

ПРИМЕНА ГИС-А У УТВРЂИВАЊУ УГРОЖЕНОСТИ ПРОЦЕСОМ
КЛИЖЕЊА ТЛА НА ПРИМЕРУ ОПШТИНЕ ГРОЦКА
APPLICATION OF GIS IN DETERMINING THE ENDANGERMENT BY THE
PROCESS OF SOIL SLIDING ON THE EXAMPLE OF THE MUNICIPALITY OF
GROCKA

Немања Ристић¹, Анђела Ратковић², Јована Ратковић³

¹Brooks Hannas & Partners, ²Приватна средња школа ЕПА, ³Приватна основна и средња
школа Владислав Петковић Дис

Апстракт: Овај рад приказује примену Географских информационих система (ГИС) у процени предиспонираности терена на појаву клизишта на подручју градске општине Гроцка. Као примарни просторни податак коришћен је дигитални модел терена (DEM) резолуције 25 m, преузет са USGS EarthExplorer платформе. На основу DEM-а изведене су три основне морфометријске варијабле нагиб, закривљеност и експозиција рељефа које представљају најзначајније факторе у процесу иницирања клизишта. Аналитички модел је додатно обогаћен подацима о геолошкој грађи, удаљености од хидрографске мреже и наменама земљишта (CLC 2018), како би се обухватили сви битни услови који утичу на стабилност терена. Процена подложности спроведена је применом Probability Method (PM), којом је израчунат индекс подложности клизиштима (LSI) и класификован у четири нивоу ризика: низак, средњи, висок и веома висок. Просторна расподела добијених вредности указује да више од две трећине територије Гроцке припада зонама високог и веома високог степена подложности, што потврђује да ово подручје има изражене природне предиспозиције за настанак клизишта. Добijени резултати представљају значајан инструмент за доносиоце одлука, јер могу послужити у раном препознавању ризичних подручја, планирању инфраструктурних интервенција и дефинисању превентивних мера усмерених на умањење штета изазваних клизиштима..
Кључне речи: ГИС, клизишта, Гроцка

Abstract: This paper presents the application of Geographic Information Systems (GIS) for assessing terrain predisposition to landslide occurrence in the municipality of Grocka. A 25 m resolution Digital Elevation Model (DEM), obtained from the USGS EarthExplorer platform, was used as the primary spatial input. Based on the DEM, three key morphometric variables slope, curvature, and aspect were derived, representing dominant factors influencing landslide initiation. The analytical model was further enriched with geological structure, distance to watercourses, and land-use data (CLC 2018), ensuring the inclusion of all major conditions affecting terrain stability. Landslide susceptibility was evaluated using the Probability Method (PM), which produced a Landslide Susceptibility Index (LSI) subsequently classified into four categories: low, moderate, high, and very high susceptibility. The spatial distribution of LSI values indicates that more than two-thirds of the Grocka municipality fall within high and very high susceptibility zones, confirming that the area possesses strong natural predispositions for landslide formation. The findings provide a valuable decision-support tool for identifying high-risk zones, planning infrastructure interventions, and defining preventive measures aimed at reducing the impact of future landslides.

Keywords: GIS, landslides, Grocka

1 nemanjaristic00@gmail.com

УВОД

Градска општина Гроцка налази се на контакту шумадијског побрђа и војвођанске равнице на десној обали Дунава. Због својих природних карактеристика представља подручје од значаја за проучавање клизишних процеса. Десна обала Дунава, посебно њен део који се простире северо - источном границом општине Гроцка, представља подручје на којем су клизишта изражена и посебно активна.

Клизишта представљају посебан геоморфолошки процес и једну од значајнијих природних непогода на нашој планети. Манифестују се клижењем растреситих слојева на одсесима и стрмим падинама. Иако се клизишта појединачно дешавају на релативно малом простору, клижењем тла могу бити захваћени и велики простори, па овој природној непогоди треба посветити посебну пажњу у научним истраживањима али и у пракси, како би се спречио њихов настанак, ублажиле последице, али и санирао терен који је већ захваћен овим процесом. Последице које клизишта носе са собом могу се поделити на директне и индиректне (Новковић, 2016):

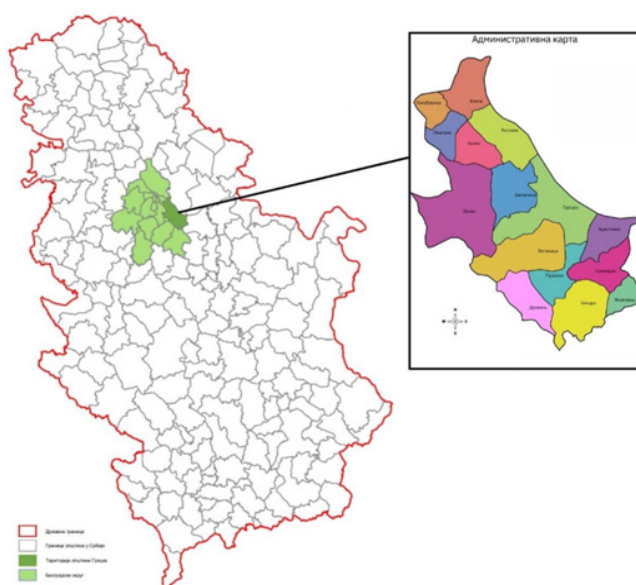
- Директне последице су оне које се јављају на самим падинама које су покренуте, а ту се пре свега мисли на морфолошке промене на терену, оштећења и рушења објеката, како стамбених, тако и привредних и јавних, оштећења на инфраструктури, као и на повреди људи, од којих неке могу бити и са смртним исходом.
- Индиректне последице је много теже сагледати. Ту спадају нпр. штете од поплава, које су настале узводно од места где је клизиште преградило водоток, дуготрајно погоршање здравственог стања људи због лошијих санитарно - хигијенских услова у угроженим подручјима, проблеми који настају у срединама где се раселило становништво које је било принуђено да мигрира са простора захваћених овом катастрофом итд.
- Употреба савремених алата, као што су географски информациони системи и обрада сателитских података, све се више користи широм света (Valjarević, 2024). Географски информациони систем (ГИС) је један од најмоћнијих алата који помаже да се разуме природа простора. Он је успео да обједини оно што је најбоље из два некада одвојена подручја – картографије (слике света) и информатике (света података) (Кукрика, 2000).

