godinu

Tablica 6.6. Dnevne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ za konstantan vremenski interval za 2011. godinu

dan/godina	srednji dnevni protok (m ³ /s)	dQ/dt	1/Q(t)	k
1.1.2011	15,61	-	-	-
2.1.2011	14,75	-0,86	0,07	0,057
3.1.2011	14,04	-0,71	0,07	0,049
4.1.2011	13,11	-0,93	0,07	0,068
5.1.2011	12,25	-0,86	0,08	0,068

6.1.2011	11,40	-0,85	0,08	0,072
7.1.2011	10,70	-0,69	0,09	0,063
8.1.2011	10,08	-0,62	0,10	0,060
9.1.2011	9,59	-0,48	0,10	0,049
10.1.2011	9,31	-0,29	0,11	0,030
11.1.2011	9,13	-0,18	0,11	0,019
12.1.2011	11,08	1,96	0,10	-0,194
13.1.2011	11,19	0,10	0,09	-0,009
14.1.2011	10,57	-0,62	0,09	0,057
15.1.2011	9,99	-0,58	0,10	0,056
16.1.2011	9,53	-0,46	0,10	0,047
17.1.2011	9,12	-0,41	0,11	0,044
18.1.2011	8,80	-0,32	0,11	0,036
19.1.2011	8,56	-0,24	0,12	0,028
20.1.2011	8,39	-0,17	0,12	0,020
21.1.2011	8,20	-0,20	0,12	0,024
22.1.2011	8,12	-0,08	0,12	0,010
23.1.2011	7,90	-0,21	0,12	0,026
24.1.2011	7,92	0,02	0,13	-0,002
25.1.2011	7,91	-0,01	0,13	0,001
26.1.2011	7,69	-0,22	0,13	0,028
27.1.2011	7,61	-0,08	0,13	0,011
28.1.2011	7,58	-0,03	0,13	0,004
29.1.2011	7,37	-0,21	0,13	0,029
30.1.2011	7,34	-0,03	0,14	0,004
31.1.2011	7,36	0,02	0,14	-0,003
1.2.2011	7,33	-0,03	0,14	0,005
2.2.2011	7,32	-0,01	0,14	0,001
3.2.2011	7,30	-0,02	0,14	0,003
4.2.2011	7,10	-0,19	0,14	0,027
5.2.2011	7,04	-0,06	0,14	0,009
6.2.2011	7,04	0,00	0,14	0,000
7.2.2011	6,92	-0,12	0,14	0,017
8.2.2011	6,82	-0,10	0,15	0,014
9.2.2011	6,83	0,01	0,15	-0,002
10.2.2011	6,80	-0,03	0,15	0,005
11.2.2011	6,68	-0,12	0,15	0,017
12.2.2011	6,59	-0,10	0,15	0,015
13.2.2011	6,54	-0,05	0,15	0,008
14.2.2011	6,39	-0,15	0,15	0,023
15.2.2011	6,34	-0,05	0,16	0,008
16.2.2011	6,36	0,02	0,16	-0,003
17.2.2011	9,94	3,58	0,12	-0,439
18.2.2011	9,79	-0,14	0,10	0,014
19.2.2011	8,88	-0,91	0,11	0,098

20.2.2011	8,30	-0,58	0,12	0,067
21.2.2011	7,94	-0,37	0,12	0,045
22.2.2011	7,92	-0,02	0,13	0,003
23.2.2011	7,74	-0,17	0,13	0,022
24.2.2011	7,56	-0,18	0,13	0,023
25.2.2011	7,36	-0,21	0,13	0,028
26.2.2011	7,34	-0,02	0,14	0,003
27.2.2011	7,25	-0,09	0,14	0,012
28.2.2011	7,13	-0,12	0,14	0,016
1.3.2011	7,04	-0,10	0,14	0,014
2.3.2011	7,10	0,06	0,14	-0,009
3.3.2011	7,78	0,68	0,13	-0,091
4.3.2011	8,49	0,71	0,12	-0,087
5.3.2011	8,80	0,31	0,12	-0,036
6.3.2011	8,69	-0,11	0,11	0,013
7.3.2011	8,40	-0,29	0,12	0,033
8.3.2011	8,05	-0,35	0,12	0,043
9.3.2011	7,88	-0,17	0,13	0,021
10.3.2011	7,68	-0,20	0,13	0,026
11.3.2011	7,47	-0,20	0,13	0,027
12.3.2011	7,40	-0,07	0,13	0,010
13.3.2011	7,26	-0,14	0,14	0,020
14.3.2011	9,28	2,02	0,12	-0,245
15.3.2011	11,47	2,19	0,10	-0,211
16.3.2011	12,08	0,61	0,08	-0,052
17.3.2011	28,62	16,55	0,05	-0,813
18.3.2011	27,69	-0,93	0,04	0,033
19.3.2011	23,34	-4,35	0,04	0,171
20.3.2011	20,02	-3,32	0,05	0,153
21.3.2011	17,22	-2,80	0,05	0,151
22.3.2011	15,56	-1,66	0,06	0,101
23.3.2011	14,42	-1,14	0,07	0,076
24.3.2011	13,45	-0,97	0,07	0,069
25.3.2011	12,50	-0,95	0,08	0,073
26.3.2011	11,53	-0,98	0,08	0,081
27.3.2011	10,58	-0,95	0,09	0,086
28.3.2011	9,73	-0,85	0,10	0,084
29.3.2011	9,18	-0,54	0,11	0,057
30.3.2011	8,90	-0,29	0,11	0,032
31.3.2011	8,64	-0,25	0,11	0,029
1.4.2011	8,53	-0,12	0,12	0,014
2.4.2011	8,30	-0,23	0,12	0,027
3.4.2011	8,12	-0,18	0,12	0,022
4.4.2011	7,97	-0,15	0,12	0,019
5.4.2011	7,77	-0,20	0,13	0,025

6.4.2011	7,60	-0,17	0,13	0,021
7.4.2011	7,50	-0,10	0,13	0,014
8.4.2011	7,29	-0,21	0,14	0,029
9.4.2011	7,25	-0,04	0,14	0,005
10.4.2011	7,13	-0,12	0,14	0,016
11.4.2011	6,99	-0,14	0,14	0,019
12.4.2011	6,99	0,00	0,14	0,000
13.4.2011	6,98	-0,02	0,14	0,003
14.4.2011	6,99	0,01	0,14	-0,001
15.4.2011	6,80	-0,19	0,15	0,028
16.4.2011	6,74	-0,06	0,15	0,008
17.4.2011	6,53	-0,21	0,15	0,032
18.4.2011	6,52	-0,01	0,15	0,001
19.4.2011	6,38	-0,14	0,15	0,022
20.4.2011	6,29	-0,09	0,16	0,015
21.4.2011	6,29	0,01	0,16	-0,001
22.4.2011	6,23	-0,06	0,16	0,010
23.4.2011	6,09	-0,15	0,16	0,024
24.4.2011	6,07	-0,02	0,16	0,003
25.4.2011	6,08	0,01	0,16	-0,002
26.4.2011	6,08	0,00	0,16	0,001
27.4.2011	6,06	-0,01	0,16	0,002
28.4.2011	6,04	-0,02	0,17	0,004
29.4.2011	5,97	-0,07	0,17	0,011
30.4.2011	5,89	-0,09	0,17	0,014
1.5.2011	7,27	1,39	0,15	-0,210
2.5.2011	7,98	0,71	0,13	-0,093
3.5.2011	9,97	1,98	0,11	-0,221
4.5.2011	11,34	1,37	0,09	-0,129
5.5.2011	9,60	-1,73	0,10	0,166
6.5.2011	8,30	-1,30	0,11	0,145
7.5.2011	7,60	-0,70	0,13	0,089
8.5.2011	7,17	-0,42	0,14	0,057
9.5.2011	6,91	-0,26	0,14	0,037
10.5.2011	6,62	-0,28	0,15	0,042
11.5.2011	6,50	-0,13	0,15	0,019
12.5.2011	6,37	-0,13	0,16	0,021
13.5.2011	6,24	-0,13	0,16	0,020
14.5.2011	6,09	-0,15	0,16	0,025
15.5.2011	6,05	-0,04	0,16	0,007
16.5.2011	6,70	0,65	0,16	-0,102
17.5.2011	6,37	-0,32	0,15	0,050
18.5.2011	6,25	-0,12	0,16	0,019
19.5.2011	6,26	0,01	0,16	-0,001
20.5.2011	6,11	-0,15	0,16	0,024

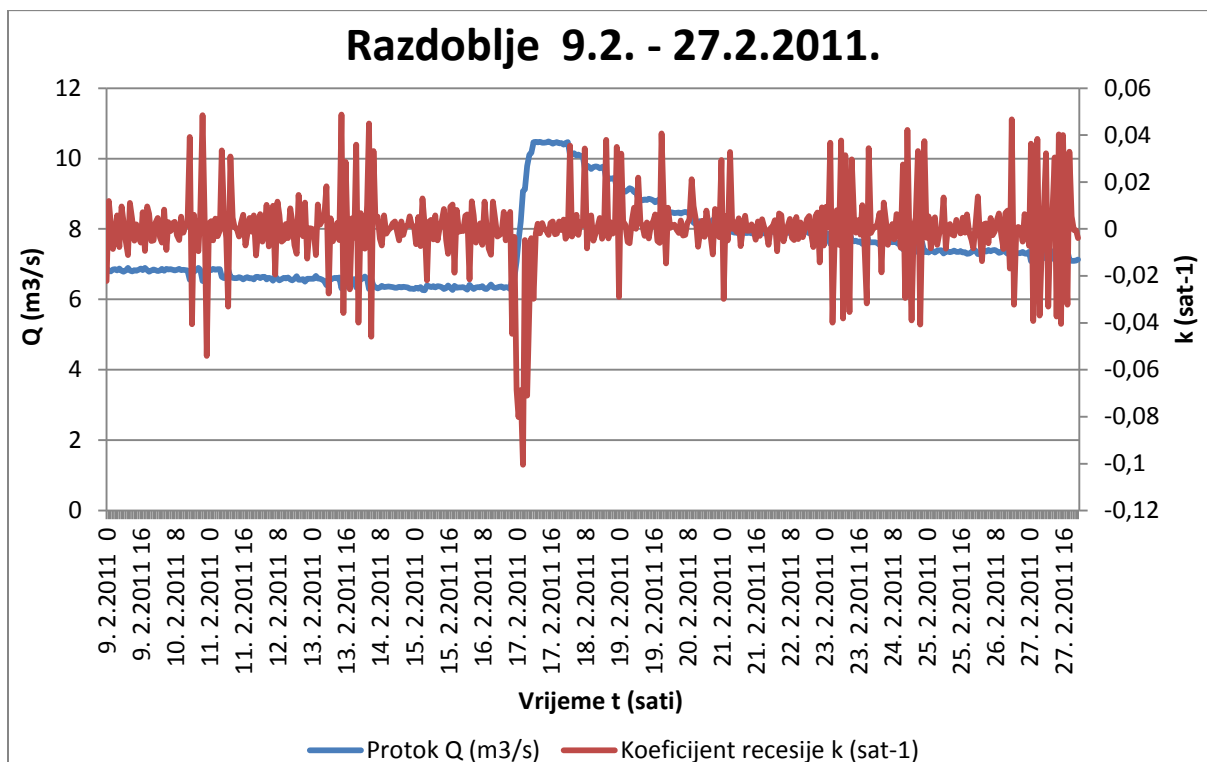
21.5.2011	6,04	-0,07	0,16	0,012
22.5.2011	6,04	0,00	0,17	0,001
23.5.2011	6,03	-0,01	0,17	0,002
24.5.2011	6,03	0,00	0,17	-0,001
25.5.2011	5,94	-0,10	0,17	0,016
26.5.2011	5,80	-0,14	0,17	0,024
27.5.2011	5,82	0,02	0,17	-0,004
28.5.2011	5,78	-0,04	0,17	0,007
29.5.2011	5,66	-0,12	0,17	0,022
30.5.2011	5,60	-0,06	0,18	0,010
31.5.2011	5,60	-0,01	0,18	0,001
1.6.2011	5,65	0,05	0,18	-0,009
2.6.2011	5,68	0,03	0,18	-0,005
3.6.2011	5,67	-0,01	0,18	0,001
4.6.2011	5,59	-0,08	0,18	0,014
5.6.2011	5,50	-0,09	0,18	0,017
6.6.2011	5,39	-0,10	0,18	0,019
7.6.2011	5,40	0,00	0,19	0,000
8.6.2011	5,38	-0,02	0,19	0,004
9.6.2011	5,53	0,16	0,18	-0,029
10.6.2011	5,62	0,08	0,18	-0,015
11.6.2011	5,59	-0,03	0,18	0,005
12.6.2011	5,48	-0,11	0,18	0,020
13.6.2011	5,42	-0,05	0,18	0,010
14.6.2011	5,42	-0,01	0,18	0,001
15.6.2011	5,43	0,01	0,18	-0,002
16.6.2011	5,29	-0,13	0,19	0,025
17.6.2011	5,25	-0,04	0,19	0,008
18.6.2011	5,26	0,01	0,19	-0,001
19.6.2011	5,27	0,01	0,19	-0,002
20.6.2011	5,26	-0,01	0,19	0,002
21.6.2011	5,25	-0,01	0,19	0,001
22.6.2011	5,24	-0,01	0,19	0,002
23.6.2011	5,23	-0,01	0,19	0,002
24.6.2011	5,14	-0,09	0,19	0,018
25.6.2011	5,09	-0,05	0,20	0,010
26.6.2011	5,09	0,01	0,20	-0,002
27.6.2011	5,09	-0,01	0,20	0,001
28.6.2011	5,09	0,00	0,20	0,000
29.6.2011	5,07	-0,02	0,20	0,003
30.6.2011	5,08	0,01	0,20	-0,001
1.7.2011	5,08	0,01	0,20	-0,002
2.7.2011	5,10	0,01	0,20	-0,003
3.7.2011	5,03	-0,07	0,20	0,013
4.7.2011	4,95	-0,08	0,20	0,016

5.7.2011	4,93	-0,02	0,20	0,004
6.7.2011	4,90	-0,03	0,20	0,007
7.7.2011	4,90	0,00	0,20	-0,001
8.7.2011	4,89	-0,01	0,20	0,002
9.7.2011	4,89	0,00	0,20	-0,001
10.7.2011	4,89	0,00	0,20	0,001
11.7.2011	4,88	-0,01	0,20	0,002
12.7.2011	4,88	0,00	0,20	0,000
13.7.2011	4,89	0,01	0,20	-0,001
14.7.2011	4,88	0,00	0,20	0,001
15.7.2011	4,88	0,00	0,20	0,000
16.7.2011	4,84	-0,04	0,21	0,008
17.7.2011	4,83	-0,01	0,21	0,002
18.7.2011	4,83	0,00	0,21	0,000
19.7.2011	4,89	0,05	0,21	-0,011
20.7.2011	4,88	-0,01	0,20	0,002
21.7.2011	4,90	0,02	0,20	-0,005
22.7.2011	4,89	-0,01	0,20	0,002
23.7.2011	5,42	0,53	0,19	-0,102
24.7.2011	5,35	-0,07	0,19	0,013
25.7.2011	5,49	0,14	0,18	-0,025
26.7.2011	4,82	-0,66	0,19	0,128
27.7.2011	4,69	-0,13	0,21	0,028
28.7.2011	4,94	0,25	0,21	-0,052
29.7.2011	8,49	3,55	0,15	-0,528
30.7.2011	7,06	-1,42	0,13	0,183
31.7.2011	5,73	-1,34	0,16	0,209
1.8.2011	5,27	-0,46	0,18	0,084
2.8.2011	5,01	-0,25	0,19	0,050
3.8.2011	4,90	-0,11	0,20	0,022
4.8.2011	4,85	-0,06	0,21	0,012
5.8.2011	4,71	-0,14	0,21	0,029
6.8.2011	4,70	-0,01	0,21	0,002
7.8.2011	4,68	-0,02	0,21	0,004
8.8.2011	4,57	-0,11	0,22	0,023
9.8.2011	4,53	-0,05	0,22	0,011
10.8.2011	4,54	0,02	0,22	-0,003
11.8.2011	4,53	-0,02	0,22	0,004
12.8.2011	4,55	0,02	0,22	-0,005
13.8.2011	4,54	-0,01	0,22	0,002
14.8.2011	4,53	-0,01	0,22	0,002
15.8.2011	4,53	0,00	0,22	-0,001
16.8.2011	4,51	-0,02	0,22	0,004
17.8.2011	4,50	-0,01	0,22	0,002
18.8.2011	4,52	0,01	0,22	-0,003

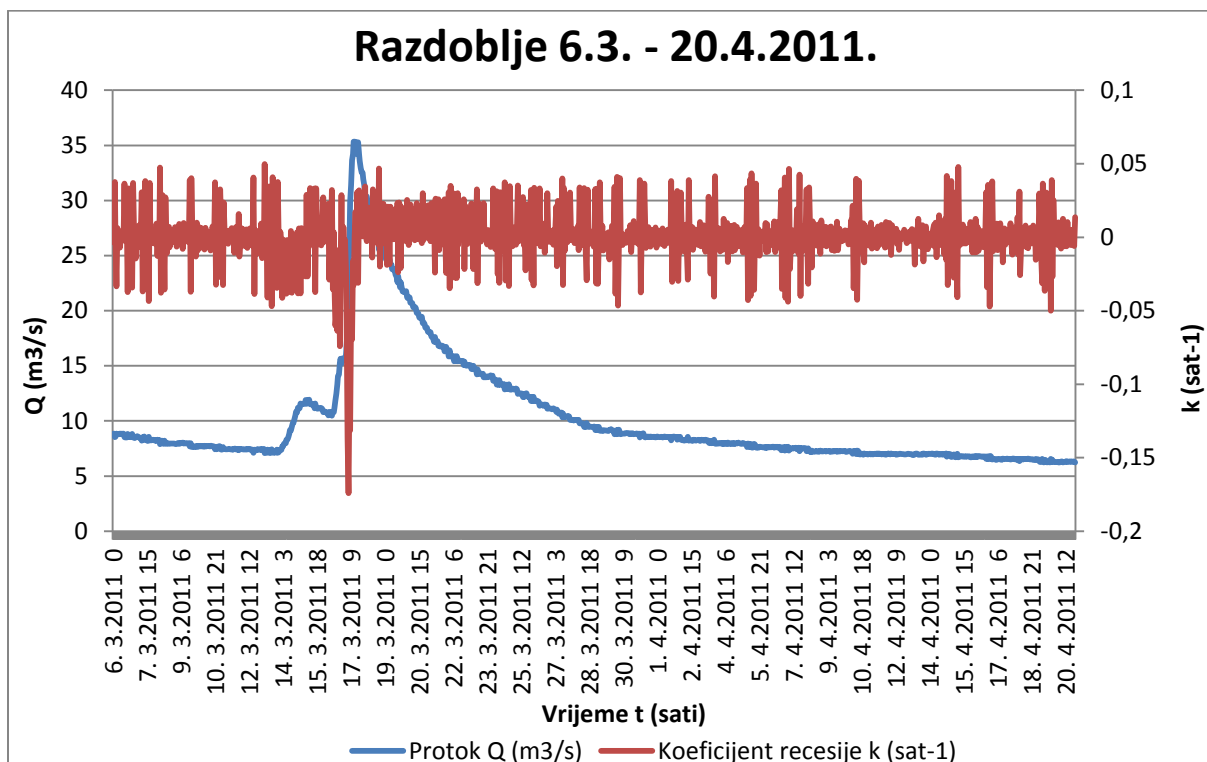
19.8.2011	4,52	0,00	0,22	-0,001
20.8.2011	4,53	0,01	0,22	-0,002
21.8.2011	4,51	-0,02	0,22	0,004
22.8.2011	4,52	0,01	0,22	-0,003
23.8.2011	4,51	-0,01	0,22	0,003
24.8.2011	4,51	0,00	0,22	-0,001
25.8.2011	4,51	0,00	0,22	0,001
26.8.2011	4,44	-0,07	0,22	0,015
27.8.2011	4,40	-0,04	0,23	0,009
28.8.2011	4,39	-0,01	0,23	0,002
29.8.2011	4,38	-0,01	0,23	0,003
30.8.2011	4,39	0,01	0,23	-0,002
31.8.2011	4,37	-0,02	0,23	0,005
1.9.2011	4,41	0,04	0,23	-0,009
2.9.2011	4,40	-0,01	0,23	0,002
3.9.2011	4,41	0,01	0,23	-0,001
4.9.2011	4,39	-0,02	0,23	0,004
5.9.2011	4,40	0,01	0,23	-0,002
6.9.2011	4,41	0,01	0,23	-0,003
7.9.2011	4,39	-0,02	0,23	0,005
8.9.2011	4,39	0,00	0,23	-0,001
9.9.2011	4,40	0,01	0,23	-0,002
10.9.2011	4,41	0,01	0,23	-0,002
11.9.2011	4,40	-0,01	0,23	0,003
12.9.2011	4,39	-0,01	0,23	0,002
13.9.2011	4,42	0,02	0,23	-0,005
14.9.2011	4,38	-0,03	0,23	0,007
15.9.2011	4,39	0,01	0,23	-0,002
16.9.2011	4,42	0,02	0,23	-0,005
17.9.2011	4,38	-0,03	0,23	0,007
18.9.2011	4,32	-0,07	0,23	0,015
19.9.2011	4,25	-0,07	0,23	0,016
20.9.2011	4,24	0,00	0,24	0,001
21.9.2011	4,22	-0,02	0,24	0,005
22.9.2011	4,23	0,01	0,24	-0,002
23.9.2011	4,24	0,01	0,24	-0,003
24.9.2011	4,22	-0,02	0,24	0,005
25.9.2011	4,22	0,00	0,24	0,000
26.9.2011	4,23	0,00	0,24	-0,001
27.9.2011	4,20	-0,02	0,24	0,006
28.9.2011	4,21	0,01	0,24	-0,002
29.9.2011	4,21	0,00	0,24	0,000
30.9.2011	4,20	-0,01	0,24	0,002
1.10.2011	4,20	-0,01	0,24	0,002
2.10.2011	4,20	0,00	0,24	-0,001

3.10.2011	4,21	0,01	0,24	-0,002
4.10.2011	4,18	-0,03	0,24	0,006
5.10.2011	4,20	0,02	0,24	-0,005
6.10.2011	4,18	-0,02	0,24	0,005
7.10.2011	4,18	0,00	0,24	0,000
8.10.2011	4,19	0,00	0,24	-0,001
9.10.2011	4,18	-0,01	0,24	0,001
10.10.2011	4,20	0,02	0,24	-0,004
11.10.2011	4,16	-0,04	0,24	0,009
12.10.2011	4,11	-0,04	0,24	0,010
13.10.2011	4,10	-0,02	0,24	0,004
14.10.2011	4,08	-0,02	0,24	0,004
15.10.2011	4,10	0,02	0,24	-0,004
16.10.2011	4,08	-0,01	0,24	0,003
17.10.2011	4,10	0,01	0,24	-0,003
18.10.2011	4,08	-0,01	0,24	0,003
19.10.2011	4,09	0,01	0,24	-0,003
20.10.2011	4,15	0,05	0,24	-0,013
21.10.2011	5,08	0,93	0,22	-0,202
22.10.2011	4,77	-0,31	0,20	0,062
23.10.2011	4,52	-0,25	0,22	0,054
24.10.2011	4,37	-0,16	0,22	0,036
25.10.2011	4,29	-0,07	0,23	0,017
26.10.2011	4,28	-0,01	0,23	0,003
27.10.2011	6,07	1,79	0,19	-0,347
28.10.2011	6,70	0,62	0,16	-0,097
29.10.2011	5,80	-0,90	0,16	0,144
30.10.2011	5,28	-0,51	0,18	0,093
31.10.2011	4,92	-0,36	0,20	0,071
1.11.2011	4,77	-0,15	0,21	0,031
2.11.2011	4,73	-0,04	0,21	0,009
3.11.2011	4,59	-0,14	0,21	0,030
4.11.2011	4,54	-0,06	0,22	0,012
5.11.2011	4,54	0,00	0,22	-0,001
6.11.2011	4,62	0,08	0,22	-0,019
7.11.2011	7,56	2,94	0,16	-0,482
8.11.2011	6,77	-0,79	0,14	0,110
9.11.2011	15,15	8,38	0,09	-0,765
10.11.2011	11,85	-3,30	0,07	0,245
11.11.2011	9,57	-2,28	0,09	0,213
12.11.2011	8,01	-1,56	0,11	0,177
13.11.2011	7,15	-0,86	0,13	0,113
14.11.2011	6,47	-0,68	0,15	0,100
15.11.2011	6,04	-0,43	0,16	0,068
16.11.2011	5,83	-0,22	0,17	0,037

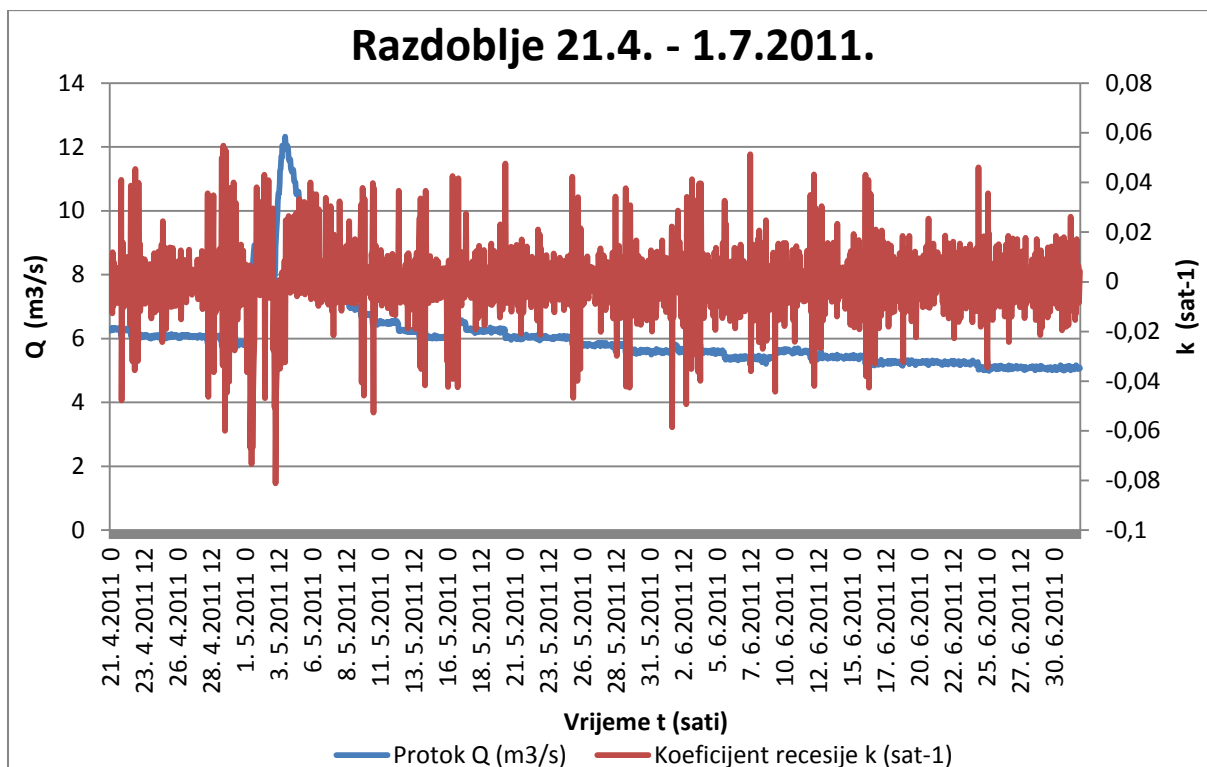
17.11.2011	5,67	-0,16	0,17	0,027
18.11.2011	5,51	-0,16	0,18	0,029
19.11.2011	5,45	-0,06	0,18	0,011
20.11.2011	5,28	-0,17	0,19	0,032
21.11.2011	5,24	-0,03	0,19	0,007
22.11.2011	5,21	-0,03	0,19	0,005
23.11.2011	7,07	1,86	0,16	-0,303
24.11.2011	16,52	9,44	0,08	-0,801
25.11.2011	13,75	-2,77	0,07	0,183
26.11.2011	10,90	-2,85	0,08	0,231
27.11.2011	9,13	-1,77	0,10	0,177
28.11.2011	8,03	-1,10	0,12	0,129
29.11.2011	7,35	-0,68	0,13	0,088
30.11.2011	6,83	-0,52	0,14	0,073
1.12.2011	6,45	-0,38	0,15	0,057
2.12.2011	6,16	-0,29	0,16	0,046
3.12.2011	6,07	-0,09	0,16	0,015
4.12.2011	5,86	-0,22	0,17	0,036
5.12.2011	5,81	-0,04	0,17	0,008
6.12.2011	5,83	0,02	0,17	-0,004
7.12.2011	5,85	0,02	0,17	-0,003
8.12.2011	5,83	-0,02	0,17	0,003
9.12.2011	5,63	-0,20	0,17	0,035
10.12.2011	5,62	-0,01	0,18	0,002
11.12.2011	5,62	0,00	0,18	0,001
12.12.2011	5,52	-0,09	0,18	0,016
13.12.2011	13,84	8,31	0,10	-0,859
14.12.2011	15,81	1,97	0,07	-0,133
15.12.2011	12,33	-3,48	0,07	0,247
16.12.2011	10,38	-1,95	0,09	0,172
17.12.2011	13,61	3,23	0,08	-0,270
18.12.2011	15,68	2,07	0,07	-0,141
19.12.2011	15,12	-0,56	0,06	0,036
20.12.2011	17,52	2,40	0,06	-0,147
21.12.2011	15,93	-1,60	0,06	0,095
22.12.2011	14,08	-1,85	0,07	0,123
23.12.2011	12,26	-1,82	0,08	0,138
24.12.2011	10,70	-1,56	0,09	0,136
25.12.2011	9,59	-1,11	0,10	0,109
26.12.2011	8,79	-0,80	0,11	0,087
27.12.2011	8,38	-0,40	0,12	0,047
28.12.2011	8,16	-0,22	0,12	0,027
29.12.2011	7,82	-0,34	0,13	0,043
30.12.2011	7,58	-0,24	0,13	0,031
31.12.2011	7,39	-0,19	0,13	0,025



