

ЈЕЛЕНА КОВАЧЕВИЋ-МАЈКИЋ  
ДРАГОЉУБ ШТРБАЦ\*

### ПРОСТОРНА ИНТЕРПОЛАЦИЈА ПАДАВИНА У ЗАВИСНОСТИ ОД НАДМОРСКЕ ВИСИНЕ У СЛИВУ СКРАПЕЖА

**Извод:** Као основа за хидролошка истраживања слива Скрапежа, урађено је истарживање чији је циљ била интерполација вредности падавина са кишомерних станица (тачке) на велике површине (површине) користећи одговарајући интерполациони метод. Од низа статистичких метода за интерполацију, којима се добијају вредности падавина у непроученим подручјима (тамо где нема мерења или су нередовна), изабрана је интерполација, која укључује и рељеф, тачније надморску висину. Укључивање параметра надморска висина је урађено како би се грешке које настају при интерполацији смањиле на најмању могућу меру. Терен на коме је вршено истраживање је слив реке Скрапеж. На располагању су били подаци са 19 кишомерних станица у периоду 1961-2000, а метод коришћен за попуњавање низова тамо где недостају подаци је био метод редукције. Најбоље окружење за обраду података који имају просторно обележје су географски информациони системи, који располажу функцијама потребним за обраду таквих података, а у таквом окружењу такође се до њих брже долази и тачнији су. Стога је одлучено да се за просторну интерполацију падавина и прорачун средњих вредности падавина користи растерски ГИС. С обзиром на чињеницу да је реч о брдско-планинској регији где се вредности падавина мењају на малом простору коришћена резолуција дигиталног модела висина (ДМВ) је 100 m.

**Кључне речи:** падавине, интерполација, надморска висина, растерски ГИС, Скрапеж

**Abstract:** In order to make an adequate basic dataset for a subsequent hydrological research, the study of interpolation of precipitation values from measurement stations (points) to large areas (areas) was done. Among many statistical interpolation methods that estimate precipitation values in unsampled areas (where there are no measurements or they are sparse), spatial interpolation method which includes relief (elevation) was chosen for the study. Inclusion of elevation parameter was done in order to minimize the extent of interpolation errors. Research was done in the catchment area of the Skrapež River (Western Serbia). Precipitation data were collected from 19 measurement stations for the period from 1961 to 2000. The reduction method was used for filling the missing data in the data set. The best framework for managing spatial (georeferenced) data is Geographical Information System, enabling easier calculation and improved precision. Therefore, raster GIS was used for spatial interpolation of precipitation and for calculating mean annual precipitation value. Concerning the fact that the observed area is a mountainous region, where precipitation may change over short spatial scales, a DEM with a grid resolution of 100 m was used.

**Key words:** precipitation, interpolation, elevation, raster GIS, Skrapež River

#### Увод

Хидролошка истраживања слива Скрапежа захтевала су податке о вредностима падавина на просторима где нема метеоролошких осматрања. У првом делу истраживања које се односило на математичко-статистичку обраду падавина

---

\*Мр Јелена Ковачевић-Мајкић, истраживач-сарадник, Географски институт „Јован Цвијић“, САНУ, Београд  
Драгољуб Штрбац, дипл. Географ, Географски институт „Јован Цвијић“, САНУ, Београд  
Рад представља резултате истраживања пројекта 146011 кога финансира Министарство науке Републике Србије

јавило се неколико проблема: (1) улазни подаци за ту врсту истраживања били су некомплетни подаци са метеоролошких станица, (2) недовољно детаљни и тачни подаци о локацијама кишомерних станица.

Други део истраживања се односио на добијање података о падавинама у оном делу слива где нема кишомерних станица, односно емпиријских података. Од низа статистичких метода интерполације (линеарна, полиномиална, spline, тригонометријска, мултиваријантна итд.) за одређивање количине падавина у непроученим подручјима, јавила се идеја да се употреби просторна интерполација која укључује и рељеф, тачније надморску висину. Разлог за то су и природна обележја проучаваног простора. Наиме, слив Скрапежа се налази у брдско планинској области (у Западном Поморављу, између  $43^{\circ}49'08''$  и  $44^{\circ}08'29''$  N и  $19^{\circ}43'02''$  и  $20^{\circ}06'58''$  E, на површини од  $647.65 \text{ km}^2$ ) где средња надморска висина слива износи  $600.76 \text{ m}$  (Ковачевић-Мајкић Ј., 2007) и где се количине падавина могу мењати на малом простору. За постизање тог циља употребљени су географски информациони системи, јер они располажу функцијама потребним за обраду података као што су падавине, тј. подацима који имају просторно обележје. Први проблем који се тада појавио је био избор величине резолуције дигиталног модела висина (ДМВ), а други избор методе за интерполацију.

