



РЕПУБЛИКА СРПСКА

МИНИСТАРСТВО ИНДУСТРИЈЕ,  
ЕНЕРГЕТИКЕ И РУДАРСТВА

РЕПУБЛИЧКИ ЗАВОД ЗА  
ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА

REPUBLIC OF SRPSKA

MINISTRY OF INDUSTRY,  
ENERGY AND MINING

GEOLOGICAL SURVEY

ISSN 2303-5773

**Геолошки  
гласник 35 -  
Нова серија 3**

**Herald  
geological 35 -  
New edition 3**

**Зворник 2014 Zvornik**

МИНИСТАРСТВО ИНДУСТРИЈЕ, ЕНЕРГЕТИКЕ И РУДАРСТВА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ  
РЕПУБЛИЧКИ ЗАВОД ЗА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ  
Зворник [www.geozavodrs.com](http://www.geozavodrs.com)

### УРЕДНИЦИ

АДАМ ДАНГИЋ, проф. др, Универзитет у Београду, Србија  
ДРАГАН МИТРОВИЋ, дипл. инж., Реп. завод за геолошка истраживања РС, БиХ

### УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

НЕЂО ЂУРИЋ, проф. др, дописни члан АНУРС, Република Српска, БиХ  
ДРАГОМАН РАБРЕНОВИЋ, проф. др, Геолошки завод Србије, Београд, Србија  
ДРАГО ТРКУЉА, проф. др, Универзитет у Бања Луци, Република Српска, БиХ  
СТЈЕПАН ЋОРИЋ, др, Геолошки завод Аустрије, Беч, Аустрија  
ДУШКО СУНАРИЋ, проф. др, Универзитет у Београду, Србија  
ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ, проф. др, Универзитет у Београду, Србија  
РАНКО ЦВИЛИЋ, проф. др, Еколошки фак. НУБЛ, Бања Лука, Република Српска, БиХ  
БИЈАНА АБОЛМАСОВ, проф. др, Универзитет у Београду, Србија  
ДЕЈАН МИЛЕНИЋ, проф. др, Универзитет у Београду, Србија  
ВАСО НОВАКОВИЋ, проф. др, ИПИН - Институт, Бијељина, Република Српска, БиХ  
БОШКО ВУКОВИЋ, др, Рудник и термоелектрана Гацко, Република Српска, БиХ

### ТЕХНИЧКИ УРЕДНИЦИ:

ЦВЈЕТКО САНДИЋ и АНДРИЈАНА СТЕВАНОВИЋ

ШТАМПА: ВАДКОМ, Зворник, Република Српска

ТИРАЖ: 300 примјерака

ISSN 2303-5773

Ауторска права © 2014 Републички завод за геолошка истраживања  
Републике Српске и аутори



РЕПУБЛИКА СРПСКА

МИНИСТАРСТВО ИНДУСТРИЈЕ,  
ЕНЕРГЕТИКЕ И РУДАРСТВА

РЕПУБЛИЧКИ ЗАВОД ЗА  
ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА

REPUBLIC OF SRPSKA

MINISTRY OF INDUSTRY,  
ENERGY AND MINING

GEOLOGICAL SURVEY

# Геолошки гласник 35 - Нова серија 3

# Herald geological 35 - New edition 3

MINISTRY OF INDUSTRY, ENERGY AND MINING OF REPUBLIC OF SRPSKA  
**GEOLOGICAL SURVEY OF REPUBLIC OF SRPSKA**  
Zvornik [www.geozavodrs.com](http://www.geozavodrs.com)

**EDITORS**

ADAM DANGIĆ, Prof. Dr., University of Belgrade, Serbia  
DRAGAN MITROVIĆ, B. Sc., Geological Survey of Republic of Srpska, RS, B&H

**EDITORIAL BOARD**

NEDO ĐURIĆ, Prof. Dr, Corresponding member of ASARS, Republic of Srpska, B&H  
DRAGOMAN RABRENOVIĆ, Prof. Dr., Geological Survey of Serbia, Belgrade, Serbia  
DRAGO TRKULJA, Prof. Dr., University of Banja Luka, Republic of Srpska, B&H  
STJEPAN ČORIĆ, Dr., Geological Survey of Austria, Vienna, Austria  
DUŠKO SUNARIĆ, Prof. Dr., University of Belgrade, Serbia  
ZORAN STEVANOVIĆ, Prof. Dr., University of Belgrade, Serbia  
RANKO CVJIJIĆ, Prof. Dr., Ecologic. Faculty NUBL, Banja Luka, Republic of Srpska, B&H  
BILJANA ABOLMASOV, Prof. Dr., University of Belgrade, Serbia  
DEJAN MILENIĆ, Prof. Dr., University of Belgrade, Serbia  
VASO NOVAKOVIĆ, Prof. Dr., IPIN – Institute, Bijeljina, Republic of Srpska, B&H  
BOŠKO VUKOVIĆ, Dr., Mine and thermal power plant Gacko, Republic of Srpska, B&H

**TECHNICAL EDITORS:**

CVJETKO SANDIĆ and ANDRIJANA STEVANOVIĆ

**PRINTED BY:** VADKOM, Zvornik, Republic of Srpska

**CIRCULATION:** 300 copies

**ISSN 2303-5773**

Стручни рад

## ПРИМЕНА ЕКСПЕРТСКЕ АНР МЕТОДЕ У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА НА ПРИМЕРУ МАЈСКИХ КЛИЗИШТА 2014. У СРБИЈИ

ЈЕЛКА КРУШИЋ<sup>1</sup>, МИЛОШ МАРЈАНОВИЋ<sup>1,2</sup>, УРОШ ЂУРИЋ<sup>3</sup>,  
ИВАН НОВКОВИЋ<sup>4</sup> И БИЈАНА АБОЛМАСОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд, Србија

<sup>2</sup> Technische Universität München, Chair of Landslide Research, Faculty of Civil Geo and  
Environmental Engineering, Arcisstr. 21, Munich, Germany