У раду су ГИС алати нашли велику примену у израчунавању предиспонираности терена општине Гроцка клизишним процесом. ГИС и моделовање података су врло моћни алати за израчунавање и опис неких података о ефектима потенцијалних опасности (Valjarević et al., 2018).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Подручје истраживања

Општина Гроцка је једна од 17 општина Административног подручја Града Београда. Градска општина Гроцка пружа се од 20°32'18" до 20°49'30" источне географске дужине и од 44°32'37" до 44°47'55" северне географске ширине и заузима површину од 289,23 km². Према попису становника из 2022. године имала је 83,435 становника. Подручје општине обухвата 15 насеља: Гроцка, Ритопек, Винча, Брестовик, Камендол, Живковац, Умчари, Дражањ, Пударци, Бегаљица, Заклопача, Врчин, Болеч, Лештане и Калуђерица.



Слика 1. Географски положај општине Гроцка
Figure 1. Geographic position of the Municipality of Grocka

Општина Гроцка је оивичена на северу и североистоку реком Дунав (24 километара обале и Грочанском адом) и граничи се са општинама Панчево и Ковин на северу, Смедерево на истоку, са југа се граничи Младеновцем, док је са западне стране оивичена општинама Сопот, Вождовац, Звездара и Палилула, које такође припадају београдском административном подручју (Слика 1). Градска општина Гроцка налази се на контакту шумадијског побрђа и војвођанске равнице. Ограничена је Дунавом са североистока, долином Завојничке реке, Авалом и „Шумадијском гредом”² са запада и долином реке Раље са југа.

Природне карактеристике

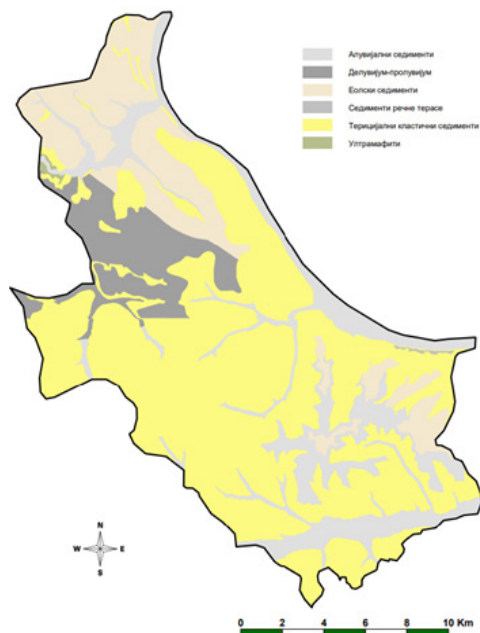
Геолошке карактеристике

На геолошкој карти општине Гроцка (Слика 2) примећују се различити типови стена, од којих су најдоминантније заступљени терцијални кластични седименти. Кластичне седиментне стене имају **кластичне** структуре и настају од остатака распадања. Њихова одлика је да се стена састоји од фрагмената алотигених зрна, који могу, али и не морају да буду везани са неком цементном материјом. Терцијални кластични седименти највише су заступљени у насељима: Гроцка, Бегаљница, Ритопек, Врчин, Заклопача, Дражањ и Умчари. Алувијални седименти су заступљени највећим делом уз Дунав, али се пружају и око река Грочице, Болечице и Раље. Делувијум-пролувијум највише је заступљен у северо-западном делу општине у насељима Лештане и Врчин, где сачињавају нешто мање од половине површине насеља. Еолски седименти карактеристични су за северни део општине, где у насељима Винча и Калуђерица чине доминантан тип стене, а такође су приступни на мањој површини у јужном делу општине. Седименти речне терасе

² Шумадијска греда представља заостали део Панонског копна меридијанског правца пружања, настао приликом разламања и спуштања копна са кога се дижу планине: Авала, Космај, Букуља, Венчац и Рудник (Павловић, 2019).

примећују се јужно од насеља Гроцка, на десној обали Дунава на свега 0,30 km², што представља 0,10% од укупне површине општине. Ултрамафити који уз седimente речне терасе заузимају најмању површину општине, налазе се северо-западном делу општине у насељу Лештане и чине само 0,16% од укупне површине општине.

Карта геолошке грађе истраживаног простора добијена је дигитализацијом садржаја основних геолошких карата, листови: Смедерево и Панчево размера 1 : 100.000, издатих од стране Савезног геолошког завода 1975. године. Након дигитализације и издвајања појединачних геолошких формација, сачињена је табела са њиховим површинама унутар општине, као и уделом у укупној површини општине (Табела 1).



Слика 2. Геолошка карта

Figure 2. Geological map

Табела 1. Тип стена, њихова површина и удео на територији општине Гроцка
Table 1. Rock types, their area and share in the territory of the Municipality of Grocka

Геолошка формација	Површина (km ²)	Удео у укупној површини (%)
Алувијални седименти	51,03	17,32
Делувијум-пролувијум	27,63	9,38
Еолски седименти	47,47	16,12
Седименти речне терасе	0,30	0,10
Терцијални кластични седименти	167,66	56,92
Ултрамафити	0,46	0,16
Укупно	294,55	100