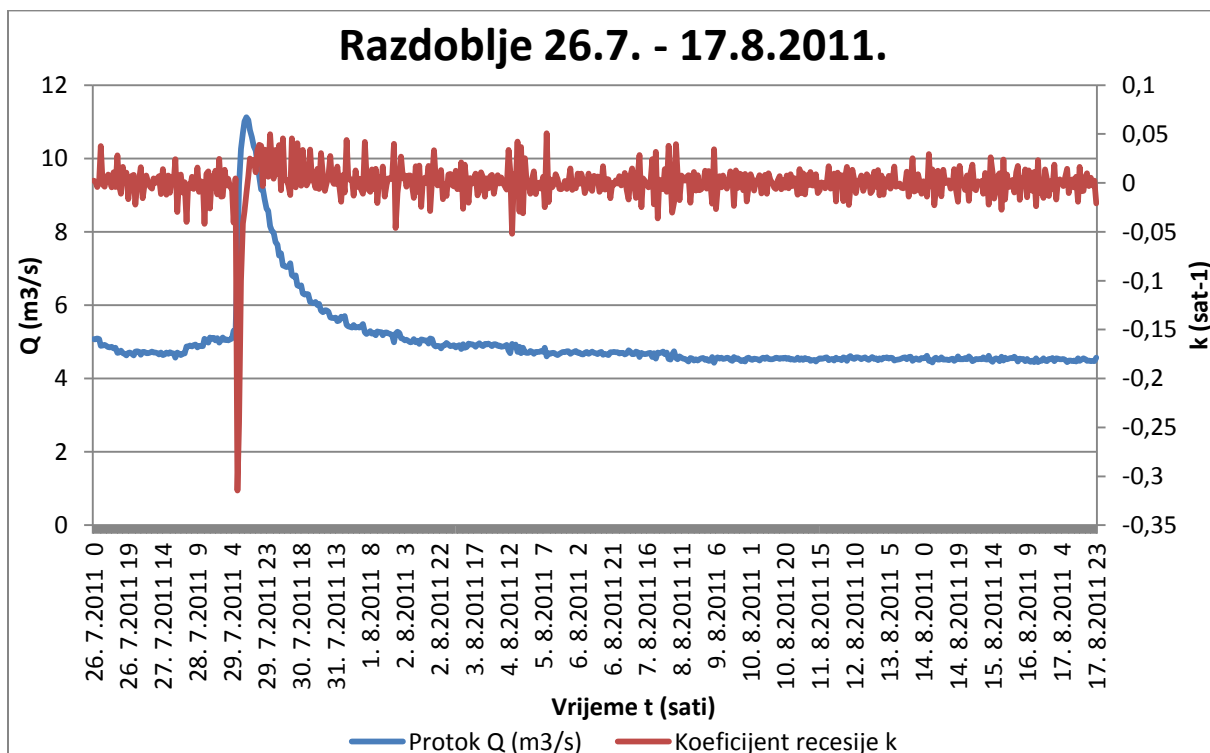
Slika 6.10. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 9.2.2011. do 27.2.2011. godine



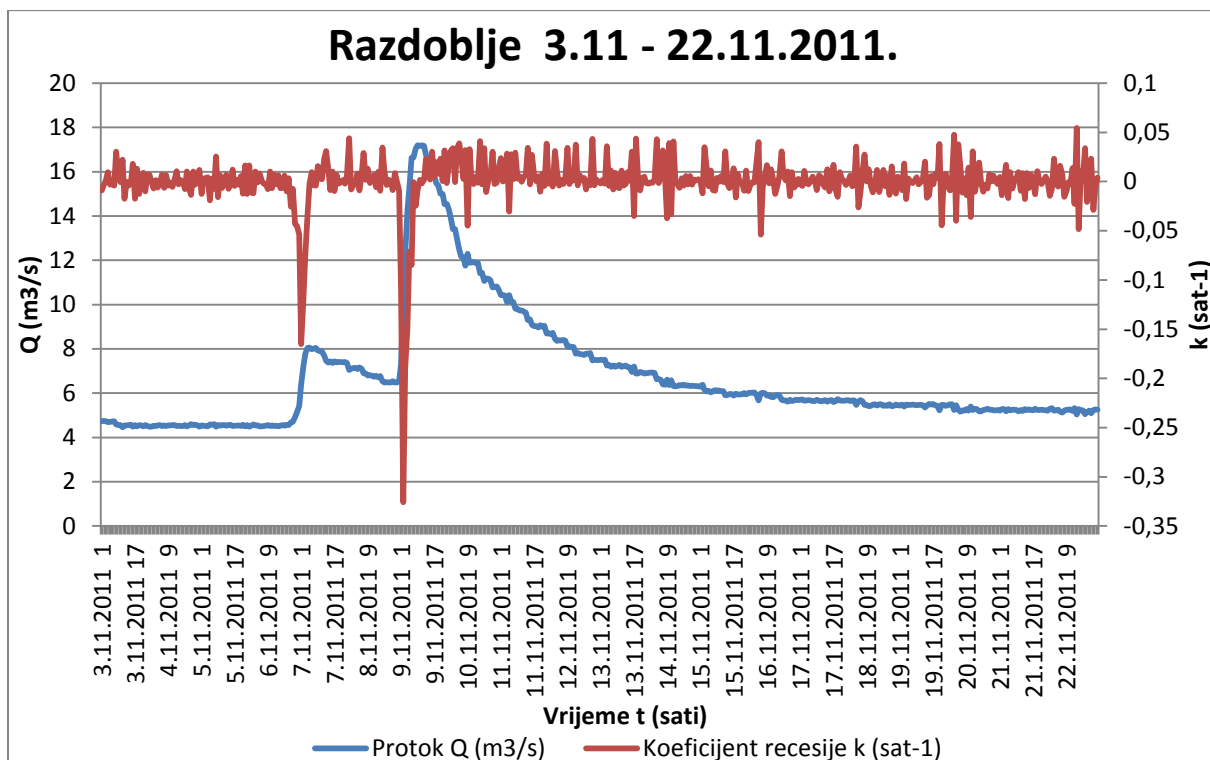
Slika 6.11. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 6.3.2011. do 20.4.2011. godine



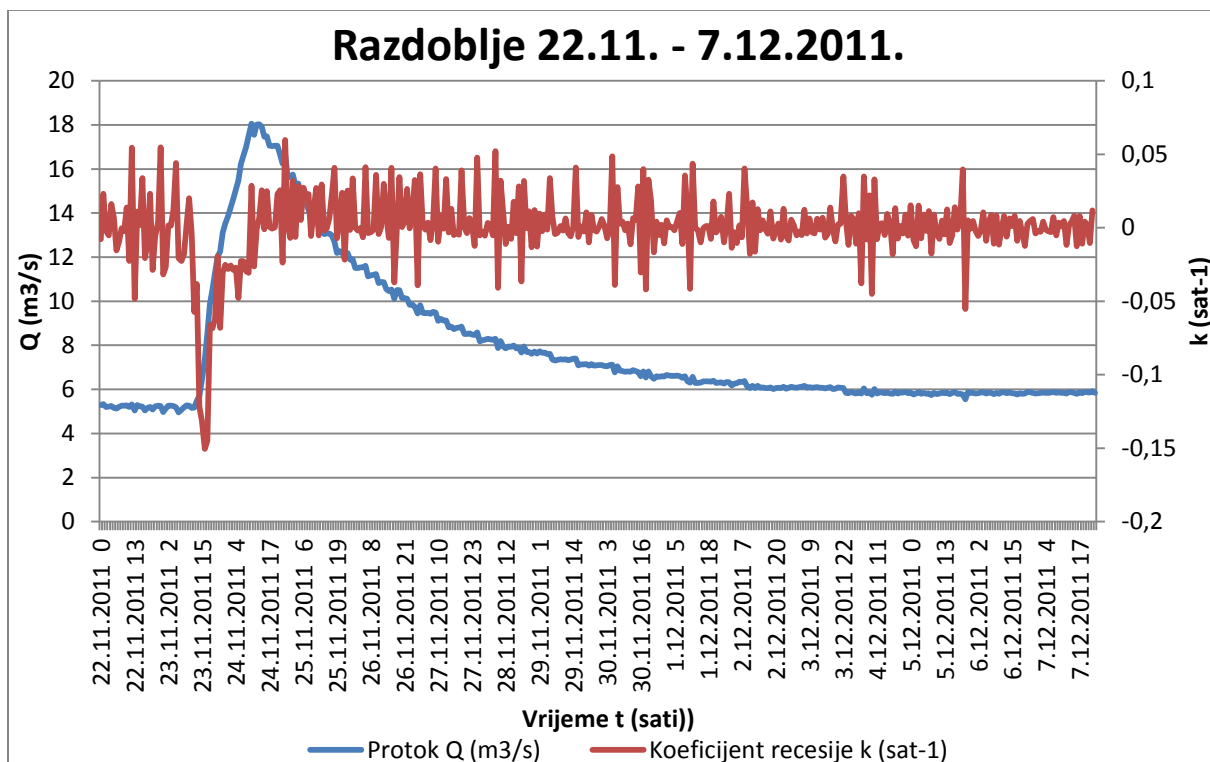
Slika 6.12. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 21.4.2011. do 1.7.2011. godine



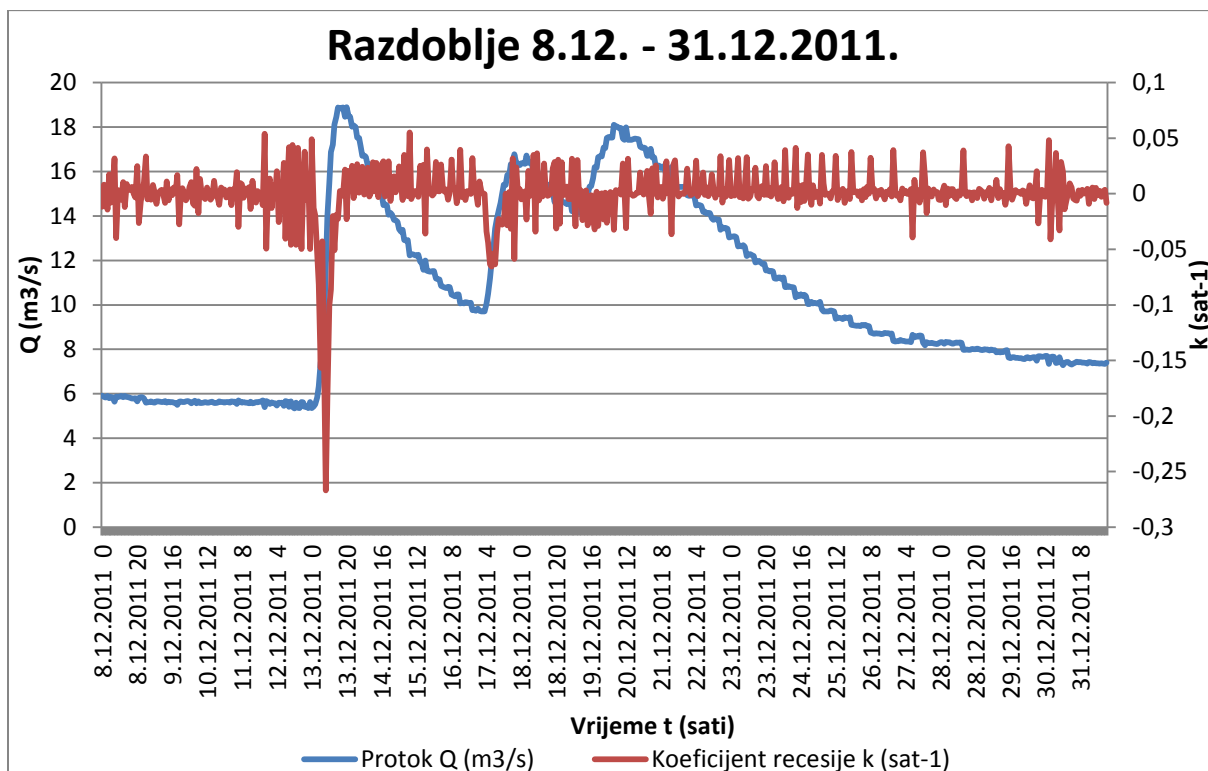
Slika 6.13. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 26.7.2011. do 17.8.2011. godine



Slika 6.14. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 3.11.2011. do 22.11.2011. godine



Slika 6.15. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 22.11.2011. do 7.12.2011. godine



Slika 6.16. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 8.12.2011. do 31.12.2011. godine

6.5.2. Izdvojena razdoblja za 2012. godinu

Za 2012. godinu izdvojeno je ukupno sedam karakterističnih razdoblja hidrograma otjecanja sa pripadnim vršnim protokom za svako razdoblje, a označeni su na slici 6.17:



Slika 6.17. Izdvojena razdoblja za 2012. godinu

Tablica 6.7. Dnevne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ za konstantan vremenski interval za 2012. godinu

dan/godina	srednji dnevni protok (m ³ /s)	dQ/dt	1/Q(t)	k
1.1.2012.	7,16	-0,23	0,14	0,031
2.1.2012.	7,00	-0,16	0,14	0,023
3.1.2012.	6,86	-0,14	0,14	0,020
4.1.2012.	6,94	0,08	0,14	-0,011
5.1.2012.	7,19	0,25	0,14	-0,036
6.1.2012.	8,77	1,57	0,13	-0,197
7.1.2012.	8,42	-0,34	0,12	0,040
8.1.2012.	7,80	-0,62	0,12	0,077
9.1.2012.	7,43	-0,37	0,13	0,048
10.1.2012.	7,12	-0,31	0,14	0,043
11.1.2012.	6,89	-0,23	0,14	0,033
12.1.2012.	6,73	-0,17	0,15	0,025
13.1.2012.	6,62	-0,10	0,15	0,016
14.1.2012.	6,49	-0,13	0,15	0,020
15.1.2012.	6,33	-0,16	0,16	0,025
16.1.2012.	6,25	-0,08	0,16	0,013
17.1.2012.	6,18	-0,08	0,16	0,012
18.1.2012.	6,03	-0,15	0,16	0,024
19.1.2012.	5,99	-0,03	0,17	0,005
20.1.2012.	5,97	-0,02	0,17	0,004
21.1.2012.	5,93	-0,04	0,17	0,007
22.1.2012.	5,94	0,01	0,17	-0,001
23.1.2012.	5,94	0,00	0,17	0,000
24.1.2012.	6,02	0,09	0,17	-0,015
25.1.2012.	6,36	0,34	0,16	-0,054
26.1.2012.	6,40	0,04	0,16	-0,006
27.1.2012.	6,23	-0,17	0,16	0,027
28.1.2012.	6,21	-0,02	0,16	0,003
29.1.2012.	6,18	-0,03	0,16	0,005
30.1.2012.	6,14	-0,03	0,16	0,005
31.1.2012.	5,99	-0,15	0,16	0,025
1.2.2012.	5,95	-0,05	0,17	0,008
2.2.2012.	5,94	0,00	0,17	0,000
3.2.2012.	5,93	-0,02	0,17	0,003
4.2.2012.	5,93	0,00	0,17	0,000
5.2.2012.	5,95	0,02	0,17	-0,004
6.2.2012.	5,89	-0,06	0,17	0,010
7.2.2012.	5,77	-0,12	0,17	0,020
8.2.2012.	5,70	-0,07	0,17	0,012
9.2.2012.	5,72	0,01	0,18	-0,002

10.2.2012.	5,70	-0,01	0,18	0,002
11.2.2012.	5,70	0,00	0,18	0,000
12.2.2012.	5,71	0,01	0,18	-0,001
13.2.2012.	5,70	-0,01	0,18	0,002
14.2.2012.	5,70	0,00	0,18	0,000
15.2.2012.	5,63	-0,07	0,18	0,012
16.2.2012.	5,56	-0,07	0,18	0,012
17.2.2012.	5,58	0,02	0,18	-0,004
18.2.2012.	5,62	0,04	0,18	-0,007
19.2.2012.	5,88	0,26	0,17	-0,045
20.2.2012.	7,03	1,15	0,15	-0,177
21.2.2012.	11,29	4,26	0,11	-0,465
22.2.2012.	13,88	2,59	0,08	-0,206
23.2.2012.	14,51	0,62	0,07	-0,044
24.2.2012.	14,16	-0,35	0,07	0,024
25.2.2012.	14,97	0,81	0,07	-0,055
26.2.2012.	15,73	0,77	0,07	-0,050
27.2.2012.	15,43	-0,31	0,06	0,020
28.2.2012.	13,58	-1,84	0,07	0,127
29.2.2012.	12,01	-1,57	0,08	0,123
1.3.2012.	11,46	-0,56	0,09	0,047
2.3.2012.	10,97	-0,49	0,09	0,044
3.3.2012.	10,96	-0,01	0,09	0,001
4.3.2012.	10,55	-0,41	0,09	0,038
5.3.2012.	9,85	-0,70	0,10	0,069
6.3.2012.	9,22	-0,63	0,10	0,066
7.3.2012.	8,71	-0,52	0,11	0,057
8.3.2012.	8,20	-0,50	0,12	0,059
9.3.2012.	7,84	-0,36	0,12	0,045
10.3.2012.	7,56	-0,28	0,13	0,037
11.3.2012.	7,35	-0,21	0,13	0,029
12.3.2012.	7,21	-0,13	0,14	0,018
13.3.2012.	7,02	-0,20	0,14	0,028
14.3.2012.	6,82	-0,20	0,14	0,029
15.3.2012.	6,70	-0,11	0,15	0,017
16.3.2012.	6,71	0,01	0,15	-0,001
17.3.2012.	6,70	-0,01	0,15	0,002
18.3.2012.	6,60	-0,10	0,15	0,014
19.3.2012.	6,69	0,09	0,15	-0,013
20.3.2012.	6,67	-0,01	0,15	0,002
21.3.2012.	6,54	-0,14	0,15	0,021
22.3.2012.	6,45	-0,08	0,15	0,013
23.3.2012.	6,35	-0,10	0,16	0,016
24.3.2012.	6,32	-0,04	0,16	0,006
25.3.2012.	6,21	-0,10	0,16	0,016

26.3.2012.	6,12	-0,10	0,16	0,016
27.3.2012.	6,04	-0,08	0,16	0,013
28.3.2012.	5,89	-0,15	0,17	0,026
29.3.2012.	5,86	-0,03	0,17	0,004
30.3.2012.	5,87	0,01	0,17	-0,001
31.3.2012.	5,87	0,00	0,17	0,000
1.4.2012.	5,86	-0,01	0,17	0,002
2.4.2012.	5,86	0,01	0,17	-0,001
3.4.2012.	5,83	-0,04	0,17	0,006
4.4.2012.	5,74	-0,09	0,17	0,015
5.4.2012.	5,66	-0,08	0,18	0,014
6.4.2012.	5,77	0,10	0,18	-0,018
7.4.2012.	10,32	4,55	0,12	-0,566
8.4.2012.	31,50	21,18	0,05	-1,013
9.4.2012.	20,35	-11,15	0,04	0,430
10.4.2012.	15,45	-4,90	0,06	0,274
11.4.2012.	12,62	-2,82	0,07	0,201
12.4.2012.	15,66	3,03	0,07	-0,215
13.4.2012.	14,33	-1,32	0,07	0,088
14.4.2012.	12,71	-1,63	0,07	0,120
15.4.2012.	13,77	1,07	0,08	-0,081
16.4.2012.	14,34	0,57	0,07	-0,040
17.4.2012.	13,79	-0,56	0,07	0,040
18.4.2012.	14,01	0,22	0,07	-0,016
19.4.2012.	15,27	1,26	0,07	-0,086
20.4.2012.	26,04	10,77	0,05	-0,521
21.4.2012.	23,11	-2,94	0,04	0,120
22.4.2012.	18,88	-4,23	0,05	0,201
23.4.2012.	15,57	-3,31	0,06	0,192
24.4.2012.	13,65	-1,92	0,07	0,131
25.4.2012.	13,08	-0,57	0,07	0,043
26.4.2012.	13,24	0,16	0,08	-0,012
27.4.2012.	12,20	-1,04	0,08	0,082
28.4.2012.	11,43	-0,77	0,08	0,065
29.4.2012.	10,72	-0,71	0,09	0,064
30.4.2012.	10,05	-0,68	0,10	0,065
1.5.2012.	9,55	-0,50	0,10	0,051
2.5.2012.	9,05	-0,50	0,11	0,054
3.5.2012.	8,70	-0,34	0,11	0,039
4.5.2012.	8,49	-0,21	0,12	0,024
5.5.2012.	8,23	-0,26	0,12	0,031
6.5.2012.	7,99	-0,25	0,12	0,030
7.5.2012.	7,91	-0,08	0,13	0,010
8.5.2012.	7,84	-0,07	0,13	0,009
9.5.2012.	7,62	-0,21	0,13	0,028

10.5.2012.	7,62	-0,01	0,13	0,001
11.5.2012.	7,52	-0,09	0,13	0,012
12.5.2012.	7,33	-0,19	0,13	0,026
13.5.2012.	7,32	-0,01	0,14	0,001
14.5.2012.	7,29	-0,03	0,14	0,004
15.5.2012.	7,22	-0,07	0,14	0,010
16.5.2012.	7,07	-0,15	0,14	0,021
17.5.2012.	7,07	0,00	0,14	0,000
18.5.2012.	7,05	-0,03	0,14	0,004
19.5.2012.	6,79	-0,26	0,14	0,038
20.5.2012.	6,78	-0,01	0,15	0,001
21.5.2012.	6,62	-0,15	0,15	0,023
22.5.2012.	7,17	0,54	0,15	-0,079
23.5.2012.	7,52	0,36	0,14	-0,049
24.5.2012.	6,96	-0,57	0,14	0,078
25.5.2012.	6,78	-0,18	0,15	0,026
26.5.2012.	6,56	-0,22	0,15	0,034
27.5.2012.	6,49	-0,06	0,15	0,010
28.5.2012.	6,32	-0,17	0,16	0,026
29.5.2012.	6,30	-0,03	0,16	0,004
30.5.2012.	6,30	0,00	0,16	0,000
31.5.2012.	6,29	-0,01	0,16	0,002
1.6.2012.	6,20	-0,09	0,16	0,014
2.6.2012.	6,11	-0,09	0,16	0,014
3.6.2012.	6,08	-0,04	0,16	0,006
4.6.2012.	6,08	0,01	0,16	-0,001
5.6.2012.	6,70	0,61	0,16	-0,096
6.6.2012.	6,44	-0,26	0,15	0,039
7.6.2012.	6,32	-0,12	0,16	0,019
8.6.2012.	6,13	-0,19	0,16	0,030
9.6.2012.	6,07	-0,06	0,16	0,010
10.6.2012.	6,03	-0,04	0,17	0,006
11.6.2012.	6,00	-0,04	0,17	0,006
12.6.2012.	5,97	-0,03	0,17	0,005
13.6.2012.	5,96	0,00	0,17	0,001
14.6.2012.	5,96	0,00	0,17	0,000
15.6.2012.	5,94	-0,02	0,17	0,004
16.6.2012.	5,82	-0,11	0,17	0,019
17.6.2012.	5,73	-0,09	0,17	0,016
18.6.2012.	5,73	0,00	0,17	0,001
19.6.2012.	5,66	-0,07	0,18	0,012
20.6.2012.	5,57	-0,09	0,18	0,016
21.6.2012.	5,49	-0,08	0,18	0,014
22.6.2012.	5,48	-0,01	0,18	0,001
23.6.2012.	5,49	0,00	0,18	0,000

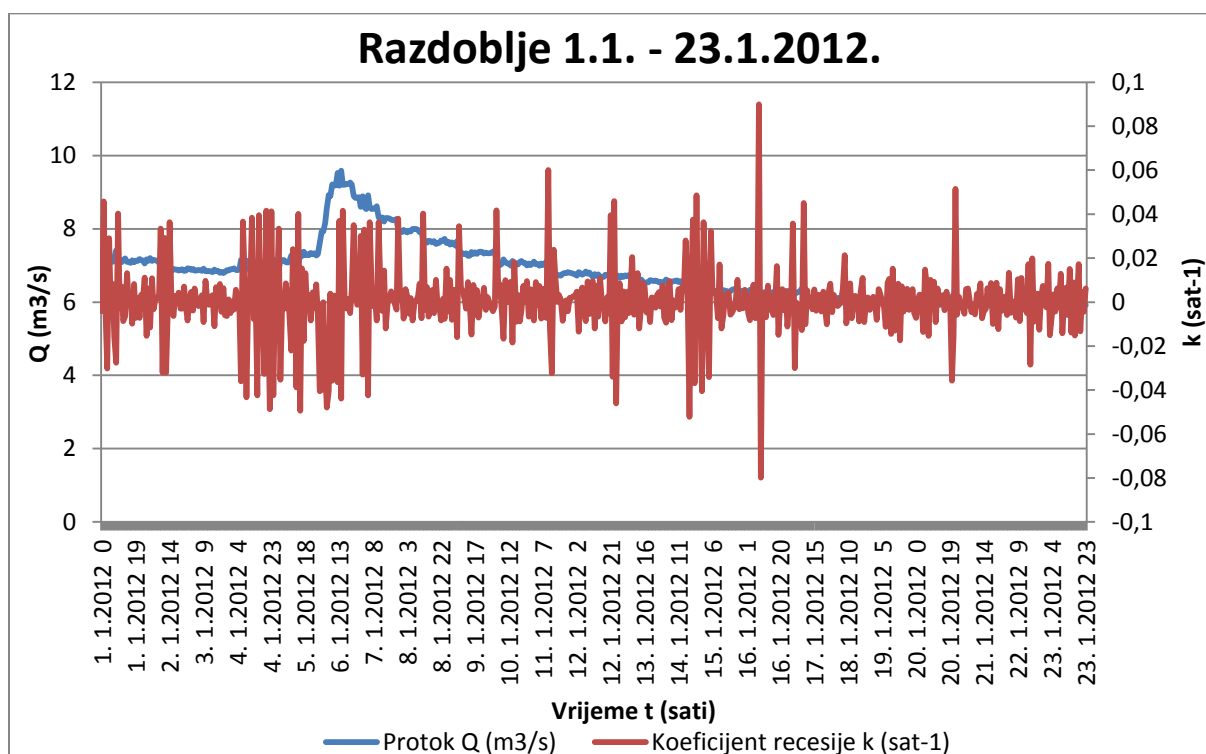
24.6.2012.	5,50	0,01	0,18	-0,002
25.6.2012.	5,47	-0,03	0,18	0,006
26.6.2012.	5,47	0,01	0,18	-0,001
27.6.2012.	5,47	0,00	0,18	0,000
28.6.2012.	5,48	0,01	0,18	-0,002
29.6.2012.	5,47	-0,02	0,18	0,003
30.6.2012.	5,41	-0,05	0,18	0,010
1.7.2012.	5,32	-0,09	0,19	0,017
2.7.2012.	5,33	0,01	0,19	-0,001
3.7.2012.	5,33	0,00	0,19	0,000
4.7.2012.	5,29	-0,03	0,19	0,006
5.7.2012.	5,30	0,01	0,19	-0,001
6.7.2012.	5,29	-0,01	0,19	0,002
7.7.2012.	5,29	0,00	0,19	0,000
8.7.2012.	5,29	0,00	0,19	0,000
9.7.2012.	5,23	-0,06	0,19	0,011
10.7.2012.	5,16	-0,07	0,19	0,014
11.7.2012.	5,13	-0,03	0,19	0,006
12.7.2012.	5,13	0,00	0,19	0,000
13.7.2012.	5,14	0,01	0,19	-0,002
14.7.2012.	5,12	-0,02	0,19	0,003
15.7.2012.	5,12	0,00	0,20	0,000
16.7.2012.	5,13	0,01	0,20	-0,002
17.7.2012.	5,14	0,01	0,19	-0,002
18.7.2012.	5,13	-0,01	0,19	0,001
19.7.2012.	5,12	-0,01	0,19	0,001
20.7.2012.	5,12	-0,01	0,20	0,001
21.7.2012.	5,14	0,03	0,19	-0,005
22.7.2012.	5,15	0,00	0,19	-0,001
23.7.2012.	5,18	0,03	0,19	-0,005
24.7.2012.	5,30	0,12	0,19	-0,024
25.7.2012.	5,31	0,01	0,19	-0,002
26.7.2012.	5,31	0,00	0,19	0,001
27.7.2012.	5,29	-0,01	0,19	0,002
28.7.2012.	5,27	-0,02	0,19	0,004
29.7.2012.	5,26	-0,02	0,19	0,003
30.7.2012.	5,25	0,00	0,19	0,000
31.7.2012.	5,27	0,01	0,19	-0,002
1.8.2012.	5,27	0,00	0,19	-0,001
2.8.2012.	5,25	-0,02	0,19	0,004
3.8.2012.	5,23	-0,02	0,19	0,005
4.8.2012.	5,07	-0,15	0,19	0,029
5.8.2012.	5,05	-0,02	0,20	0,004
6.8.2012.	5,06	0,01	0,20	-0,002
7.8.2012.	5,04	-0,03	0,20	0,006