### Падавине

Географски положај и рељеф су основни чиниоци општих климатских карактеристика. Слив Скрапежа има умерено-континенталну климу са континенталним плувиометријским режимом. Ипак, у сливу се могу издвојити две целине са мезоклиматским разликама, а то су планински обод и котлинско-долински делови слива. Хладан ваздух са Повлена, Маљена и Јелове горе лети струји према нижим деловима и ублажује летње врућине. У Пожешкој котлини се услед „ујезеравања“ хладних ваздушних маса јављају температурне инверзије. У целом сливу доминантан је ветар из правца северозапада, с тим што су му веће честине у планинском делу слива, док су у котлинама најчешће тишине (Радовановић М., 2001).

Приликом обраде падавина, као најзначајнијег климатског елемента у хидролошким проучавањима, коришћене су математичко-статистичке методе, као и компјутерски програми за њихову просторну интерполацију и прорачунавање средњих вредности падавина одређене територије, као и за графичко приказивање климатских података и елементата.

Иако су речни сливови основна категорија у хидролошким проучавањима, за изучавање падавина у сливу Скрапежа (за попуњавање низова где недостају подаци о падавинама) коришћени су подаци станица не само на територији проучаваног слива, у којем их има осам, већ и подаци са још једанаест станица у непосредној близини слива за које се утврдило да имају добру корелацију са онима у сливу. Оне су узете у обзир и из разлога што су у граничним пределима могуће боље корелације падавина између различитих сливова него у оквиру самог слива. Ова појава је изражена уколико су ниска развођа, што је овде случај, тако да су такви поступци оправдани.

За анализу падавина узет је период од 1961. до 1990, као што је препоручила **WMO\***, али и период од 1991. до 2000, да би се пратила дешавања и у скоријем периоду. Подела на ова два периода није извршена само из тих разлога, већ и због тога што су 1991. године падавине мерене само на станици Пожега од свих 19 станица колико их је узето у обзир у проучавању падавина. Утврђиване су средње месечне падавине, а тамо где недостају подаци, низови су попуњавани методом редукције. Како су падавине веома променљив климатски елемент, за редукцију података на

---

\*WMO – World Meteorological Organization

дужи период коришћени су подаци са оних станица које имају најбољу корелацију са станицом чији је низ непотпун и то на месечном нивоу\*. У само два случаја је корелација била испод 0.75 што се може занемарити, јер добијени резултати не одсупају у битној мери када су у питању средње месечне вредности.

Када је реч о периоду 1991-2000. већ је напоменуто да за 1991. годину постоје подаци само за станицу Пожега, те су све редукције за овај период вршене на основу те станице. На овај начин су добијене вредности средње месечних падавина за одређене периоде. Након тога су одређиване висине падавина методом пропорције за појединачне месеце у којима није било мерења.

**Табела 1. Упоредни приказ годишњих количина падавина за периоде 1961-1990, 1990-2000 и 1961-2000. г.\*\***

Кишомерне станице	N	E	н.в.	Psr. 1961-1990	Psr. 1991-2000	Psr. 1961-2000
Пожега	43°51'	20°02'	311	739.6	744.6	740.8
Косјерић	43°59'	19°54'	430	781.8	732.2	769.4
Бјелоперице	43°58'	19°59'	455	780.4	823.0	791.1
Сеча Река	44°00'	19°51'	460	798.3	765.2	790.0
Ражана	44°04'	19°55'	475	820.2	822.5	820.8
Горња Добриња	43°58'	20°05'	530	807.0	716.1	784.3
Гостиница	43°55'	19°49'	810	925.6	944.2	930.3
Гаор	44°05'	19°48'	900	978.2	889.4	956.0
Костојевићи	44°00'	19°40'	295	825.4	841.2	829.3
Брежђе	44°10'	20°03'	340	989.7	948.2	979.3
Севојно	43°51'	19°54'	390	781.2	783.3	781.7
Мратишићи	44°11'	19°58'	400	879.8	856.0	873.8
Прањани	44°00'	20°12'	420	711.5	856.0	747.6
Ужице	43°51'	19°50'	440	742.2	749.4	744.0
Каменица Пожешка	44°01'	20°09'	460	738.2	736.4	737.8
Коштунићи	44°04'	20°12'	580	838.6	794.9	827.7
Љутице	44°01'	20°02'	690	746.0	942.3	795.1
Јагодићи	44°05'	19°41'	715	953.8	929.4	947.7
Дивчибаре	44°06'	19°49'	960	1016.5	1009.9	1014.9

\* Нпр. на станици Горња Добриња у јануару недостаје податак за 1990. годину. Рађена је корелација са свим станицама за које постоје комплетни подаци у јануару у периоду 1961-1990. За редукцију падавина коришћена је станица Бјелоперице, јер је са њом најбоља корелација. Успостављена корелација за један месец не значи да ће се та станица користити и за остале месеце. Тако је већ у фебруару за попуњавање података на станици Горња Добриња боља корелација са станицом Брежђе, те је ова станица коришћена за попуњавање низа у фебруару.