Педолошке карактеристике

Између басена речног слива Бегаљице и Болечице протеже се у дужини од 10 km ритопечки урвинки појас. Општину карактерише рецентна ерозија – клижење земљишта на одсеку према Дунаву. Басен речног слива Болечице се састоји од два котлинска проширења (Завојничког и Болечког) и лештанске клисуре која има лактаст облик. Управо тај појас који је директно упућен на тржиште Београда, уско је специјализован у повртарству, ратарству. У тој зони заступљено је квалитетно, плодно земљиште. Преко стена миоцене старости је извијен лес, чије су моћне наслаге у атару Винче и Ритопека. У Винчи где су моћне наслаге леса створен је плодни чернозем. Алувијум је карактеристичан за долину Болечице, заступљен је дуж речних токова или у њиховој непосредној близини, где заузима равне или благо нагнуте падине. Одсек према Дунаву у атару Ритопека састављен је од скелетног земљишта, док је у осталом делу атара према Смедеревдком путу и Болечу плитки и деградирани чернозем, који је заступљен и у Калуђерици. У сектору Винче, од Болечице ка Ритопеку и Гроцкој, површине под черноземом заузимају блаже рељефне облике изнад Дунава и смеђује се еродираним черноземом. Смоница није знатније распрострањена, али се може срести на подручју Врчина, затим Бегаљице, и то еродирана. Североисточно шумадијско побрђе, којем припада Дражањ, Пудраци, Умчари, Камендол и Живковац карактерише благо заталасан рељеф у којем доминира долина реке Раље. Педолошки састав земљишта развио се под утицајем разноврсне петролошке подлоге. Поред тога што се јављају у партијама у насељима Подунавља (Врчин, Лештане и Калуђерица), карактеристичне су за атар насеља Дражањ и Брстовик. У тој ниској Шумадији преовлађују гајњаче и параподзоласте гајњаче. Заступљена је и смоница, али знатно мање, у атару насеља Пудараца и Дражњу („Просторни план за део градске општине Гроцка“, 2012).

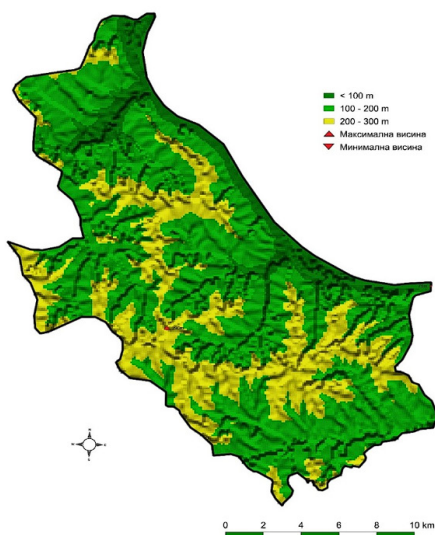
Морфометријске карактеристике

Морфометријске карактеристике добијене су из растерског дигиталног модела терена (Digital Elevation Model – DEM) резолуције 25 m. На основу овог DEM-а у програму QGIS изведене су три основне морфометријске карте: карта нагиба, хипсометријска карта, карта експозиције и закривљености рељефа.

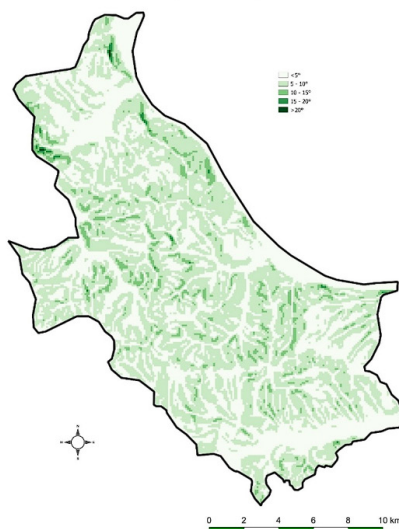
Најнижа тачка у општини Гроцка износи 71 m и налази се на југо-источној страни општине дуж реке Дунав, док се највиша тачка општине налази у централном делу и износи 290 m. Средња надморска висина општине је 169,3 m. Висинска зона од 100 до 200 m заузима највећу површину и чини 60,68 % територије (Слика 3).

Нагиб терена има значајну улогу у одређивању предиспонираности неке територије геохазардима. Када су клизишта у питању, он утиче на димензије, брзину кретања и последице ове непогоде (Новковић, 2016). Ако је угао падине мали, онда је за појаву клизишта неопходан услов да су слојеви растреситих стена нагнути у правцу нагиба падине. Ако је угао велики, чак и преко 40°, онда се клизишта могу образовати независно од тога да ли су неотпорне стене слојевите и какав је правац и износ пада слојева у односу на правац и вредност нагиба падине (морфогена клизишта). Природно, клизишта ће бити већих димензија ако се подудари правац пада стране и слојева и уколико је падни угао већи (Лазаревић, 2000).

Угао нагиба топографске површине представља један од основних фактора појаве клижења терена. Истраживања су показала да се клизишта могу јавити већ на нагибима од 5°, али су најчешћа на нагибима од преко 20°. Анализом вредности углова нагиба рељефа Србије, утврђено је да су углови нагиба од 10° распрострањени на 65% територије, док на нагибе од 10-20° отпада 28,4% (25.100 km²) (Драгићевић, Филиповић, 2016).



Слика 3. Хипсометријска карта
Figure 3. Hypsometric map



Слика 4. Карта нагиба терена
Figure 4. Slope map

Нагиб терена у општини Гроцка варира у опсегу 0-22° (Слика 4). Најмањи нагиби заступљени су у долинама река Дунав, Грочица, Болечица и Раља, док су највећи нагиби присутни у насељима Винча и Ритопек. Нагиби до 10° заузимају 94% територије и представљају један од главних разлога због којих је Гроцка као општина позната по воћарству (Табела 2). Средњи нагиб терена износи 5,37°.

