

АНАЛИЗА ОТИЦАЈА У СЛИВУ РИЈЕКЕ ТОПЛИЦЕ

Слободан Гњато

Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића
2, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ

Abstract

GNJATO Slobodan: RUNOFF ANALYSIS OF THE TOPLICA RIVER BASIN [University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina]

The paper analyzes the runoff over the Toplica River basin. The climate, geological and morphological factors of runoff was analyzed. Based on river flow data from four hydrological stations in the Toplica River basin, specific runoffs, runoff heights and runoff coefficients were calculated for the 1961-1990 periods. The main aim of the paper was to investigate how precipitation together with lithological and geomorphological characteristics determines the runoff in the observed basin, i.e. to show the rainfall-runoff ratio.

Key words: specific runoff, runoff height, runoff coefficient, precipitation, runoff factors, Toplica River.

Сажетак

У раду су анализирани отицаји у сливу ријеке Топлице. Извршена је анализа климатских и геолошко-морфолошких фактора отицаја. На основу података о протицају са четири хидролошка профила на Топлици, израчунати су специфични отицаји, висине отицаја и коефицијенти отицаја у периоду 1961–1990. године. Циљ рада јесте приказати на који начин атмосферске падавине у корелацији са литолошким и геоморфолошким карактеристикама детерминишу отицаје у посматраном сливу, односно, приказати однос падавина и отицаја.

Кључне речи: специфични отицаји, висине и коефицијенти отицаја, падавине, фактори отицаја, Топлица.

УВОД

Отицај чини дио падавина који отиче, односно, воду која површинским или подземним путем доспијева у водотоке одређеног слива и појављује се на његовом излазном профилу. Као карика водног биланса, отицај има амбивалентан утицај, с обзиром на то да с једне стране снабдијева ријеке и језера водом, а с друге да ерозивним процесом модификује рељеф. За разлику од хидролошког циклуса који представља свеукупни процес циркулације воде у атмосфери и на земљи, циклус отицања посматра расподјелу вода и њену еволуцију од тренутка пада на површину тла до тренутка кад вода доспијева до водотока или непосредног повратка у атмосферу путем евапотранспирације.

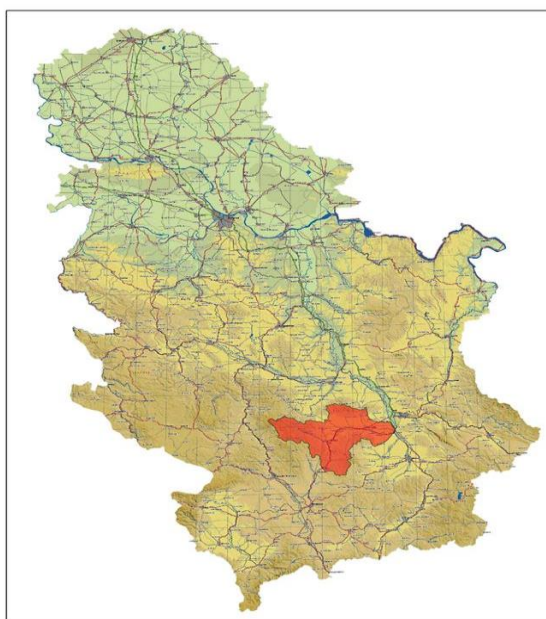
На процес отицаја утичу три групе фактора: 1. климатски (тип, интензитет, трајање, дистрибуција и висина падавина, температура, вјетар, релативна влажност, транспирација, снијег, лед), 2. геолошко-морфолошки (величина, облик, нагиб и

надморска висина слива, експозиција, хидрографска мрежа, геолошка подлога, педолошке одлике, вегетациони покривач, фауна, постојаност језера и мочвара, подземне воде, итд.), 3. антропогени фактор чији се утицај на режим отицања огледа у изградњи насипа, ријечних регулационих објеката, брана, претварању природних пашњака и шума у пољопривредно земљиште, мочварних терена у шумске појасеве, полупустињских области иригационим системима у зелене култивисане површине и у повећаној урбанизацији са њеним вјештачким водонепропусним површинама (Зеленхасић и Руски, 1991). Циљ рада јесте анализирати параметре отицања у сливу Топлице. Такође, циљ је утврдити однос падавине–отицај кроз анализу физичко-географских компоненти проучаваног простора.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Истраживано подручје

Смјештен у западном дијелу слива Јужне Мораве, Слив ријеке Топлице припада просторној цјелини са специфичним и изразито диверзификованим геолошким, тектонским, геоморфолошким, климатским, хидролошким и биогеографским карактеристикама. Топлица је највећа и најводоноснија лијева притока Јужне Мораве чије се извориште налази на сјевероисточној страни планине Копаоник, прецизније, испод била Сувог Рудишта (1976 m). Њена дужина износи 131 km, а слив, као и сама ријека, доминантно има правац пружања запад–исток. Развође Топлице налази се у простору планинско-котлинске макрорегије, односно у простору мезорегије Јужне Србије, којој у цјелости припада (слика 1) (Марковић и Павловић, 1995). Највиша кота налази се на крајњем западу и чини не само највишу коту слива, већ и највиши врх Копаоника, Панчићев врх (2017 m), а представља развође између слива Топлице и слива ријеке Ибар, односно развође између слива Јужне и Западне Мораве. Најнижа кота налази се на ушћу Топлице у Јужну Мораву на надморској висини од 191 m. Површина слива износи 2199,1 km², што представља 14,21% слива Јужне Мораве и 2,49% територије Републике Србије.



Слика 1. Географски положај слива ријеке Топлице

Статистичка обрада

Анализа средњих годишњих отицаја у периоду 1961–1990. године извршена је на основу прикупљених података о протицају са четири хидролошке станице лоциране у горњем (профил Магово и Доња Селова), средњем (профил Пепељевац) и доњем току (профил Дољевац) ријеке Топлице. Израчунати су специфични отицаји, висине и коефицијенти отицаја.