\*\* Подаци су преузети из документације РХМЗ-а, затим осредњени методом редукције. Приликом позиционирања кишомерних и метеоролошких станица које су коришћене за обраду падавина уочен је проблем одређивања њихове тачне локације. Наиме, објављени подаци о позицијама ових станица за потребе ових истраживања нису довољно детаљни (завршавају се минутном тачношћу) и у случају две кишомерне станице (Костојевићи и Јагодићи) надморска висина није тачно одређена. Тако се станица Костојевићи налази на 295 m н.в., а објављени податак је 700 m н.в., док се станица Јагодићи налази на 715 m н.в., а објављени податак је 760 m н.в. До тачнијих података се дошло контактирањем скоро свих сарадника на кишомерним станицама, који су дали податке о локацијама кишомера. Препорука је да се ажурирају подаци о локацијама свих кишомерних и метеоролошких станица, тј. да се тачније одреди њихова локација, јер такви подаци могу да буду значајни за будућа истраживања.

Анализирањем и поређењем података о средњим количинама падавина у датим периодима, утврђено је да су количине падавина у порасту на 10 кишомерних станица у последњих десет година проучаваног периода, док се на девет станица бележи смањење количине падавина. На неким станицама промене су занемарљиво мале (испод 10 mm). На станицама Прањани и Љутице добијен је изразит пораст падавина. Ове резултате треба прихватити са резервом. Могуће објашњење је да се на тим станицама, на којима су се у претходном периоду бележиле мање количине падавина, неколико кишовитих година у другом периоду (1996-1999 на станици Љутице и 1995., 1996. и 1999. на станици Прањани) одразило на такав скок у десетогодишњем просеку. Тих година су и на осталим станицама бележене високе количине падавина, али су на њима количине падавина иначе веће, тако да је у просеку на неким од њих дошло и до смањења количине падавина. Ипак уколико се изузму ове две станице, како у сливу Скрапежа, тако и на ширем проучаваном простору, осредњавањем ових вредности добија се смањење количина падавина у последњих десет година проучаваног периода. До сличних резултата дошли су Николић Ј., Дуцић В. и Даргићевић С. (2005).

### Падавине – надморска висина

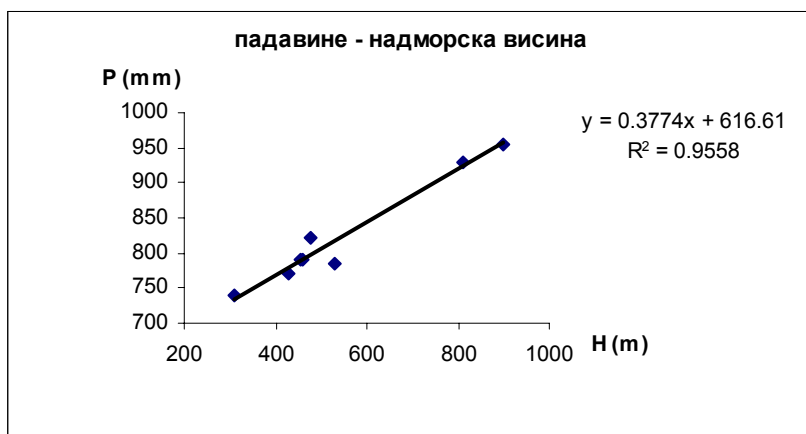
Опште је познато, а и из табеле 1 је уочљиво да количина падавина расте са надморском висином\*. Однос падавине – надморска висина није конзистентан на свим надморским висинама. Зависност падавина од надморске висине је до извесне надморске висине линеарна (растућа), потом нелинеарно опада и зависи од висинске изражености рељефа. Како слив Скрапежа припада Моравичком региону према зависности падавина од надморске висине граница до које падавине линеарно расту је на 1200 m (Оцокољић, 1987). Иако се поменута зависност односи на период 1931-1980, тачније не поклапа се у потпуности са проучаваним периодом, а и како се кишомерна станица на највишој надморској висини у сливу налази на 900 m (Таор), а у непосредној близини слива на 960 m (Дивчибаре), предпостављено је да и даље постоји јака веза између надморске висине и падавина као зависно променљиве. Та зависност је проверена утврђивањем корелације између вредности средњих годишњих падавина за период 1961-2000 и надморских висина кишомерних станица. Добijена је корелација која износи 0.98 (корелиране су станице које се налазе у сливу Скрапежа\*\*). Овако висока вредност коефицијента корелације навела је на закључак да је могуће употребити ову линеарну зависност за просторну интерполацију падавина.

\* Локална одступања од овог правила свакако постоје, па тако на пример Јагодићи, иако су на нижој надморској висини у односу на Гостиницу, примају нешто више падавина. Ту разлику евентуално могу објаснити нешто веће падавине у мају и јуну за време максималних падавина на станици Јагодићи, настале због наветринског положаја те станице.

Веће количине падавина у Сеча Реци, Косјерићу и Бјелоперицама, које се налазе на нижој надморској висини у односу на Пожешку Каменицу, објашњавају се њиховим наветринским положајем. Наиме, оне су окренуте према надирућим ваздушним масама обогаћеним влагом, које долазе са запада и северозапада, док се Пожешка Каменица налази у заветрини, па без обзира што има већу надморску висину од поменуте три станице, прима мању количину падавина.