8.8.2012.	4,88	-0,15	0,20	0,030
9.8.2012.	4,82	-0,06	0,21	0,012
10.8.2012.	4,76	-0,06	0,21	0,013
11.8.2012.	4,72	-0,04	0,21	0,008
12.8.2012.	4,71	-0,01	0,21	0,003
13.8.2012.	4,72	0,01	0,21	-0,002
14.8.2012.	4,73	0,01	0,21	-0,002
15.8.2012.	4,73	0,00	0,21	0,001
16.8.2012.	4,73	0,00	0,21	0,000
17.8.2012.	4,72	-0,01	0,21	0,003
18.8.2012.	4,71	-0,01	0,21	0,002
19.8.2012.	4,63	-0,07	0,21	0,016
20.8.2012.	4,55	-0,09	0,22	0,019
21.8.2012.	4,53	-0,02	0,22	0,005
22.8.2012.	4,53	0,00	0,22	-0,001
23.8.2012.	4,53	0,00	0,22	-0,001
24.8.2012.	4,52	-0,01	0,22	0,003
25.8.2012.	4,53	0,01	0,22	-0,002
26.8.2012.	4,51	-0,02	0,22	0,004
27.8.2012.	4,52	0,01	0,22	-0,003
28.8.2012.	4,43	-0,09	0,22	0,020
29.8.2012.	4,40	-0,03	0,23	0,007
30.8.2012.	4,38	-0,03	0,23	0,006
31.8.2012.	4,41	0,03	0,23	-0,008
1.9.2012.	4,44	0,03	0,23	-0,006
2.9.2012.	4,41	-0,02	0,23	0,006
3.9.2012.	4,39	-0,03	0,23	0,006
4.9.2012.	4,38	-0,01	0,23	0,002
5.9.2012.	4,38	0,00	0,23	0,000
6.9.2012.	4,42	0,05	0,23	-0,011
7.9.2012.	4,38	-0,04	0,23	0,009
8.9.2012.	4,36	-0,02	0,23	0,004
9.9.2012.	4,33	-0,03	0,23	0,008
10.9.2012.	4,34	0,01	0,23	-0,002
11.9.2012.	4,34	0,00	0,23	0,000
12.9.2012.	4,32	-0,02	0,23	0,004
13.9.2012.	5,94	1,62	0,19	-0,316
14.9.2012.	5,27	-0,67	0,18	0,120
15.9.2012.	5,08	-0,19	0,19	0,037
16.9.2012.	4,77	-0,31	0,20	0,063
17.9.2012.	4,68	-0,09	0,21	0,020
18.9.2012.	4,85	0,18	0,21	-0,037
19.9.2012.	4,94	0,08	0,20	-0,017
20.9.2012.	5,18	0,25	0,20	-0,049
21.9.2012.	5,06	-0,13	0,20	0,024

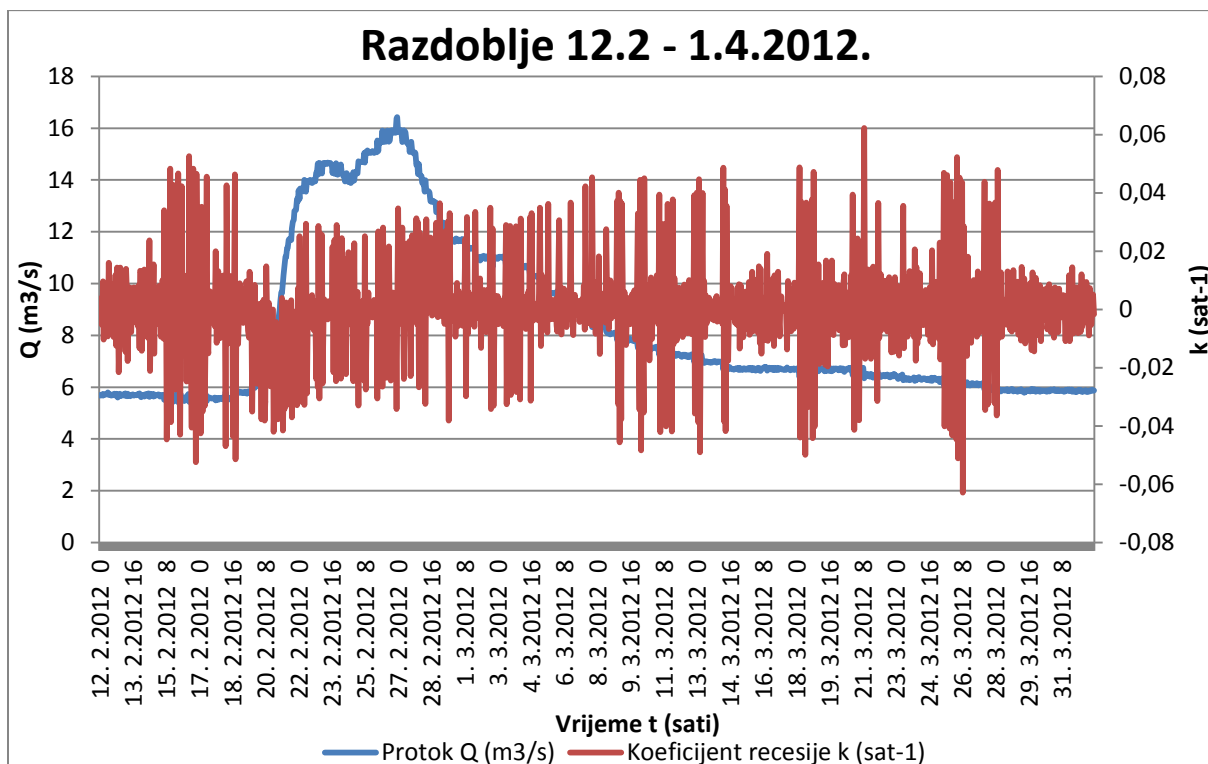
22.9.2012.	4,96	-0,10	0,20	0,020
23.9.2012.	4,94	-0,02	0,20	0,004
24.9.2012.	4,95	0,01	0,20	-0,002
25.9.2012.	4,81	-0,13	0,20	0,028
26.9.2012.	4,75	-0,06	0,21	0,013
27.9.2012.	4,71	-0,04	0,21	0,008
28.9.2012.	4,72	0,01	0,21	-0,002
29.9.2012.	4,72	0,00	0,21	0,000
30.9.2012.	4,73	0,01	0,21	-0,003
1.10.2012.	4,71	-0,02	0,21	0,005
2.10.2012.	4,80	0,09	0,21	-0,018
3.10.2012.	4,87	0,07	0,21	-0,014
4.10.2012.	4,75	-0,12	0,21	0,025
5.10.2012.	4,69	-0,05	0,21	0,011
6.10.2012.	4,57	-0,13	0,22	0,028
7.10.2012.	4,56	-0,01	0,22	0,001
8.10.2012.	4,57	0,01	0,22	-0,002
9.10.2012.	4,57	0,00	0,22	0,000
10.10.2012.	4,56	0,00	0,22	0,000
11.10.2012.	4,64	0,07	0,22	-0,016
12.10.2012.	8,40	3,76	0,15	-0,577
13.10.2012.	11,76	3,36	0,10	-0,333
14.10.2012.	8,88	-2,88	0,10	0,280
15.10.2012.	8,26	-0,62	0,12	0,072
16.10.2012.	11,01	2,76	0,10	-0,286
17.10.2012.	10,82	-0,19	0,09	0,017
18.10.2012.	8,67	-2,15	0,10	0,221
19.10.2012.	7,56	-1,11	0,12	0,136
20.10.2012.	6,90	-0,66	0,14	0,092
21.10.2012.	6,48	-0,42	0,15	0,062
22.10.2012.	6,19	-0,29	0,16	0,046
23.10.2012.	5,98	-0,21	0,16	0,035
24.10.2012.	5,76	-0,22	0,17	0,037
25.10.2012.	5,69	-0,07	0,17	0,013
26.10.2012.	5,52	-0,17	0,18	0,030
27.10.2012.	8,57	3,05	0,14	-0,432
28.10.2012.	10,81	2,24	0,10	-0,231
29.10.2012.	13,67	2,86	0,08	-0,234
30.10.2012.	16,58	2,91	0,07	-0,192
31.10.2012.	14,16	-2,42	0,07	0,157
1.11.2012.	17,87	3,71	0,06	-0,232
2.11.2012.	17,78	-0,09	0,06	0,005
3.11.2012.	15,37	-2,40	0,06	0,145
4.11.2012.	13,61	-1,76	0,07	0,122
5.11.2012.	12,23	-1,39	0,08	0,107

6.11.2012.	11,09	-1,14	0,09	0,098
7.11.2012.	10,30	-0,79	0,09	0,074
8.11.2012.	9,71	-0,59	0,10	0,059
9.11.2012.	9,11	-0,59	0,11	0,063
10.11.2012.	8,60	-0,52	0,11	0,058
11.11.2012.	8,23	-0,36	0,12	0,043
12.11.2012.	7,94	-0,29	0,12	0,036
13.11.2012.	7,59	-0,36	0,13	0,046
14.11.2012.	7,35	-0,24	0,13	0,033
15.11.2012.	7,17	-0,17	0,14	0,024
16.11.2012.	6,95	-0,22	0,14	0,032
17.11.2012.	6,86	-0,09	0,14	0,013
18.11.2012.	6,67	-0,19	0,15	0,028
19.11.2012.	6,49	-0,18	0,15	0,027
20.11.2012.	6,49	0,00	0,15	0,000
21.11.2012.	6,41	-0,08	0,15	0,012
22.11.2012.	6,28	-0,13	0,16	0,020
23.11.2012.	6,16	-0,13	0,16	0,020
24.11.2012.	6,15	-0,01	0,16	0,001
25.11.2012.	6,01	-0,14	0,16	0,023
26.11.2012.	5,95	-0,06	0,17	0,011
27.11.2012.	5,93	-0,02	0,17	0,003
28.11.2012.	7,50	1,57	0,15	-0,234
29.11.2012.	18,73	11,23	0,08	-0,856
30.11.2012.	25,11	6,38	0,05	-0,291
1.12.2012.	28,65	3,54	0,04	-0,132
2.12.2012.	28,56	-0,09	0,03	0,003
3.12.2012.	27,93	-0,63	0,04	0,022
4.12.2012.	23,82	-4,10	0,04	0,159
5.12.2012.	21,66	-2,16	0,04	0,095
6.12.2012.	20,14	-1,52	0,05	0,073
7.12.2012.	17,96	-2,18	0,05	0,114
8.12.2012.	28,55	10,59	0,04	-0,455
9.12.2012.	30,13	1,58	0,03	-0,054
10.12.2012.	25,03	-5,10	0,04	0,185
11.12.2012.	21,23	-3,80	0,04	0,164
12.12.2012.	18,14	-3,09	0,05	0,157
13.12.2012.	16,07	-2,06	0,06	0,121
14.12.2012.	14,80	-1,27	0,06	0,083
15.12.2012.	18,04	3,24	0,06	-0,197
16.12.2012.	21,61	3,57	0,05	-0,180
17.12.2012.	22,60	0,99	0,05	-0,045
18.12.2012.	41,69	19,09	0,03	-0,594
19.12.2012.	31,55	-10,14	0,03	0,277
20.12.2012.	26,35	-5,20	0,03	0,180

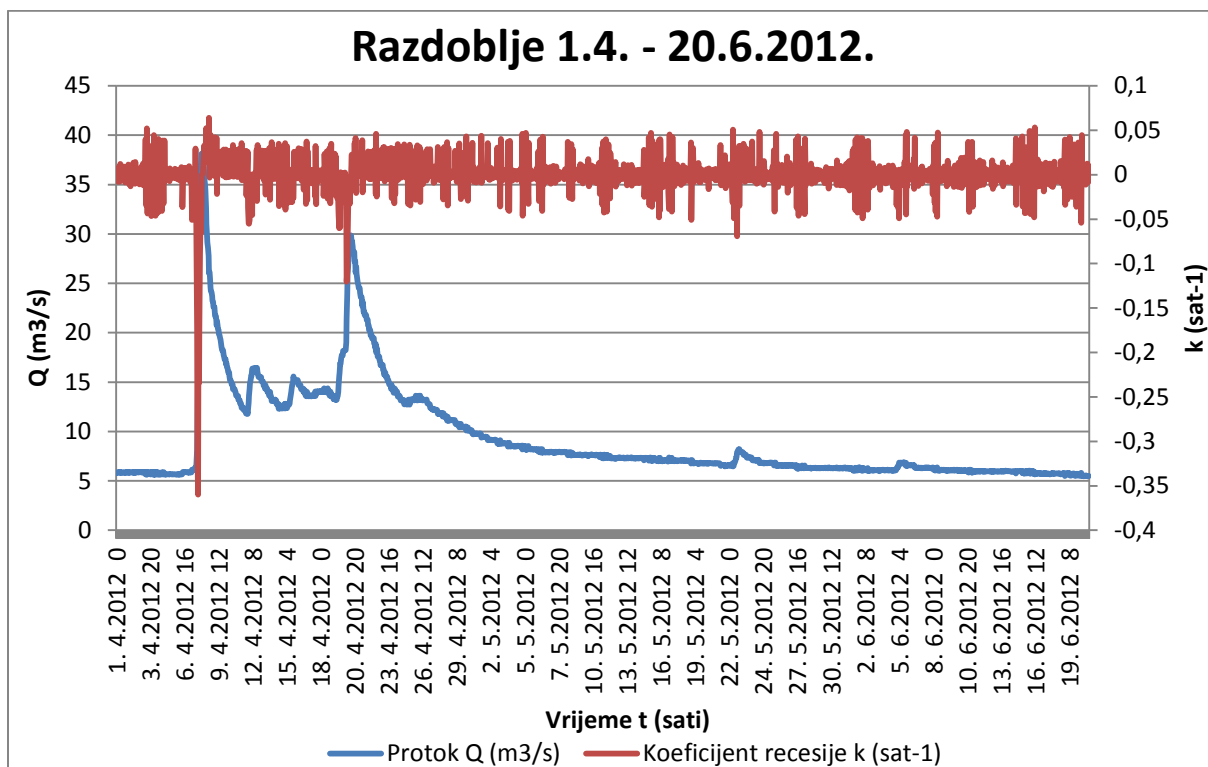
21.12.2012.	22,88	-3,47	0,04	0,141
22.12.2012.	19,63	-3,25	0,05	0,153
23.12.2012.	17,52	-2,12	0,05	0,114
24.12.2012.	15,96	-1,56	0,06	0,093
25.12.2012.	14,87	-1,09	0,06	0,071
26.12.2012.	14,30	-0,57	0,07	0,039
27.12.2012.	14,22	-0,07	0,07	0,005
28.12.2012.	14,99	0,76	0,07	-0,052
29.12.2012.	15,81	0,83	0,06	-0,054
30.12.2012.	14,53	-1,28	0,07	0,085
31.12.2012.	13,49	-1,04	0,07	0,074



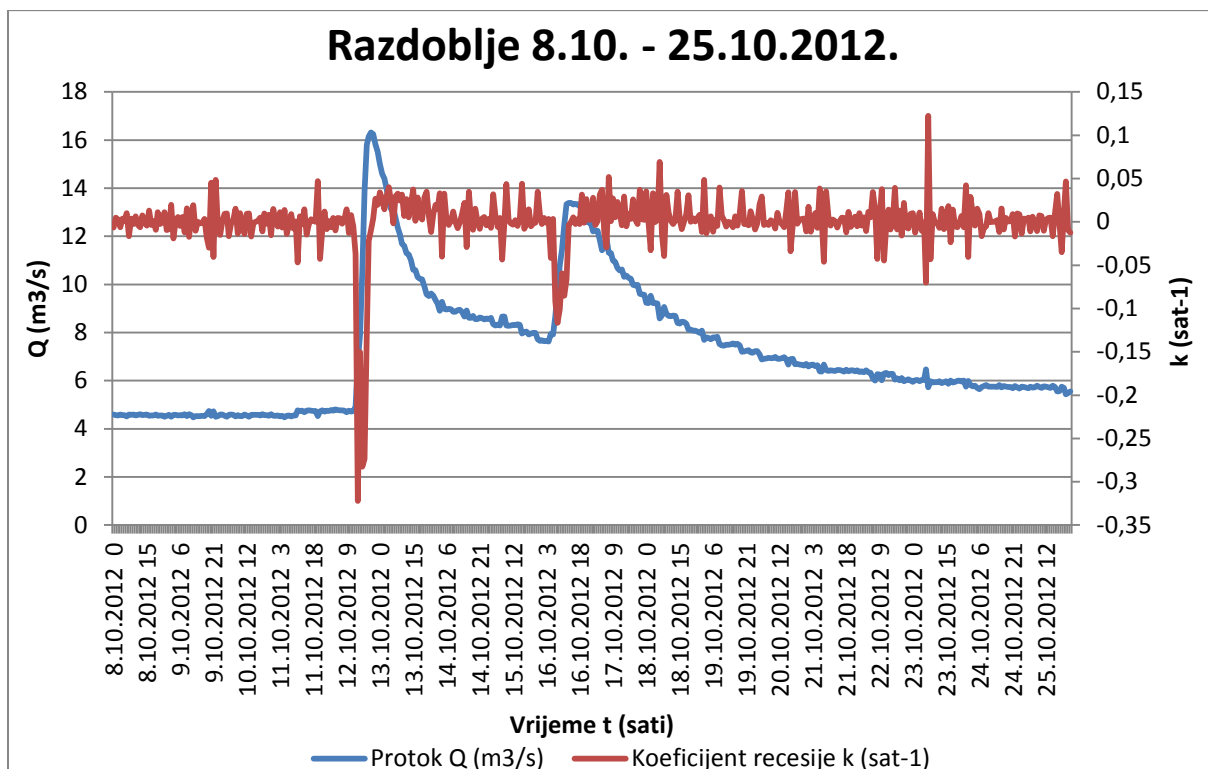
Slika 6.18. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 1.1.2012. do 23.1.2012. godine



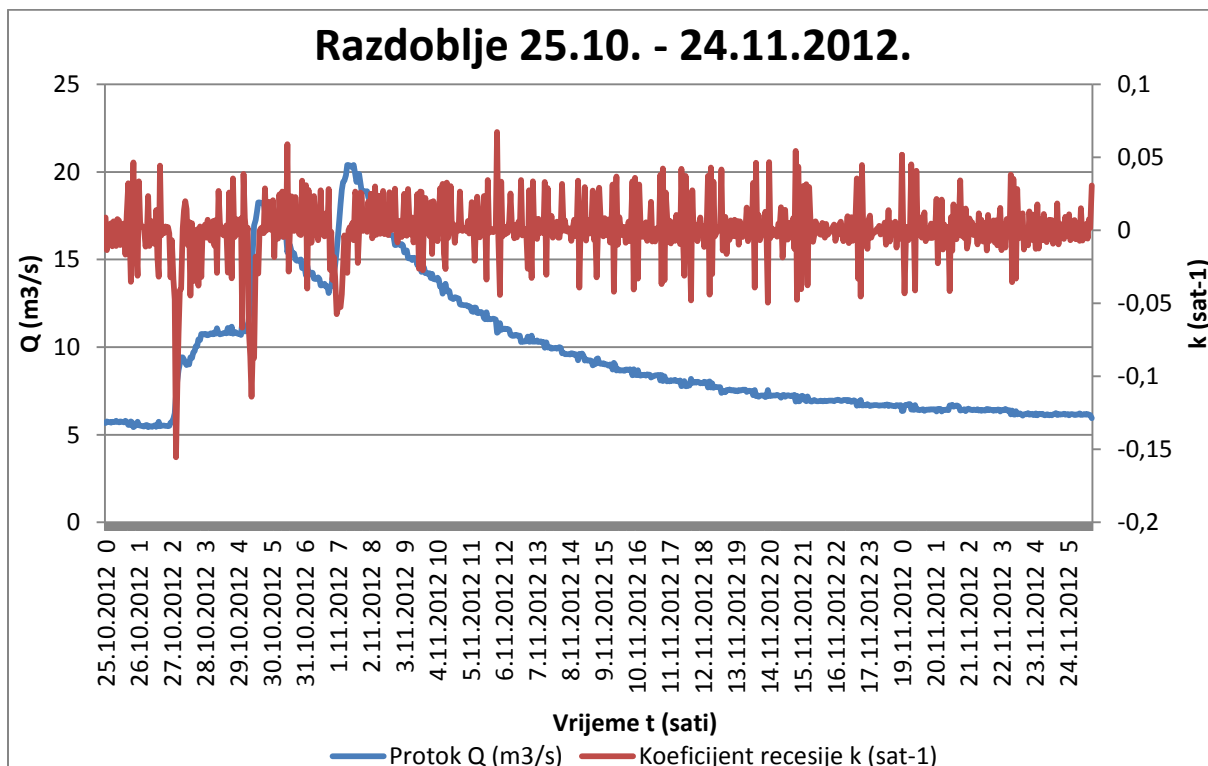
Slika 6.19. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 12.2.2012. do 1.4.2012. godine



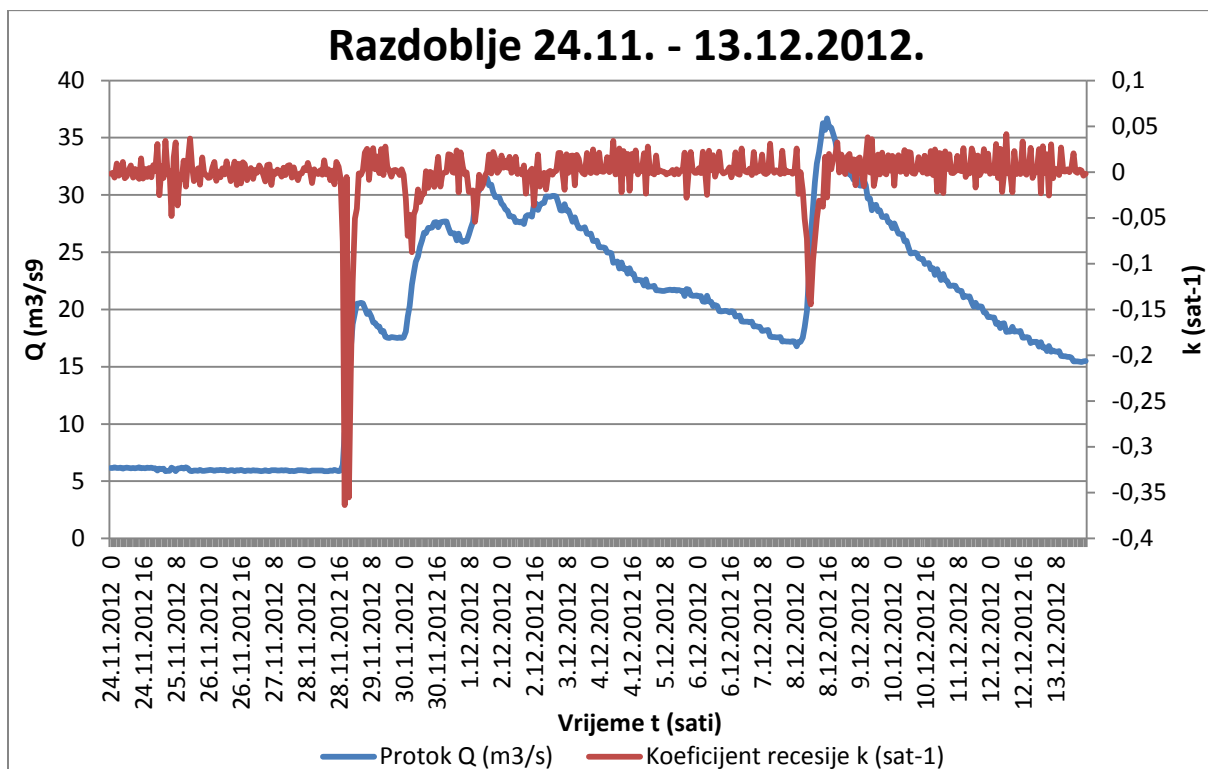
Slika 6.20. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 1.4.2012. do 20.6.2012. godine



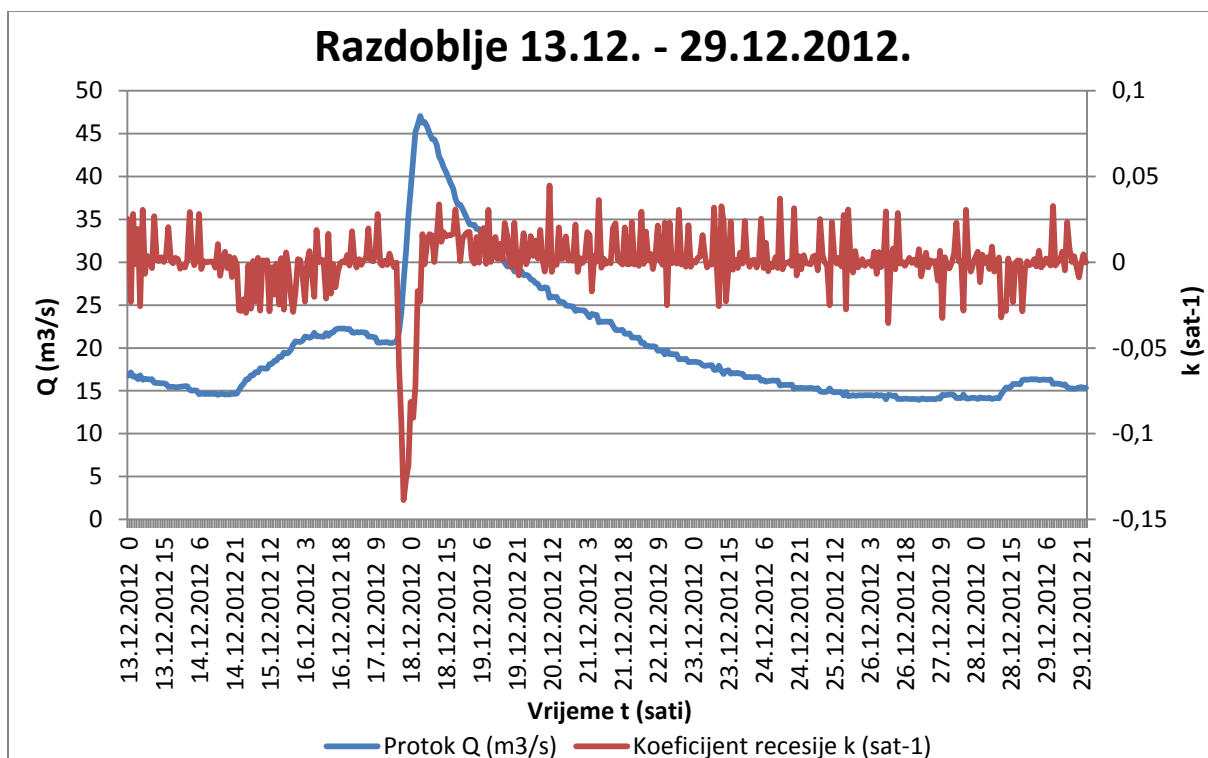
Slika 6.21. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 8.10.2012. do 25.10.2012. godine