<sup>3</sup>Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Булевар Краља Александра 73, 11000  
Београд, Србија

<sup>4</sup>Универзитет у Београду, Географски факултет, Студентски трг 3/III, 11000 Београд, Србија  
Е-маил: biljana.abolmasov@rgf.bg.ac.rs

**Апстракт:** Током маја 2014. године подручје Балкана задесиле су катастрофалне поплаве, које су за исход имале велику материјалну штету и људске жртве. Услед кише која је достигла количину преко 200mm у року од три дана, на подручју Србије дошло је до активирања великог броја клизишта која су многим људима угрозила животе, оштетила домове, саобраћајнице и другу инфраструктуру и на тај начин довела до тоталног колапса у земљи. Непостојање одговарајућег катастра клизишта или пак прогнозних карата на нивоу земље, отежало је деловање кризних штабова, када је било неопходно брзо реаговање на потенцијално будућим угроженим подручјима. Применом АНР вишекритеријумске анализе приказане у овом раду, узимајући у обзир параметре који утичу на развој процеса клижења, урађена је карта процене склоности терена ка клижењу у релативно кратком временском периоду. На карти је извршена рејонизација терена према класама склоности ка клижењу терена на класе: ниске, средње и високе подложности ка клижењу. Након тога, урађена је евалуација методе, тј. добијеног модела, где се теоријски модел поредио са реалним подацима са терена на основу регистрованих клизишта.

**Кључне речи:** поплаве, катастар клизишта, АНР, карта склоности ка клижењу, Србија

## 1. УВОД

Последњих деценија сведоци смо драматичних промена временских услова на подручју Балкана. Већина аутора (Бајат, 2013; Кржић, 2011; Луковић, 2009) указују да Балкан, иако релативно мало подручје, има велике просторне и временске осцилације климатских параметара, пре свега у погледу падавина и температуре. Не разматрајући узроке, оно што се може закључити према статистичким подацима Републичког хидрометеоролошког завода Србије, територија Балкана у последње време пролази кроз екстремне временске прилике. Преовлађујући узрок обилних падавина, које су маја 2014. погодиле Србију, Хрватску и Босну и Херцеговину (које су на неким локацијама надмашиле трећину укупних годишњих количина падавина), био је неубичајено споро премештање пространог дубоког циклона из области Медитерана преко Балканског полуострва. Поплаве које су уследиле за последицу су имале велику материјалну штету и на десетине људских жртава. У Србији је 1,6 милиона људи директно или индиректно било угрожено. Као исход утицаја поплава и великог броја клизишта, 51 особа је изгубила живот, а преко 32000 људи је евакуисано. Процењена укупна материјална штета у 24 погођене општине износила је 1,525 милијарди евра, што одговара вредности од 3% укупног бруто друштвеног производа Србије (Work Group of Serbian Government, EU, UN and World Bank 2014, Work Group of UN Disaster Assessment and Coordination - UNDAC 2014).

Сматра се да су падавине које су се десиле у том периоду, најекстремније на 100 годишњем нивоу и да су директни узрочник масовног активирања клизишта у Србији и Босни и Херцеговини. Протоколи налажу да овакве ситуације захтевају брзо и организовано реаговање тј. организовани тим инжењера који би одмах обишли терен и угрожена подручја и регистровали критичне појаве. С обзиром на искуство из маја месеца 2014. године, због прекида у саобраћајној инфраструктури (путеви, мостови), услови обиласка терена су јако отежани. Такође, методе даљинске детекције нису у потпуности биле применљиве због лоших временских услова и облачности. Дакле, у оваквим ситуацијама је неопходно имати унапред припремљене сценарије (моделе понашања) о томе колико би и које територије биле најосетљивије и најугроженије. Из тог разлога се истиче потреба за постојањем националног катастра клизишта, као и изведених прогнозних карата (склоности ка клижењу, хазарда, ризика), што на жалост није случај у Србији, осим за подручје Београда. Та чињеница отежава рад у ванредним ситуацијама, односно захтева много већи труд за благовремено реаговање одговарајућих надлежних органа и кризних штабова на терену. Обучавање локалних штабова цивилне заштите, али и јавности уопште, у пријављивању, тј. евидентирању појава клизишта на територијама локалних

самоуправа, био би значајан искорак у смислу организованог друштвеног деловања на сузбијању ефеката елементарних непогода.

У овом раду приказана је методологија израде прогнозне карте склоности ка клижењу, прикладне за брзо реаговање у кризним сценаријима, која може помоћи штабовима цивилне заштите, или кризним штабовима на свим нивоима, на основу искустава стечених у мају 2014. године.

## 2. ОПИС ДОГАЂАЈА И ЗАХВАЋЕНЕ ТЕРИТОРИЈЕ

На основу података РХМЗ-а, количине падавина које су се десиле између 14-16 маја, биле су екстремне, а на неким локацијама, у Западним деловима Републике Србије, надмашиле су трећину укупних годишњих падавина. Највећа количина падавина регистрована је у околини Лознице са дневним максимумом од 110 mm, док је у Београду истог дана, 15.05, измерено 109,6 mm. На нивоу тродневних мерења (14. -16.05) околина Лознице је била најкритичније подручје са количином падавина која превазилази 200 mm воденог стуба. Најмање кише је пало на северозападу, југу и југоистоку земље и у југоисточном Банату. Карта на којој је приказана количина падавина која је пала у тродневном периоду на територији Србије, приказана је на Слици 1. Иста је добијена интерполационом методом кригинга, користећи податке са око 100 перманентних станица РХМЗ-а.