Велико одступање се јавља на станици Брежђе, која иако се налази на малој надморској висини (340 m) прима 979.3 mm падавина и на тај начин се налази на другом месту по количини примљених падавина. Такође, станица Костојевићи се налази на надморској висини од 295 m, а прима годишње у просеку 829.3 mm падавина.

\*\* Сарадник на кишомерној станици Љутице дао је податак о тачној локацији кишомера, који иако се налази на развоју Скрапежа са Каменицом, ипак припада сливу Каменице, те стога није узет у прорачун корелације. Уколико се узме у обзир и вредност падавина на кишомеру Љутице, тада корелација падавине – надморска висина износи 0.91.

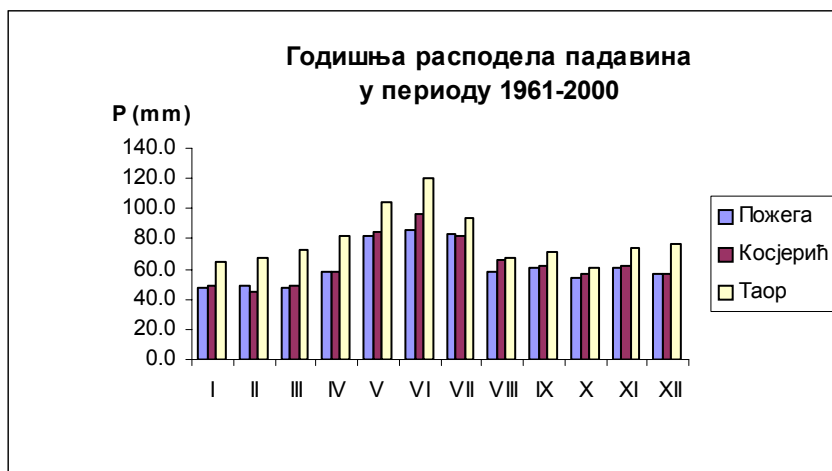


**Слика 1. Линеарна регресиона зависност падавина од надморске висине у сливу Скрапежа**

Анализом градијената падавина на простору Србије јужно од Саве и Дунава бавили су се Живковић и Анђелковић (2004) и притом су издвојили 59 хомогених реона за однос падавине – надморска висина. У Сливу Скрапежа такође су израчунати вертикални градијенти падавина, који добро осликавају пораст падавина са надморском висином. Углавном су већи на релацији Таор – Косјерић и највећи су у пролећним месецима, када се на сваких 100 m количина падавина повећава просечно скоро за 5 mm. На годишњем нивоу осредњена вредност градијента успостављена везом надморска висина – падавине износи 37.74 mm/100m.

**Табела 2. Вертикални градијенти падавина (mm) у периоду 1961-2000. г.**

Профил	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Таор-Косјерић	3.15	4.76	5.05	5.13	4.24	5.05	2.36	0.37	2.01	0.82	2.58	4.19	39.70
Таор-Пожега	2.74	3.19	4.26	4.07	3.86	5.87	1.66	1.46	1.76	1.10	2.37	3.45	36.53



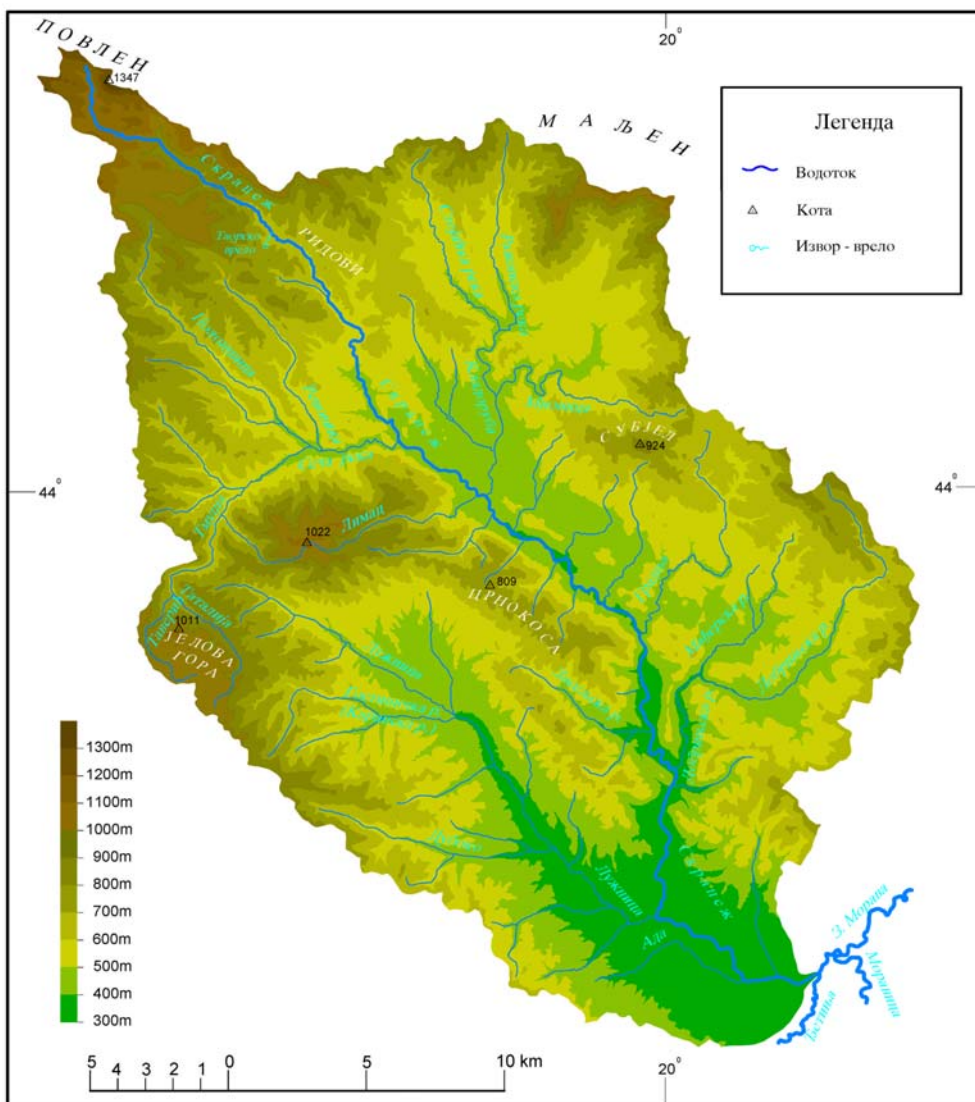
**Слика 2. Упоредни приказ годишњег распореда падавина на профилу Таор-Косјерић-Пожега**