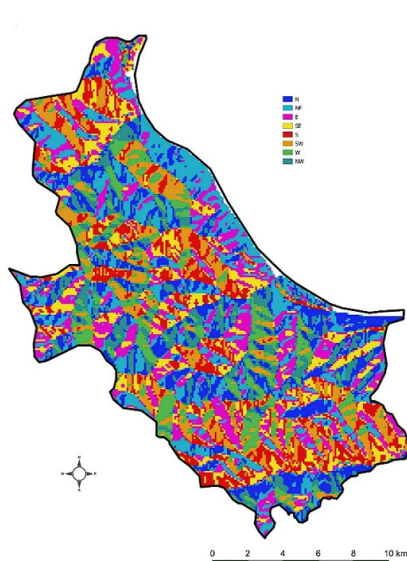
Табела 2. Нагиб терена, његова површина и удео у укупној површини општине
Table 2. Slope classes, their area and share in the total surface of the municipality

Нагиб терена (°)	Површина (km ²)	Удео у укупној површини општине
0 – 5	134,49	45,66
5 – 10	143,67	48,78
10 – 15	15,61	5,30
15 – 20	0,69	0,23
>20	0,07	0,02
Укупно	294,55	100

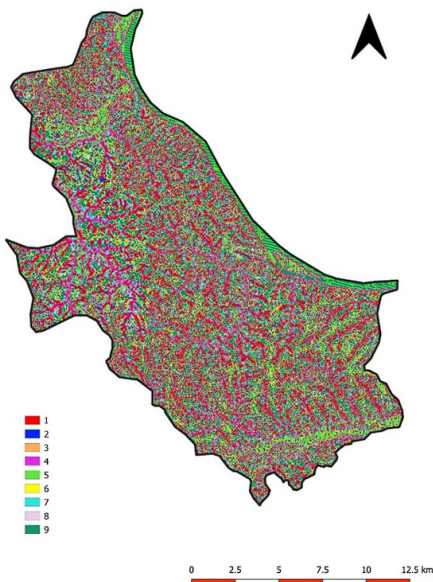
Експозиција рељефа представља његову значајну карактеристику која посредно утиче на карактеристике природних услова и интензитет различитих процеса у природној средини, али и на степен антропогене делатности. Она има улогу веома важног модификатора ерозивних процеса. Од експозиције терена зависи пријем и дужина трајања Сунчевог сјаја, температурне суме и њихове амплитуде, а све то директно и индиректно утиче на процесе распадања стена и денудације. Експозиција модификује значај висине Сунца изнад хоризонта тако што присојне стране омогућавају повећање упадног угла његових зрака, а осојне њихово смањење. На северним експозицијама влажност је већа него на

јужним што условљава добру пошумљености и дебљину земљишног покривача, а самим тим и густину речне мреже. Према овим карактеристикама и интезитет денудације је мањи него на јужним падинама (Драгићевић и Филиповић, 2016).

Експозиција рељефа представља веома важан фактор када се говори о морфометријским карактеристикама терена. Она представља оријентисаност нагиба терена у односу на стране света. Може имати вредности од 0° (правац севера) до 360° (опет правац севера). На територији општине Гроцка доминира северо-источна експозиција, поготово у насељима покрај којих протиче река Дунав (Слика 5) (Табела 3).



Слика 5. Карта експозиције рељефа
Figure 5. Aspect map



Слика 6. Карта закривљености терена
Figure 6. Curvature map

Табела 3. Експозиција општине, површина и удео у укупној површини
Table 3. Aspect of the municipality, area and share in the total surface

Страна света	Азимут ($^{\circ}$)	Површина (km^2)	Удео у укупној површини општине (%)
N (север)	0-22,5 ; 337,5-360	39,43	13,54
NE (северо-исток)	22,5-67,5	51,23	17,59
E (исток)	67,5-112,5	43,7	15,01
SE (југо-исток)	112,5-157,5	34,57	11,87
S (југ)	157,5-202,5	33,25	11,42
SW (југо-запад)	202,5-247,5	33,57	11,53
W (запад)	247,5-292,5	27,20	09,34
NW (северо-запад)	292,5-337,5	28,27	09,71
Укупно		294,55	100

Закривљеност терена је карактеристика рељефа која је изведена из других његових одлика најчешће нагиба и експозиције, посматрано у одређеном правцу (Слика 6). Представља однос између стварне површине терена и идеалне равни у одређеној тачки. Реципрочна је полупречнику кривине терена у датој тачки, па терени благе закривљености имају мање вредности и обрнуто. Најчешће се рачунају следећи типови закривљености терена:

- Планарна (хоризонтална, контурна) – закривљеност изохипсе у хоризонталној равни. Представља стопу променеекспозиције дуж изохипсе и користи се за идентификовање узвишења, гребена, депресија и долина. Позитивне вредности ове закривљености су при вододелници, где се наилази на дивергенцију водених токова, и тада се говори о такозваној конвексној планарној закривљености, док су негативне вредности карактеристичне за терене са конвергентним воденим токовима, као што су долине, и тада се говори о конкавној планарној закривљености, док се у случају када је вредност једнака нули ради о нормално нагнутој равни;
- Профилна (вертикална) – закривљеност падне линије у вертикалној равни. Представља стопу промене нагиба дуж падне линије. Користи се за уочавање промена у брзини кретања воде и у транспорту наноса, као и за идентификацију зона са појачаном ерозијом и акумулацијом. Вредности закривљености веће од нуле добијају се за профиле код којих нагиб расте идући низбрдо (конвексни профили), а негативне вредности за профиле код којих нагиб опада идући низбрдо (конкавни профил), док је у случају нормално нагнуте равни вредност једнака нули;
- Укупна (тотална) – мера закривљености површине терена у било ком правцу. Углавном се користи за добијање уопштене представе о закривљености терена. Може имати позитивне вредности (конвексни терени), негативне вредности (конкавни терени) или вредности једнаке нули (Новковић, 2016).