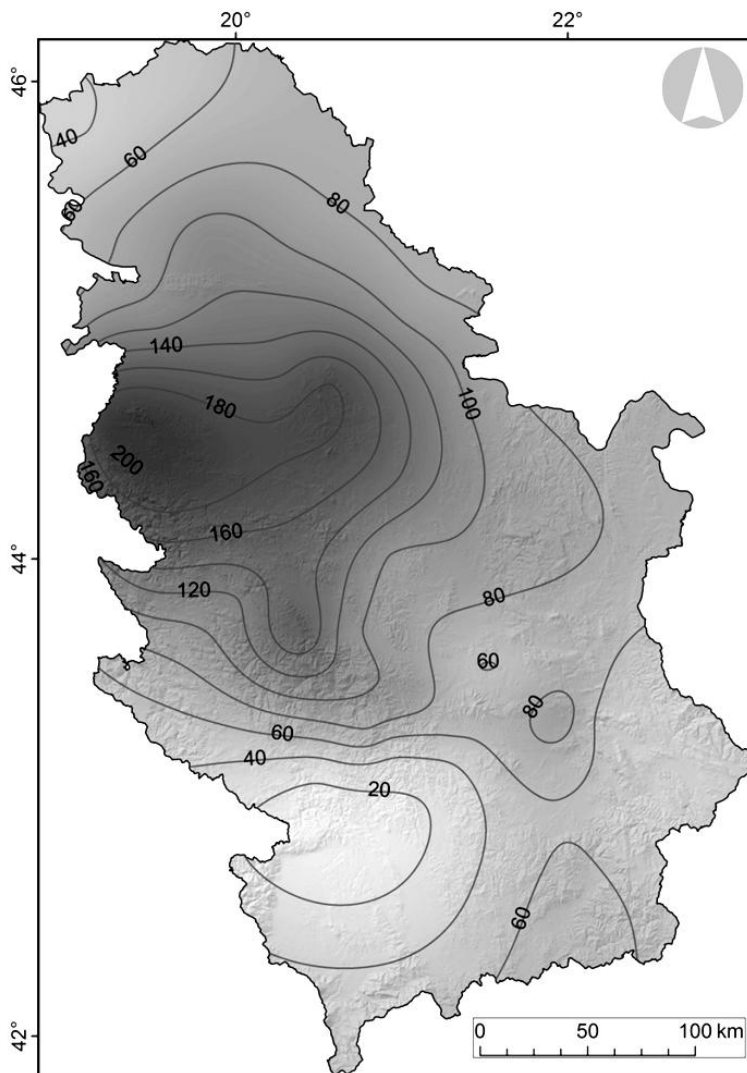
Поред тога, у периоду од 14. априла до 5. маја 2014. године подручје Републике Србије је већ било изложено изузетно влажном периоду са доста падавина. У већини места измерена је количина падавина између 120 и 170 mm. Највећа количина измерена је у планинским пределима западне и југозападне Србије (на Златибору 280,6 mm, а на Копаонику 270,3 mm), док је најмања количина измерена на северу Баната, 72,5 mm у Кикинди. Ова дешавања су само претходила ескалирању процеса клижења касније током маја.

На Слици 2. приказана су подручја захваћена поплавама за период од 17-25.5. регистрована уз помоћ визуелне анализе *MODIS* снимака, (сателитских снимака спектрорадиометра - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – MODIS, резолуције 250m). Такође на истој слици уједно су приказана клизишта (црвене тачке) која су евидентирана касније током теренских обилазака, махом током јуна 2014, а тек знатно касније дигитализована и стављена у употребу за просторне анализе.

## 3. УЛАЗНИ ПОДАЦИ

Имајући у виду врло ограничене доступне податке и хитност израде овакве карте у ванредним ситуацијама, неопходно је било ослонити се на постојеће податке и као резултат урадити карту генералне просторне

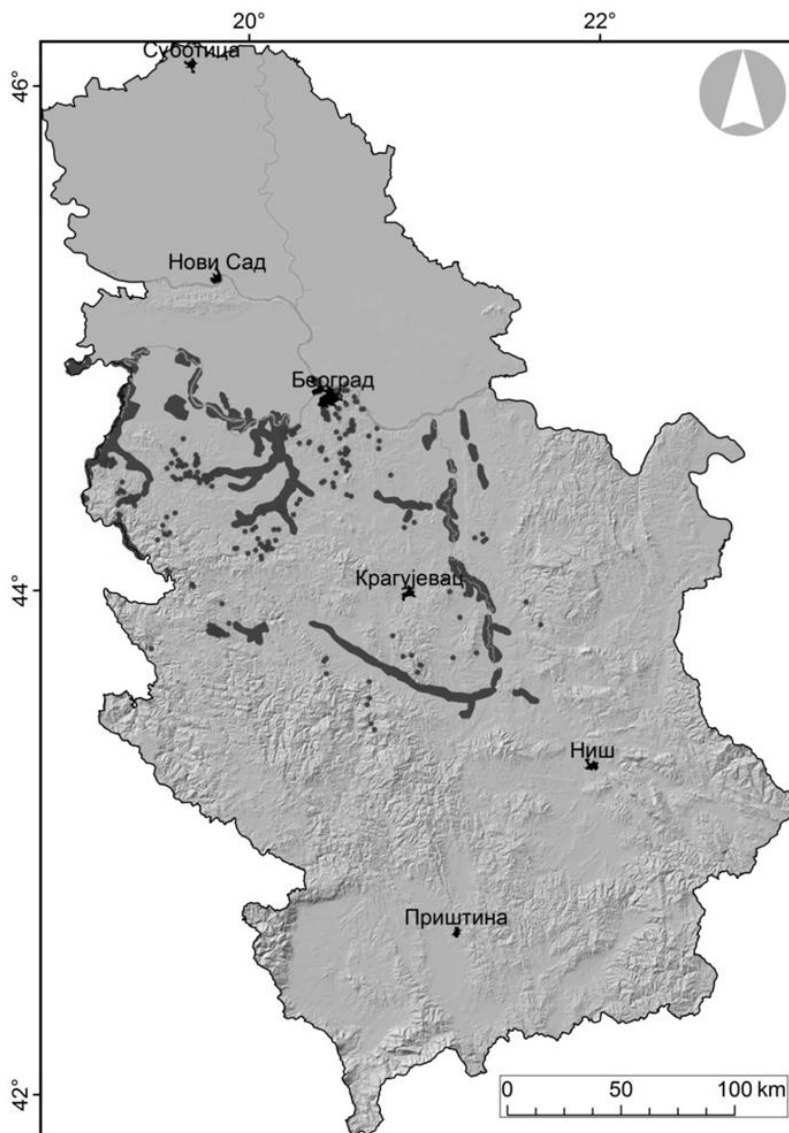
вероватноће појаве клизишта. Овом приликом су анализирани и вредновани основни морфометријски и геолошки фактори који имају утицаја на стабилност терена, а који су се на овако великом подручју могли класификовати и дати као производ генералне карте потенцијалне угрожености терена. Као фактори који утичу на развој процеса клижења, узети су: висина терена, енергија рељефа, нагиб терена, удаљеност од поплавлених зона, удаљеност од локалних водотокова и литолошки састав терена. Затим је извршено вредновање удела сваког параметра на сам процес