Slika 6.22. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 25.10.2012. do 24.11.2012. godine



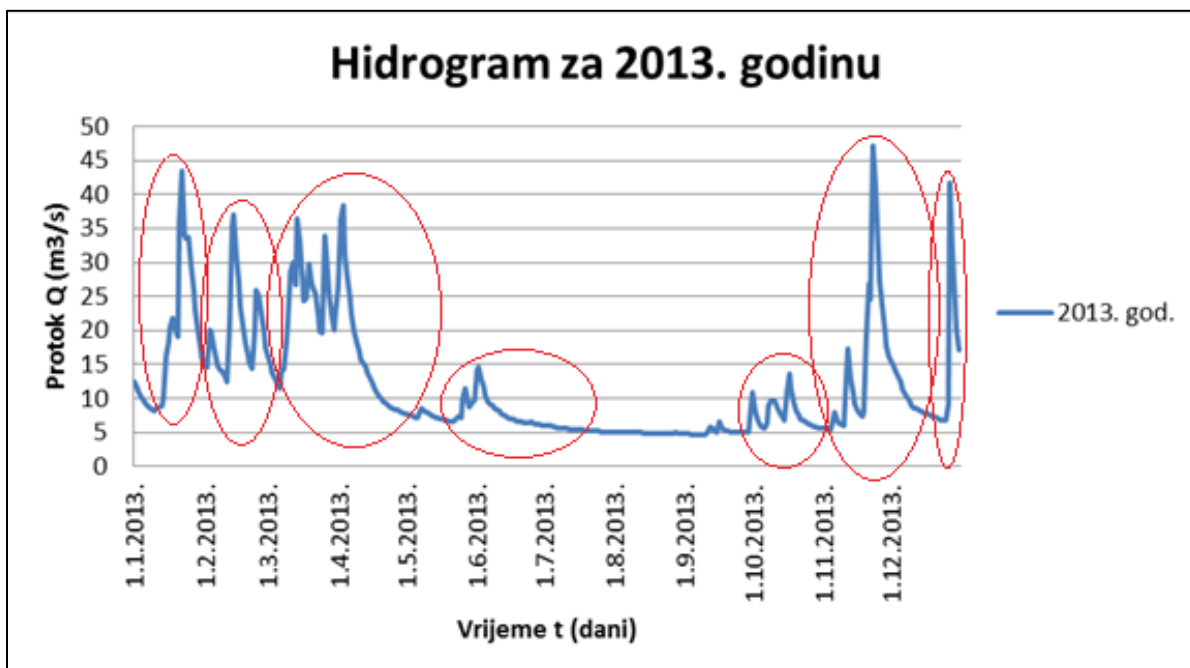
Slika 6.23. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 24.11.2012. do 13.12.2012. godine



Slika 6.24. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 13.12.2012. do 29.12.2012. godine

6.5.3. Izdvojena razdoblja za 2013. godinu

Za 2013. godinu izdvojeno je ukupno sedam karakterističnih razdoblja hidrograma otjecanja sa pripadnim vršnim protokom za svako razdoblje, a označeni su na slici 6.25.:



Slika 6.25. Izdvojena razdoblja za 2013. godinu

Tablica 6.8. Dnevne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ za konstantan vremenski interval za 2013. godinu

dan/godina	srednji dnevni protok (m ³ /s)	dQ/dt	1/Q(t)	k
1.1.2013.	12,49	-1,00	0,08	0,077
2.1.2013.	11,72	-0,77	0,08	0,064
3.1.2013.	11,02	-0,70	0,09	0,062
4.1.2013.	10,27	-0,75	0,09	0,071
5.1.2013.	9,72	-0,55	0,10	0,055
6.1.2013.	9,17	-0,55	0,11	0,058
7.1.2013.	8,88	-0,29	0,11	0,032
8.1.2013.	8,50	-0,39	0,12	0,044
9.1.2013.	8,29	-0,20	0,12	0,024
10.1.2013.	8,22	-0,07	0,12	0,009
11.1.2013.	8,59	0,37	0,12	-0,044
12.1.2013.	8,85	0,26	0,11	-0,030

13.1.2013.	8,91	0,06	0,11	-0,007
14.1.2013.	10,15	1,24	0,10	-0,130
15.1.2013.	16,26	6,11	0,08	-0,462
16.1.2013.	18,34	2,08	0,06	-0,120
17.1.2013.	20,38	2,04	0,05	-0,105
18.1.2013.	21,74	1,36	0,05	-0,065
19.1.2013.	19,99	-1,75	0,05	0,084
20.1.2013.	19,00	-0,99	0,05	0,051
21.1.2013.	36,12	17,11	0,04	-0,621
22.1.2013.	43,50	7,38	0,03	-0,186
23.1.2013.	33,97	-9,53	0,03	0,246
24.1.2013.	33,53	-0,44	0,03	0,013
25.1.2013.	33,68	0,15	0,03	-0,004
26.1.2013.	29,48	-4,20	0,03	0,133
27.1.2013.	26,00	-3,48	0,04	0,125
28.1.2013.	22,97	-3,03	0,04	0,124
29.1.2013.	20,12	-2,84	0,05	0,132
30.1.2013.	17,54	-2,58	0,05	0,137
31.1.2013.	16,01	-1,54	0,06	0,092
1.2.2013.	14,98	-1,02	0,06	0,066
2.2.2013.	14,55	-0,43	0,07	0,029
3.2.2013.	20,08	5,53	0,06	-0,319
4.2.2013.	19,80	-0,27	0,05	0,014
5.2.2013.	17,57	-2,23	0,05	0,119
6.2.2013.	15,78	-1,79	0,06	0,107
7.2.2013.	14,88	-0,90	0,07	0,059
8.2.2013.	14,30	-0,59	0,07	0,040
9.2.2013.	13,79	-0,51	0,07	0,036
10.2.2013.	13,08	-0,71	0,07	0,053
11.2.2013.	12,42	-0,66	0,08	0,051
12.2.2013.	20,64	8,22	0,06	-0,497
13.2.2013.	35,56	14,92	0,04	-0,531
14.2.2013.	36,99	1,43	0,03	-0,039
15.2.2013.	31,28	-5,71	0,03	0,167
16.2.2013.	27,14	-4,14	0,03	0,142
17.2.2013.	23,62	-3,52	0,04	0,139
18.2.2013.	20,93	-2,69	0,04	0,121
19.2.2013.	18,10	-2,83	0,05	0,145
20.2.2013.	16,32	-1,77	0,06	0,103
21.2.2013.	15,16	-1,16	0,06	0,074
22.2.2013.	14,35	-0,82	0,07	0,055
23.2.2013.	19,88	5,54	0,06	-0,323
24.2.2013.	25,92	6,04	0,04	-0,264
25.2.2013.	25,06	-0,86	0,04	0,034
26.2.2013.	22,33	-2,73	0,04	0,115

27.2.2013.	19,79	-2,54	0,05	0,120
28.2.2013.	17,60	-2,19	0,05	0,117
1.3.2013.	16,23	-1,37	0,06	0,081
2.3.2013.	14,95	-1,28	0,06	0,082
3.3.2013.	13,92	-1,03	0,07	0,071
4.3.2013.	13,08	-0,84	0,07	0,062
5.3.2013.	12,22	-0,85	0,08	0,068
6.3.2013.	11,50	-0,72	0,08	0,061
7.3.2013.	13,90	2,39	0,08	-0,189
8.3.2013.	14,38	0,49	0,07	-0,034
9.3.2013.	18,36	3,98	0,06	-0,243
10.3.2013.	21,47	3,11	0,05	-0,156
11.3.2013.	28,64	7,17	0,04	-0,286
12.3.2013.	30,10	1,46	0,03	-0,050
13.3.2013.	26,70	-3,40	0,04	0,120
14.3.2013.	36,37	9,67	0,03	-0,307
15.3.2013.	33,15	-3,22	0,03	0,093
16.3.2013.	27,77	-5,38	0,03	0,177
17.3.2013.	24,39	-3,37	0,04	0,129
18.3.2013.	24,85	0,46	0,04	-0,019
19.3.2013.	29,86	5,01	0,04	-0,183
20.3.2013.	26,85	-3,02	0,04	0,106
21.3.2013.	26,36	-0,49	0,04	0,019
22.3.2013.	25,30	-1,06	0,04	0,041
23.3.2013.	22,24	-3,05	0,04	0,129
24.3.2013.	19,84	-2,41	0,05	0,114
25.3.2013.	19,77	-0,06	0,05	0,003
26.3.2013.	33,91	14,14	0,04	-0,527
27.3.2013.	28,64	-5,27	0,03	0,169
28.3.2013.	25,48	-3,16	0,04	0,117
29.3.2013.	22,48	-3,00	0,04	0,125
30.3.2013.	20,03	-2,44	0,05	0,115
31.3.2013.	22,62	2,59	0,05	-0,121
1.4.2013.	26,34	3,71	0,04	-0,152
2.4.2013.	36,56	10,23	0,03	-0,325
3.4.2013.	38,49	1,93	0,03	-0,051
4.4.2013.	31,23	-7,26	0,03	0,208
5.4.2013.	27,67	-3,56	0,03	0,121
6.4.2013.	24,71	-2,97	0,04	0,113
7.4.2013.	22,45	-2,25	0,04	0,096
8.4.2013.	19,83	-2,62	0,05	0,124
9.4.2013.	18,23	-1,60	0,05	0,084
10.4.2013.	16,92	-1,32	0,06	0,075
11.4.2013.	15,86	-1,05	0,06	0,064
12.4.2013.	15,27	-0,60	0,06	0,038

13.4.2013.	14,68	-0,59	0,07	0,039
14.4.2013.	13,83	-0,84	0,07	0,059
15.4.2013.	13,03	-0,81	0,07	0,060
16.4.2013.	12,27	-0,76	0,08	0,060
17.4.2013.	11,63	-0,64	0,08	0,054
18.4.2013.	10,91	-0,71	0,09	0,063
19.4.2013.	10,36	-0,56	0,09	0,053
20.4.2013.	9,90	-0,46	0,10	0,045
21.4.2013.	9,51	-0,39	0,10	0,040
22.4.2013.	9,30	-0,20	0,11	0,022
23.4.2013.	9,04	-0,27	0,11	0,029
24.4.2013.	8,74	-0,30	0,11	0,033
25.4.2013.	8,58	-0,16	0,12	0,018
26.4.2013.	8,42	-0,17	0,12	0,020
27.4.2013.	8,32	-0,10	0,12	0,012
28.4.2013.	8,12	-0,20	0,12	0,024
29.4.2013.	8,02	-0,10	0,12	0,013
30.4.2013.	7,85	-0,17	0,13	0,021
1.5.2013.	7,74	-0,11	0,13	0,014
2.5.2013.	7,54	-0,20	0,13	0,026
3.5.2013.	7,55	0,01	0,13	-0,001
4.5.2013.	7,33	-0,22	0,13	0,030
5.5.2013.	7,27	-0,06	0,14	0,008
6.5.2013.	7,29	0,02	0,14	-0,003
7.5.2013.	8,25	0,96	0,13	-0,124
8.5.2013.	8,64	0,39	0,12	-0,046
9.5.2013.	8,18	-0,47	0,12	0,056
10.5.2013.	7,88	-0,29	0,12	0,036
11.5.2013.	7,74	-0,14	0,13	0,018
12.5.2013.	7,54	-0,20	0,13	0,026
13.5.2013.	7,47	-0,07	0,13	0,009
14.5.2013.	7,27	-0,21	0,14	0,028
15.5.2013.	7,27	0,00	0,14	0,000
16.5.2013.	7,01	-0,26	0,14	0,036
17.5.2013.	6,99	-0,02	0,14	0,003
18.5.2013.	6,85	-0,14	0,14	0,021
19.5.2013.	6,76	-0,09	0,15	0,013
20.5.2013.	6,53	-0,23	0,15	0,035
21.5.2013.	6,52	-0,01	0,15	0,001
22.5.2013.	6,51	-0,01	0,15	0,001
23.5.2013.	6,96	0,45	0,15	-0,067
24.5.2013.	7,44	0,47	0,14	-0,065
25.5.2013.	7,20	-0,24	0,14	0,032
26.5.2013.	9,99	2,80	0,12	-0,325
27.5.2013.	11,43	1,43	0,09	-0,134

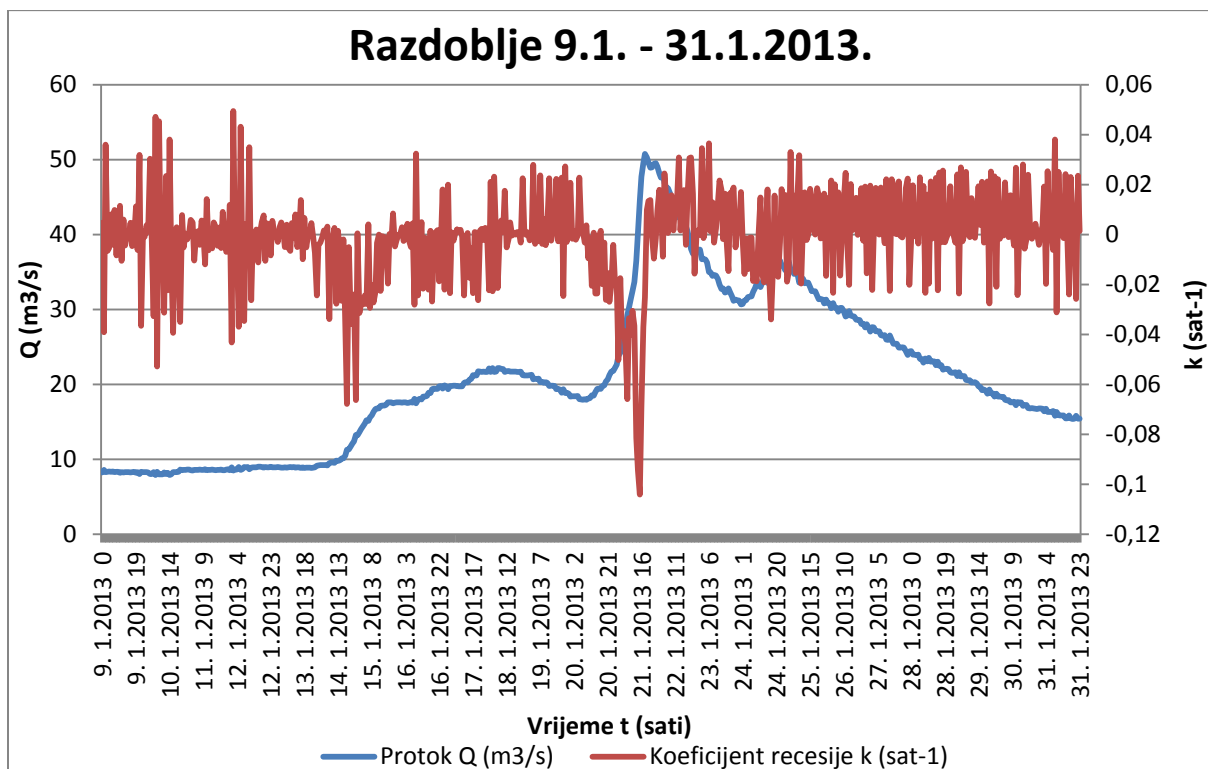
28.5.2013.	9,62	-1,80	0,09	0,171
29.5.2013.	8,76	-0,86	0,11	0,094
30.5.2013.	9,25	0,49	0,11	-0,054
31.5.2013.	9,69	0,44	0,11	-0,046
1.6.2013.	14,22	4,53	0,08	-0,379
2.6.2013.	14,67	0,44	0,07	-0,031
3.6.2013.	12,92	-1,75	0,07	0,127
4.6.2013.	11,64	-1,28	0,08	0,105
5.6.2013.	10,44	-1,20	0,09	0,109
6.6.2013.	9,48	-0,96	0,10	0,096
7.6.2013.	9,22	-0,26	0,11	0,027
8.6.2013.	8,96	-0,26	0,11	0,028
9.6.2013.	8,60	-0,36	0,11	0,041
10.6.2013.	8,33	-0,27	0,12	0,032
11.6.2013.	8,10	-0,22	0,12	0,027
12.6.2013.	7,83	-0,27	0,13	0,034
13.6.2013.	7,61	-0,23	0,13	0,029
14.6.2013.	7,34	-0,27	0,13	0,036
15.6.2013.	7,22	-0,12	0,14	0,016
16.6.2013.	7,07	-0,15	0,14	0,021
17.6.2013.	6,92	-0,15	0,14	0,021
18.6.2013.	6,78	-0,15	0,15	0,021
19.6.2013.	6,68	-0,09	0,15	0,014
20.6.2013.	6,57	-0,11	0,15	0,016
21.6.2013.	6,51	-0,06	0,15	0,010
22.6.2013.	6,45	-0,06	0,15	0,010
23.6.2013.	6,42	-0,03	0,16	0,005
24.6.2013.	6,45	0,03	0,16	-0,005
25.6.2013.	6,61	0,16	0,15	-0,025
26.6.2013.	6,42	-0,19	0,15	0,029
27.6.2013.	6,29	-0,13	0,16	0,020
28.6.2013.	6,26	-0,03	0,16	0,005
29.6.2013.	6,26	0,00	0,16	0,001
30.6.2013.	6,11	-0,15	0,16	0,024
1.7.2013.	6,06	-0,05	0,16	0,008
2.7.2013.	6,06	-0,01	0,17	0,001
3.7.2013.	6,00	-0,06	0,17	0,010
4.7.2013.	5,95	-0,05	0,17	0,009
5.7.2013.	5,82	-0,13	0,17	0,022
6.7.2013.	5,74	-0,08	0,17	0,014
7.7.2013.	5,68	-0,06	0,18	0,011
8.7.2013.	5,60	-0,07	0,18	0,013
9.7.2013.	5,61	0,00	0,18	0,000
10.7.2013.	5,57	-0,04	0,18	0,007
11.7.2013.	5,54	-0,03	0,18	0,006

12.7.2013.	5,52	-0,01	0,18	0,002
13.7.2013.	5,49	-0,03	0,18	0,006
14.7.2013.	5,43	-0,06	0,18	0,011
15.7.2013.	5,40	-0,03	0,18	0,006
16.7.2013.	5,35	-0,04	0,19	0,008
17.7.2013.	5,35	0,00	0,19	0,000
18.7.2013.	5,34	-0,01	0,19	0,002
19.7.2013.	5,28	-0,06	0,19	0,012
20.7.2013.	5,24	-0,03	0,19	0,006
21.7.2013.	5,20	-0,04	0,19	0,007
22.7.2013.	5,21	0,00	0,19	-0,001
23.7.2013.	5,21	0,00	0,19	0,000
24.7.2013.	5,19	-0,02	0,19	0,004
25.7.2013.	5,18	-0,01	0,19	0,001
26.7.2013.	5,12	-0,06	0,19	0,012
27.7.2013.	5,10	-0,02	0,20	0,004
28.7.2013.	5,07	-0,03	0,20	0,006
29.7.2013.	5,07	0,00	0,20	0,001
30.7.2013.	5,02	-0,05	0,20	0,010
31.7.2013.	5,02	0,00	0,20	0,000
1.8.2013.	5,02	0,00	0,20	0,000
2.8.2013.	5,06	0,04	0,20	-0,007
3.8.2013.	5,03	-0,03	0,20	0,005
4.8.2013.	5,02	-0,01	0,20	0,002
5.8.2013.	5,03	0,01	0,20	-0,002
6.8.2013.	5,00	-0,03	0,20	0,006
7.8.2013.	5,02	0,02	0,20	-0,003
8.8.2013.	4,99	-0,03	0,20	0,006
9.8.2013.	4,98	-0,01	0,20	0,001
10.8.2013.	4,99	0,01	0,20	-0,002
11.8.2013.	5,01	0,02	0,20	-0,003
12.8.2013.	4,99	-0,02	0,20	0,004
13.8.2013.	5,00	0,02	0,20	-0,003
14.8.2013.	4,93	-0,07	0,20	0,014
15.8.2013.	4,91	-0,03	0,20	0,006
16.8.2013.	4,91	0,00	0,20	0,000
17.8.2013.	4,92	0,02	0,20	-0,003
18.8.2013.	4,89	-0,03	0,20	0,007
19.8.2013.	4,87	-0,02	0,21	0,005
20.8.2013.	4,88	0,02	0,21	-0,004
21.8.2013.	4,87	-0,02	0,21	0,003
22.8.2013.	4,87	0,01	0,21	-0,001
23.8.2013.	4,89	0,01	0,20	-0,003
24.8.2013.	4,89	0,00	0,20	0,000
25.8.2013.	4,90	0,01	0,20	-0,002

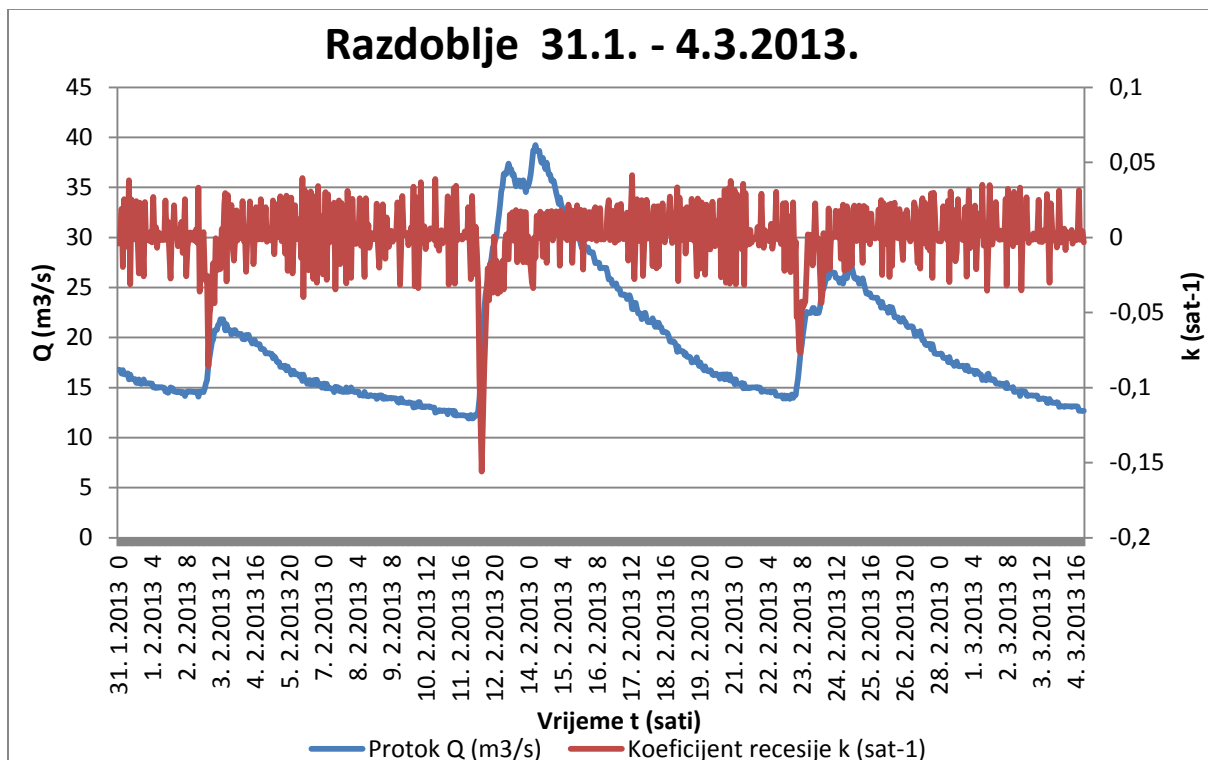
26.8.2013.	4,88	-0,01	0,20	0,003
27.8.2013.	4,90	0,01	0,20	-0,003
28.8.2013.	4,95	0,06	0,20	-0,012
29.8.2013.	4,92	-0,04	0,20	0,007
30.8.2013.	4,87	-0,04	0,20	0,009
31.8.2013.	4,85	-0,03	0,21	0,006
1.9.2013.	4,78	-0,06	0,21	0,013
2.9.2013.	4,77	-0,01	0,21	0,002
3.9.2013.	4,76	-0,01	0,21	0,002
4.9.2013.	4,70	-0,06	0,21	0,014
5.9.2013.	4,68	-0,01	0,21	0,002
6.9.2013.	4,68	0,00	0,21	0,000
7.9.2013.	4,68	0,00	0,21	0,000
8.9.2013.	4,71	0,02	0,21	-0,004
9.9.2013.	4,70	0,00	0,21	0,000
10.9.2013.	4,72	0,02	0,21	-0,004
11.9.2013.	5,14	0,41	0,20	-0,084
12.9.2013.	5,90	0,76	0,18	-0,138
13.9.2013.	5,58	-0,31	0,17	0,055
14.9.2013.	5,25	-0,33	0,18	0,062
15.9.2013.	5,05	-0,19	0,19	0,038
16.9.2013.	6,55	1,50	0,17	-0,258
17.9.2013.	6,01	-0,54	0,16	0,087
18.9.2013.	5,52	-0,48	0,17	0,084
19.9.2013.	5,31	-0,21	0,18	0,040
20.9.2013.	5,21	-0,10	0,19	0,019
21.9.2013.	5,10	-0,10	0,19	0,020
22.9.2013.	5,05	-0,06	0,20	0,011
23.9.2013.	4,98	-0,06	0,20	0,012
24.9.2013.	4,99	0,01	0,20	-0,002
25.9.2013.	4,98	-0,02	0,20	0,003
26.9.2013.	4,99	0,01	0,20	-0,002
27.9.2013.	4,97	-0,02	0,20	0,004
28.9.2013.	4,99	0,03	0,20	-0,005
29.9.2013.	5,00	0,00	0,20	-0,001
30.9.2013.	9,10	4,10	0,14	-0,582
1.10.2013.	10,99	1,89	0,10	-0,188
2.10.2013.	8,23	-2,77	0,10	0,288
3.10.2013.	6,84	-1,38	0,13	0,184
4.10.2013.	6,09	-0,75	0,15	0,116
5.10.2013.	5,79	-0,30	0,17	0,051
6.10.2013.	5,63	-0,16	0,18	0,028
7.10.2013.	6,42	0,79	0,17	-0,131
8.10.2013.	8,88	2,46	0,13	-0,322
9.10.2013.	9,64	0,76	0,11	-0,082