Хидролошке карактеристике

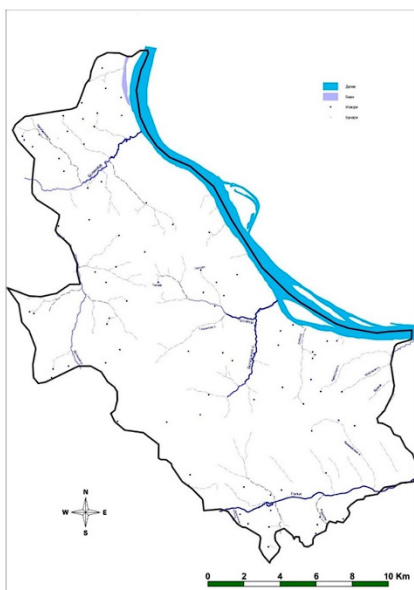
Кроз градску општину Гроцка протиче Дунав у дужини од 24,25 km и представља право природно богатство ове општине. У Дунав се уливају мање реке Болечица и Грочица, док се у јужном делу општине налази река Раља која је притока Језаве, левог рукавца Велике Мораве. Укупна дужина свих водених токова који протичу кроз градску општину Гроцка је 214,68 km (*Карта 7*).

Грочица је поток у насељу Гроцка, настала је спајањем Бегаљичког и Заклопачког потока. Од њиховог спајања до ушћа у Дунав, дужине је око једног километра. Њен лагани ток кроз насеље се мења када водостај на Дунаву порасте. Тада често плави, најчешће на излазу из Гроцке према Бегаљници, а не тако ретко и у самој Грочанској чаршији.

Болечица је кратка река која прилази кроз три београдске општине, дужине 12 km. Извор Болечице се налази у Врчину, даље тече ка северу, подно источних падина Авале, пролазећи између општина Гроцка и Вождовац, кроз села Врчин и Зуце, где се спаја са потоком Врановцем. Потом улази у долину Бубањ Поток где чини источну границу шуме Степин Луг, окреће се на североисток и пролази кроз најјужнији део општине Звездара, где јој се са леве стране уливају још два потока - Бубањ Поток и Завојничка река. Болечица затим наставља кроз јужни део Лештана где јој се са леве стране улива Калуђерички поток и чини границу 4 београдска предграђа: Лештане, Болеч, Ритопек и Винча. У Винчи се Болечица улива у Дунав, источно од археолошког налазишта винчанске културе Бело Брдо.

Дунав је највећа и најважнија река црноморског слива на територији Србије. Дунав је

и друга најдужа река Европе, после Волге. Настаје спајањем две мање реке – Брег и Бригах, на источним падинама планине Шварцвалд код града Донауешинген у Немачкој. Укупна дужина Дунава је 2.783 km, од чега 588 km припада Србији.



Карта 7. Хидролошка карта Гроцке
Map 7. Hydrological map of Grocka



Карта 8. Карта рецентних и палео клизишта у општини Гроцка
Map 8. Map of recent and paleo landslides in the Municipality of Grocka

Рецентна и палео клизишта у општини Гроцка

Клизишта се појављују у готово свим земљама света, у мањој или већој мери. Поједине земље издвајају значајна финансијска средства за санацију клизишта, што је увек исплатљивије него дозволити да дође до њиховог штетног утицаја.

Процес клижења почиње оног момента када напонско стање у стенским масама надмаши њихову отпорност на смицање. На промену напонског стања у стенским масама најчешће утичу следећи чиниоци: продубљивање вододерина и јаруга, подлокавање подножја падина, деловање таласа или матице површинских токова, повећање хидростатичког или хидрауличког притиска подземне воде, засецање, усецање и подсецање подножја падина и косина, повећање оптерећења делова падина изнад подножја (израдом насипа и платоа или формирањем депонија или јаловишта), динамички потреси, минирање, кретање возила, рад машина и земљотреси (Влаховић, 2008).

Сам механизам кретања урвинске масе одвија се, најчешће, на следећи начин. Прво се, током сушног лета, у земљишту створе бројне пукотине, често знатне ширине и дубине. Те пукотине се сваке године, услед наизменичног деловања кише и летње суше, све више проширују и продубљују. То омогућава кишници да све више натапа и све дубље продире у урвинску масу. Истицање подземне воде врши се у подножју падине и том приликом она из тела будућег клизишта износи најситније честице. На тај начин се, на дубини од 5-30 m, ствара зона смањене кохезије. Тај процес стварања зоне смањене кохезије између

повлатних и подинских слојева обнавља се више пута у току године, нарочито у време топљења снега и обилних падавина. Коначно, једном приликом, када растресита повлатна маса буде веома расквашена и више засићена водом, а њен контакт са подинским слојем, представљен клизном равни, изузетно мале кохезије, доћи ће до поремећаја равнотеже и због тога, до кретања урвинске масе (Петровић, Манојловић, 2003).

Геолошки састав преставља примаран чинилац клизишног процеса јер се клизишта јављају само у растреситим, слабо везаним и пластичним стенама, а у чврстим, компактним најчешће их нема. Рељеф представља други примарни фактор, а посебно су важни енергија рељефа и нагиб. Осим геолошког састава и љељефа, клима представља трћи одредишни фактор за појаву клизишта. Као потврда тога може се констатовати да се клизишни процес најчешће активира у пролећним месецима, када је на нашој територији максимална количина падавина. Човек може бити и узрочник и модификатор самог процеса. Као узрочник човек најчешће иницира појаву клизишног процеса својим непланским деловањем на оним теренима који су предиспонирани или означени потенцијалним зонама клизишног процеса. Биљни и животињски свет у великој мери ремети динамику клизишног процеса. Биљни свет својим кореновим системом и бујношћу вегетације везује површински слој земљишта и регулише отицај воде. Са друге стране животињски свет повећава порозност растреситог слоја, а то доводи до брже инфилтрације атмосферске воде и његовог отежавања, односно иницирања интензитета процеса (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Као најзначајнији природни хазарди на подручју општине Гроцка издвајају се сеизмизам, клизишта, одрони, поплаве и бујичне поплаве. Стање укупног система заштите од природних непогода у општини Гроцка није задовољавајуће, посебно у односу на просторне аспекте управљања ризиком („Просторни план за део градске општине Гроцка“, 2012).