Слика 1. Тродневне екстремне суме падавина за 14-16. мај 2014.  
Figure 1. Three-day extreme rainfall for 14-16. maj 2014.



а тиме и зонирање терена према склоности (подложности) терена ка клижењу. Претходно је било неопходно све факторе класификовати на одређене интервале (сви нумерички параметри разврстани су у пет класа



Слика 2. Плавна подручја (тамно плави полигони добијену на основу визуелне анализе MODIS снимака 17-25.5. 2014) и евидентирана клизишта (црвене тачке) везана за мајске падавине 2014.

Figure 2. Flood area (dark blue polygons obtained on the basis of a visual analysis of MODIS images 17-25.5. 2014) and recorded landslides (red dots) related to precipitation in May 2014.

према дистрибуцији података односно на основу „Natural Breaks“ интервала) и бодовати вредности њихових класа на скали 1-10. При том су за сваки вредновани параметер урађене аналитичке карте на којима су издвојене класе сходно наведеним критеријумима.

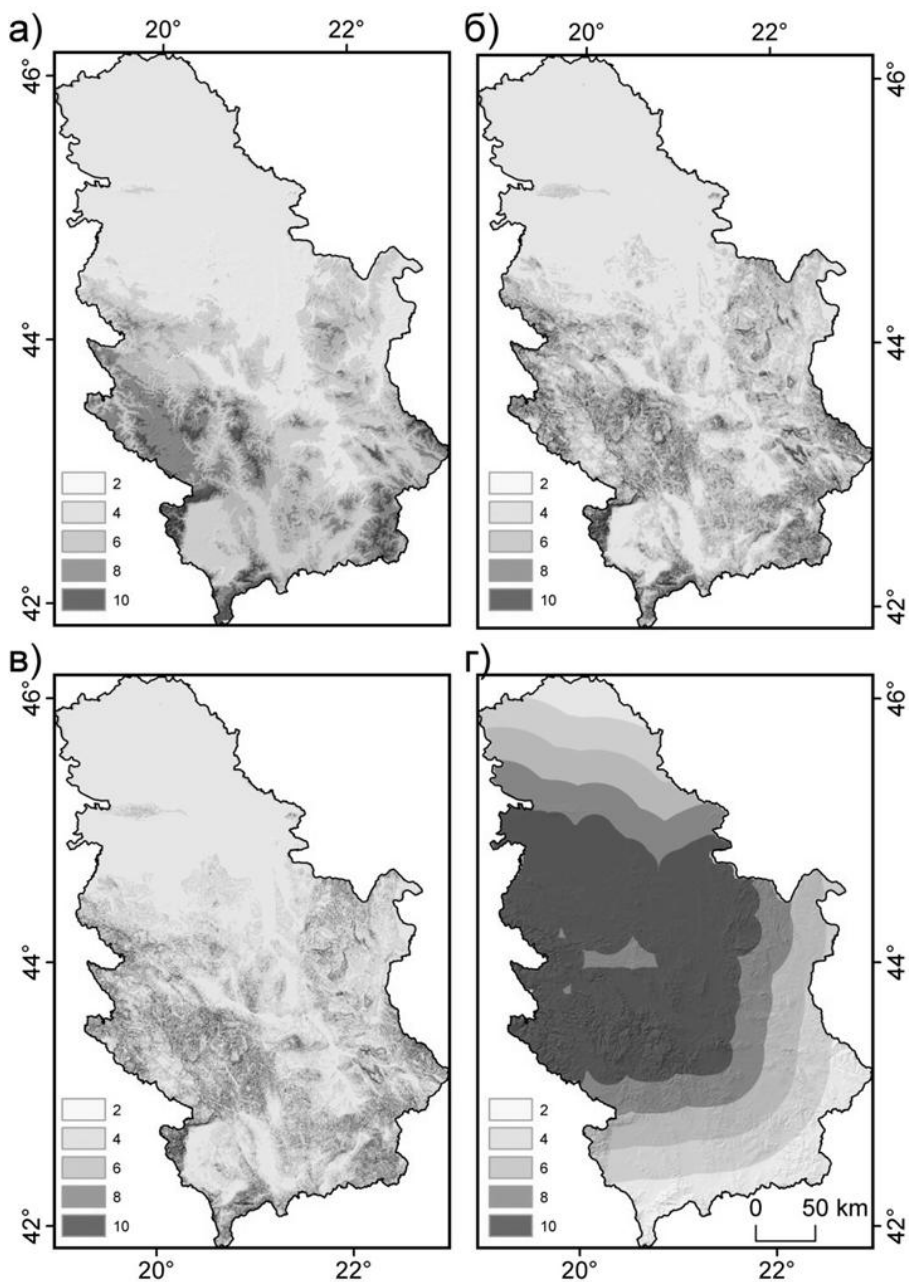
*Дигитални модел терена (ДМТ)* – представља приказ висина рељефа (Слика 3а). Полазни критеријум је био да су хипсометријски виши терени подложнији процесу клижења, условно речено, јер се утицај параметра висине редуковао у односу на то за који тип терена се узимао. Иако је је утицај параметра висине рељефа значајно мањи у односу на остале анализиране параметре извршено је његово вредновање. На карти је извршено рекласификовање модела терена на пет висинских класа на скали од 1-10 где су најповољнија подручја са висином до 301 m, а најнеповољнија са висином од преко 1357 m (Слика 3а).