10.10.2013.	9,74	0,10	0,10	-0,010
11.10.2013.	9,50	-0,24	0,10	0,025
12.10.2013.	8,61	-0,89	0,11	0,098
13.10.2013.	7,76	-0,85	0,12	0,103
14.10.2013.	7,14	-0,63	0,13	0,084
15.10.2013.	6,84	-0,30	0,14	0,043
16.10.2013.	10,89	4,05	0,11	-0,457
17.10.2013.	13,68	2,79	0,08	-0,227
18.10.2013.	11,50	-2,17	0,08	0,173
19.10.2013.	9,45	-2,06	0,10	0,196
20.10.2013.	8,19	-1,26	0,11	0,143
21.10.2013.	7,51	-0,68	0,13	0,087
22.10.2013.	7,08	-0,42	0,14	0,058
23.10.2013.	6,79	-0,30	0,14	0,043
24.10.2013.	6,57	-0,22	0,15	0,033
25.10.2013.	6,33	-0,23	0,16	0,036
26.10.2013.	6,16	-0,17	0,16	0,027
27.10.2013.	6,06	-0,10	0,16	0,016
28.10.2013.	5,90	-0,16	0,17	0,027
29.10.2013.	5,84	-0,06	0,17	0,010
30.10.2013.	5,67	-0,17	0,17	0,029
31.10.2013.	5,71	0,03	0,18	-0,006
1.11.2013.	5,63	-0,08	0,18	0,013
2.11.2013.	5,55	-0,08	0,18	0,015
3.11.2013.	5,42	-0,13	0,18	0,024
4.11.2013.	5,40	-0,01	0,18	0,002
5.11.2013.	6,18	0,78	0,17	-0,134
6.11.2013.	8,04	1,86	0,14	-0,262
7.11.2013.	6,79	-1,25	0,13	0,169
8.11.2013.	6,38	-0,41	0,15	0,062
9.11.2013.	6,15	-0,23	0,16	0,036
10.11.2013.	6,01	-0,14	0,16	0,023
11.11.2013.	13,77	7,77	0,10	-0,785
12.11.2013.	17,34	3,56	0,06	-0,229
13.11.2013.	12,95	-4,38	0,07	0,289
14.11.2013.	10,82	-2,14	0,08	0,180
15.11.2013.	9,42	-1,39	0,10	0,138
16.11.2013.	8,29	-1,14	0,11	0,128
17.11.2013.	7,69	-0,60	0,13	0,075
18.11.2013.	7,32	-0,37	0,13	0,049
19.11.2013.	8,02	0,71	0,13	-0,092
20.11.2013.	19,36	11,34	0,07	-0,828
21.11.2013.	26,91	7,54	0,04	-0,326
22.11.2013.	24,48	-2,43	0,04	0,094
23.11.2013.	47,27	22,79	0,03	-0,635

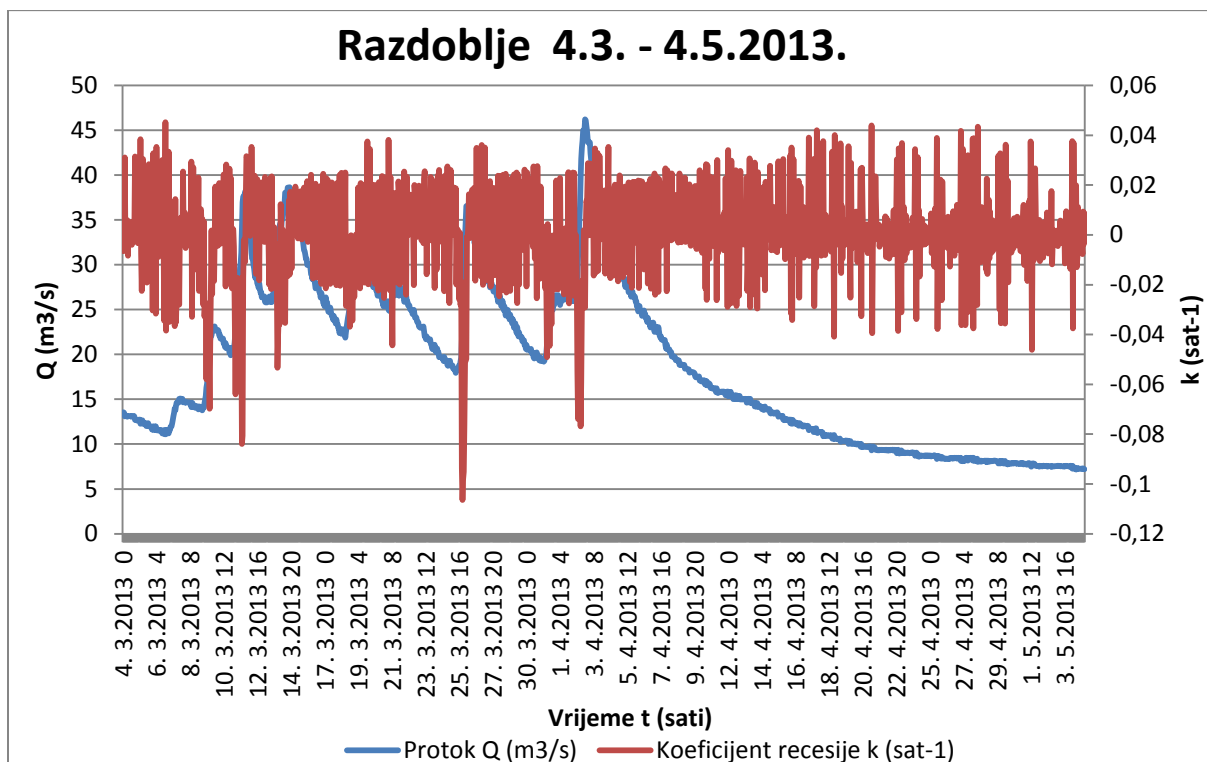
24.11.2013.	40,93	-6,35	0,02	0,144
25.11.2013.	31,87	-9,06	0,03	0,249
26.11.2013.	27,26	-4,61	0,03	0,156
27.11.2013.	23,50	-3,75	0,04	0,148
28.11.2013.	20,04	-3,46	0,05	0,159
29.11.2013.	17,64	-2,40	0,05	0,127
30.11.2013.	16,09	-1,56	0,06	0,092
1.12.2013.	15,34	-0,75	0,06	0,048
2.12.2013.	14,63	-0,71	0,07	0,047
3.12.2013.	14,00	-0,63	0,07	0,044
4.12.2013.	13,22	-0,78	0,07	0,057
5.12.2013.	12,39	-0,82	0,08	0,064
6.12.2013.	11,58	-0,82	0,08	0,068
7.12.2013.	10,78	-0,80	0,09	0,071
8.12.2013.	10,14	-0,64	0,10	0,061
9.12.2013.	9,47	-0,66	0,10	0,068
10.12.2013.	8,99	-0,48	0,11	0,052
11.12.2013.	8,65	-0,34	0,11	0,039
12.12.2013.	8,64	-0,01	0,12	0,001
13.12.2013.	8,30	-0,34	0,12	0,040
14.12.2013.	8,25	-0,06	0,12	0,007
15.12.2013.	8,03	-0,22	0,12	0,027
16.12.2013.	7,81	-0,22	0,13	0,027
17.12.2013.	7,71	-0,10	0,13	0,013
18.12.2013.	7,51	-0,20	0,13	0,026
19.12.2013.	7,38	-0,13	0,13	0,018
20.12.2013.	7,40	0,03	0,14	-0,004
21.12.2013.	7,13	-0,27	0,14	0,037
22.12.2013.	7,04	-0,09	0,14	0,013
23.12.2013.	6,86	-0,18	0,14	0,026
24.12.2013.	6,85	-0,01	0,15	0,002
25.12.2013.	6,73	-0,12	0,15	0,017
26.12.2013.	9,07	2,34	0,13	-0,297
27.12.2013.	41,65	32,58	0,04	-1,285
28.12.2013.	31,50	-10,15	0,03	0,278
29.12.2013.	24,12	-7,37	0,04	0,265
30.12.2013.	19,99	-4,14	0,05	0,187
31.12.2013.	17,16	-2,83	0,05	0,152



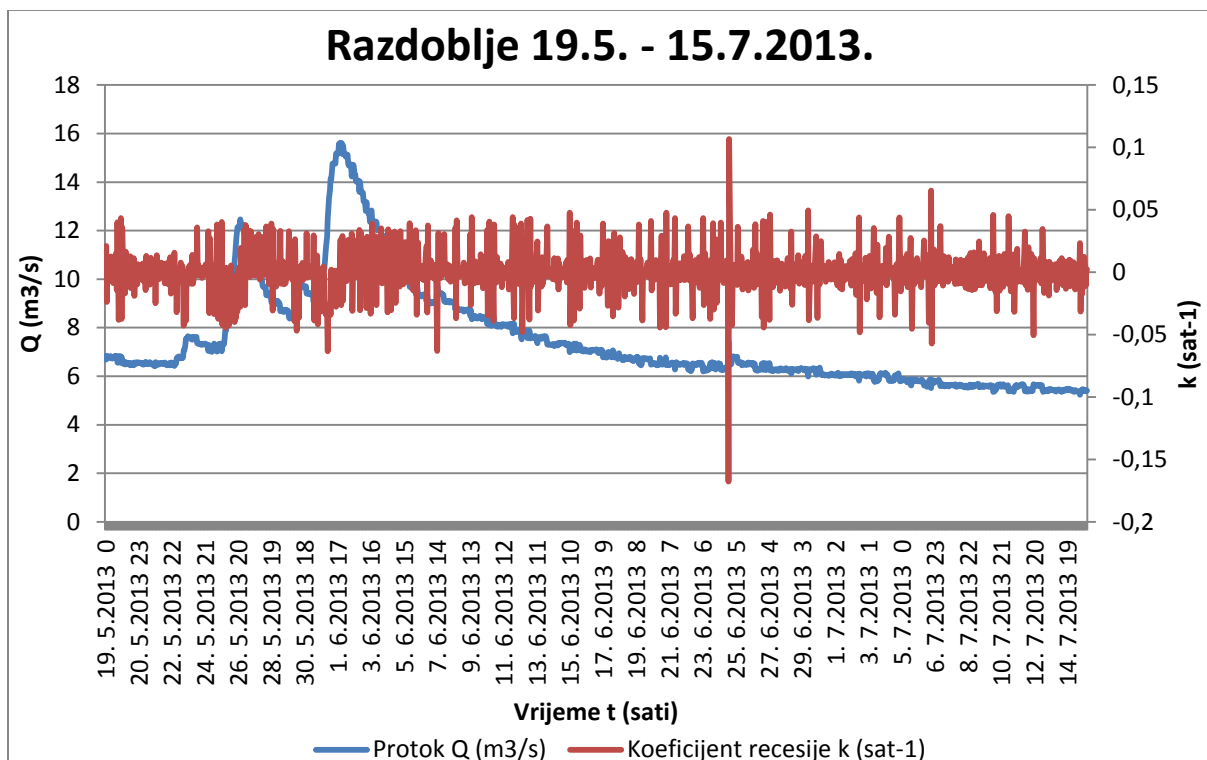
Slika 6.26. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 9.1.2013. do 31.1.2013. godine



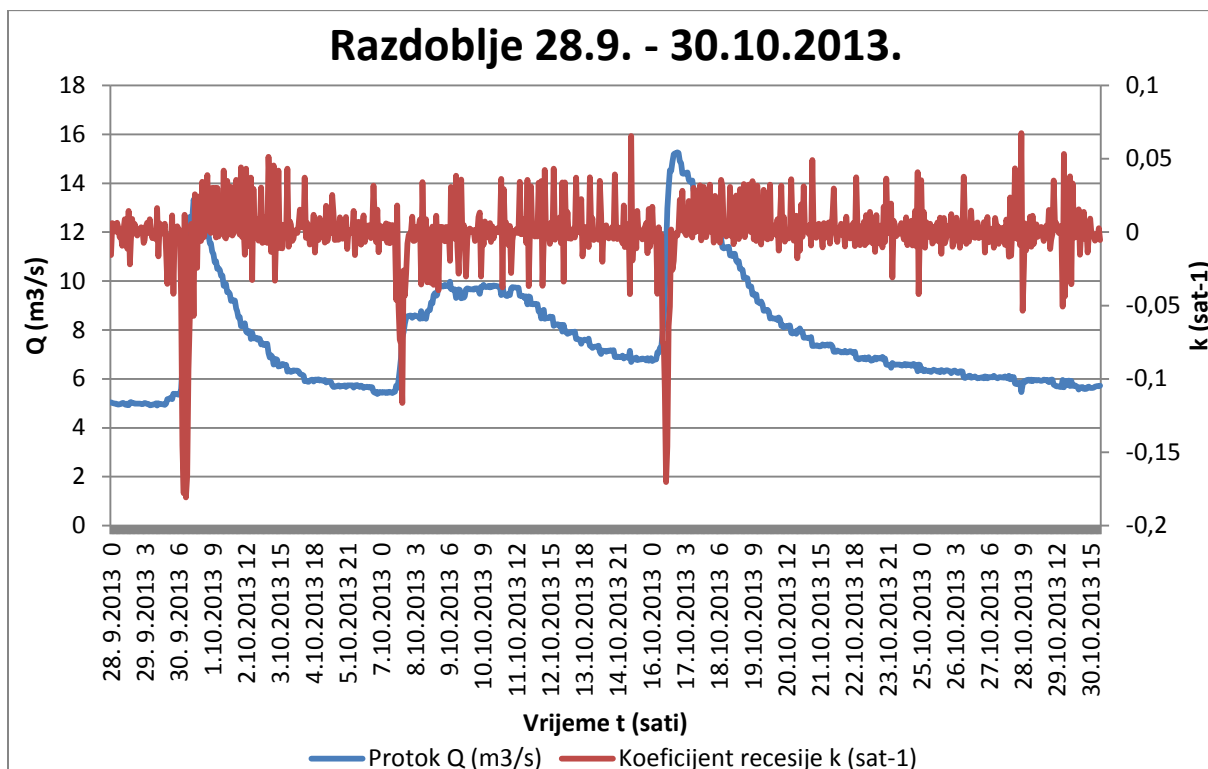
Slika 6.27. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 31.1.2013. do 4.3.2013. godine



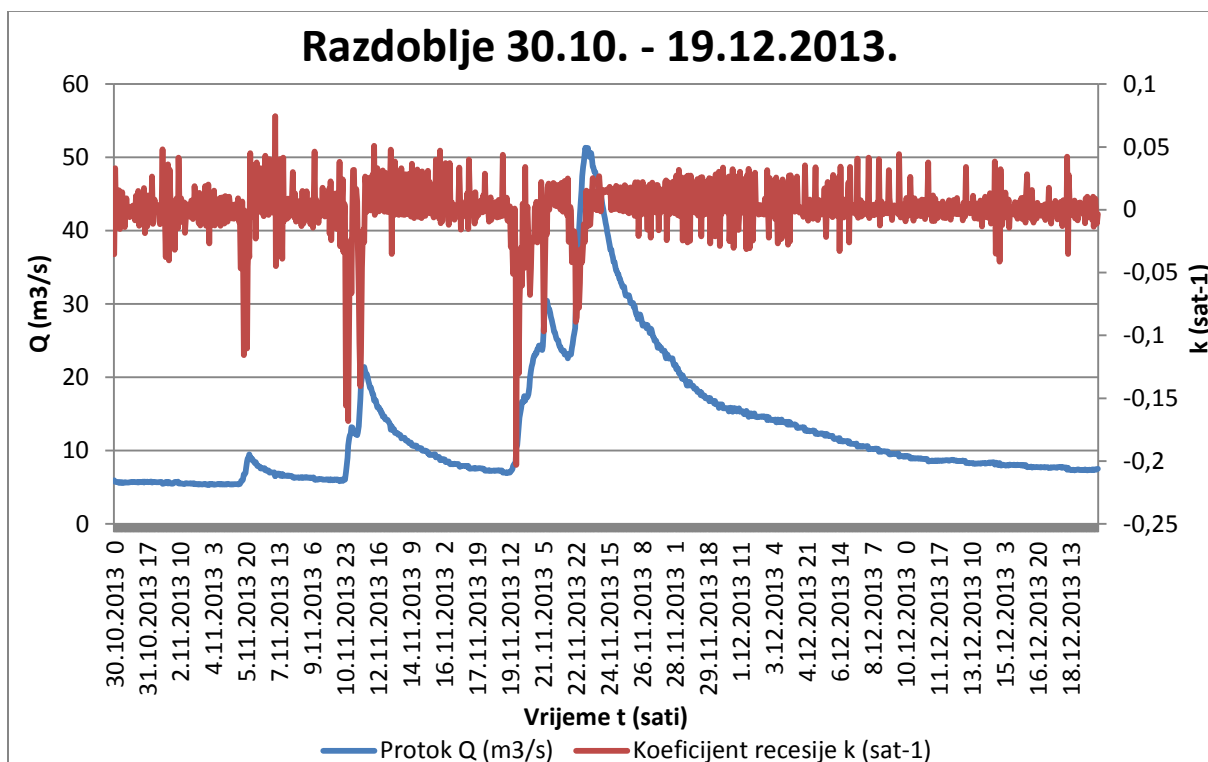
Slika 6.28. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „ k “ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 4.3.2013. do 4.5.2013. godine



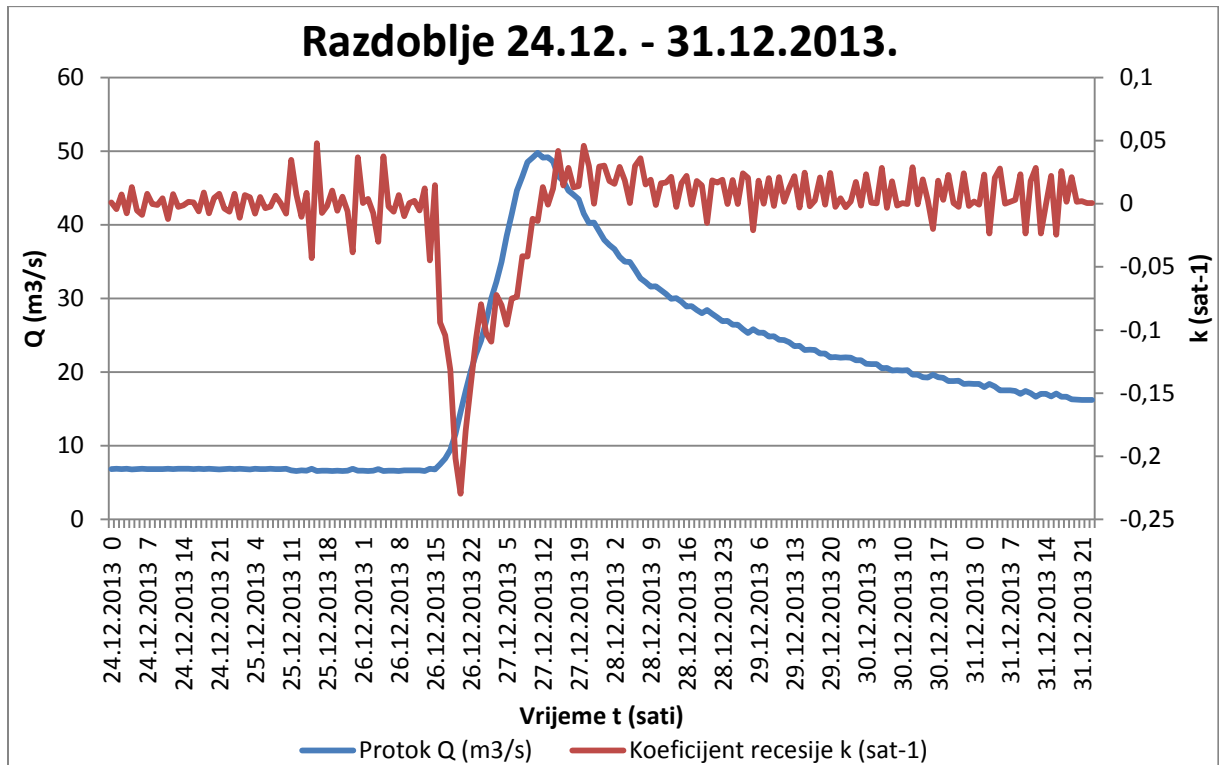
Slika 6.29. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „ k “ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 19.5.2013. do 15.7.2013. godine



Slika 6.30. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 28.9.2013. do 30.10.2013. godine

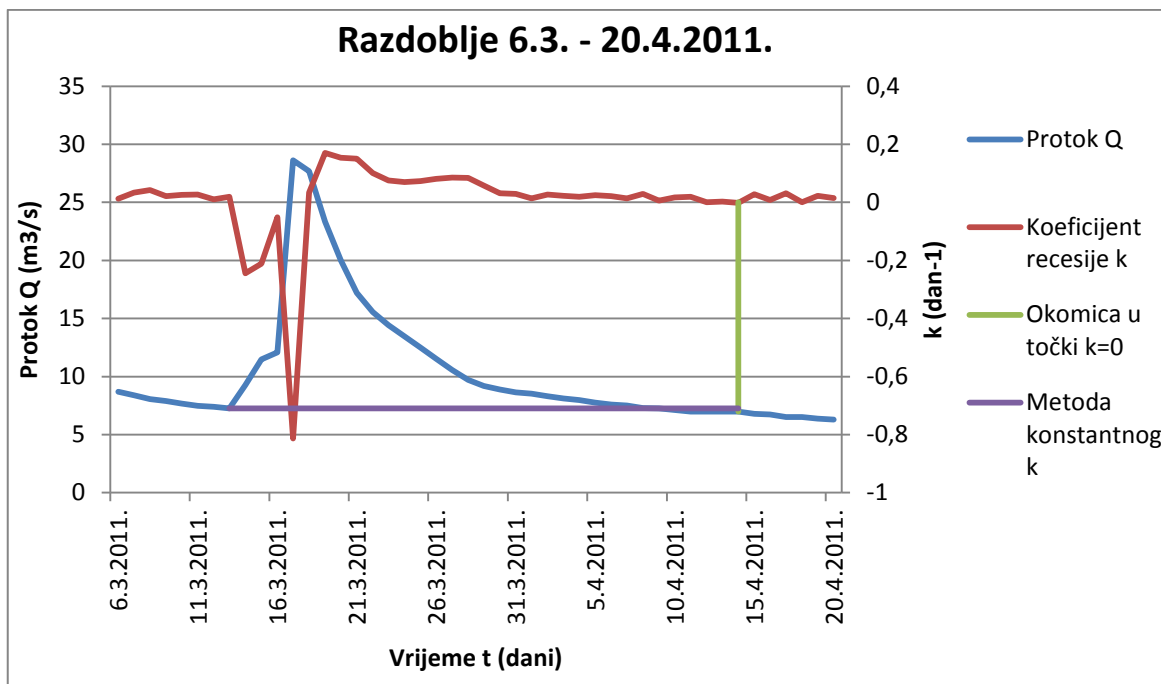


Slika 6.31. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 30.10.2013. do 19.12.2013. godine

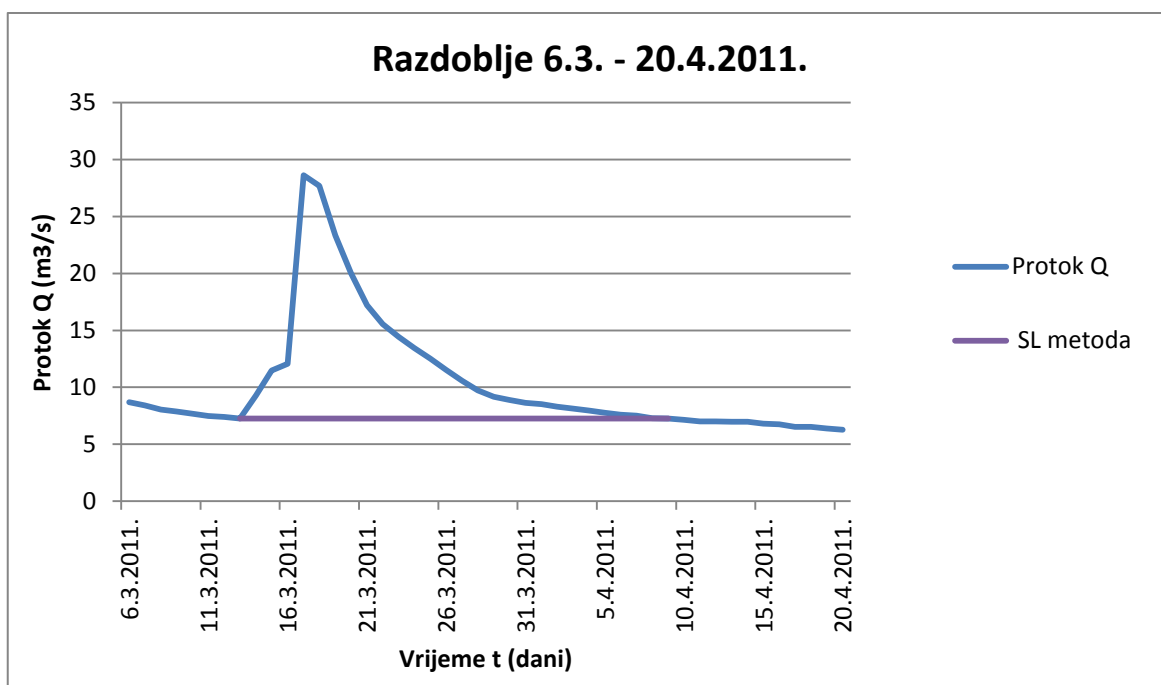


Slika 6.32. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 24.12.2013. do 31.12.2013. godine

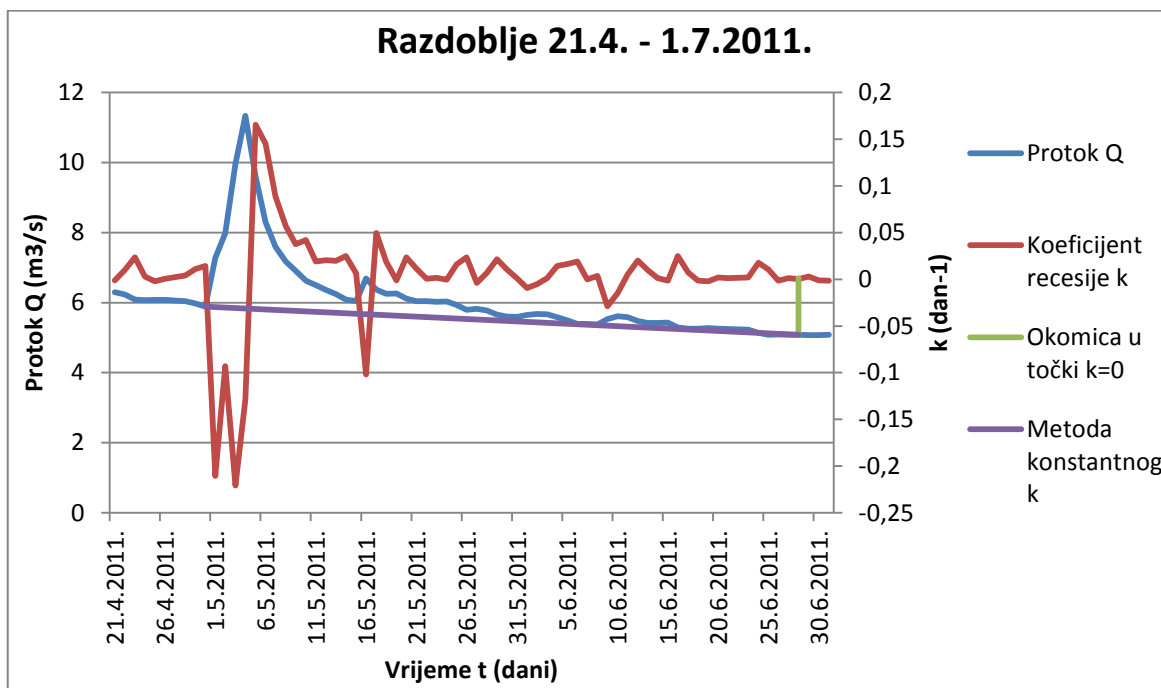
6.6. Odvajanje hidrograma pomoću metode konstantnog „k“ i SL metode