Подаци о падавинама прикупљени су са 26 кишомјерних станица које се налазе у сливу и изван слива Топлице, док су подаци за температуре прикупљени са метеоролошких станица Копаоник, Сијаринска Бања, Куршумлија, Прокупље, Ниш и Лесковац. У раду су коришћени хидролошки и климатолошки подаци Савезног хидрометеоролошког завода СФРЈ и Републичког хидрометеоролошког завода Републике Србије (Хидролошки годишњаци, 1961–1985, 1985–1990). Карте средњих висина падавина и средњих температура ваздуха у сливу Топлице добијене су комбиновањем метода линеарне регресије и интерполације употребом ГИС технике. Анализа рељефа извршена је на основу ДЕМ-а (дигитални модел терена) преко којег су израчунати средњи падови и средње висине у сливу Топлице. Коришћен је сет топографских карата 1:50000 (листове Нови Пазар – 2,4, Куршумлија – 1,2,3,4, Приштина – 1,2, Ниш – 1,2,3,4) и основне геолошке карте 1:100000 (листове Алексинац, Ниш, Куршумлија, Крушевац, Подујево и Нови Пазар).

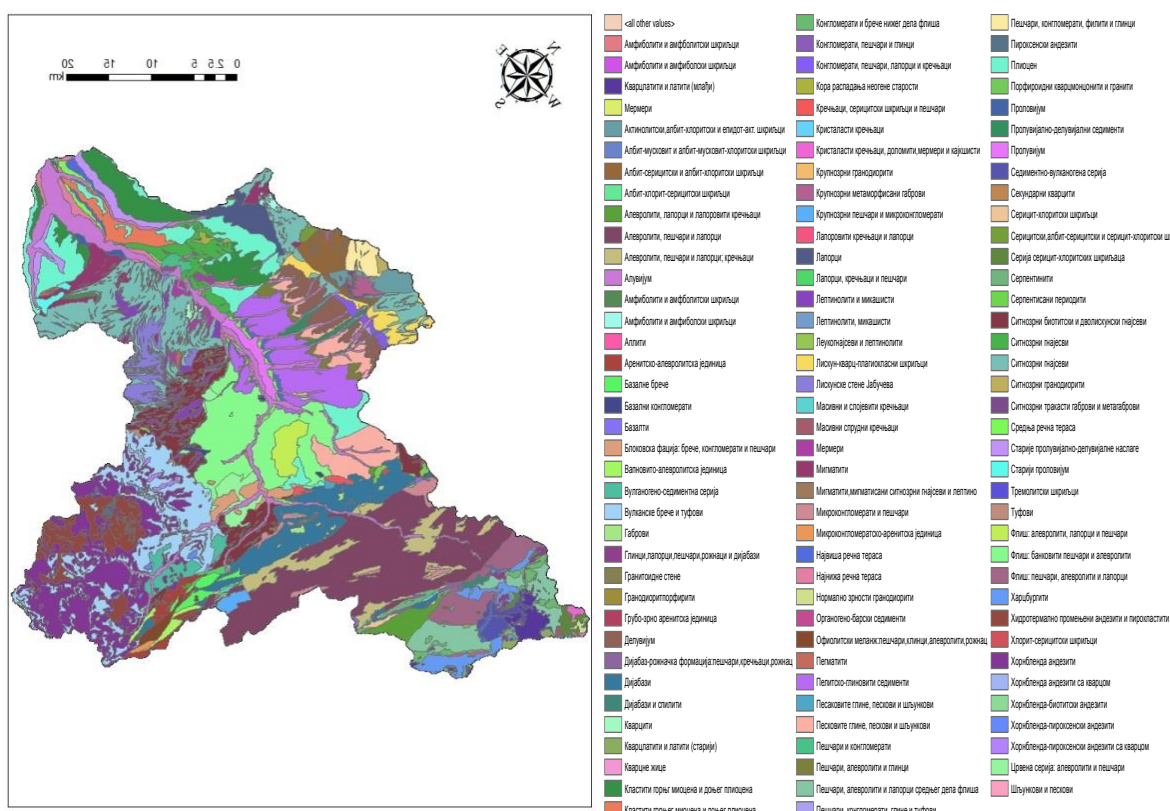
РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Анализа фактора отицаја

Литолошки састав слива

Директан утицај геолошке подлоге на отицај огледа се у погледу пермеабилности, док се индиректан испољава преко педолошког слоја који директно зависи од стијена и седимената, падова, густине ријечне мреже, што је повезано са њиховом отпорношћу према ерозији (Живковић, 2009). Слив Топлице одликује се изузетно комплексном и мозаичном геолошком грађом и спада у тектонски најсложеније просторе Србије (слика 2). У геотектонском смислу слив обухвата дијелове вардарске зоне (источна подгорина Копаоника) и дијелове српско-македонске масе, старог кристаластог језгра (остатак слива), а граница између двије геотектонске јединице пролази између планина Копаоник и Јастребац. Басен ријечног слива Топлице доминантно је изграђен у мезозојским и терцијарним формацијама, а у погледу старости геолошких формација може се констатовати изражена стратиграфска диверзификација. Највећи дио слива изграђен је у непропустљивим стијенама. Падине околних планина у сливу доминантно су изграђене од кристаластих шкриљаца и серпентина. Распрострањење серпентина лоцирано је око Куршумлије па узводно до Селове. Јастребац на сјеверу, планинска група Видојевица-Пасјача на југу, Копаоник и врх Суво Рудиште на западу, на којима је развијен ријечни систем Топлице, изграђени су од масивних метаморфних стијена и кристаластих шкриљаца. Такође, за ово поднебље карактеристично је присуство андезита и осталих еруптивних стијена. Формације седиментних и вулканских стијена заузимају сигнификантан положај у сливу Топлице, нарочито у горњем току ријеке и на ширем потезу од Куршумлије до насеља Плочник. Најприсутније стијене у горњем току Топлице