Што се тиче *енергије рељефа* (Слика 3б), склоност ка процесу клижења се може сматрати већом у оним подручјима која имају израженије разлике релативних висина у односу на површину терена, док су подручја која имају мању разлику између позитивних и негативних рељефних облика мање склона клижењу. Као и претходни модел, терен је подељен на пет класа (најповољнија подручја са  $55 \text{ m/km}^2$ , а најнеповољнија са преко  $407 \text{ m/km}^2$ )

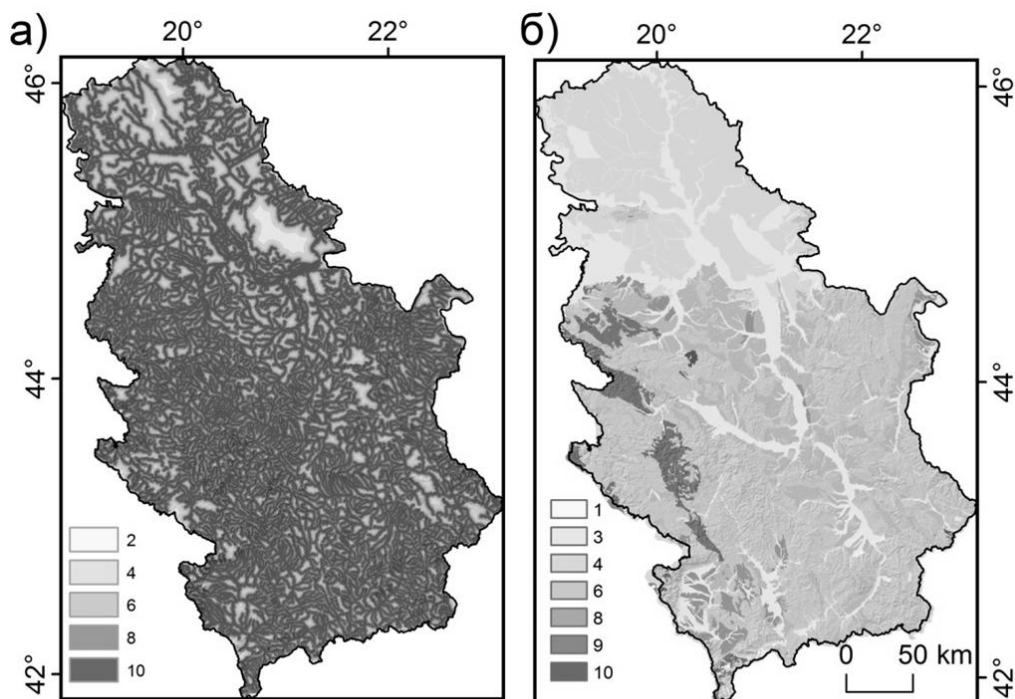
Параметар који је у директној вези са нестабилношћу падина је *нагиб падина*, приказан на Слици 3г. Усвојен је критеријум да су стрмији нагиби склонији појавама клижења и супротно. Као и у претходна два случаја, издвојено је пет класа, у скали од 1-10, односно усвојено је да је најповољнија класа нагиба до  $3^\circ$ , најнеповољнија  $>23^\circ$ .

Као један од битнијих параметара који се узимао у обзир током маја 2014.г. је *удаљеност од поплавлених подручја* (Слика 3д), јер се у зони поплавлених подручја могла очекивати највећа вероватноћа појава нестабилности. Тиме је карта склоности терена ка клижењу добила печат конкретног догађаја на који се односила и практично заменила податке о падавинама, који у тренутку анализе још нису били јавно доступни (обично се довољно детаљни подаци са више од рецимо 100 перманентних станица објављују тек у годишњацима, односно читаву годину дана касније). Према томе, извршено је моделовање терена према параметру удаљености сваког пиксела од визуелно дигитализованих поплавлених подручја (на основу сателитског снимка који је био доступан већ 25. маја). Удаљавањем од зоне поплавлених подручја се тежине смањују, тј. што је терен више удаљен од плавног подручја, то је могућност развоја процеса мања (најнеповољнија класа удаљеност до 17m, најповољнија  $>100\text{km}$ ).

Просторни параметар *удаљености од водотокова* (Слика 4а), због густе хидрографске мреже, цео терен класификује врло повољним за активирање процеса клижења. По истом принципу као и за удаљеност од



Слика 1. Просторни фактори класификовани према релативном утицају својих класа на процес клижења (скала 1-10), а) дигитални модел терена, б) енергија рељефа, в) нагиб, г) удаљеност од поплавлених подручја  
Figure 3. Physical factors are classified according to the relative impact of their classes on the landslide process (scale 1-10), a) digital terrain model, b) energy relief, в) gradient, г) distance from flooded areas



Слика 2. Просторни фактори класификовани према релативном утицају својих класа на процес клижења (скала 1-10), а) удаљеност од водотокова, б) геолошке јединице (1-алувијон, 3-остале творевине, 4-остале квартарне наслаге, 6-Неогени басени, 8-плиоценске глине, 9-палеозојски шкриљци ниског кристалинитета, 10-флишни комплекси).

Figure 4. Physical factors are classified according to the relative impact of their classes on the landslide process (scale 1-10), a) distance from water courses, b) geological units (1-alluvium, 3 other creations, other 4-Quaternary deposits, 6-Neogene basins, 8-Pliocene clays, 9-Paleozoic low crystallinity, 10-flysch complexes).