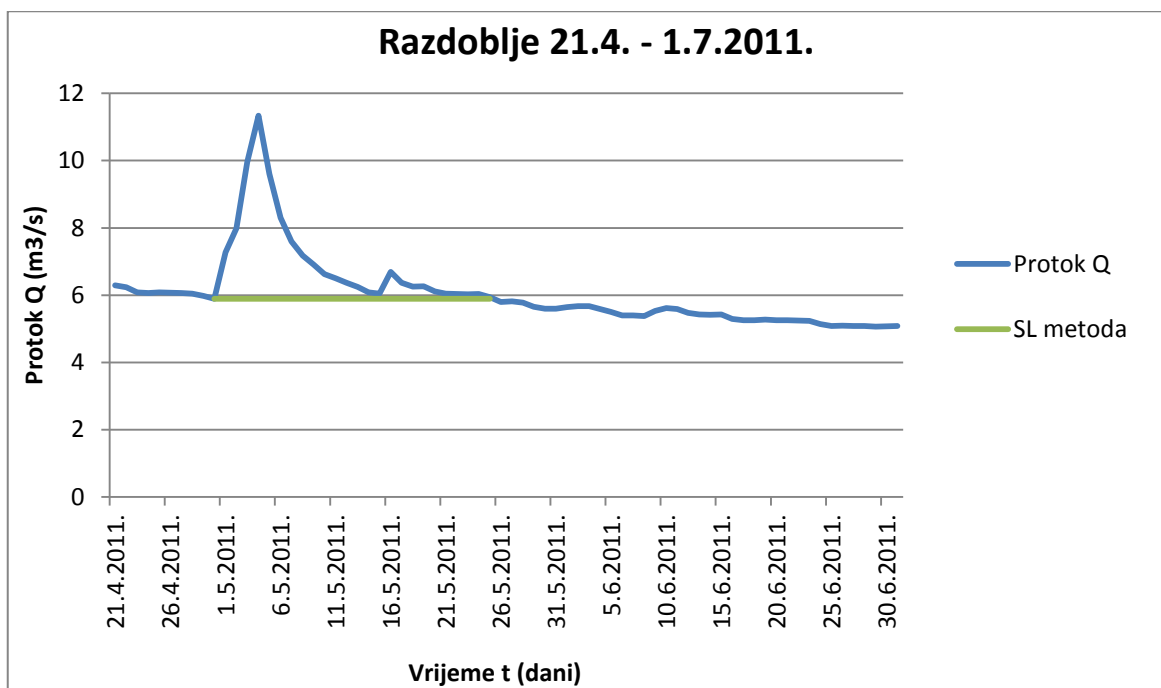
Slika 6.33. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 6.3.2011. do 20.4.2011. godine



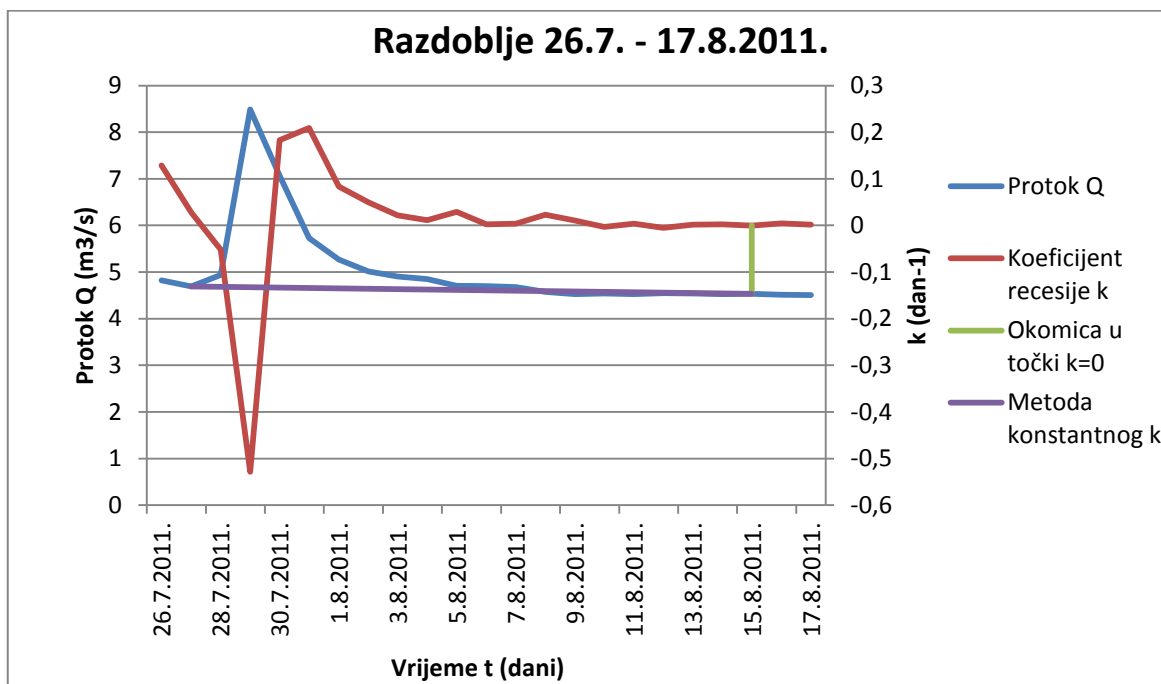
Slika 6.34. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 6.3.2011. do 20.4.2011. godine



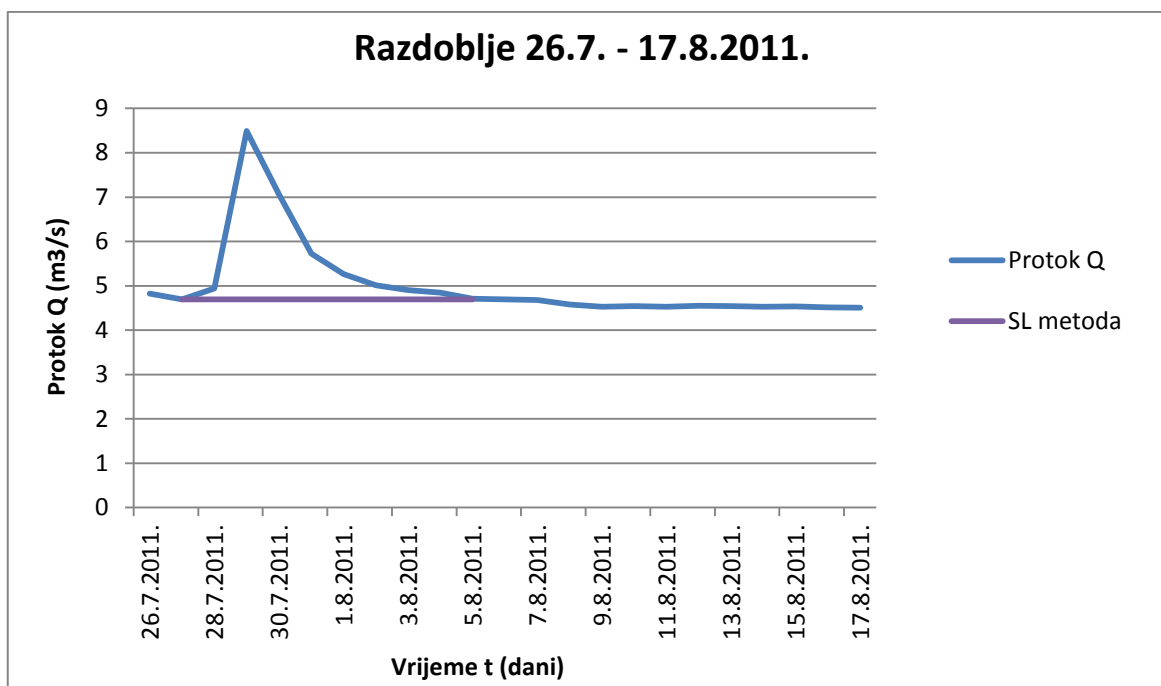
Slika 6.35. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 21.4.2011. do 1.7.2011. godine



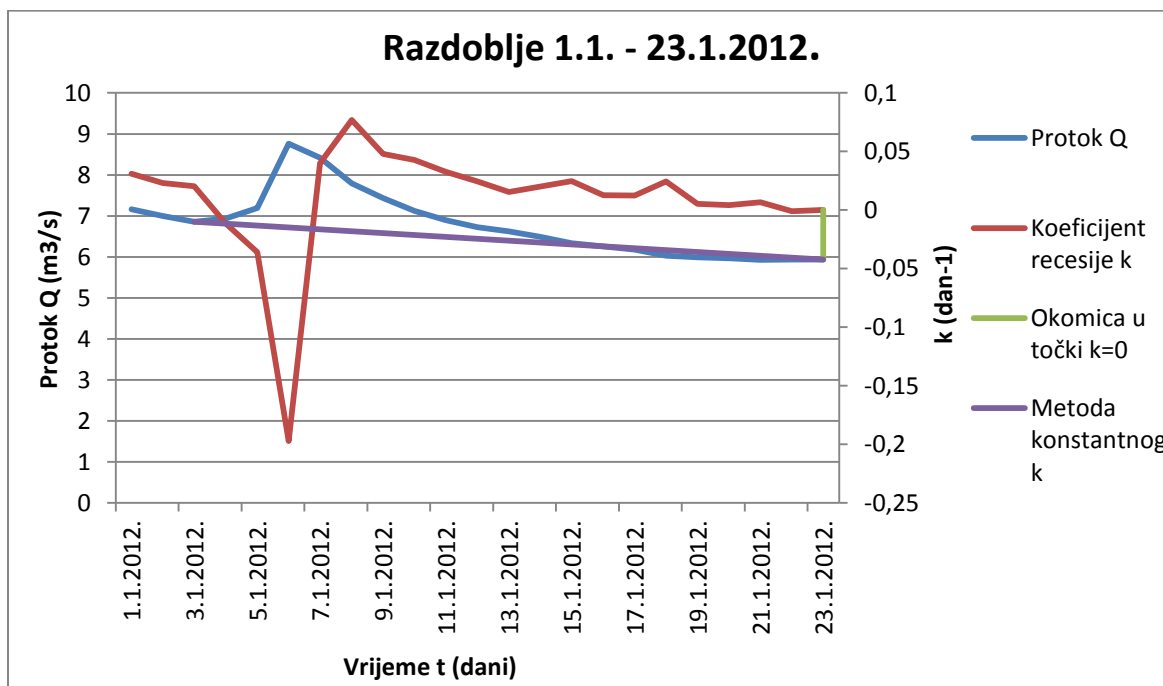
Slika 6.36. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 21.4.2011. do 1.7.2011. godine



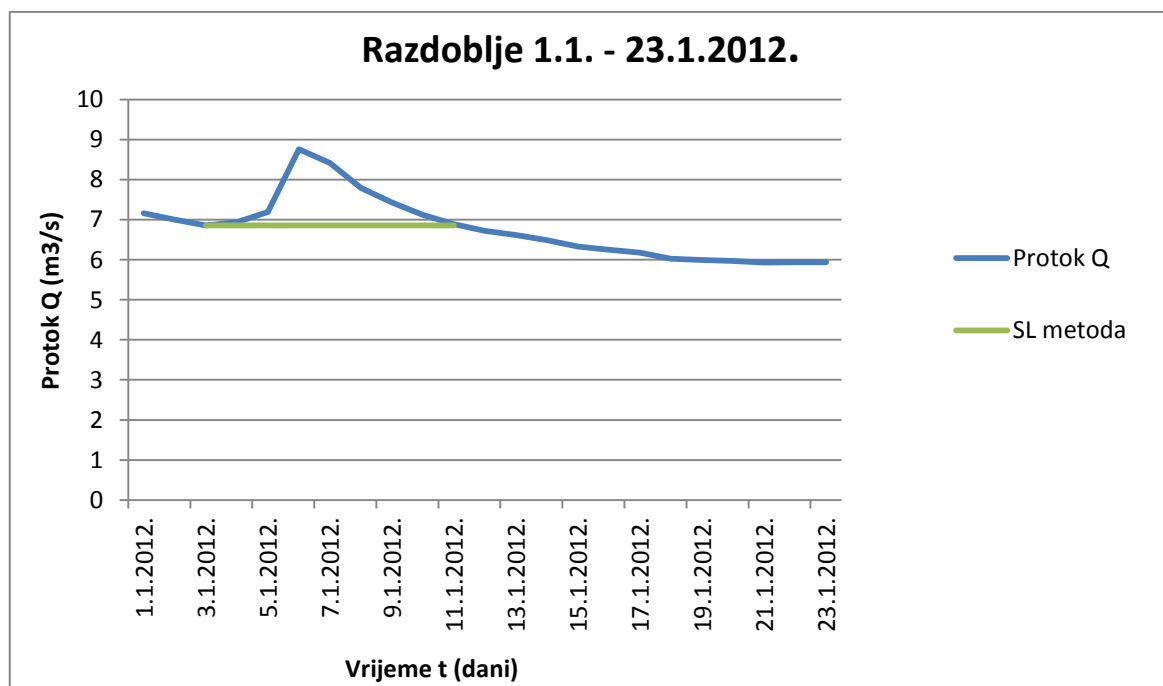
Slika 6.37. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 26.7.2011. do 17.8.2011. godine



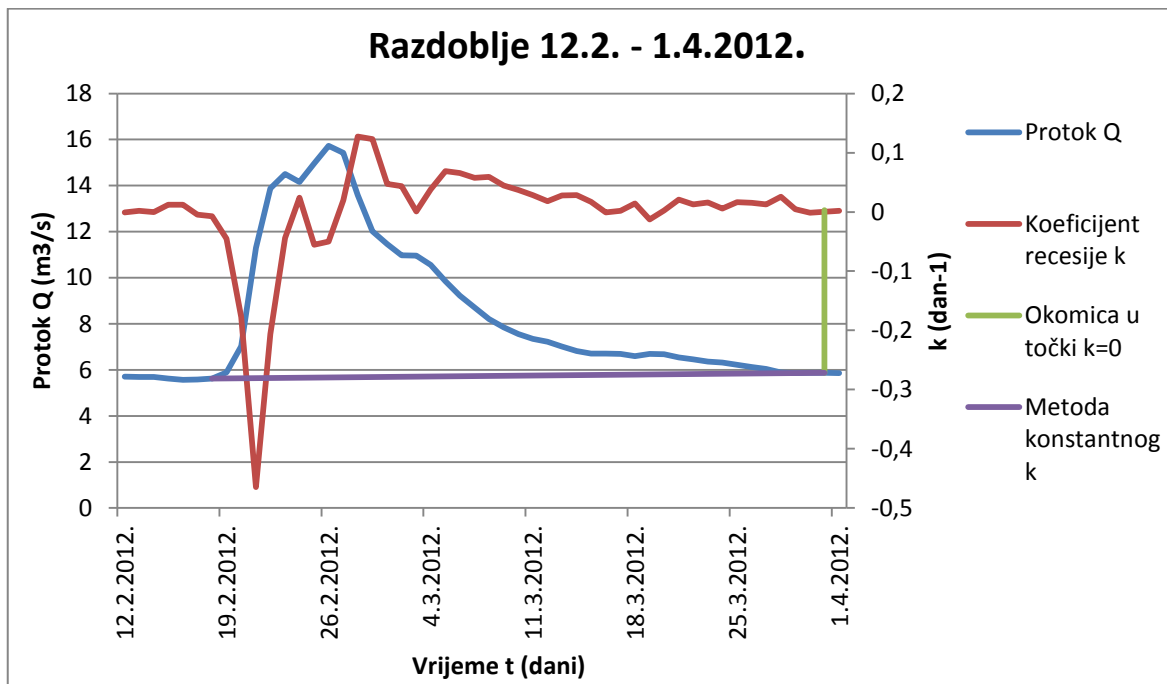
Slika 6.38. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 26.7.2011. do 17.8.2011. godine



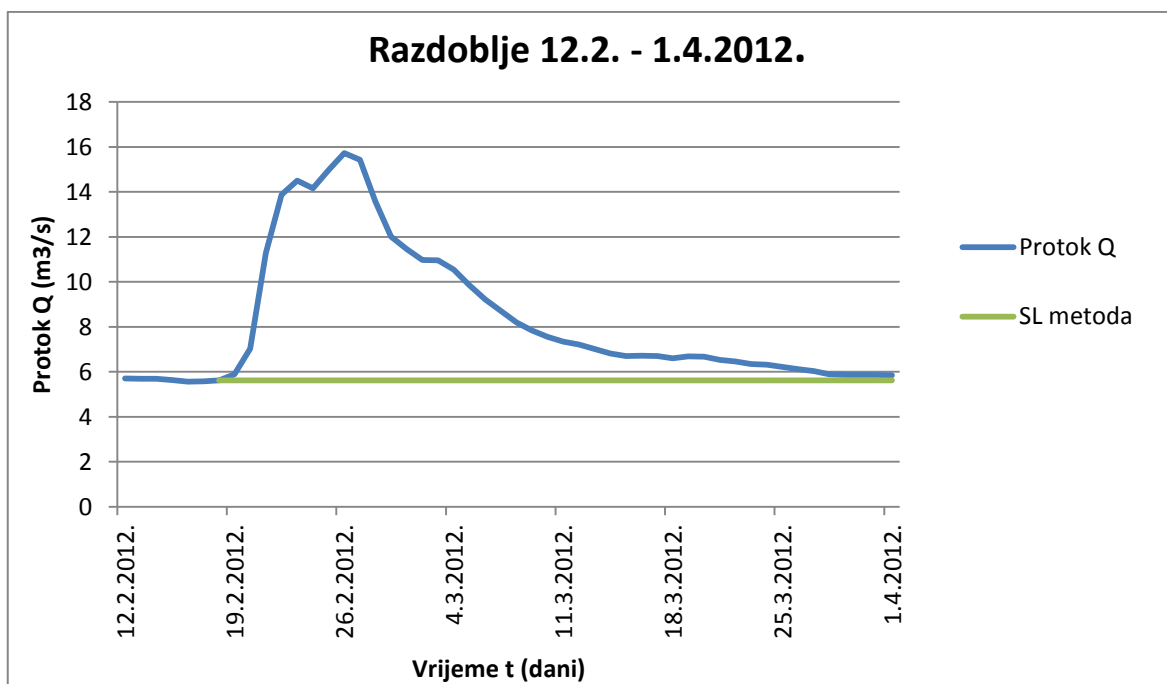
Slika 6.39. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 1.1.2012. do 23.1.2012. godine



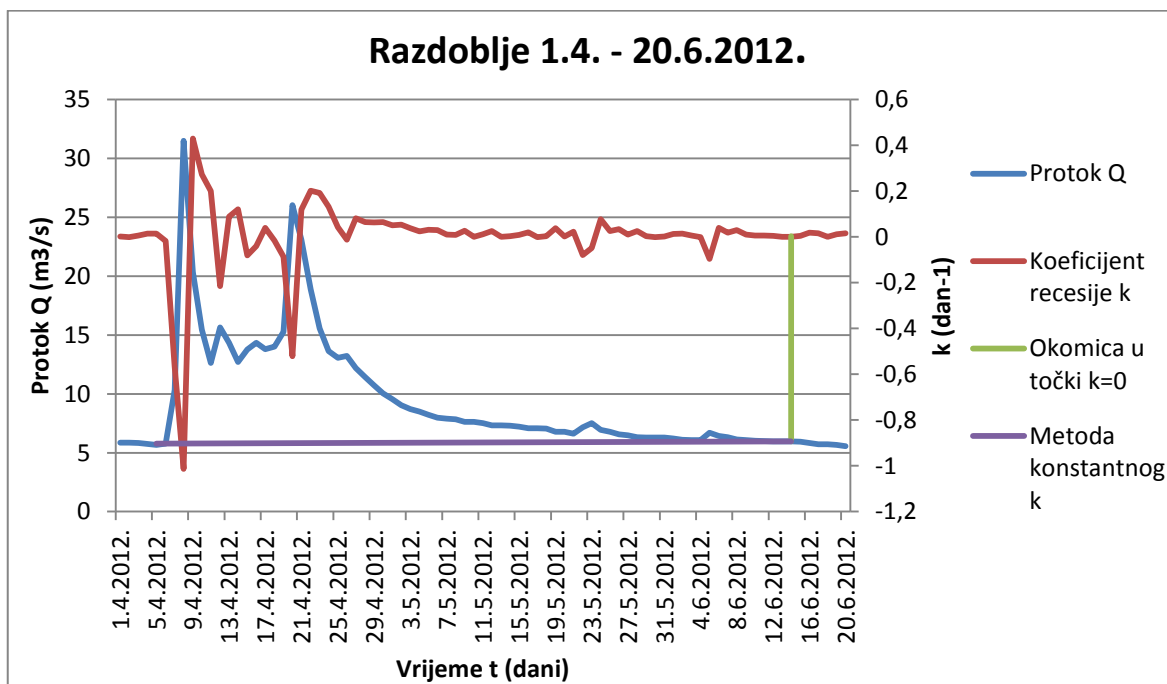
Slika 6.40. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 1.1.2012. do 23.1.2012. godine



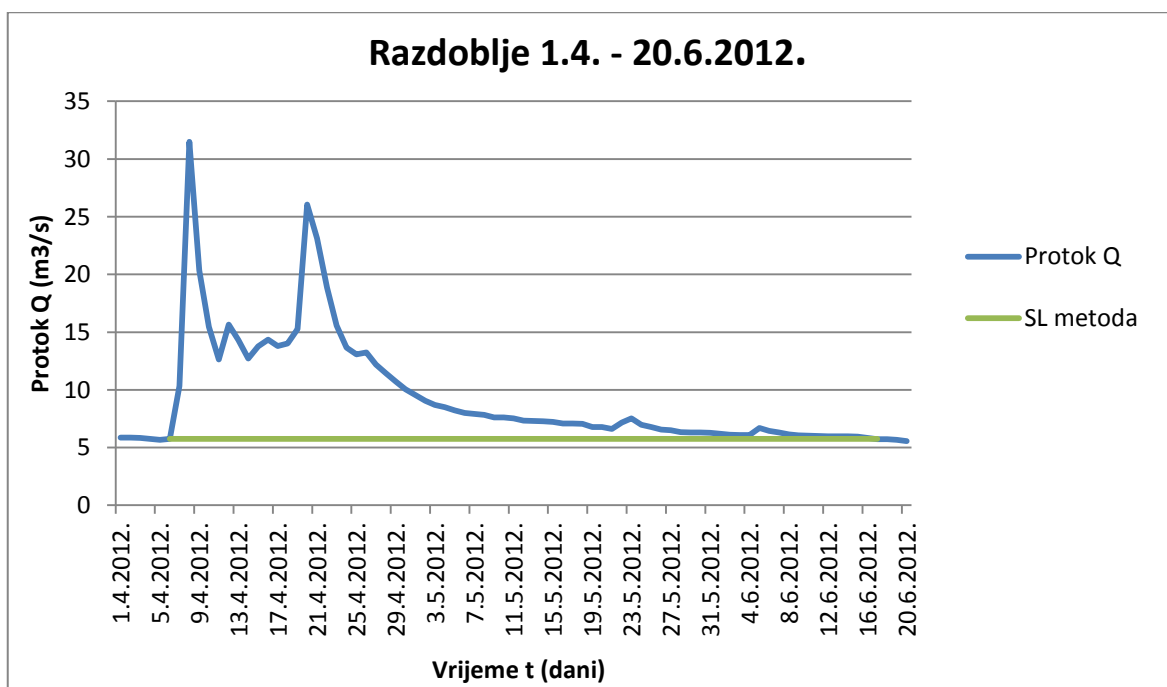
Slika 6.41. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 12.2.2012. do 1.4.2012. godine



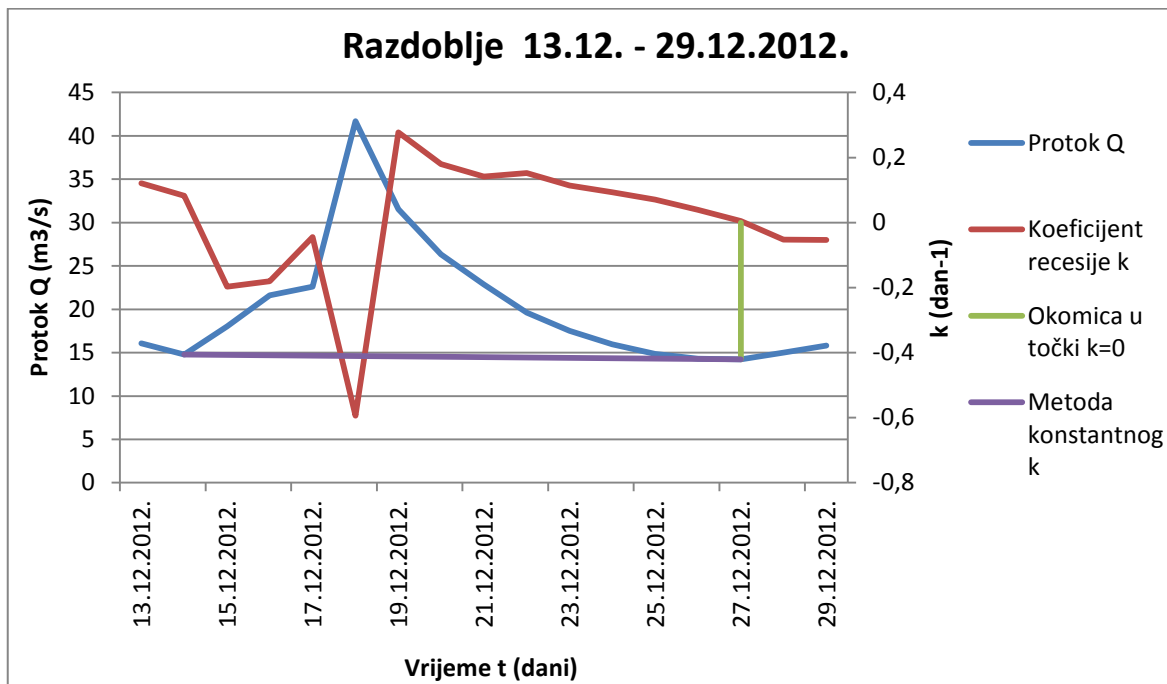
Slika 6.42. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 12.2.2012. do 1.4.2012. godine



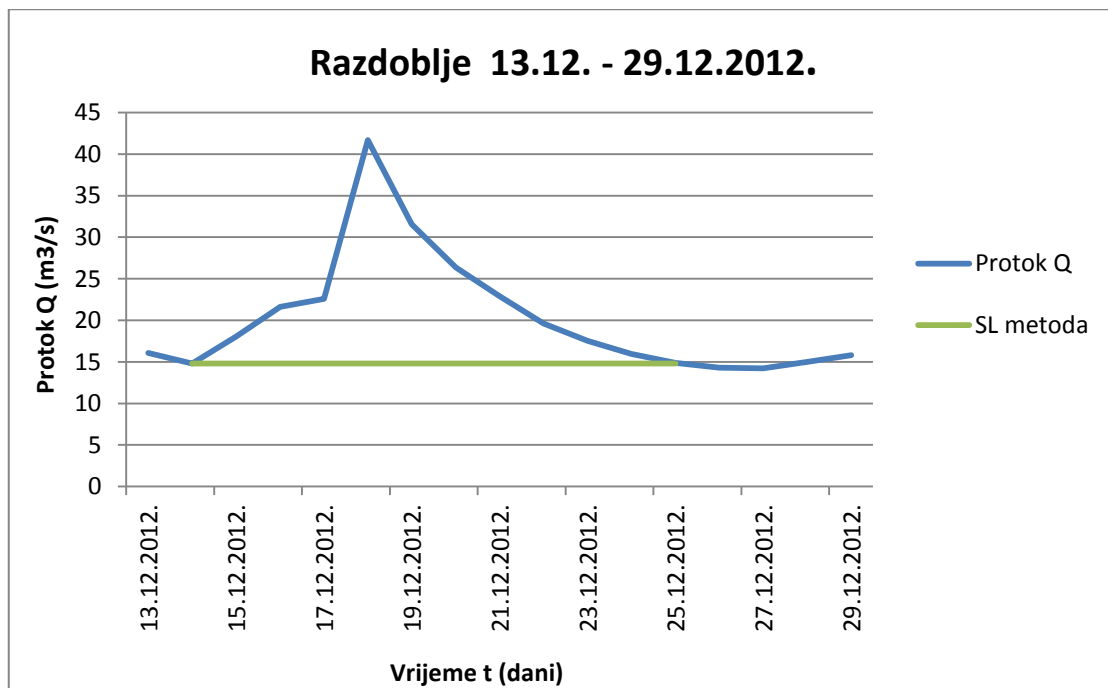
Slika 6.43. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 1.4.2012. do 20.6.2012. godine