су стијенске масе доње и горње креде и јурски дијабази (магматска стијена), који представљају природну баријеру између њиховог простирања, а имају правац сјеверозапад–југоисток. Доња креда представљена је кречњацима, пјешчарима, конгломератима, флишевима и алевролитима који су заступљени у источној подгорини Копаоника, док горњу креду, као и доњу, углавном чине формације флиша, пјешчара, конгломерата и лапораца који највеће распрострањење имају у централном дијелу, од Куршумлије до насеља Плочник (Ракићевић, 1954). Источно од Плочника, па све до ушћа у Јужну Мораву, долина Топлице и нижи дијелови слива изграђени су у терцијарним и кварталним наслагама (пијескови, глине и лапорци). Овакав минеролошки састав негативно утиче на површински отицај падавина које у овим теренима брзо пониру. Изводи се закључак да је знатан дио слива ријеке Топлице изграђен у непропустљивим и слабо пропустљивим стијенама, што за последицу има интензивнији површински отицај атмосферских падавина.

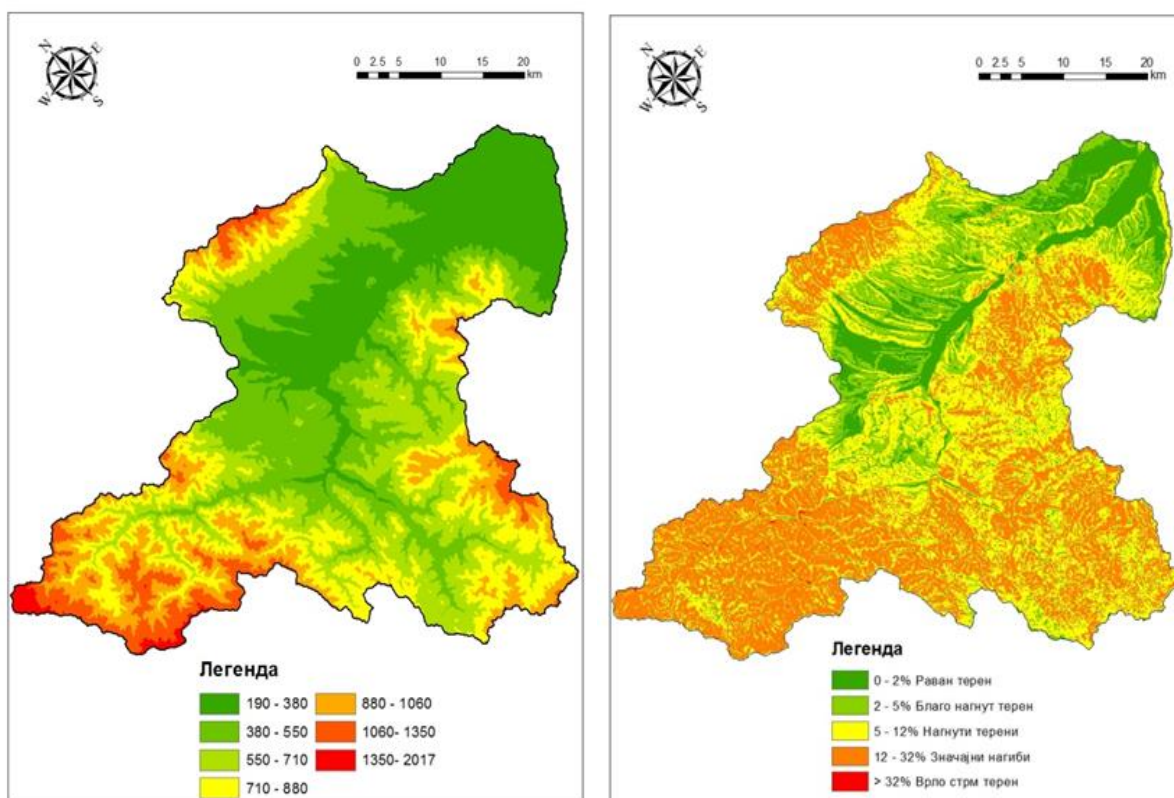


Слика 2. Геолошка карта слива Топлице

Релјеф

Утицај релјефа на отицање атмосферских падавина огледа се првенствено кроз повећање надморске висине. На нашим просторима, повећање надморске висине прате раст падавина, повећање просјечног пада слива, смањење испаравања, промјена пошумљености (пораство до извјесне границе, а затим нагло опадање). За процес отицаја најважнији је однос надморска висина – падавине. Надморска висина веома је важан фактор у регулацији отицаја јер има високу корелацију са падавинама, температуром ваздуха, испаравањем, падовима терена и вегетацијом, па код прогнозе мора ићи уз падавине (Живковић, 2009). Слив Топлице скоро је у потпуности омеђен громадним планинама средње висине и високом планином Копаоник на западу. Јужни дио слива