На карти рецентних и палео клизишта у општини Гроцка јасно се уочава широка распрострањеност присуства овог процеса на територији општине (*Карта 8*). Такође, може се видети да су највеће површине под клизиштима у приобалном делу Дунава, десна обална страна. То су општине: Винча, Ритопек, Гроцка и Брестовик.

Методологија

Методологија истраживања заснива се на интегрисаној примени ГИС алата и техника даљинске детекције ради свеобухватне процене подложности терена клизиштима на простору општине Гроцка. Као основни просторни слој коришћен је дигитални модел терена (DEM) резолуције 25 m, из којег су изведене морфометријске карте нагиба, експозиције и закривљености рељефа, од пресудног значаја за разумевање топографских услова који погодују иницирању клизишта. Геолошка грађа добијена је дигитализацијом основних геолошких карата, док је хидрографска мрежа издвојена путем дигитализације водотокова и просторне анализе бафер зона различитих удаљености, што омогућава процену утицаја ерозионих и акумулационих процеса. Подаци CORINE Land Cover (CLC 2018) коришћени су за идентификацију типова земљишног покривача и антропогених модификација простора, док су сателитски снимци и подаци даљинске детекције послужили за препознавање рецентних клизишта, проверу промена у вегетацији и процену стања земљишног покривача кроз време (Valjarević et al., 2014). Сви просторни параметри рекласификовани су и конвертовани у растерски формат, након чега је примењена Probability Method (PM) ради израчунавања тежинских коефицијената (W_{ij}) и добијања индекса подложности LSI (Landslide Susceptibility Index), који је класификован у четири категорије ризика. ГИС је омогућио прецизно преклапање, моделовање и

визуелизацију односа између геолошких, хидролошких и морфометријских фактора, чиме се добија јасна и свеобухватна слика зона повећане угрожености, што овај приступ чини поузданим, применљивим и веома корисним за просторно планирање, мониторинг и управљање ризицима од клизишта.

Специфичне методе

За прорачун предиспонираности терена за настанак процеса клижења тла коришћен је Probability method (PM) који се заснива на претпоставци да клизишта настају деловањем одређених фактора и да ће будућа клизишта настати под истим условима као постојећа. Могућност појаве клизишта у одређеној класи се рачуна по формули (Van Westen, 1997):

$$W_{ij} = (A_{ij}' \cdot (A - A')) / (A' \cdot (A_{ij} - A_{ij}')),$$

где је W_{ij} – вредност вредност класе i параметра j ; A_{ij}' – површина клизишта у одређеној класи i параметра j ; A_{ij} – површина одређене класе i параметра j ; A' – укупна површина клизишта на посматраној територији; A – укупна површина посматране територије.

Затим се врши интеграција различитих фактора и класа у јединствени индекс подложности процесу клижењу тла (Landslide Susceptibility Index – LSI), што се постиже на основу формуле (Voogd, 1983):

$$LSI = \sum_{i=1}^n W_{ij},$$

где је W_{ij} – вредност сваке класе. На крају се све добијене вредности индекса класификују у четири категорије могућности појаве клизишта (ниска, средња, висока и врло висока). За примену овог метода потребни су пре свега подаци о постојећим клизиштима на простору истраживане територије, који су у векторском формату преузети из базе података о клизиштима у Источној Србији (Dragičević et al, 2011).

Приликом прорачуна подложности терена за настанак клизишног процеса параметри који су коришћени су: геолошка грађа, морфометријске карактеристике терена (нагиб, експозиција и закривљеност), намена земљишта (CORINE Land Cover 2018), као и удаљеност од водотока. Карта геолошке грађе истраживаног простора добијена је дигитализацијом садржаја основних геолошких карата, листови: Смедерево и Панчево размера 1 : 100.000. Релјефне карактеристике добијене су из растерског дигиталног модела терена (DEM) резолуције 25 m. Нагиб терена представљен је рекласификацијом вредности нагиба у 6 класа. Експозиција релјефа класификована је на 4 главне и 4 помоћне стране света, док је закривљеност представљена у виду комбинације профилне и планарне закривљености у 9 класа. Речни токови дигитализовани су са топографских карата размера 1:50.000, затим су одређене бафер зоне удаљености од самих водотока и подељене у 6 класа, прва класа износи испод 100 m, затим следи од 100 до 200 m, 200 до 300 m од 300 до 400 m, од 400 до 500 m и преко 500 m. Након преклапања свих параметара са већ постојећим клизиштима приступа се додели тежинских коефицијената, за сваки параметар појединачно, прорачунат применом PM методе, као и растеризацији векторских лејера (геолошка грађа удаљеност од водотока и CORINE Land Cover 2018) и рекласификацији растерских лејера (нагиба експозиције и закривљености), како би се сумом свих класа рекласификованих параметара добио просторни распоред LSI на територији истраживања. Добијене вредности LSI индекса се затим рекласификују на 4 класе подложности терена клижењу тла: ниска, средња, висока и врло висока.

РЕЗУЛТАТИ

На основу прикупљених и обрађених података који су приказани (табела 5) примећује се да је класа високе подложности клизиштима заступљена на скоро половини територије општине Гроцка, тачније на 48,53% површине. Уколико би класи високе подложности клижењу додали класу врло високе подложности добијамо да је 69,3% територије угрожен овим процесом. Ниска подложност је заступљена на само 6,7% територије. Из приложене табеле (табела 4) може се уочити да се више него 2/3 простора који је предиспониран за развој овог процеса налази на терцијалним кластичним седиментима, односно чак 69,60%. Такође, на еолским седиментима налази се 15,58%. Ови подаци иду у прилог ранијој тврдњи о вези између геолошке подлоге и клизишног процеса. На нагибу од 5-10° налази се преко половине терена који је предиспониран за развој овог процеса, тачније 55,29% од укупне површине. Уколико упоредимо добијене податке за предиспонираност терена појави клизишта и тренутно коришћење простора (CORINE Land Cover класе), на воћњацима, комплексу пољопривредних површина и пољопривредним површинама са значајним уделом природне вегетације налази се 78,16%, од укупне предиспонираности (Табела 4). Највећи проценат клизишта налази се на удаљености даљој од 500m од водотока (Valjarević et al., 2025c).