## Просторна интерполација падавина и растерски ГИС

За добијање средњих количина падавина у сливу Скрапежа, као и за одређивање просторне дистрибуције падавина на подручју слива (изохијетна карта) коришћен је растерски ГИС.

У зависности од тематике и циља истраживања, као и величине проучаване територије користе се различите резолуције. За потребе добијања основних морфометријских карактеристика рељефа Србије (Манојловић П. и сар. 2004), као и за потребе истраживања интензитета хемијске ерозије (Мустафић С. и сар. 2007) коришћена је резолуција од 1 km, док је за морфометријску анализу вртача на Мирочу на простору који захвата површину од 123 km коришћена резолуција од 90 m (Telbisz T. и сар. 2007). За добијање падавина у зависности од топографије многи аутори су користили резолуцију која је зависила од величине проучаване територије. Тако је при интерполацији падавина у Швајцарској (око 41000 km<sup>2</sup>) и климатских података који се односе на Кину (око 9.5 мил. km<sup>2</sup>) коришћена резолуција од 1 km (Hargrove W., 1995, Hong Y. et al. 2005), док је за област Трентино – Италија (око 6200 km<sup>2</sup>) коришћена резолуција од 100 m (Sboarina C., 2001). Проблем одређивања величине резолуције зависи и од доступности података и нарочито од особина променљивих које се проучавају. С обзиром на променљивост климатског елемента као што су падавине у времену и простору, при њиховој обради и интерполацији погодније би било коришћење финије резолуције. Избор резолуције од 50-200 m може да буде користан за будуће наменско коришћење климатских карата (Sboarina C., 2001). Резолуција од 1 km коришћена је приликом анализе падавина у горњем делу слива Западне Мораве, осим у ободним деловима проучаваног простора где је коришћена резолуција 100 m (Николић Ј. и сар. 2005). С обзиром на величину слива Скрапежа (647.65 km<sup>2</sup>) и густину кишомernih станица (8 на територији слива) које су коришћене за интерполацију падавина, те услед потребе за што тачнијом проценом (интерполацијом) падавина и детаљнијом топографијом, изабрана је резолуција од 100 m.

По изабраној величини пиксела за грид приступило се креирању дигиталног модела висина (ДМВ). Из података дигитализованих изохипси са топографске карте 1:50 000 генерисан је ДМВ у облику грида величине пиксела 100x100 m коришћењем интерполационе методе TIN (Triangulated Irregular Network) у програму Global Mapper. Између просторних интерполационих метода као што су IDW (Inverse Distance Weighting), Kriging, Topogrid (Spline with Tension), RST (Regularized Spline with Tension) изабран је метод TIN, јер је једноставан за употребу и ефикасан у смислу да даје најмање грешке између мерених и моделских вредности (Siska and Hung, 2001). Анализа креираног дигиталног модела висина урађена је према методу коју су дали Бајат и Штрбац (2003) и показала је да његов квалитет одговара намени. На овај начин изохипсе (вектори) преведене су у растер и одређене су надморске висине за сваки пиксел 100x100 m. На тај начин је урађена просторна интерполација висина. Коришћењем функција програма Idrisi из линеарне регресионе једначине  $P=aH+b$ , где су  $P$  падавине,  $a$   $H$  надморска висина, параметри  $a$  и  $b$  додељени су сваком пикселу и послужили су за добијање вредности падавина за сваки од њих. На тај начин су добијене вредности падавина које сада узимају у обзир и надморску висину, тј. линеарна су трансформација ДМВ-а. Николић и сарадници (2005) коришћењем модела FITNAN и у оквиру њега метода дијастрофије решили су утицај орографије на падавине.