оивичен је планинама Мајдан (948 m) и Радан (1409 m), а према сјевероистоку и истоку природни оквир слива чине Соколовица (1260 m), Видојевица (1155 m), Арбанашка планина (1128 m), Ргајска планина (1017 m) и Пасјача (971 m). На сјеверу јужне падине планине Јастребац (1492 m) ограничавају котлину Топлице и одвајају је од Крушевачке котлине. Јастребац има упореднички правац пружања (45 km), а сачињавају га Мали Јастребац (946 m) и Велики Јастребац (1492 m) које раздваја пријевој Гребац (635 m). Како су ови предјели највиши и најстрмији, а примају највише атмосферских падавина у сливу, то за последицу има брже површинско сливање кишнице и генерално бржи отицај. Долина Топлице припада типу полифазних, композитних и полигенетских долина. Од састава до Куршумлије (горњи ток) тече клисурастом долином дубоком и до 500 m. Средњи ток Топлице представља долински потез низводно од Куршумлије, од ушћа Бањске и Косанице у Топлицу, па све до Прокупља. На десној страни средњег тока Топлице планинске стране спуштају се готово до саме ријеке, док се на лијевој страни налазе оранице правца сјеверозапад–југоисток које се благо спуштају ка главном току. Доњи ток Топлице, од Прокупља до ушћа, дио је Нишко-лесковачке котлине коју одликују најмање надморске висине као и најмањи падови терена. На основу анализе ДЕМ-а, дошло се до закључка да највећи дио слива чини брдско-брежуљкасти рељеф гдје су најзаступљенији предјели до 550 m, док просјечна надморска висина слива износи 632 m (слика 3). Присутна је доминантна заступљеност терена значајних нагиба (12-32%) који поред надморске висине чине веома важан фактор отицања падавина у сливу (слика 3). Просјечан пад у сливу Топлице износи 12,5%. Утврђене морфолошке особености указују на изразито сложен и диверзификован рељеф слива Топлице који има важну функцију модификатора када су у питању отицаји, што највише долази до изражаја у планинским теренима горњег слива ријеке Топлице.



Слика 3. Карта хипсометрије (лијево) и нагиба терена (десно) слива ријеке Топлице

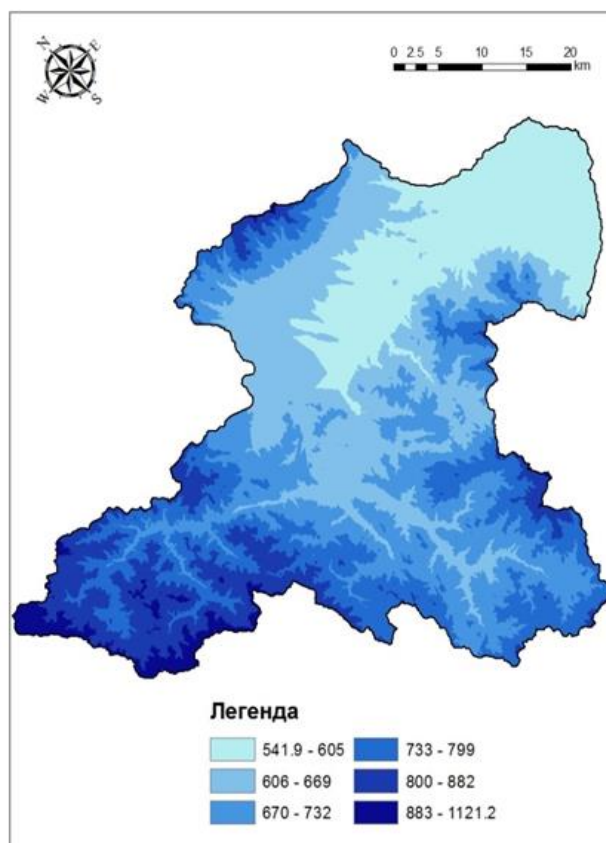
Падавине

Падавине су примарни фактор отицаја које преко интензитета и трајања имају највеће дејство на отицање вода. Средње годишње количине падавина у сливу ријеке Топлице приказане су у Табели 1. Годишња количина падавина у посматраном периоду износила је 699 mm. Највећу количину падавина примају највиши, планински, предјели слива. Најмање атмосферског талога примају централни и источни делови слива који су позиционирани у средњем и доњем току Топлице, који су уједно и најнижи. Дакле, просјечна количина падавина повећава се према изворишту Топлице. Просторна дистрибуција падавина у сливу ријеке Топлице приказана је на Слици 4. Максимум падавина најчешће је био у мају (12 кишомјера) и јуну (11 кишомјера), а минимум у октобру (13 кишомјера). Просјечна годишња висина падавина у сливу Топлице одређена је методом линеарне регресије и интерполације. Регресиона једначина добијена је уврштавањем варијабли у модел линеарне регресије. Затим су израчунавањем регресионих параметара одређене естимоване вриједности падавина за сваки кишомјер. У сљедећој фази израчунати су резидуални остаци који се добијају када се од стварних вриједности падавина одузму естимоване вриједности. Употребом ГИС-а, вриједности резидуалног остатка интерполисане су Kriging методом просторне интерполације, па је овим поступком резидуални остатак интерполисан за све кишомјере тако да је одређен резидуал за цијелу површину слива. Коришћењем регресионе једначине и дигиталног модела терена у ГИС-у су израчунате естимоване вриједности средњих висина падавина у сливу. У посљедњој етапи сабирањем естимованих вриједности и резидуалног остатка за сваку тачку у сливу одређене су интерполисане вриједности средњих висина падавина за комплетну површину слива (Бајић и Трбић, 2010).

Табела 1. Средње годишње висине падавина (у mm) у сливу Топлице у периоду 1961–1990. године

Станица	X _o	Станица	X _o	Станица	X _o
Блажево ¹	822	Барбатовица ²	649	Куршумлија ³	640
Трећак ¹	643	Буколорам ²	701	Белољин ³	539
Штаве ¹	862	Луково ²	928	Прокупље ³	537
В. Шатра ¹	820	Петровац ²	626	Дубово ³	579
Крток ¹	807	Кур. Рача ²	548	Житорађа ³	585
Вукојевце ¹	690	Товрљане ²	681	Балајнац ⁴	543
Г. Мирница ¹	761	Пролом ²	773	Блаце ⁴	660
Пасјача ¹	615	Ргаје ²	705	Житни Поток ⁴	593
Копаноник ¹	964	Селова ³	656	ПРОСЈЕК	699