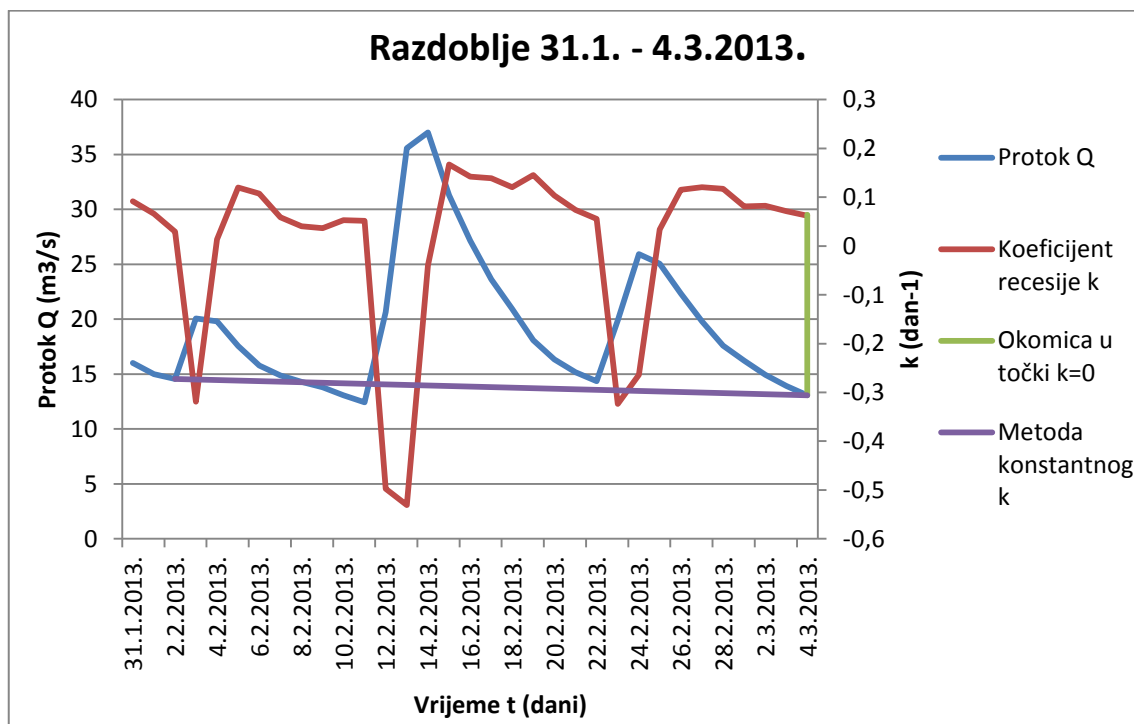
Slika 6.44. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 1.4.2012. do 20.6.2012. godine



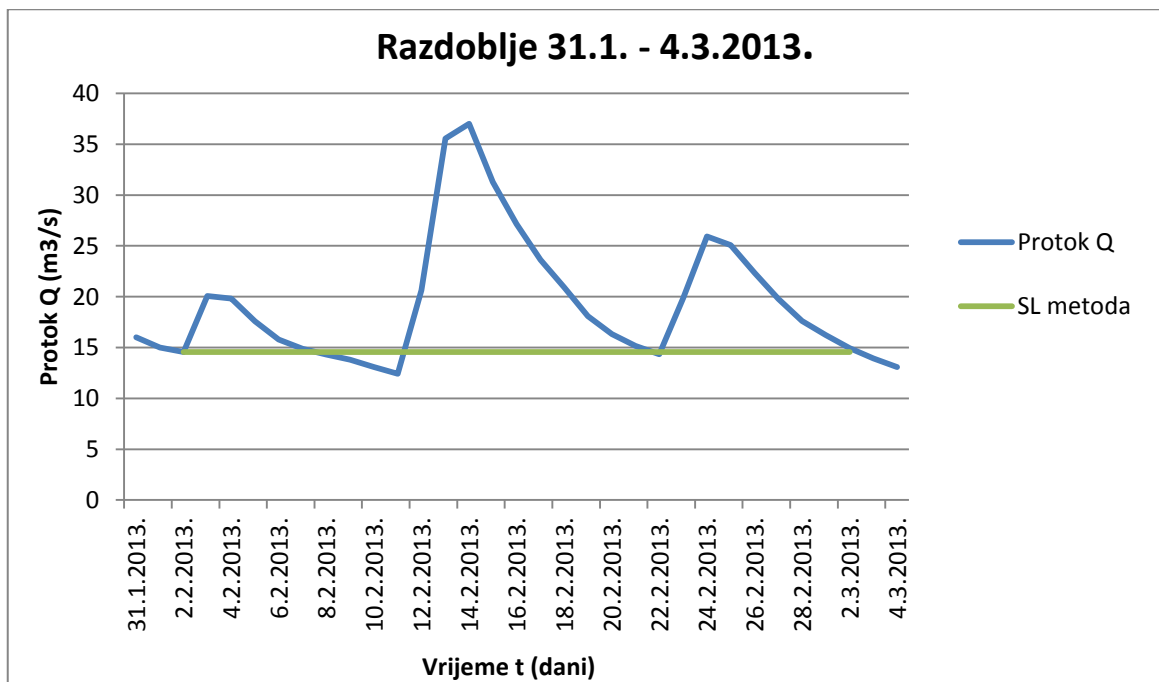
Slika 6.45. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 13.12.2012. do 29.12.2012. godine



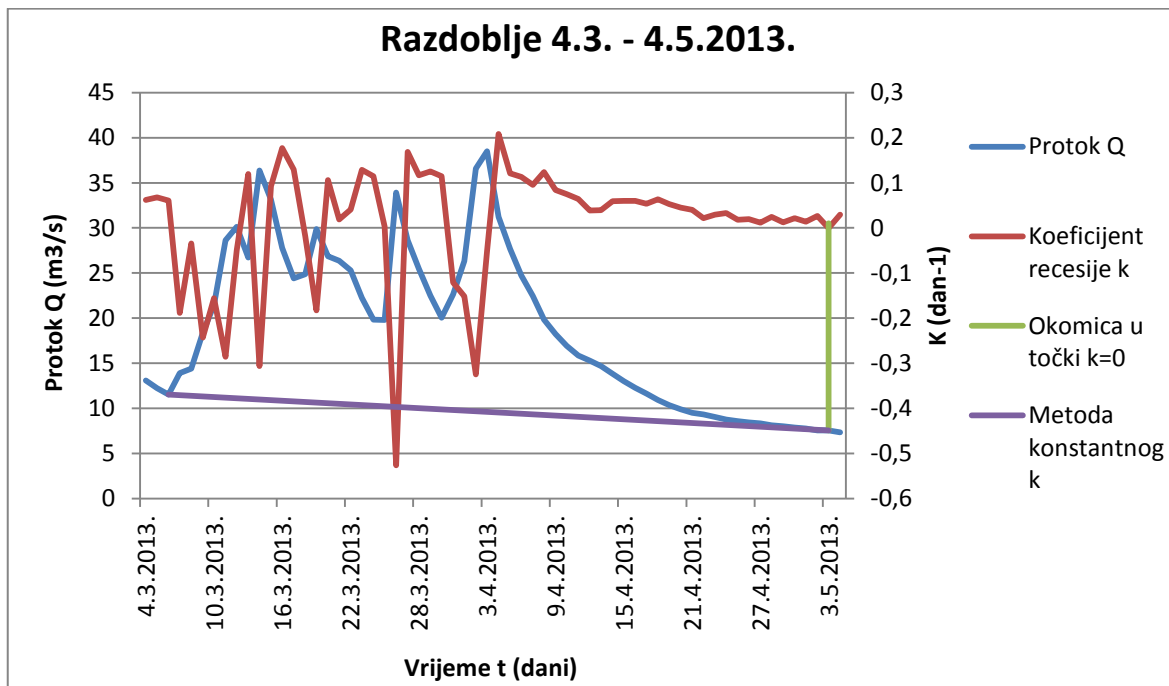
Slika 6.46. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 13.12.2012. do 29.12.2012. godine



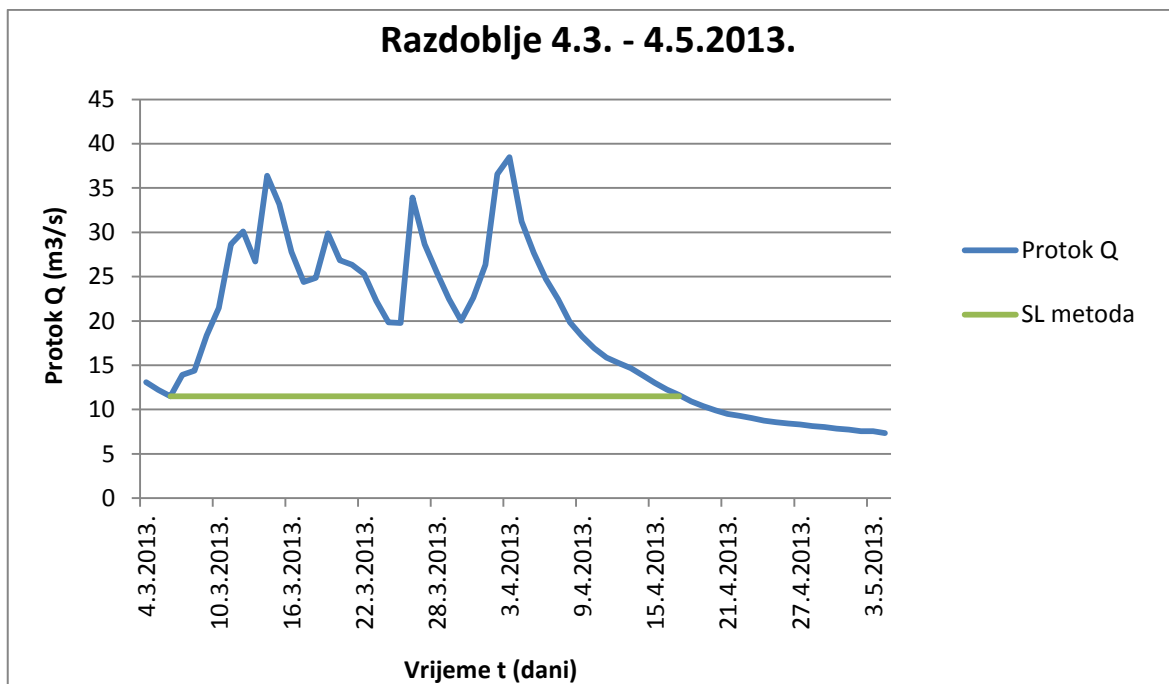
Slika 6.47. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 31.1.2013. do 4.3.2013. godine



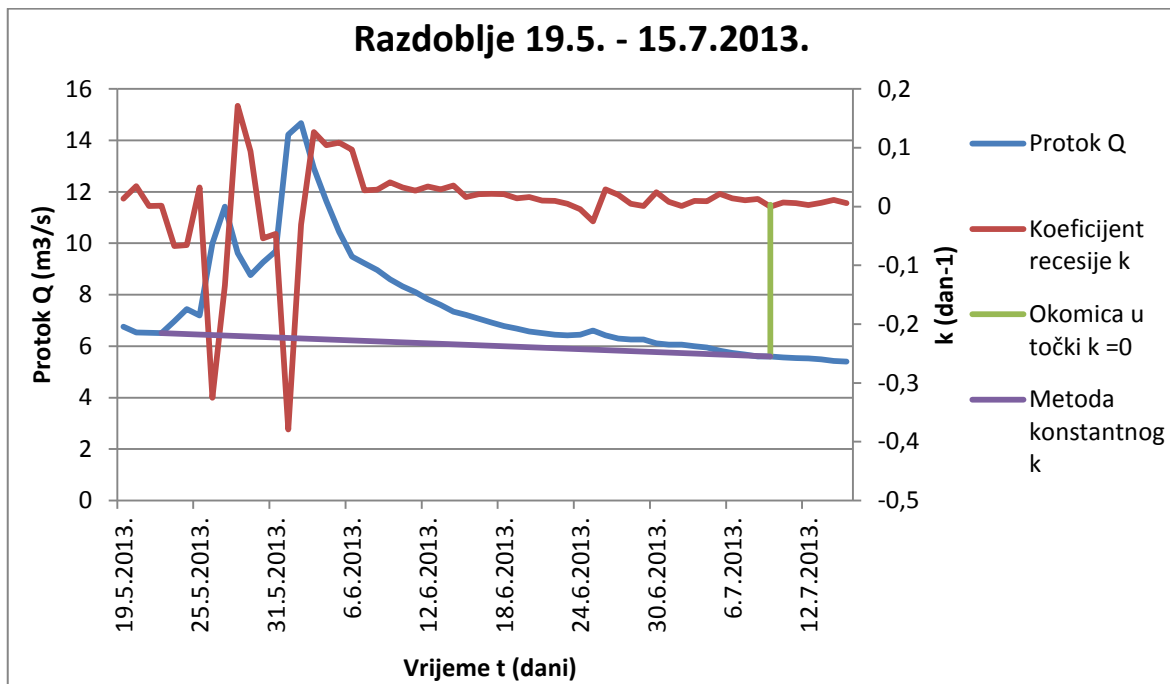
Slika 6.48. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 31.1.2013. do 4.3.2013. godine



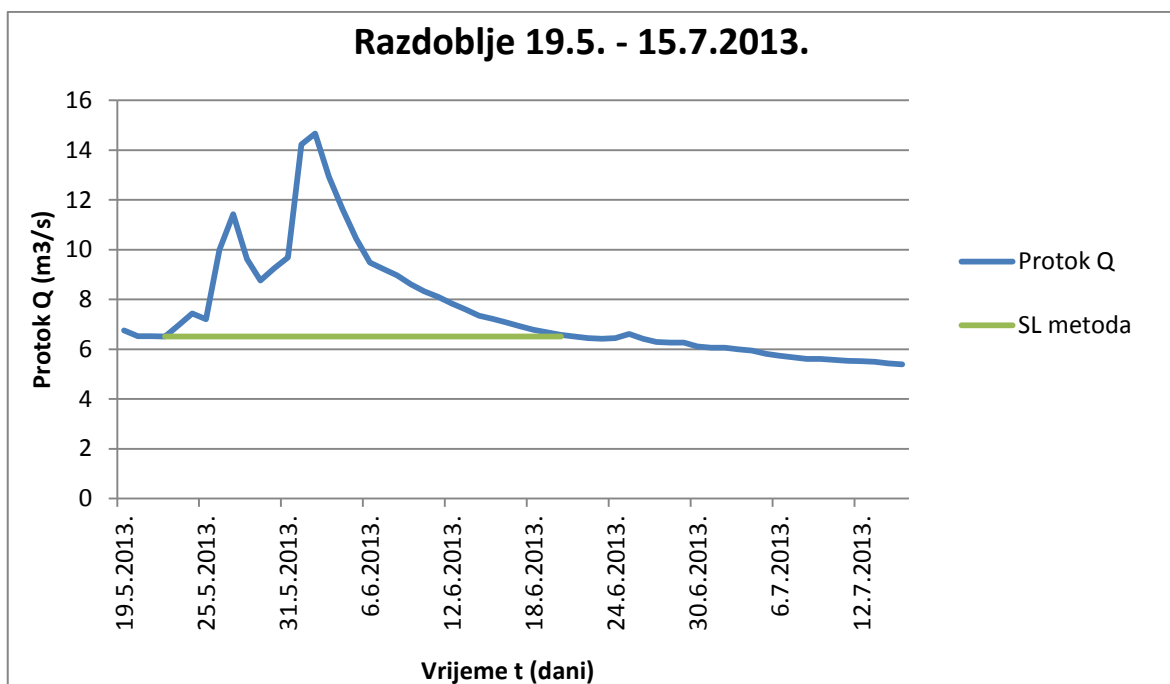
Slika 6.49. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantog „k“ za izdvojeno razdoblje od 4.3.2013. do 4.5.2013. godine



Slika 6.50. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 4.3.2013. do 4.5.2013. godine



Slika 6.51. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 19.5.2013. do 15.7.2013. godine



Slika 6.52. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 19.5.2013. do 15.7.2013. godine

U priloženoj tablici 6.9. dane su vrijednosti volumena baznog otjecanja dobivenog metodom konstantnog „k“ (*Blume i sur., 2007.*) i SL metodom, njihova međusobna razlika kao i maksimalni volumen baznog otjecanja između te dvije metode.

Tablica 6.9. *Volumen baznog otjecanja dobiven metodom konstantnog „k“ i SL metodom*

Vremensko razdoblje	Volumen baznog otjecanja metodom konstantnog k (m3)	Volumen baznog otjecanja SL metodom (m3)	Maksimalni volumen baznog otjecanja (m3/s)	Razlika volumena baznog otjecanja (m3)
6.3.-20.4.2011.	29737922,4	30756429,0	30756429,0	1018506,6
21.4.-1.7.2011.	34015926,6	34745164,2	34745164,2	729237,6
26.7.-17.8.2011.	8762349,6	8795397,6	8795397,6	33048,0
1.1.-23.1.2012.	12264638,4	12420468,0	12420468,0	155829,6
12.2.-1.4.2012.	24279642,0	23820534,0	24279642,0	459108,0
1.4.-20.6.2012.	40646232,0	39672086,4	40646232,0	974145,6
13.12.-29.12.2012.	20225489,4	20482560,0	20482560	257070,6
31.1.-4.3.2013.	38677930,2	38195652,6	38677930,2	482277,6
4.3.-4.5.2013.	50486234,4	56759981,4	56759981,4	6273747,0
19.5.-15.7.2013.	29681137,8	30960081,0	30960081,0	1278943,2

Iz tablice 6.9. vidljivo je znatno odstupanje u vrijednostima volumena baznog otjecanja dobivenih prema metodi konstantnog „k“ i SL metodi. Ta odstupanja su posljedica različitog definiranja i samim tim različitog položaja točke infleksije na opadajućoj grani hidrograma otjecanja za referentna izdvojena razdoblja (točka F na slici 4.4.), a spomenuta točka odgovara baznom vremenu kada otjecanje opada do podzemnog ili baznog otjecanja. Točka infleksije na rastućoj grani hidrograma otjecanja (točka B na slici 4.4.) za obje metode je jednaka i predstavlja onu vrijednost protoka nakon koje se javljaju samo vrijednosti protoka veće od nje, sve dok se ne dosegne maksimalna vrijednost protoka, odnosno vršni dio hidrograma otjecanja.

6.7. Određivanje koeficijenta otjecanja

Kao što je već prije spomenuto, koeficijent otjecanja predstavlja odnos efektivne (neto) oborine P_e i oborine koja padne na sliv (bruto oborine) P_b , odnosno jednak je omjeru volumena otekle oborine i pale oborine (*Žugaj, 2009.*):

$$C = \frac{P_e}{P_b} = \frac{V_{otekle\ oborine}}{V_{pale\ oborine}} = \frac{P_e \cdot A_{sliva}}{P_b \cdot A_{sliva}} \quad (6.1)$$

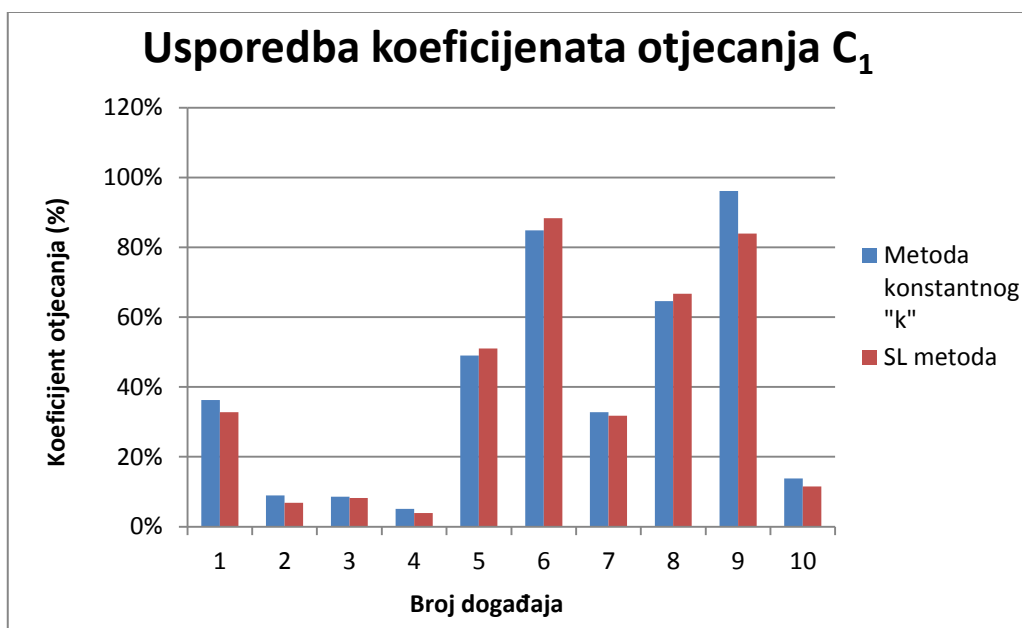
U brojniku izraza (6.1) nalazi se volumen otekle vode koji je za svako promatrano razdoblje predstavljen sa dvije različite vrijednosti dobijene razdvajanjem hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“, odnosno SL metodom. U nazivniku se nalazi umnožak ukupno pale oborine na analizirani sliv za svako izdvojeno razdoblje i površine samog sliva rijeke Jadro. Budući da površina sliva rijeke Jadro do danas nije sa sigurnošću utvrđena, već se ista procijenjuje na približno 500 km², u ovom istraživanju će se raditi dvije varijante proračuna koeficijenta otjecanja, upravo u svrhu definiranja varijabilnosti vrijednosti samog koeficijenta otjecanja s obzirom na vrijednost površine sliva. Prva varijanta (C₁) uključuje u izračun vrijednost površine sliva u iznosu od 480 km², a druga varijanta (C₂) uključuje vrijednost od 500 km².

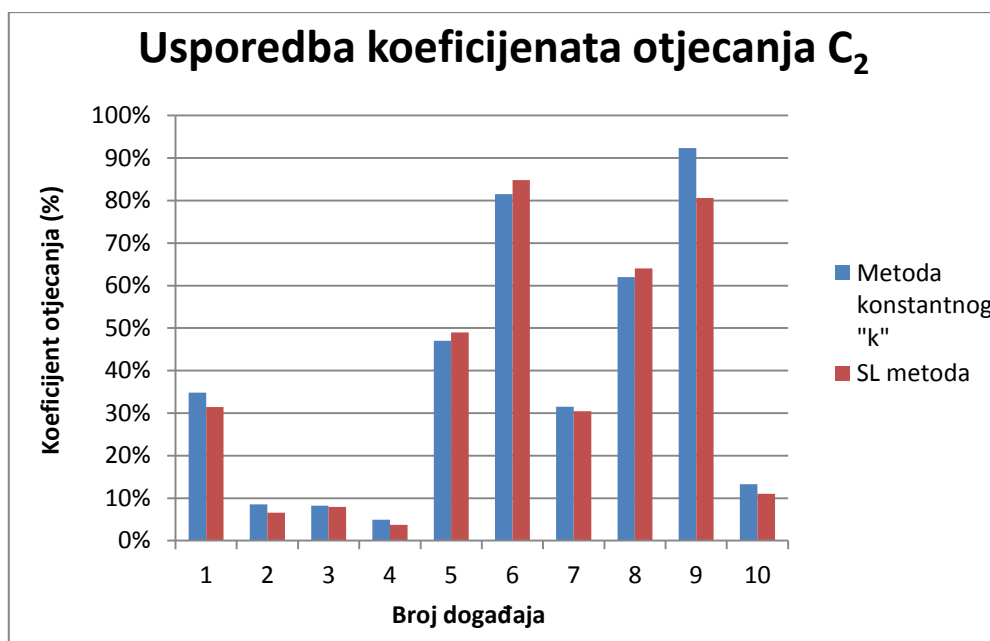
Tablica 6.10. Koeficijenti otjecanja na temelju metode konstantnog „k“

Vremensko razdoblje	Volumen baznog otjecanja metodom konstantnog k (m3)	Ukupni volumen otjecanja (m3)	Volumen direktnog otjecanja (m3)	Ukupno pale oborine Pb (mm)	Koeficijent otjecanja C1	Koeficijent otjecanja C2
6.3.-20.4.2011.	29737922,4	40106457,0	9350028,0	59,496	0,363	0,349
21.4.-1.7.2011.	34015926,6	37209652,2	2464488,0	74,608	0,089	0,086
26.7.-17.8.2011.	8762349,6	9549079,2	753681,6	19,071	0,086	0,083
1.1.-23.1.2012.	12264638,4	12910613,4	490145,4	26,219	0,051	0,049
12.2.-1.4.2012.	24279642,0	35368457,4	11547923,4	47,147	0,490	0,470
1.4.-20.6.2012.	40646232,0	64742061,6	25069975,2	59,146	0,849	0,815
13.12.-29.12.2012.	20225489,4	28247322,6	7764762,6	50,947	0,328	0,315
31.1.-4.3.2013.	38677930,2	53701873,2	15506220,6	48,463	0,646	0,620
4.3.-4.5.2013.	50486234,4	99905416,2	43145434,8	107,061	0,962	0,923
19.5.-15.7.2013.	29681137,8	37190019,6	6229938,6	113,099	0,138	0,133

Tablica 6.11. Koeficijenti otjecanja na temelju SL metode

Vremensko razdoblje	Volumen baznog otjecanja SL metodom (m ³)	Ukupni volumen otjecanja (m ³)	Volumen direktnog otjecanja (m ³)	Ukupno pale oborine Pb (mm)	Koeficijent otjecanja C1	Koeficijent otjecanja C2
6.3.-20.4.2011.	30756429,0	40106457,0	9350028	59,496	0,327	0,314
21.4.-1.7.2011.	34745164,2	37209652,2	2464488,0	74,608	0,069	0,066
26.7.-17.8.2011.	8795397,6	9549079,2	753681,6	19,071	0,082	0,079
1.1.-23.1.2012.	12420468,0	12910613,4	490145,4	26,219	0,039	0,037
12.2.-1.4.2012.	23820534,0	35368457,4	11547923,4	47,147	0,510	0,490
1.4.-20.6.2012.	39672086,4	64742061,6	25069975,2	59,146	0,883	0,848
13.12.-29.12.2012.	20482560,0	28247322,6	7764762,6	50,947	0,318	0,305
31.1.-4.3.2013.	38195652,6	53701873,2	15506220,6	48,463	0,667	0,640
4.3.-4.5.2013.	56759981,4	99905416,2	43145434,8	107,061	0,840	0,806
19.5.-15.7.2013.	30960081,0	37190019,6	6229938,6	113,099	0,115	0,110

Slika 6.53. Grafički prikaz međuodnosa vrijednosti koeficijenta otjecanja C₁ metodom konstantnog „k“ i SL metodom



Slika 6.54. Grafički prikaz međuodnosa vrijednosti koeficijenta otjecanja C_2 metodom konstantnog „k“ i SL metodom

Kod obje metode, koeficijent otjecanja C_1 kojem odgovara slivna površina veličine 480 km² veći je od koeficijenta otjecanja C_2 kojem odgovara slivna površina od 500 km² što je evidentno iz samog izraza za izračun koeficijenta otjecanja (izraz 6.1).

U oba slučaja (C_1 i C_2) vrijednosti koeficijenta otjecanja dobivene na osnovu metode konstantnog „k“ i SL metodom dobro se prate bez većih odstupanja. Značajnija odstupanja su vidljiva tek za događaj označen brojem 9 koji odgovara vremenskom razdoblju od 4. 3. do 4. 5. 2013. godine kada su zabilježene veće količine oborine (107, 06 mm).

7. USPOREDBA REZULTATA

Dobivene rezultate ovog istraživanja uspoređujemo sa studijom vezanom za sliv Tres Arroyos čiji su autori Teresa Blume, Erwin Zehe i Axel Bronstert. Područje istraživanja nalazi se u Reserva forestal Malalcahuello, u Precordillera (Regija de la Araucanía), u južnom Čile-u. Sliv Tres Arroyos se nalazi na južnoj padini Volcan Lonquimay-a ($38^{\circ} 25.5'$ - $38^{\circ} 27'S$; $71^{\circ} 32.5'$ - $71^{\circ} 35'E$). Sliv se prostire na površini od $5,93 \text{ km}^2$. Raspon visina je od 1080 - 1856 m nadmorske visine, s prosječnim padom od 40%. 80% sliva je prekriveno šumom vrste Araucaria i Roble-Raulí-Coigue (mjesna šuma, bez antropogenog djelovanja). Tla su mlada, malo razvijena tla od vulkanskog pepela s pripadajućom visokom poroznošću i visokom hidrauličkom provodljivošću (Iroumé, 2003). Nema dostupnih podataka o hidrogeologiji ovog sliva. Raspon godišnjih količina oborina kreće se od 2000 do iznad 3000 mm. Snijeg je prisutan u višim dijelovima sliva od lipnja do studenog. Ovaj sliv je vrlo oskudan podacima budući da visoka vremenska rezolucija otjecanja i još viša prostorna rezolucija oborinskih podataka postoji tek od siječnja 2004. godine. Za potrebe ovog istraživanja korištena je vremenska serija od 15 mjeseci: od siječnja 2004. do ožujka 2005. godine.