Слика 3. Рељеф слива Скрапежа

Одлика на овај начин добијених података о падавинама је постојање високих фреквенција које нису својствене расподели падавина. Овај проблем је решен њиховим одстрањивањем. Примењен је метод осредњавања (Mean), такозвани low pass филтер. Конструисан је филтер величине 2900x2900 m. Такав избор величине филтера је направљен због велике вероватноће да је просторни распоред падавина сличан на површини тих димензија. Као резултат филтрирања падавина добијен је „заглађен“ просторни распоред падавина.

Табела 3. Разлике између мерених и моделских количина падавина

Кишомерне станице	Мерене падавине	Моделске падавине	Разлика пре тарирања модела		Разлика после тарирања модела	
			mm	%	mm	%
Бјелоперице	791.1	809.6	-18.5	-2.3	-3.7	-0.5
Горња Добриња	784.3	842.7	-58.5	-7.5	-43.6	-5.6
Гостиница	930.3	915.0	15.3	1.6	30.2	3.2
Косјерић	769.4	802.2	-32.8	-4.3	-17.9	-2.3
Пожега	740.8	740.4	0.5	0.1	15.4	2.1
Ражана	820.8	815.9	4.9	0.6	19.7	2.4
Сеча Река	790.0	833.5	-43.4	-5.5	-28.5	-3.6
Таор	956.0	942.4	13.5	1.4	28.4	3.0
Средња вредност			-14.9	-2.0	0.0	0.0

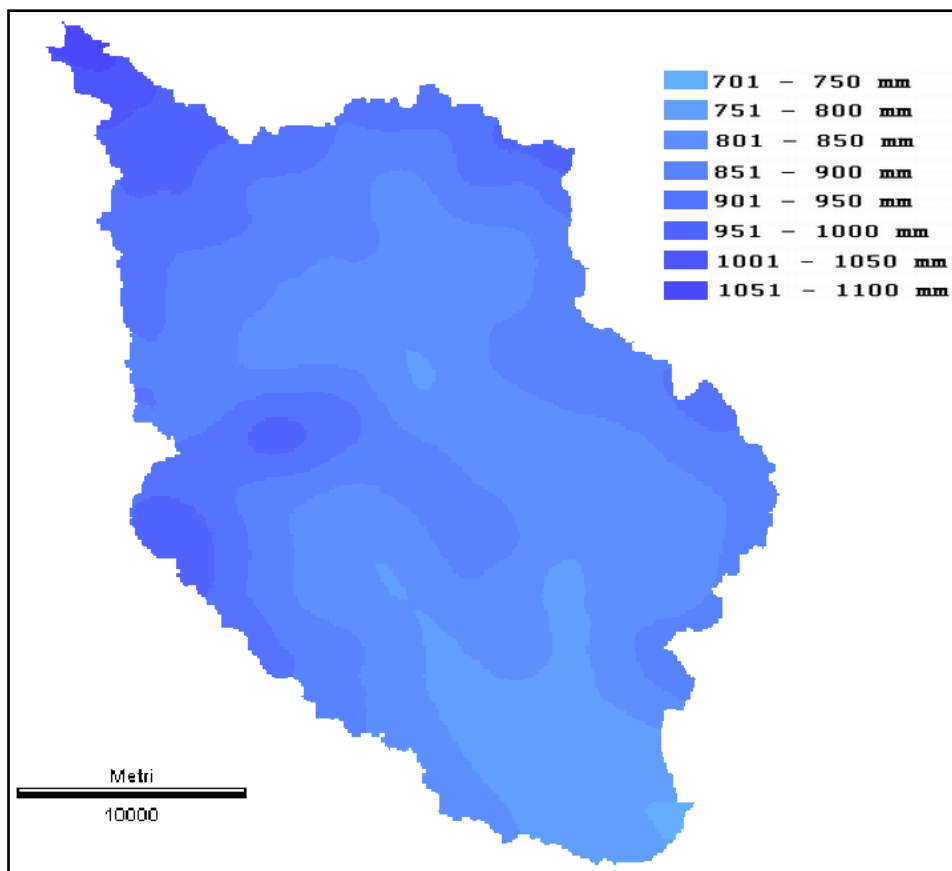
Метод је тестиран тако што су упоређене вредности падавина на кишомерним станицама добијеним моделовањем са измереним вредностима. Тражењем разлике између мерених и моделских падавина на кишомерним станицама добијена је средња вредност грешке од -14.9 mm, односно -2 % на нивоу целог слива. Максимална разлика која се појављује износи -7.5%. С обзиром на негативну вредност грешке, урађено је тарирање модела његовим „подизањем“ за износ 14.9 mm.