плавних подручја, што је удаљеност већа то је могућност појаве нестабилности мања и обрнуто (најнеповољнија класа удаљености је до 692m, односно најповољнија >6080m).

Класификовање *геолошких чинилаца* је било најнезахвалније и заснивало се у великој мери на субјективности. Основ за класификацију је био литолошки састав, али је при том узимана у обзир геолошка старост. С обзиром да није било могуће познавати механичка својства стенских маса на овако великом подручју, издвојено је 7 геолошких јединица (Слика 4б). Након тога, одговарајуће вредности пиксела су додељене свакој од класа, при том су нпр. литолошке јединице које имају приближно иста механичка својства сврстане у исту класу, како би се могао поједноставити модел. У зони плиоценских глина, палеозојских шкриљаца и флишног комплекса

издвојено је подручје са највећим потенцијалом ка клижењу - класе 10, 9 и 8, респективно.

#### 4. МЕТОДОЛОГИЈА

Методологија је заснована на постулатима просторне анализе клизишта у регионалним размерама. Усвојена су два основна постулата која се примењују у анализама и процени просторне дистрибуције процеса клижења: клижење које се на датом подручју раније догодило може се поновити ако се стекну исти или слични услови који су претходно довели до клижења, односно клижење се такође може догодити и на неком другом подручју сличних својстава, чак и ако није било претходно забележених појава клижења. Склоност (подложност-сусцептибилитет) ка клижењу је на тај начин посматрана као просторна вероватноћа појаве и то у тзв. регионалној размери, односно ширем подручју од неколико десетина и стотина километара.

АНР (енг. Analytic Hierarchy Process) метода је као метода вишекритеријумске анализе широко распрострањена и применљива за различите врсте процена. У процени склоности терена ка клижењу нашла је примену у квантификацији различитих параметара који утичу на процес клижења и у ГИС окружењу даје реалније просторне резултате много боље него неке друге методе. Једноставно речено, АНР метода је поступак којем неколико одабраних улазних параметара (*дигитални модел терена, енергија рељефа, нагиб падина, удаљеност од поплавлених зона, удаљеност од водотокова и геологија терена*) дефинише коначни модел терена (склоност ка клижењу). Фактори који се узимају у обзир утичу на финални модел преко својих тежинских коефицијената (бодова), а да су претходно сви фактори нормализовани (доведени на исту скалу, у овом случају 1-10). Како се њихов утицај истовремено одређује, они захтевају на неки начин међусобно вредновање односно квантификовање сваког појединачног члана у односу на било који други.

Процену параметара у идеалним условима врши тим експерата који имају искуства независно један од другог да би се затим њихови критеријуми усагласили. На тај начин, добијају се осредњени тежински коефицијенти (бодови) за сваки од параметара, односно прва релациона АНР матрица, да би се затим у квантификационој АНР матрици извршила њихова нормализација, тј. бодовање укупних удела у моделу. Једноставним сумирањем утицајних параметара помножених својим одговарајућим уделом, у ГИС окружењу, добија се коначни квантитативни модел склоности ка клижењу на датом подручју. Модел се може класификовати у

квалитативан модел са назначеним класама, као нпр. класе високе, средње и ниске склоности (1,2,3).

## 5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Поступак моделовања се састојао у корелисању међусобног утицаја и додељивања предности параметру који је значајнији, према логичном и искуственом расуђивању. С тога је интервал коефицијента распоређен у матрици (Табела 1), где су доведени у везу сви релевантни параметри. Када је поједини параметар имао предност над својим паром додељен му је коефицијент већи од 1, и обратно, ако је значај параметра мањи биће мањи упоредни индекс. Свако поређење два елемента хијерархије вршило се коришћењем Сетијеве скале (Saaty, 2003).

Табела 1. Сатијева скала (Saaty, 2003) на чијем принципу се врши АНР метода.  
Table 1. Satties scale (Saaty, 2003) on which principle is carried out АНР method.

Значај	Дефиниција	Опис
1	истог значаја	два елемента су идентичног значаја у односу на циљ
3	слаба доминантност	искуство или расуђивање незнатно фаворизују један елемент у односу на други
5	демонстрирана доминантност	искуство или расуђивање незнатно фаворизују један елемент у односу на други
7	јака доминантност	доминантност једног елемента потврђена искуствено
9	апсолутна доминантност	доминантност највишег степена
2,4,6,8	међувредности	потребан је компромис или даља подела

На том принципу извршена је класификација за овај модел терена, док је матрица приказана тебеларно (Табела 2). Као што се види по додељеним коефицијентима, највећи значај се придавао у овом случају пре свега удаљености од поплавлених зона, затим геологији терена и нагибу падина.

Табела 2. АНР матрица вриједности.  
Table 1. АНР matrix of values.

	Удаљеност од поплавлених зона	Геологија	Нагиб падина	Удаљеност од водотокова	ДМТ	Енергија рељефа
Удаљеност од поплавлених зона	1	4	5	6	8	9

	Удаљеност од поплавлених зона	Геологија	Нагиб падина	Удаљеност од водотокова	ДМТ	Енергија рељефа
Геологија	0.5	1	3	4	6	7
Нагиб падина	0.2	0.333333	1	3	5	6
Удаљеност од водотокова	0.166667	0.25	0.333333	1	4	5
ДМТ	0.125	0.166667	0.2	0.25	1	2
Енергија рељефа	0.111111	0.142857	0.166667	0.2	0.5	1
Σ	2.102778	5.892857	9.7	14.45	24.5	30

У следећој фази приступило се пондерисању вредности фактора дељењем са њиховом укупном сумом  $\Sigma$ , да би се на крају за сваки фактор добила вредност сума свих утицајних фактора, тј. процентуално изражен утицај сваког фактора.

Табела 3. Добијене вриједности утицајних фактора на коначни модел терена.  
Table 3. The obtained values of the influencing factors on the final terrain model.