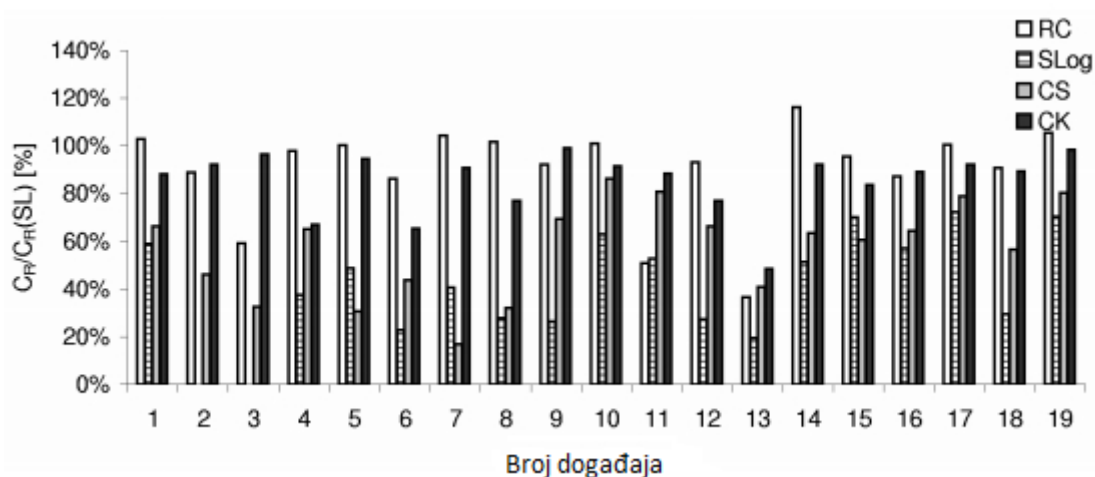
Koeficijenti otjecanja određeni su na temelju pet različitih metoda razdvajanja hidrograma za 19 oborinskih epizoda i prikazani su u tablici 7.1. zajedno sa pripadajućom ukupnom palom oborinom izraženom u mm.

Tablica 7.1. Koeficijenti otjecanja (u %) i ukupna oborina (P_{tot} u mm) za 19 oborinskih epizoda

Date	P_{tot}	RC	SLog	CS	SL	CK
28/01/04	27	1.95	1.12	1.26	1.90	1.67
15/02/04	58	1.92	-	1.00	2.16	2.00
01/03/04	44	1.56	-	0.86	2.64	2.55
05/03/04	25	2.34	0.90	1.56	2.39	1.60
16/03/04	13	1.59	0.77	0.49	1.59	1.50
28/03/04	39	1.26	0.34	0.64	1.47	0.96
30/03/04	53	2.99	1.16	0.48	2.86	2.60
03/04/04	28	2.23	0.61	0.70	2.19	1.69
05/04/04	81	5.61	1.60	4.23	6.08	6.03
07/04/04	106	9.92	6.18	8.49	9.83	8.99
11/04/04	280	11.38	11.81	18.05	22.35	19.44
17/04/04	24	7.93	2.32	5.65	8.50	6.55
01/05/04	85	7.90	4.21	8.82	21.59	10.44
03/12/04	26	5.46	2.41	2.98	4.70	4.33
14/12/04	41	3.20	2.34	2.02	3.34	2.80
23/12/04	56	4.98	3.25	3.67	5.71	5.08
21/01/05	35	2.90	2.09	2.28	2.89	2.66
28/01/05	41	3.51	1.14	2.19	3.87	3.46
03/03/05	52	2.15	1.43	1.64	2.04	2.01

RC: recession continued; SLog: semi-logarithmic plot; CS: constant slope; SL: straight line; CK: constant- k method.

Koeficijenti otjecanja su iznenađujuće niski, manji od 3% za većinu događaja i 20% samo za događaj s ukupnom oborinom od 280 mm (11. - 14. travnja). Također se može vidjeti da, iako su male apsolutne vrijednosti koeficijenta otjecanja, određene s različitim metodama, vrlo slične, vrijednosti za veće događaje mogu varirati od 11 do 22% ili 4 do 22%. Koeficijenti otjecanja standardizirani koeficijentom otjecanja određenim pomoću SL metode prikazani su na slici 7.1. SL vrijednosti su izabrane kao referenca jer je ova metoda: (a) najjednostavnija od svih, i (b) rezultati u najdužim periodima baznog otjecanja kao i završna točka su uvijek najnoviji u odnosu na ostale metode. Dok je većina najmanjih djelića dobivena SLog metodom (do 20%), vrijednosti više od 100%, često su pretežno određene metodom kod koje se prethodna recesija nastavila ispod maksimuma (RC metoda).



Slika 7.1. Usporedba koeficijenata otjecanja (C_R) koji su određeni različitim metodama razdvajanja hidrograma i standardizirani sa $C_R(SL)$ (RC: nastavljena recesija; Slog: polu-logaritamsko mjerilo; CS: konstantan nagib; CK: metoda konstantnog k ; SL: ravna linija) (Blume i sur., 2007.)

Kako bi se povukla paralela sa procesom otjecanja na slivu Tres Arroyos, vrši se usporedba koeficijenata otjecanja po istom principu. Uspoređuju se vrijednosti dobivene metodom konstantnog „ k “ i SL metodom (slika 6.53. i 6.54.).

Globalno gledajući, koeficijenti otjecanja za slivno područje rijeke Jadro su znatno veći od onih koji pripadaju slivu Tres Arroyos (tablica 6.10. i 6.11.). Maksimalni koeficijent otjecanja iznosi 0,962 i određen je metodom konstantnog „ k “ za razdoblje od 4. 3. do 4. 5. 2013. godine, a minimalna vrijednost istog iznosi 0,037 i određena je SL metodom za razdoblje od 1. 1. do 23. 1. 2012. godine, što znači da tek 3,7 % pale oborine otječe.

Koeficijenti otjecanja određeni metodom konstantnog „k“ su uvjerljivo veći u razdobljima sa većom količinom oborina. Stoga, na slici 6.42. i 6.43. očito je da je najveće odstupanje dviju metoda prisutno za događaj označen brojem 1 (razdoblje 6. 3. – 20. 4. 2011.) kojem odgovaraju oborine visine 59,5 mm, za događaj sa oznakom 6 (razdoblje 1. 4. – 20. 6. 2012.) kojem odgovaraju oborine visine 59,1 mm, te za događaj sa oznakom 9 (razdoblje 4. 3. – 4. 5. 2013.) kojem odgovaraju oborine visine 107,1 mm.

Dakle, iako se količine oborina palih kroz određena razdoblja na sliv rijeke Jadro uvelike ne razlikuju od onih palih na sliv Tres Arroyos, njihovi koeficijenti otjecanja višestruko odstupaju. Takvi rezultati upućuju na činjenicu da, iako usporedba koeficijenata otjecanja različitih slivova izgleda prilično jednostavna, ona je u suštini veoma kompleksna. Upravo standardni pristup procjene razlika u padalinama i otjecanju kao reakciji na iste, dokazuje da je usporedba ipak teška s obzirom na nedosljednost u obje terminologije i metodike.

Promjenjivost koeficijenta otjecanja se može shvatiti kao posljedica toga što on obuhvaća mnogo različitih utjecaja u nastojanju da se neposredno povežu padaline i odgovarajuće otjecanje bez proučavanja ostalih elemenata vodne bilance.

8. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je izvršiti razdvajanje hidrograma otjecanja novom metodom konstantnog „k“ (*Blume i sur., 2007.*) i zapravo dokazati vjerodostojnost dobivenih rezultata usporedbom sa nekom grafičkom metodom razdvajanja hidrograma.

Na temelju izmjerenih satnih protoka na mjernim postajama kanal Majdan, Novi kanal i Dioklecijanov kanal, te na temelju podataka o oborinama izmjerenih na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko u razdoblju od 1. siječnja 2011. do 31. prosinca 2013. godine, izvršena je hidrološka analiza podataka i razdvajanje spore (bazne) komponente otjecanja na hidrogramu otjecanja. Najprije su određeni srednji dnevni protoci izvora rijeke Jadro kao zbrojeni srednji dnevni protoci triju navedenih kanala. Maksimalni srednji dnevni protok izvora rijeke Jadro, u sve tri promatrane godine, zabilježen je 23. 11. 2013. i iznosi 47,271 m³/s, dok je minimalni srednji dnevni protok zabilježen 14. 10. 2011. i iznosi 4,081 m³/s. Maksimalne mjesečne oborine javljaju se u studenom 2011. godine u iznosu od 220,4 mm.

Za potrebe analize, iz hidrograma otjecanja za svaku od navedenih godina, izdvojeno je sedam karakterističnih razdoblja unutar kojih se javljaju vršne vrijednosti protoka. Za ta izdvojena razdoblja vrši se usporedba dviju metoda razdvajanja hidrograma: SL metode i nove metode konstantnog „k“ (CK). Komparacija dviju metoda zasnovana je na usporedbi vrijednosti volumena baznog otjecanja kao rezultata razdvajanja brze i spore komponente otjecanja. Iz dobivenih rezultata vidljiva je značajna razlika dobivenih volumena baznog otjecanja zbog različitosti točke početka recesije kod obje metode. Ta odstupanja su posljedica različitog definiranja i samim tim različitog položaja točke infleksije na opadajućoj grani hidrograma otjecanja za referentna izdvojena razdoblja dok je točka infleksije na rastućoj grani hidrograma otjecanja za obje metode jednaka. Maksimalno odstupanje volumena baznog otjecanja dobivenog SL metodom i metodom konstantnog „k“ iznosi čak 6 273 747,0 m³ i odgovara izdvojenom razdoblju od 4. 3. do 4. 5. 2013. godine kojem ujedno odgovara i najveći koeficijent otjecanja određen metodom konstantnog „k“ s iznosom 0,962.

S akcentom na novu metodu razdvajanja hidrograma metodom konstantnog „k“, recesijski koeficijent „k“ za oborinske epizode na slivu rijeke Jadro nije konstantan do vrlo kasnih perioda. Ipak, na kraju doista postaje konstantan u kasnim vremenima uzimajući u obzir kasno vrijeme recesije kao otjecanja iz linearnog rezervoara što je uobičajena koncepcija

mnogih hidroloških modela (*Zhao, 1992.; Bergström, 1995.; Leavesley & Stannard, 1995.; Lohmann i sur., 1998.*). Također, čini se realna interpretacija točke u kojoj „k“ postaje konstantan (t_c) kao točke gdje završava direktno otjecanje, a bazni tok preuzima/prevladava. Tri su glavne prednosti ove novorazvijene metode u odnosu na druge standardne metode: barem je djelomično teoretski zasnovana, nema nedostatak subjektivnog utvrđivanja završne točke direktnog otjecanja, kao što je slučaj kod Slog metode, i ono najbitnije, može se koristiti za događaje s višestrukim vršnim vrijednostima. Postupak se lako može automatizirati, što omogućuje bržu obradu podataka u slučaju dužeg niza podataka.

Koeficijenti otjecanja dobiveni s dvije različite metode razdvajanja hidrograma rijeke Jadro za većinu izdvojenih razdoblja uzimaju relativno visoke vrijednosti i neznatno se razlikuju. U većini slučajeva odstupanje koeficijenata otjecanja određenih dvjema metodama iznosi tek oko 2%, osim u razdoblju od 4. 3. do 4. 5. 2013. godine kojem pripadaju veće količine oborina i kada se ostvaruje maksimalno odstupanje koeficijenata otjecanja u iznosu od 12,2%. Relativna razlika koeficijenata otjecanja određenih različitim metodama razdvajanja uglavnom ovisi o obliku hidrograma.

Ovdje razvijeni linearni statistički model pokazuje da se jednostavni međuodnosi mogu koristiti za predviđanje koeficijenata otjecanja s iznenađujuće dobrim rezultatima. Međutim, model ne bi trebao biti korišten izvan raspona oborina i protoka za koji je kalibriran, odnosno za ekstrapolaciju. Ukupna oborina i protok prethodnog događaja su najvažniji parametri u ovom istraživanju. Koeficijenti otjecanja se povećavaju s ukupnim oborinama. Više kiše znači veći dio protoka događaja tijekom oborinske epizode. Protok prethodnog događaja mogao bi opisati podzemnu vodu i skladištenje vode u tlu i povezanost trenutno aktivnih procesa otjecanja.

Ako postoje vremenske serije duljine od najmanje godinu dana, moguće je dobiti grubu procjenu godišnje bilance voda za većinu hidro-klimatskih regija. Tada je moguće izračunati godišnje koeficijente otjecanja, opisujući vodnu bilancu (koristeći ukupni protok) ili opći odgovor sliva na oborine (koristeći protok događaja), ovisno o korištenoj metodi. Također je moguće dobiti prvi dojam o odgovarajućim procesima izdvajanjem različitih parametara koji opisuju hidrogram i njegov odnos prema ulaznoj oborini (npr. učestalost vršnog protoka, vrijeme zakašnjenja, vrijeme odgovora sliva). Izračun koeficijenata otjecanja za pojedine oborinske epizode daje dodatne informacije o odgovoru

sliva. Posebnog značenja su promjene od događaja do događaja, ili od godišnjeg doba do godišnjeg doba, koje mogu dati početnu ideju o funkcioniranju hidrološkog sliva pod različitim uvjetima/u različitim godišnjim dobima. Koeficijenti otjecanja su korisni za usporedbu s drugim slivovima kako bi se došlo do zaključka kako različiti krajolici transformiraju oborinu u otjecanje.

Objektivno i dosljedno određivanje koeficijenata otjecanja važnije je kod slivova s oskudnim podacima nego drugdje, budući da su oborina i otjecanje generalno prvi parametri koji se mjere u prethodno neprocjenjenim slivovima. Koeficijenti otjecanja za pojedine događaje su jedan od prvih pokazatelja koji je izdvojen iz kratkih vremenskih serija i time sadrži prvu informaciju o odnosu oborina i otjecanju kao odgovoru. Kod slivova sa malim brojem podataka veoma je korisna metoda primjene linearnog statističkog modela za određivanje koeficijenata otjecanja kao zaključka o procesima otjecanja i samim tim korištenje modela kao dodatnog opisa sliva. Međutim, potrebno je barem nekoliko mjeseci radi više rezolucije protoka i oborinskih podataka kako bi se akumulirao dovoljan broj oborinskih epizoda. Dodatni podaci (npr. podaci o fizici tla, hidrogeološki podaci ili podaci opažanja lokalnih stanovnika) su uvijek poželjni u svrhu bolje interpretacije rezultata statističkih analiza (tj. statističkog modela).

Konačno, važno je istaknuti da bi standardni postupak razdvajanja baznog toka i određivanja koeficijenta otjecanja značajno unaprijedio mogućnosti usporedbe odnosa unutar sliva s obzirom na njegov odgovor na oborine. Standardni postupak bi trebao biti objektivn i primjenjiv na događaje s višestrukim vršnim vrijednostima, a pri tom bi trebao omogućiti brzo i lako automatizirano razdvajanje hidrograma.

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Izvor Jadra (Kapelj i sur., 2011.) _____	3
Slika 2.2. Označen je gornji tok rijeke Jadro, proglašen 1984. godine posebnim ihtiološkim rezervatom (Položaj: vodotok rijeke Jadro od izvora do Uvodića mosta) _____	3
Slika 2.3. Gornji tok rijeke Jadro proglašen 1984. godine posebnim ihtiološkim rezervatom _____	4
Slika 2.4. Pretpostavljeno slivno područje Jadra i Žrnovnice (Denić-Jukić, 2002.) _____	5
Slika 2.5. Shematska hidrogeološka karta priljevnog područja izvora Jadra i Žrnovnice bez strukturnih elemenata (Kapelj i sur., 2008.) _____	7
Slika 3.1. Shematski prikaz hidroloških procesa u kršu (Management committee of COST action 65, 1995.) _____	10
Slika 3.2. Shematski prikaz strukture krškog vodonosnika (Bonacci i Roje-Bonacci, 2003./2004.) _____	11
Slika 3.3. Dijelovi hidrograma otjecanja krškog izvora s obzirom na porijeklo vode (Bonacci, 1987.) _____	12
Slika 3.4. Zona povećane efektivne poroznosti, uskladištenja i hidrauličke vodljivosti (Bauk, 2015.) _____	13
Slika 4.1. Veze različitih komponenti ciklusa otjecanja (Hrelja, 2007.) _____	14
Slika 4.2. Hortonov model krivulje infiltracije (Hrelja, 2007.) _____	16
Slika 4.3. Hidrogram otjecanja i hijetogram oborine koja ga je izazvala (Hrelja, 2007.) _____	17
Slika 4.4. Karakterističan oblik hidrograma otjecanja sa njegovim komponentama (Hrelja, 2007.) _____	18
Slika 4.5. Komponente hidrograma otjecanja (Hrelja, 2007.) _____	19
Slika 4.6. Krivulja recesije prikazana u polulogaritamskom mjerilu (Hrelja, 2007.) _____	20
Slika 4.7. Glavne komponente otjecanja (Žugaj, 2009.) _____	22
Slika 4.8. Odvajanje direktne i bazne komponente hidrograma otjecanja (Žugaj, 2009.) _____	23
Slika 4.9. Koeficijenti otjecanja (C_R); trenutno stanje nedosljednosti u terminologiji i metodologiji (Blume i sur., 2007.) _____	26
Slika 5.1. (a) Mogući oblici hidrograma baznog otjecanja, (b) Načini za izdvajanje baznog otjecanja (Hrelja, 2007.) _____	27
Slika 5.2. Metode razdvajanja hidrograma otjecanja uključujući novu CK metodu (Blume i sur., 2007.) (RC: recession continued; SL: semi-logarithmic plot; CS: constant slope; SL: straight line; CK: constant-k method) _____	28
Slika 5.3. Konstantna-k metoda za sliv Tres Arroyos na jugu Čilea: određivanje „ k^* “ i njegov dvosatni pomični prosjek za svaku podatkovnu točku; Q' = protok sa modificiranom osnovom ($0,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ za svaku oborinsku epizodu) (Blume i sur., 2007.) _____	31
Slika 5.4. Konstantna-k metoda za sliv Tres Arroyos na jugu Čilea: određivanje gradijenta od k^* (ovdje je prikazan kao negativne vrijednosti radi bolje vizualizacije), točaka u kojima je vrijednost gradijenta jednaka nuli i rezultirajuće krajnje točke otjecanja; Q' = protok sa modificiranom osnovom ($0,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ za svaku oborinsku epizodu) (Blume i sur., 2007.) _____	31

Slika 5.5. Linerni statistički model za sliv Tres Arroyos na jugu Čilea: opaženi, modelirani podaci i podaci dobiveni metodom „jack-knifing“ (bezdimezionalni koeficijenti otjecanja) (Blume i sur., 2007.)	33
Slika 6.1. Hijetogram oborina za 2011. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko	35
Slika 6.2. Hijetogram oborina za 2012. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko	36
Slika 6.3. Hijetogram oborina za 2013. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko	36
Slika 6.4. Hijetogram oborina za 2011., 2012. i 2013. godinu za kišomjernu stanicu Tunel Konjsko	37
Slika 6.5. Minimalni, srednji i maksimalni srednji mjesečni protoci izvora rijeke Jadro za promatrano razdoblje od 2011. do 2013. godine	41
Slika 6.6. Hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2011. godinu i oborine koje su ga uzrokovale	42
Slika 6.7. Hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2012. godinu i oborine koje su ga uzrokovale	43
Slika 6.8. Hidrogram otjecanja izvora rijeke Jadro za 2013. godinu i oborine koje su ga uzrokovale	43
Slika 6.9. Izdvojena razdoblja za 2011. godinu	44
Slika 6.10. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 9.2.2011. do 27.2.2011. godine	53
Slika 6.11. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 6.3.2011. do 20.4.2011. godine	53
Slika 6.12. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 21.4.2011. do 1.7.2011. godine	54
Slika 6.13. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 26.7.2011. do 17.8.2011. godine	54
Slika 6.14. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 3.11.2011. do 22.11.2011. godine	55
Slika 6.15. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 22.11.2011. do 7.12.2011. godine	55
Slika 6.16. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 8.12.2011. do 31.12.2011. godine	56
Slika 6.17. Izdvojena razdoblja za 2012. godinu	56
Slika 6.18. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 1.1.2012. do 23.1.2012. godine	65
Slika 6.19. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 12.2.2012. do 1.4.2012. godine	66
Slika 6.20. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 1.4.2012. do 20.6.2012. godine	66
Slika 6.21. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 8.10.2012. do 25.10.2012. godine	67

Slika 6.22. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 25.10.2012. do 24.11.2012. godine _____	67
Slika 6.23. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 24.11.2012. do 13.12.2012. godine _____	68
Slika 6.24. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 13.12.2012. do 29.12.2012. godine _____	68
Slika 6.25. Izdvojena razdoblja za 2013. godinu _____	69
Slika 6.26. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 9.1.2013. do 31.1.2013. godine _____	78
Slika 6.27. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 31.1.2013. do 4.3.2013. godine _____	78
Slika 6.28. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 4.3.2013. do 4.5.2013. godine _____	79
Slika 6.29. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 19.5.2013. do 15.7.2013. godine _____	79
Slika 6.30. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 28.9.2013. do 30.10.2013. godine _____	80
Slika 6.31. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 30.10.2013. do 19.12.2013. godine _____	80
Slika 6.32. Satne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ u odnosu na hidrogram otjecanja za izdvojeno razdoblje od 24.12.2013. do 31.12.2013. godine _____	81
Slika 6.33. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 6.3.2011. do 20.4.2011. godine _____	82
Slika 6.34. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 6.3.2011. do 20.4.2011. godine _____	82
Slika 6.35. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 21.4.2011. do 1.7.2011. godine _____	83
Slika 6.36. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 21.4.2011. do 1.7.2011. godine _____	83
Slika 6.37. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 26.7.2011. do 17.8.2011. godine _____	84
Slika 6.38. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 26.7.2011. do 17.8.2011. godine _____	84
Slika 6.39. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 1.1.2012. do 23.1.2012. godine _____	85
Slika 6.40. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 1.1.2012. do 23.1.2012. godine _____	85
Slika 6.41. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 12.2.2012. do 1.4.2012. godine _____	86
Slika 6.42. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 12.2.2012. do 1.4.2012. godine _____	86

Slika 6.43. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 1.4.2012. do 20.6.2012. godine _____	87
Slika 6.44. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 1.4.2012. do 20.6.2012. godine _____	87
Slika 6.45. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 13.12.2012. do 29.12.2012. godine _____	88
Slika 6.46. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 13.12.2012. do 29.12.2012. godine _____	88
Slika 6.47. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 31.1.2013. do 4.3.2013. godine _____	89
Slika 6.48. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 31.1.2013. do 4.3.2013. godine _____	89
Slika 6.49. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 4.3.2013. do 4.5.2013. godine _____	90
Slika 6.50. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 4.3.2013. do 4.5.2013. godine _____	90
Slika 6.51. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja metodom konstantnog „k“ za izdvojeno razdoblje od 19.5.2013. do 15.7.2013. godine _____	91
Slika 6.52. Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja SL metodom za izdvojeno razdoblje od 19.5.2013. do 15.7.2013. godine _____	91
Slika 6.53. Grafički prikaz međuodnosa vrijednosti koeficijenta otjecanja C_1 metodom konstantnog „k“ i SL metodom _____	94
Slika 6.54. Grafički prikaz međuodnosa vrijednosti koeficijenta otjecanja C_2 metodom konstantnog „k“ i SL metodom _____	95

POPIS TABLICA

Tablica 6.1. Mjesečne i godišnje oborine izmjerene na kišomjernoj stanici Tunel Konjsko35	
Tablica 6.2. Srednji dnevni protoci za 2011. godinu _____	38
Tablica 6.3. Srednji dnevni protoci za 2012. godinu _____	39
Tablica 6.4. Srednji dnevni protoci za 2013. godinu _____	40
Tablica 6.5. Mjesečni i godišnji minimumi, maksimumi i srednje vrijednosti srednjih mjesečnih protoka, te statističke karakteristike protoka za razdoblje od 2011. do 2013. godine _____	41
Tablica 6.6. Dnevne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ za konstantan vremenski interval za 2011. godinu _____	44
Tablica 6.7. Dnevne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ za konstantan vremenski interval za 2012. godinu _____	57
Tablica 6.8. Dnevne vrijednosti koeficijenta recesije „k“ za konstantan vremenski interval za 2013. godinu _____	69
Tablica 6.9. Volumen baznog otjecanja dobiven metodom konstantnog „k“ i SL metodom _____	92
Tablica 6.10. Koeficijenti otjecanja na temelju metode konstantnog „k“ _____	93
Tablica 6.11. Koeficijenti otjecanja na temelju SL metode _____	94
Tablica 7.1. Koeficijenti otjecanja (u %) i ukupna oborina (P_{tot} u mm) za 19 oborinskih epizoda _____	96

LITERATURA

- [1] Antolašić P., Analiza ugroženosti kakvoće podzemne vode izvora Jadra i Žrnovnica, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, 2011.
- [2] Bačani A., Hidrogeologija I, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2006.
- [3] Bauk F., Analiza i usporedba standardnih metoda razdvajanja hidrograma otjecanja s novom metodom konstantnog „k“, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2015.
- [4] Blume T., Zehe E., Bronstert A., Rainfall – runoff response, event-based runoff coefficients and hydrograph separation, Hydrological Sciences Journal 52 (5) (2007.), University of Potsdam, str. 843 – 860.
- [5] Bonacci O., Hidrološka analiza odvođenja vode iz krškog izvora rijeke Jadro, Hrvatske vode 20 (2012.) 79/80, str. 37 – 42.
- [6] Bonacci O., Karst Hydrology With Special Reference to the Dinaric Karst, Springer-Verlag, Berlin, 1987.
- [7] Bonacci O., Oborine glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus, GEING, Split, 1994.
- [8] Bonacci O., Određivanje mjesečnih i godišnjih koeficijenata otjecanja na primjeru sliva krškog izvora Gradole, Hrvatske vode 32 (2000.), str. 205 – 300.
- [9] Bonacci O., Lučić I., Marjanac T., Perica D., Vujičić-Karlo S., Krš bez granica, Zagreb, 2008.
- [10] Bonacci O., T. Roje-Bonacci, Posebnosti krških vodonosnika, separat iz Građevinskog godišnjaka 2003./2004.
- [11] Chapman T., A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation, Hydrol. Processes 13(5) (1999.) , str. 701 – 714.
- [12] Denić-Jukić V., Hidrološko gledište otjecanja u kršu, Disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2002.
- [13] Dingman S. L., Physical Hydrology, Prentice Hall, Upper Sadle River, New Jersey, USA, 2002.
- [14] Gjetvaj G., Hidraulika – Podzemne vode u kršu, Poglavlje 6: Hidraulika podzemnih voda u kršu, skripta predavanja za internu upotrebu iz predmeta Hidraulika I, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2006.

Dostupno na:

http://www.grad.unizg.hr/download/repository/PREDAVANJA_1/PREDAVANJA/h06-osnove_hidraulike_krsa.pdf (19. 5. 2016.).

- [15] Husno H., Inženjerska hidrologija, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2007.
- [16] Jukić D., Uloga transfer funkcija pri izradi bilance i modeliranju otjecanja u kršu, Disertacija, Sveučilište u Splitu, Građevinsko – arhitektonski fakultet, 2005.
- [17] Kapelj S., Kapelj J., Švonja M., Hidrogeološka obilježja sliva Jadra i Žrnovnice, Tuscolum 5, 2012., str. 205 – 216.
- [18] Milanović P., Hidrogeologija karsta i metode istraživanja, Svjetlost, Sarajevo, 1979.
- [19] Savenije H. H. G., The runoff coefficient as the key to moisture recycling, J. Hydrol. 176 (1996.), str. 219 -225.
- [20] Visković M., Korelacijska i kroskorelacijska analiza protoka i oborina u slivu Jadra i Žrnovnice, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2015.
- [21] Wittenberg H., Baseflow recession and recharge as nonlinear storage processes. Hydrol. Processes 13(5) (1999.), str. 715 – 726.
- [22] Wittenberg H., Effects of season and man-made changes on baseflow and flow recession: case studies, Hydrol. Processes 17(11) (2003.), str. 2113 – 2123.
- [23] Žugaj R., Hidrologija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2000.
- [24] Žugaj R., Hidrologija za agroekologe, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2009.
- [25] Žugaj R., Regionalna hidrološka analiza u kršu Hrvatske, Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb, 1995.
- [26] Žugaj R., Velike vode malih slivova, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2010.