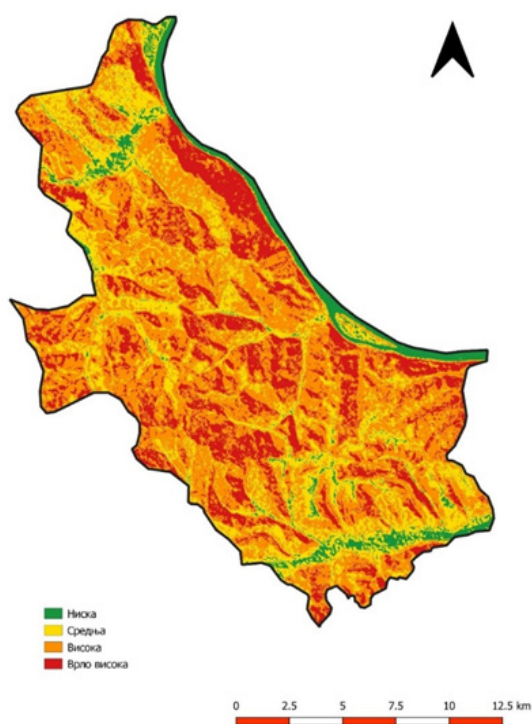
Табела 4. Удео класа параметара на територији општине Гроцка
Table 4. Share of parameter classes in the territory of the Municipality of Grocka

	Површина		Клизишта		W _{ij} PM
	km ²	%	km ²	%	
Клизишта	20,92	7,10			
Геолошка формација					
Алувијални седименти	51,03	17,33	1,06	5,07	0,2774
Седименти речне терасе	0,30	0,10	0,30	1,43	1,5436
Терцијарни кластични седименти	167,65	56,92	14,56	69,60	1,2439
Делувијум-пролувијум	27,63	9,38	1,74	8,32	0,8790
Ултрамафити	0,46	0,16	0,00	0,00	0,0000
Еолски седименти	47,47	16,12	3,26	15,58	0,9645
Нагиб [°]					
<2	37,99	12,88	0,52	2,49	0,1820
2-5	81,59	27,67	4,63	22,16	0,7891
5-10	138,44	46,94	11,55	55,29	1,1939
10-15	33,47	11,35	3,72	17,81	1,6402
15-20	3,09	1,05	0,39	1,87	1,8946
20-30	0,32	0,11	0,08	0,38	4,3723
Експозиција					
N	39,53	13,51	4,41	21,24	1,6440
NE	49,73	17,00	6,12	29,48	1,8373
E	41,76	14,27	3,79	18,26	1,3068
SE	32,46	11,10	1,32	6,36	0,5550

S	34,16	11,68	0,88	4,24	0,3462
SW	32,19	11,00	1,21	5,83	0,5114
W	28,13	9,62	0,91	4,38	0,4377
NW	30,83	10,54	2,12	10,21	0,9668
неекспонирано	3,77	1,29	0,00	0,00	0,0000
Класе закривљености					
1 - V/V	65,90	22,36	6,62	31,74	1,4658
2 - Ge/V	20,23	6,87	1,78	8,53	1,2663
3 - X/V	13,41	4,55	1,08	5,18	1,1497
4 - V/Gr	28,21	9,57	2,09	10,02	1,0502
5 - Ge/Gr	34,68	11,77	1,70	8,15	0,6766
6 - X/Gr	22,39	7,60	1,40	6,71	0,8755
7 - V/X	16,35	5,55	1,18	5,66	1,0210
8 - Ge/X	21,89	7,43	1,29	6,18	0,8219
9 - X/X	71,60	24,30	3,72	17,83	0,7193
Удаљеност од река [m]					
<100	38,33	13,01	2,69	12,86	0,9872
100-200	36,99	12,56	2,46	11,76	0,9318
200-300	35,60	12,09	2,47	11,81	0,9751
300-400	33,04	11,22	2,44	11,66	1,0429
400-500	29,48	10,01	2,21	10,56	1,0600
>500	121,10	41,11	8,65	41,35	1,0061
CLC 2018					
112	34,34	11,62	1,85	8,84	0,7473
121	1,59	0,54	0,02	0,10	0,1672
131	0,25	0,08	0,00	0,00	0,0000
132	0,52	0,18	0,03	0,14	0,8035
211	7,30	2,47	0,33	1,58	0,6213
221	5,12	1,73	0,58	2,77	1,6765
222	59,14	20,02	5,44	26,00	1,3294
231	2,44	0,83	0,02	0,10	0,1085
242	66,07	22,36	3,57	17,07	0,7496
243	84,69	28,66	7,34	35,09	1,2453
311	19,23	6,51	1,47	7,03	1,0862
313	0,08	0,03	0,00	0,00	0,0000
324	4,23	1,43	0,17	0,81	0,5495
331	0,28	0,09	0,00	0,00	0,0000
411	0,87	0,29	0,01	0,05	0,1526
511	9,31	3,15	0,09	0,43	0,1281

Табела 5: Подложност клизиштима
Table 5. Landslide susceptibility

Подложност клизиштима	Површина (km ²)	Удео (%)
врло висока	61,12	20,77
висока	142,80	48,53
средња	72,48	24,63
ниска	17,85	6,07
укупно	294,25	100,00