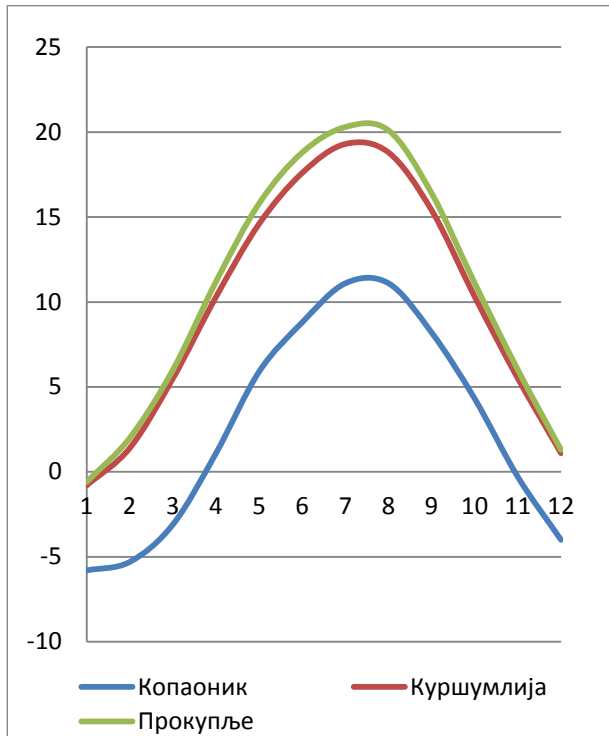
Напомена: 1 – Станице у планинском дијелу (780–910 m); 2 – Станице у подгорју и котлинама притока (430–640 m); 3 – Станице у долини Топлице (220–460 m); 4 – Станице изван слива Топлице



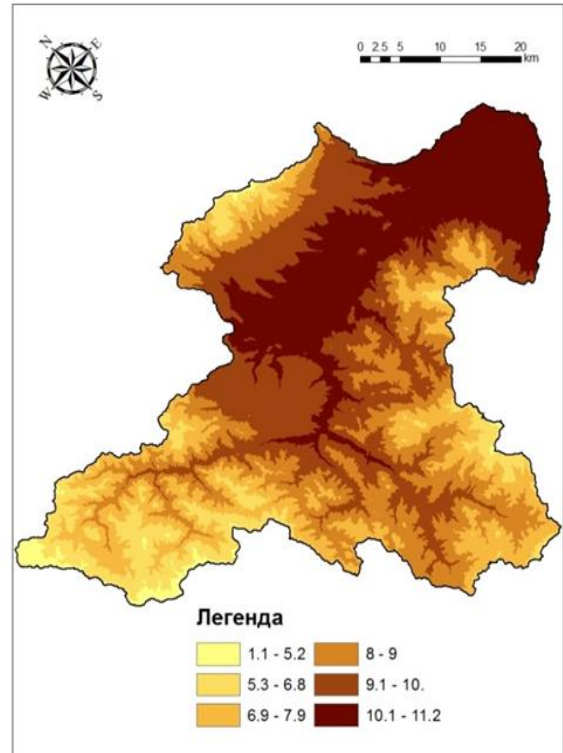
Слика 4. Просјечне годишње количине падавина (у mm) у сливу ријеке Топлице у периоду 1961–1990. године

Температура

Температура представља битан фактор отицаја, јер преко испаравања утиче на хидролошке процесе. Са повећањем температуре расте и негативан утицај на отицаје, међутим свеобухватан утицај овог климатског елемента у сливу Топлице нема сигнификантан карактер јер температура нема азонални карактер. Највиши, планински дијелови слива, најхладнији су и као што је већ утврђено, највлажнији, док су температуре највише у централним и источним дијеловима слива. Средње годишње температуре у сливу Топлице за период 1961–1990. године кретале су се у интервалу од 1,1–11,2 °C (слика 5). Најхладнији мјесец је јануар са просјечном температуром ваздуха од -5,8 °C на Копаонику до -0,6 °C у Прокупљу, док је најтоплији мјесец јул са просјечном температуром ваздуха од 11,1 °C на Копаонику до 20,3 °C у Прокупљу. На основу података са метеоролошких станица Копаоник, Сијаринска Бања, Куршумлија, Прокупље, Ниш и Лесковац интерполацијом и регресионом анализом у ГИС техници добијена је карта просјечних годишњих температура ваздуха у сливу. Просјечне годишње температуре ваздуха у сливу ријеке Топлице приказане су на Слици 6.



Слика 5. Средње мјесечне температуре у сливу Топлице у периоду 1961–1990. године



Слика 6. Просечне годишње температуре ваздуха (°C) у сливу ријеке Топлице у периоду 1961–1990. Године