Овакве вредности грешака су мале у односу на друге методе интерполације падавина и то указује на поузданост модела. У истраживањима спроведеним у Кини (Hong Y. et al. 2005) где је рађена просторна интерполација методом spline, добијене су грешке 8 – 13 % за месечне вредности. Анализом падавина у горњем сливу Западне Мораве, нису тражене разлике између мерених и моделских падавина, већ је урађена њихова корелација. У делу горњег Западног Поморавља који припада сливу Скрапежа показало се да нема великог расипања, што је протумачено репрезентативношћу станица по положају, као и прецизношћу мерења (Николић Ј. и сар. 2005). Кад је реч о средњим годишњим падавинама аутори су добијали резултате приказане у табели 4.

Табела 4. Грешке у радовима других аутора (Sboarina, 2001)

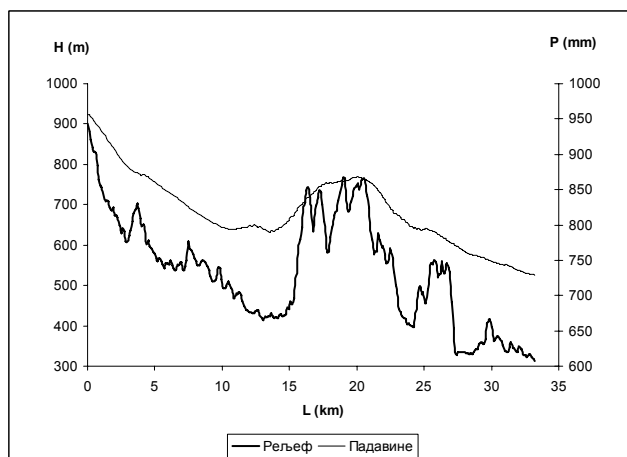
Аутори	Грешка	Резолуција
Sboarina С.	10 %	100 m
Hutchinson et al. 1996	10-30 %	5 km
Lynch 1999	20 %	1.6 km
Hutchinson 1998	5-15 %	1 km?
Thornton et al. 1997	19.3 %	500 m - 32 km

Векторизацијом вредности падавина добијене су изохијете за слив Скрапежа које су представљене на слици 4.



Слика 4. Карта изохијета у периоду 1961-2000

Из модела је добијен и профил на коме се уочава да количина падавина расте са надморском висином. Изабрани профил Пожега – Косјерић – Таор приказан је на слици 5.



Слика 5. Профил Пожега – Косјерић – Таор  
 - утицај пораста надморске висине на пораст количине падавина

Израчунавањем средње аритметичке вредности падавина свих пиксела који се налазе у оквиру површине слива и уз дигитализоване границе слива добијена је вредност средњих годишњих падавина за слив. Средње годишње количине падавина у сливу Скрапежа у периоду 1961-2000 израчунате овим методом износе 843.4 mm. Дигитализовањем граница подсливова и свих других жељених површина лако се на исти начин могу добити средње вредности падавина за сваку ту површину.

### Закључак

Циљ истраживања је био добијање података о количини падавина на просторима где нема њиховог осматрања, као и примена просторне интерполације, која укључује фактор надморске висине. Како подаци добијени из стандардне мреже кишомерних станица нису били потпуни, недостајући подаци су попуњени методом редукције на месечном нивоу, као и методом пропорције. Такође је утврђено да за потребе ових истраживања није довољна постојећа тачност публикованих података о положају кишомерних станица.

Претпостављену добру зависност падавине – надморска висина, потврдио је висок коефицијент корелације (0.98). Утврђивањем линеарне зависности између ових променљивих и увођењем њених параметара у ДМВ, који је генерисан из дигитализованих изохипси са топографских карата 1:50 000, добијене су вредности падавина за сваки пиксел 100x100 m. Скидањем високих фреквенција и тарирањем модела добијени су подаци о падавинама, односно њиховом просторном распореду.

Овај метод, тј. примена растерског ГИС-а за добијање средњих вредности падавина има предности, јер осим количина падавина уводи у прорачун и фактор надморске висине, као један од најважнијих који утичу на количину падавина. Недостатака ове методе свакако има, али су оне у односу на предности мале. Грешке моделских у односу на мерене падавине у износу од 2 % су занемарљиво мале и указују на поузданост модела. Такође је брзина добијања података на овај начин велика. Фина резолуција, кад су у питању просторни подаци као што су падавине, има многе потенцијалне примене кад је у питању управљање природним ресурсима, јер таква база података може да буде основа у истраживањима која се ослањају на природне потенцијале. Вредности средњих годишњих количина падавина за одређене површине се могу употребити за израчунавање протицаја на сливовима где нема хидролошких осматрања. На основу добијених података о количини падавина у субсливовима Скрапежа и методом регионалних анализа зависности отицања од падавина (Оцокољић, 1984), добијени су подаци о количинама воде којима располажу притоке Скрапежа и тиме је омогућено лакше приступање решавању водопривредних проблема, као и лакше управљање водама.

Побољшање модела би могло да иде у правцу укључивања још неких топографских променљивих, као што су експозиција, нагиб, затим удаљеност од мора, географска дужина итд., у интерполациони алгоритам, тј. свих оних фактора за које не постоје теоријска ограничења. Моделовање падавина на месечном нивоу, као и по сезонама је у истраживачкој фази и очекују се резултати који ће показати колика је погодност примењеног модела на тим нивоима и колика су одступања од мерених вредности.