	Удаљеност од поплавлених зона	Геологија	Нагиб падина	Удаљеност од водотокова	ДМТ	Енергија рељефа	Сума
Удаљеност од поплавлених зона	0.475561	0.678788	0.515464	0.415225	0.326531	0.300000	<b>0.451928</b>
Геологија	0.237781	0.169697	0.309278	0.276817	0.244898	0.233333	<b>0.245301</b>
Нагиб падина	0.095112	0.056566	0.103093	0.207612	0.204082	0.200000	<b>0.144411</b>
Удаљеност од водотокова	0.079260	0.042424	0.034364	0.069204	0.163265	0.166667	<b>0.092531</b>
ДМТ	0.059445	0.028283	0.020619	0.017301	0.040816	0.066667	<b>0.038855</b>
Енергија рељефа	0.052840	0.024242	0.017182	0.013841	0.020408	0.033333	<b>0.026975</b>
	1	1	1	1	1	1	1

Као што је већ напоменуто, параметри који су вредновани као меродавни за утицај на процес клижења су били удаљеност од плавних подручја, литолошки састав, нагиб терена, удаљеност од водотокова, апсолутне висине терена и енергија рељефа, што су редом модели  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$ ,  $M_5$  и  $M_6$ . Ови параметри квантификованом у моделу склоности ка клижењу  $M$  дају следећу зависност (1).

$$M = 0,45 \cdot M_1 + 0,25 \cdot M_2 + 0,14 \cdot M_3 + 0,09 \cdot M_4 + 0,04 \cdot M_5 + 0,03 \cdot M_6 \quad (1)$$

Добијени  $M$  је рекласификован у 3 класе тј. класу ниске, средње и високе подложности ка клижењу (Слика 5).

## 6. ЕВАЛУАЦИЈА ДОБИЈЕНОГ МОДЕЛА

Приказани модел израде карте склоности ка клизању (susceptibility map) се односио на реалну кризну ситуацију и био је оперативан након свега неколико дана, од идентификовања потребе за анализама и проценама (оквирно 20-30 мај 2014). Иницијална евалуација модела најпре је изведена на основу првих пријављених случаја. Знатно касније (тек после октобра 2014. године) се појавила много тачнија и детаљнија база података о регистрованим клизиштима, па овде приказујемо евалуацију у односу на ту комплетнију базу. Поступак евалуације се врши једноставним преклапањем локација регистрованих клизишта и упоређивањем са вредностима класа добијеног модела  $M$  (Табела 4).

Табела 4. Евалуација АНР модела у односу на клизишта евидентирана након маја 2014.

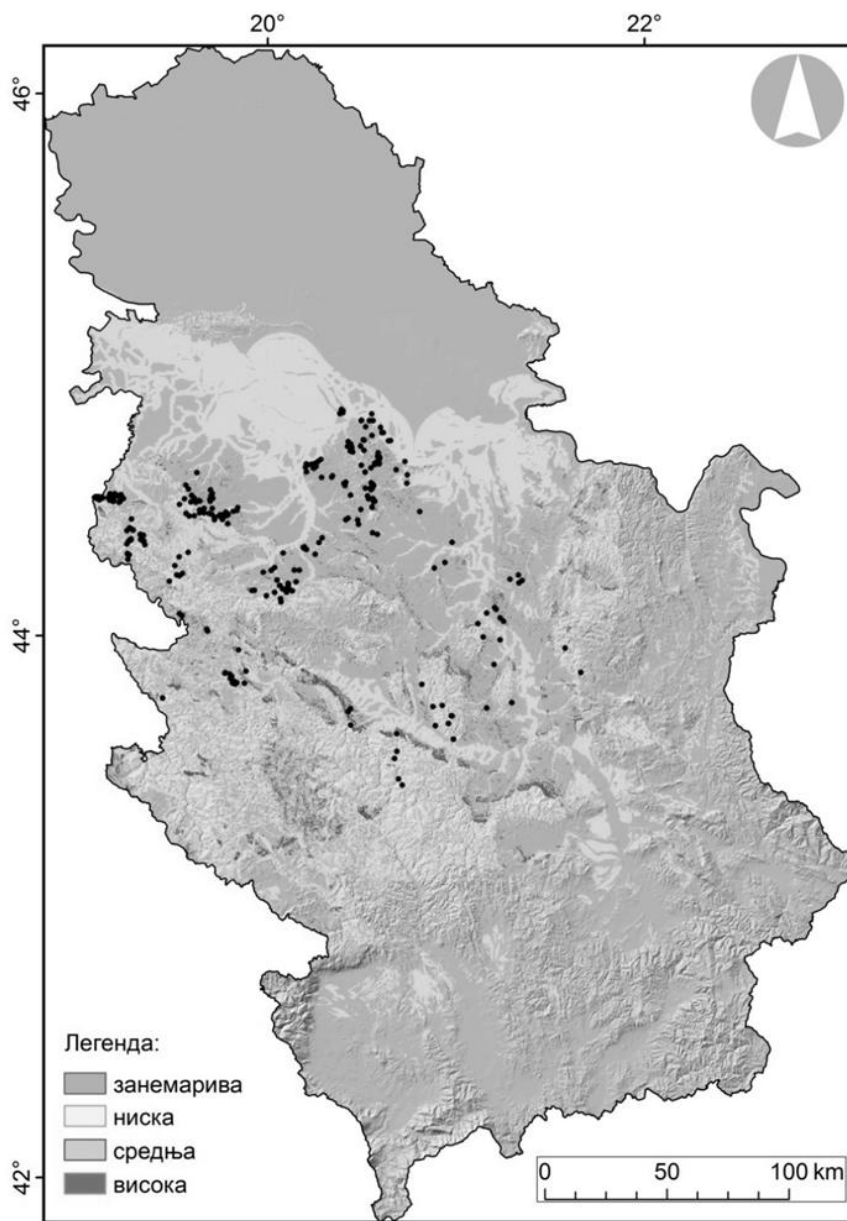
Table 4. Evaluation of AHP model in relation to landslides registered after May 2014.