Специфични отицај

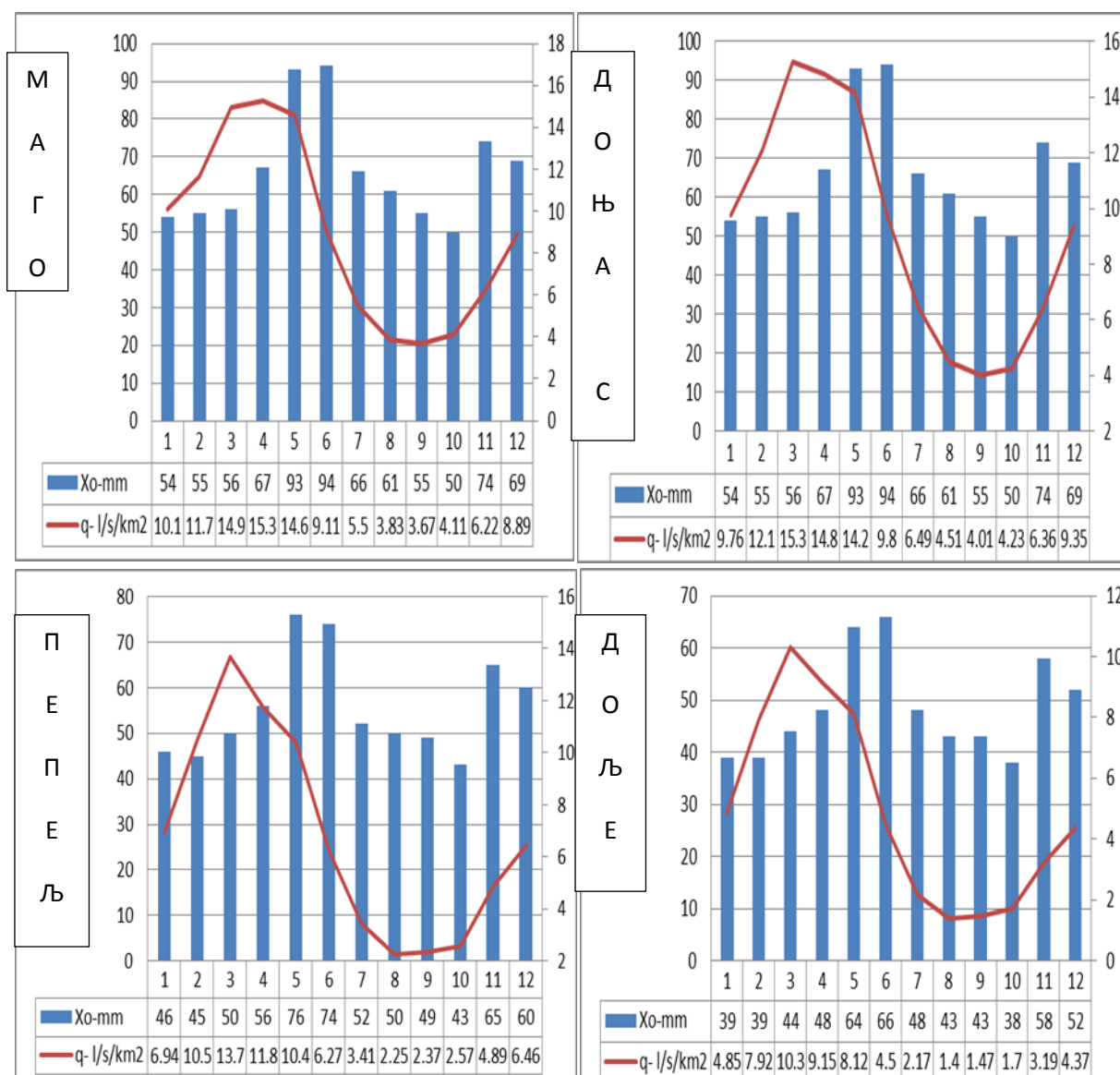
Општу карактеристику специфичног отицаја представља чињеница да се смањује од извора ка ушћу, односно у правцу смањивања падавина и да је различит на одређеним дијеловима тока Топлице. Међутим, примјетно је одступање у горњем сливу Топлице код водомјерних станица Магово и Доња Селова. Наиме, специфични отицај показује већу вриједност код Доње Селове, што представља нелогичност ако се узме у обзир да се просјечне висине терена спуштају у правцу ушћа, као и чињеница да висинска разлика између двије водомјерне станице износи 77,7 m (Магово – 523,2 m, Доња Селова – 445,5 m). Занимљивост представља чињеница да просјечни падови терена у сливу до водомјера Магово имају средњу вриједност 16°, док средњи падови слива до водомјера Доња Селова имају вриједност 16,7°. Ова атипичност може се поткријепити чињеницом да је Копаник масив који нема оштре врхове, већ стрме ивичне падине засјечене дубоким долинама, те да у правцу највишег дијела планине терен прелази у пространу зараван са које се уздижу заобљени врхови. Ова констатација објашњава због чега се на Доњој Селови биљеже већи специфични отицаји у односу на вишу водомјерну станицу Магово, као и закључак да су кључни фактори отицаја у горњем току слива Топлице висина падавина и нагиб терена. У правцу ушћа, мијења се и геолошка подлога која из непропустљивих и слабо пропустљивих стијена у горњем току, прелази у растресито, пјесковито земљиште које чини највећи дио доњег тока. Од водомјера Доња Селова до водомјера Дољевац вриједности специфичних отицаја опадају што се подудара са наведеним факторима у сливу Топлице. Код водомјера Магово, специфични отицај износи 9,01 l/s/km², код Доње Селове 9,24 l/s/km², код Пепељевца 6,79 l/s/km², а код Дољевца 4,93 l/s/km² (Табела 2) Просјечна вриједност специфичног отицаја за Слив Топлице, у периоду 1961–1990.

године износила је $7,49 \text{ l/s/km}^2$. Највећи специфични отицаји јављају се у рано прољеће прије највећих падавина, као последица топљења снијега са планина. Однос средњих мјесечних специфичних отицаја и средњих мјесечних висина падавина у сливу Топлице приказан је на Слици 7 и у Табели 2. Из свега наведеног лако се може закључити да су висине падавина и нагиби терена два најважнија фактора који одређују вриједности специфичних отицаја у сливу Топлице.