- Бајат, Б. и Штрбац, Д. (2003). Анализа квалитета дигиталног модела терена на локацији „Златибор“. *Гласник Српског географског друштва*, 53 (1), (31-42)
- Дуцић, В. и Радовановић, М. (2005). *Клима Србије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства
- Hargrove, W.W. (1995). Interpolation of Rainfall in Switzerland using a Regularized Spline with Tension. [www.research.esd.ornl.gov/~hww/sic97](http://www.research.esd.ornl.gov/~hww/sic97)
- Hong, Y., Nix, H., Hutchinson, M., Booth, T. (2005). Spatial interpolation of monthly mean climate data for China. *International Journal of Climatology* 25, (1369-1379)
- Ковачевић-Мајкић, Ј. (2007). *Хидролошке одлике реке Скрапеж и водопривредни проблеми у сливу*. Београд: Географски факултет, магистарски рад
- Манојловић, П., Драгићевић, С. и Мустафић, С. (2004). Основне морфометријске карактеристике рељефа Србије. *Гласник Српског географског друштва*, 84 (2), (11-20)
- Мустафић, С., Манојловић, П. и Драгићевић, С. (2007). Примена теледетекционих метода и ГИС-ау истраживању ерозионих процеса. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“ САНУ*, 57, (465-473)
- Николић, Ј., Дуцић, В. и Драгићевић, С. (2005). Анализа падавина на примеру горњег дела слива Западне Мораве. *Гласник Српског географског друштва*, 85 (1), (21-30)
- Оцокољић, М. (1984). Регионалне анализе зависности отицања од падавина. *Гласник Српског географског друштва*, 64 (1), (29-38)
- Оцокољић, М. (1987). *Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите*. Београд: Српско географско друштво, Посебна издања, књига 64
- Радовановић, М. (2001). *Утицај рељефа и атмосферске циркулације на диференцијацију климата у Србији*. Београд: Географски факултет, докторска дисертација
- Radovanovich, M., Milovanovich, B. (2003). Methods to Complete the Missing data on precipitation in the Mountains of Serbia – Testing and Application. U *Man and Climate in the 20th Century, Studia Geograficzane* 75. Wroclaw
- Sboarina, C. (2001): Creation of climatic maps for Trentino from spread data. U *Geomatics Workbooks 2 - 2<sup>nd</sup> Italian GRASS users meeting proceedings*
- Siska, P.P., Hung, I-K. (2001). Assessment of Kriging Accuracy in the GIS Environment. U *The Twenty-first Annual ESRI International User Conference proceedings*. San Diego, California
- Telbisz, T., Mari, L. и Палић, Ј. (2007). Морфометријска анализа вртача на Мирочу употребом ГИС-а. *Гласник Српског географског друштва*, 87 (2), (21-30)
- Живковић, Н. и Анђелковић, Г. (2004). Висински градијенти падавина у Србији. *Гласник Српског географског друштва*, 84 (2), (31-36)
- \*\*\* (1961-2000). *Метеоролошки годишњаџи*. Београд: Савезни хидрометеоролошки завод
- \*\*\* Војногеографски институт / ВГИ *Топографске карте, 1:50000, листови Ваљево 3, Ваљево 4, Лазаревац 3, Ужице 2, Чачак 1*. Београд

JELENA KOVAČEVIĆ-MAJKIĆ  
DRAGOLJUB ŠTRBAC

### S u m m a r y

#### **SPATIAL INTERPOLATION OF PRECIPITATION DEPENDING ON ELEVATION – CASE STUDY OF THE SKRAPEŽ RIVER, WESTERN SERBIA**

The aim of the presented research was obtaining the data about the amount of precipitation in the areas lacking the measurement stations, by using spatial interpolation which includes elevation factor. Data obtained from standard meteorological stations network were not complete. The missing data were completed by reduction method on a monthly level, as well as by proportion method. It was found out that the published data about locations of measurement stations are not precise enough for this kind of a study.

Concerning the elevation of the highest measurement station (900 m a.s.l.), good relationship between precipitation and elevation was assumed, which was confirmed by high correlation coefficient (0.98). By detection of linear dependence between these variables and by including their parameters in the DEM (Digital Elevation Model, made after digitalization of contours from 1:50.000 topographic map), we got precipitation data for each pixel (100x100 m). After excluding high frequencies and checking the model, precipitation data and their spatial distribution were obtained.

Raster GIS application for estimation of mean precipitations values has many advantages, because beside precipitations, it takes into consideration the elevation factor, as one of the most important factors influencing precipitation. Errors of model precipitation data in relation to measured precipitation are small (2 %) and point to the fact that the model is reliable. Furthermore, managing and obtaining data in this way is quick. Involving more topographic variables (exposition, slope, distance to the coastline, latitude, and others that do not have a theoretical limitation) into the interpolation algorithm would be a substantial improvement of the model. Precipitation modeling on monthly and seasonal level is subject to our future research.