а	класа склоности	занемарљива	ниска	средња	висока
б	% укупне површине по класи	63.83	22.68	12.33	1.16
в	број клизишта по класи	76.00	104.00	151.00	13.00
г	% клизишта по класи	22.09	30.23	43.89	3.78
д	нормализован % клизишта по класи у зависности од њене величине: $\Gamma^* (100-\delta)/100$	12.86	23.38	38.48	3.74

Добијена карта склоности ка клижењу има издвојене 4 класе, занемарљиве, ниске, средње и високе склоности ка клижењу. У складу са тим дошло се до података да је по издвојеним класама регистровано:

- у класи са занемарљивом склоношћу ка клижењу регистровано на терену 12.86 % укупне површине те класе;
- у класи са ниском склоношћу регистровано на терену 23.38% укупне површине те класе ;
- у класи са средњом склоношћу регистровано на терену 38.48 % укупне површине те класе;
- у класи са високом склоношћу ка клижењу регистровано на терену 3.74 % укупне површине те класе (Табела 4).





Слика 3 . АНР модел занемарљиве, ниске, средње и високе склоности подручја ка клижењу, услед мајских екстремних падавина 2014 (црне тачке представљају евидентирана клизишта након догађаја).

Figure 5. ANP model of negligible, low, medium and high susceptibility areas to slipping, due to extreme precipitation in May 2014 (black dots represent recorded landslides after the event).

Како је различита величина сваке од ових класа, неопходно је кориговати евалуацију грешке пропорционално величини класе. Може се рећи да је средња класа веома добро корелисана са евидентираним клизиштима, док је класа високе склоности релативно слабо корелисана. Ниска класа има задовољавајућу тачност, међутим класа означена као занемарљива има неочекивано велики број клизишта. Разлог за неочекивано велики број клизишта у обе граничне класе (класе занемарљиве и високе склоности), лежи у томе што су критеријуми за издвајање појединачних параметара и њихових вредности били прешироко дефинисани за случај класе занемарљиве склоности. Што се тиче класе високе склоности, критеријуми су били превише строги, односно нису за поједине параметре били довољно усклађени. Међутим, због ефикасности модела у погледу средње класе, може се истаћи да је модел прилично успешан за један овако прегледан и генералан ниво истраживања, чија је сврха да укаже на размере и распрострањење процеса. Такође, с обзиром на оскудност података и брзину израде, ефикасност модела се може оценити успешном.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Клизишта свакодневно угрожавају животе људи, те њихово изучавање као природног хазарда је неопходно, поготово у кризним ситуацијама, како би се последице њиховог деловања правовремено предвиделе, евентуално спречиле или бар ублажиле. Свест друштва уопште, али и стручне јавности, није довољно развијена што се тиче разумевања хазарда од клизишта. Оно што се дешава јесте да нас последице догађаја, наводе на све грешке несистемтичности изучавања процеса клижења, као и на неспремност за адекватно реаговање, што се најалост показало у мају 2014. године. Из тог разлога је неопходно инсистирати на систематском регистравању свих појава клижења на територији Србије и процени склоности, односно хазарда од клизишта кога треба посматрати и у светлу екстремних климатских догађаја, као што је био прошлогодишњи. Приказана примена АНР методе на брз и поуздан начин даје податке који могу бити од значаја у ванредним ситуацијама, па и онда кад немамо конкретне податке из катастра, или било какве прогнозне карте. Модел који је урађен након прошлогодишњих догађаја, је добар пример, јер је постигао висок степен корелације са реалним догађајима, тј. са накнадно прикупљеним подацима са терена.

## 8. ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

АНДРЕЈЕВ, К., КРУШИЋ Ј.,: Квантитативна анализа могућности појаве клизишта на подручју Општине Гроцка. *VIII регионален конгрес на студенти од геотехнолошките факултети - Георекс 2014*, Охрид, јул 2014.

- BAJAT B., PEJOVIĆ M., LUKOVIĆ J., MANOJLOVIĆ P., DUCIĆ V., MUSTAFIĆ S. (2013): Mapping average annual precipitation in Serbia (1961–1990) by using regression kriging. *Theor. Appl. Climatol.* 112:1-13
- КОМАС, М. : A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia, *Geomorphology* 74, 2006, 17–28; e Decisions
- КРЖИЋ, А, ТОШИЋ И, ЂУРЂЕВИЋ, В., ВЕЛЈОВИЋ. К., РАЈКОВИЋ, В., (2011) Changes in climate indices for Serbia according to the SRES-A1B and SRES-A2 scenarios. *Climate Research* 49(1):73-86
- MARJANOVIĆ, M., ABOLMASOV, B., ĐURIĆ, U., & ZEČEVIĆ, S. (2013). Impact of geo-environmental factors on landslide susceptibility using an AHP method: A case study of Fruška Gora Mt., Serbia. *Annales Géologiques De La Péninsule Balkanique*, 91-100.
- MARJANOVIĆ M.: Landslide susceptibility modelling: a case study on Fruška Gora Mountain, Serbia. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, vol. 1/2009, pp. 29-42, ISSN: 1337-6799
- MARJANOVIĆ, M.: Advanced methods for landslide assessment using GIS PhD Thesis, Palacký University Olomouc, Faculty of Science, Department of Geoinformatics, Olomouc 2013
- LUKOVIĆ. J., MANOJLOVIĆ P., MUSTAFIĆ S. (2009): Temperature changes in Serbia and worldwide according to satellite data. *Bulletin of the Serbian Geographical Society* 3:177-189
- РЕПУБЛИЧКИ ХИДРОМЕТЕОРОЛОШКИ ЗАВОД СРБИЈЕ, 2014: Метеоролошки услови у мају 2014. године и могућност прогнозирања обилних падавина, Београд, јун 2014
- SAATY, R. (2003).: *The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making*. Pittsburgh: Creative Decisions Foundation.