Табела 2. Специфични отицаји на Топлици у периоду 1961–1990. године

Водомјери	F- km^2	X _o -mm	Q- m^3/s	q- l/s/km^2
Магово	180	794	1,61	9,01
Доња Селова	353	794	3,26	9,24
Пепељевац	986	666	6,69	6,79
Дољевац	2052	582	10,12	4,93

Напомена: F – површина слива; X_o – падавине; Q – протицај; q – специфични отицај



Слика 7. Средњи мјесечни специфични отицаји и средње мјесечне висине падавина у сливу Топлице у периоду 1961–1990. године

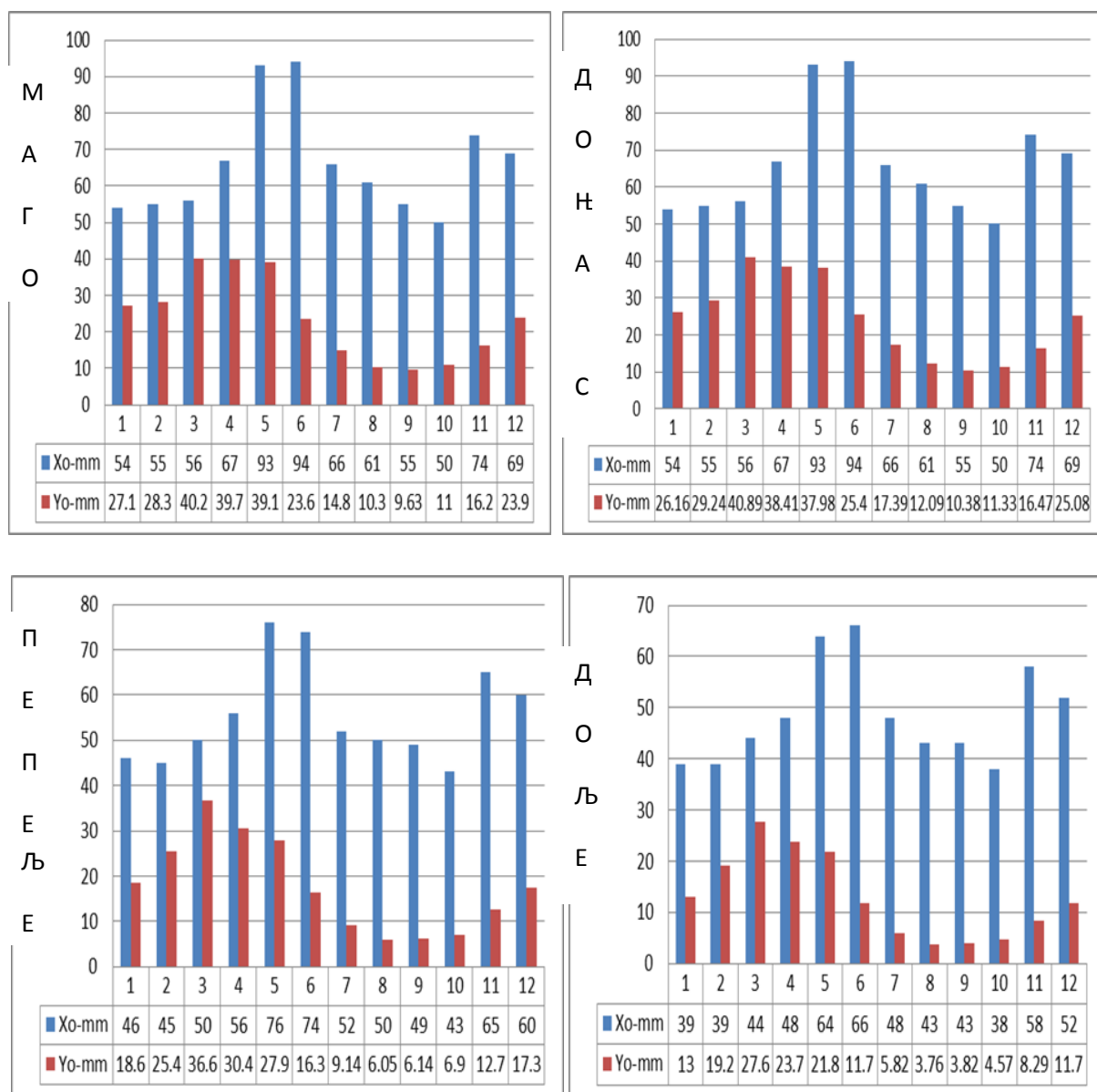
Висине и коефицијенти отицаја

Висине и коефицијенти отицаја имају веће вриједности у правцу извора, што је примарно условљено орографским карактеристикама, висином и расподјелом падавина у сливу Топлице. Висине и коефицијенти отицаја приказани су у Табели 3. Станица најближа ушћу, Дољевац, има најмању вриједност висине и коефицијента отицаја (155,64 mm – 26,73%), након чега они расту на 214,43 mm или 32,21% у Пепељевцу, а потом на 291,63 mm или 36,73% у Доњој Селови. Међутим, као и у случају специфичних отицаја, јавља се просторна атипичност у горњем дијелу Слива Топлице, између водомјера Доња Селова и Магово, која је већ објашњена на примјеру специфичних отицаја, гдје се падови терена наводе као главни фактор који је условио појаву већих висина отицаја на нижој станици. У периоду 1961–1990. године просјечна вриједност коефицијента отицаја у сливу Топлице износила је 0,3288 или 32,88%. Може се констатовати да Слив Топлице има мали коефицијент отицаја. Ако узмемо у обзир да је у периоду 1961–1990. године просјечна висина падавина износила 699 mm, а да је Топлицом отекло 32,88 % од просјечне количине падавина, то значи да скоро двије трећине падавина не учествује у њеном протицају. Овако релативно низак коефицијент отицаја слива Топлице може се објаснити чињеницом да планински дијелови, иако највиши и најкишовитији, обилију шумским покривачем који представља регулатор површинског отицања јер се дио падавина задржава на крошњама дрвећа које од зависности врсте задржавају мању или већу количину падавина. Веома важан податак је да пошумљеност слива до Куршумлије износи око 80%. Зимски четинарске шуме задржавају више влаге од листопадних за 5-8%, док љети листопадне шуме задржавају и до 25% од укупне годишње количине падавина (Младеновић, 1978). Однос падавина и висина отицаја у сливу Топлице приказан је на Слици 8.

Табела 3. Висине и коефицијенти отицаја у сливу Топлице у периоду 1961–1990. године

Водомјери	F – km ²	X _o – mm	Y _o – mm	C – %
Магово	180	794	284,60	35,85
Доња Селова	353	794	291,63	36,73
Пепељевац	986	666	214,43	32,21
Дољевац	2052	582	155,64	26,73

Напомена: F – површина слива; X_o – падавине; Y_o – висина отицаја; C – коефицијент отицаја



Слика 8. Однос падавина и висине отицаја у сливу Топлице у периоду 1961–1990. године

ЗАКЉУЧАК

Анализом квалитативних и квантитативних својстава која превасходно подразумевају анализу природних фактора отицаја у сливу ријеке Топлице, као и анализу хидрометријских и климатских статистичких података, сагледан је однос падавина и отицаја. Знатан дио слива изграђен је у непропустљивим и слабо пропустљивим стијенама које заузимају планинске области средњег и горњег дијела слива Топлице, што за посљедицу има интензивнији површински отицај падавина. У морфолошком погледу, најдоминантнији изглед рељефу слива даје планина Копаоник која представља примарни модификатор елемената климе, прије свега падавина. Источна подгорина Копаоника најкишовитији је простор којег одликују највеће надморске висине, највећи падови терена, најгушћа ријечна мрежа као и највећи отицаји у сливу. Планински простори слива Топлице примају највише падавина, док најнижи дијелови слива приме најмању количину атмосферског талога. Специфични отицаји на Топлици и њеним

притокама доминантно су одређени висином падавина с обзиром на то да њихове вриједности расту од ушћа до изворишта Топлице, односно у правцу раста висине терена. У правцу извора расту вриједности отицаја, висине падавина, просјечне висине терена, нагиби терена, густина ријечне мреже, а такође мијења се геолошка структура која из водопропустљивих формација доњег дијела слива прелази у слабо пропустљиве и непропустљиве геолошке формације средњег и горњег дијела слива ријеке Топлице, што додатно утиче на интензивнији отицај. Међутим, у горњем дијелу слива Топлице код водомјера Доња Селова јавља се просторна атипичност која одступа од условне законитости да у правцу извора расту вриједности специфичних отицаја, јер је просјечна вриједност отицаја већа у односу на вишу станицу Магово која је ближа изворишту Топлице. Иако је установљено да отицаји примарно зависе од висине падавина, на овом примјеру утврђено је да се одступање јавља као посљедица већих нагиба терена до водомјера Доња Селова у односу на површину слива до водомјера Магово. Висине отицаја и коефицијената отицаја такође расту са повећањем висина падавина, с тим да се и овдје јавља претходно споменуто одступање код Доње Селове. Висине отицаја примарно зависе од падавина што представља општу законитост, међутим на мјесечном нивоу највеће вриједности висине отицаја у просјеку имају март и април, а не најкишовитији месеци (мај и јун). Овакав режим висине отицаја, примарно је резултат прољећних падавина и топлеења снијега које почиње већ крајем фебруара, а најинтензивније је у марту кад су и забиљежене највише вриједности висина отицаја. Релативно мали коефицијенти отицаја у сливу Топлице објашњавају се чињеницом да пошумљеност до Куршумлије, односно до границе горњег и средњег тока Топлице износи око 80%. За разлику од планинских терена, централни и источни дијелови слива Топлице знатно су обешумљени и одликују се најмањом просјечном висином падавина и највишим температурама у сливу, што поред осталих фактора знатно утиче на коначну, ниску вриједност коефицијената отицаја у сливу. Утврђено је да чак двије трећине падавина не учествује у протицају Топлице, што значи да једну трећину чине ефективне падавине. Резултати истраживања у сливу ријеке Топлице показују да ће доћи до смањења отицаја (30–40%) до краја 21. вијека. Најизраженије смањење предвиђа се за сезону зиме, а највећи проблем ће представљати додатна смањења отицаја у сезони љета у којој се и биљеже најмање вриједности (Langsholt и сар., 2013). Даља истраживања треба да се фокусирају на хидролошке моделе и симулације отицаја у условима савремених климатских промјена (Плавшић и Тодоровић, 2018).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бајић, Д., Трбић, Г.: Примјена GIS-а и регресионих модела у моделовању промјена температура ваздуха на примјеру Републике Српске. *Гласник 14*: 91–99, 2010.
2. Langsholt, E., Lawrence, D., Wong, W.K., Andjelic, M., Ivkovic, M., Vujadinovic, M.: **Effects of climate change in the Kolubara and Toplica catchments, Serbia.** Norwegian Water Resources and Energy Directorate. Norway, Oslo, 2013.
3. Марковић, Ј., Павловић, М.: **Географске регије Југославије.** Савремена администрација. Београд, 1995.

4. Младеновић, Т.: **Слив Јужне Мораве – Потамолошка студија**. Докторска дисертација. Београд, 1978.
5. Плавшић, Ј., Тодоровић, А.: **Оцена времена појаве отицаја у хидролошким моделима**. 6. Међународна конференција – Савремена достигнућа у грађевинарству. Суботица, 2018.
6. Ракићевић, Т.: Режим реке Топлице. *Зборник радова Географског завода 1*: 64–85, 1954.
7. Републички хидрометеоролошки завод Србије, Документација 1985–1990.
8. Савезни хидрометеоролошки завод СФРЈ, Хидролошки годишњак, Метеоролошки годишњаци I и II, 1961–1985.
9. Зеленхасић, Е., Руски, М.: **Инжињерска хидрологија**. Научна књига. Београд, 1991.
10. Живковић, Н.: **Просечни годишњи и сезонски отицаји река у Србији**. Универзитет у Београду – Географски факултет. Београд, 2009.

Примљено: 26.09.2018.

Одобрено: 11.12.2018.