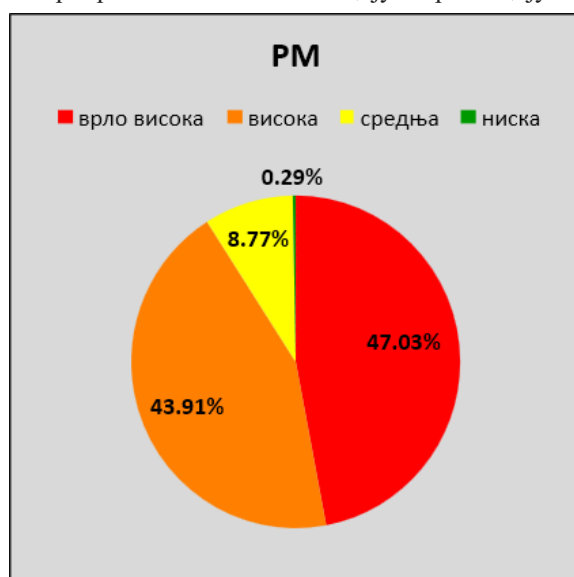
Карта 9. Класе подложности терена клижењу тла
Map 9. Classes of terrain susceptibility to landslides

На основу карте (Слика 9) и података добијених применом географских информационих система (GIS), може се закључити да су централни део општине и приобални појас уз Дунав најизложенији процесу клижења. Посебно су угрожена насеља која се налазе у овим зонама — Ритопек, Заклопача, Врчин, Бегаљица и Гроцка — где је ризик од појаве клизишта класификован као висок до врло висок.

Додатна анализа морфометријских карактеристика указује да се најинтензивнији процеси клижења јављају на теренима са већим нагибима, што је у складу са очекиваним геоморфолошким условима. Посебно се издваја североисточни део општине, ближе десној

обали Дунава, где су активна клизишта већ евидентирана у претходним истраживањима. Овај простор је и иначе познат по учесталости и интензитету клизишта, што додатно потврђује потребу за континуираним мониторингом и превентивним мерама.

Све је интензивнији утицај климатских промена и човекове активности на екосистеме (Ристић et al., 2025). Уочени просторни обрасци ризика од клизишта указују на потребу за интеграцијом ових резултата у локалне планове управљања ризицима и просторног развоја. Посебна пажња треба да буде усмерена на зоне са високим степеном нагиба и интензивном урбанизацијом, где је потенцијал за активирање нових клизишта значајно повећан. У том контексту, препоручује се спровођење детаљних геотехничких истраживања и дефинисање приоритетних зона за санацију и превенцију.



Слика 10. Удео класа подложности процесу клижења тла у клизиштима
Figure 10. Share of susceptibility classes in landslide processes

Резултати добијени у овом истраживању показују да је простор општине Гроцка изразито предиспониран за појаву клизишта, што је у складу са природним карактеристикама терена, анализом морфометријских параметара и стањем регистрованих рецентних клизишта (Слика 10). Просторна дистрибуција вредности LSI индекса јасно показује да се зоне највеће подложности налазе у централном делу општине и дуж десне обале Дунава, при чему најугроженијим подручјима припадају насеља Ритопек, Винча, Заклопача, Бегалица, Врчин и сама Гроцка. Ове зоне одговарају синергији високих нагиба, нестабилних терцијалних кластичних седимената и присуству рељефних јединица које фаворизују ерозију, акумулацију влаге и развијање клизних површина. Доминантна североисточна експозиција падина додатно утиче на влажност, осунчаност и сезонску динамику влажења тла, што даље појачава предиспозицију за иницирање клизишта.

Важан резултат представља чињеница да се више од 90% свих евидентираних клизишта налази у класама високе и врло високе подложности. Овај податак указује на високу корелацију између регистрованих клизишта и просторних параметара укључених у

модел, што потврђује да је примењена Probability Method (PM) поуздана и применљива на општинском нивоу. За просторе као што је Гроцка, где не постоји свеобухватан катастар клизишта и где се мониторинг опасних процеса ретко спроводи у реалном времену, овакви методолошки приступи представљају значајан инструмент за подршку одлучивању и просторном планирању.

ДИСКУСИЈА

Независно од механизма њиховог настанка, клизишта представљају један од најнепријатнијих догађаја који геолошка средина може да нам приреди. Падине захваћене клизањем мењају свој изглед, мења се режим вода у површинским деловима терена, а због стварања забарених површина мења се и карактер вегетацијског покривача. Такође је, услед обарања стабала, могуће уништавање шумских ресурса, а и пољопривредна земљишта трпе промене које утичу на њихову намену. Уколико дође до клизања на обалама мањих водотокова, покренуте масе могу да доспеју у речно корито и на тај начин да спрече даље отицање воде. На овај начин стварају се могућности за локалне појаве плављења (Jovanović, Carević, 2009)

Оно са чиме морамо да се суочимо је чињеница да смо за овакве експецесе често сами одговорни. До повећања тежине клизног тела на нестабилним падинама долази и због неопрезне изградње нових објеката. Уз нове зграде долази и до постављања нових водоводно-канализационих система, септичких јама или изградње локалних саобраћајница. Кишна канализација не одводи се посебним каналима, већ се најчешће проводи у терен око објеката, што повећава количину воде у тлу. Додавањем оптерећења од објеката и нових количина воде (уз спречавање њеног отицања низ падину) често се убрзо долази до граничне тежине коју кохезионе силе могу да апсорбују. Трасе саобраћајница се, услед непознавања проблема, постављају и изводе тако да често долази до подсецања ножичног дела потенцијалног клизишта, што ремети дотадашњу стабилност. Нажалост, због уштеда приликом израде планске и пројектне документације или нестручног формирања пројектних задатака за израду геолошко-геотехничке документације, овакви пропусти су релативно чести (Ivetić et al., 2005).

Подаци говоре да сваке године клизишта усмрте у просеку 5-7 људи у Норвешкој, 18 у Италији, 25-50 у САД, 186 у Непалу, 170 у Јапану и 150 у Кини (Sidle i Ochiai, 2006). У периоду од 1969. до 1993. године, клизишта су проузроковала просечно 1.550 смртних случајева годишње (Hyndman, Hyndman, 2006). Обилне кише из 1999. године проузроковале су 28 клизишта у Каракасу и Венецуели, која су обухватила материјал укупне запремине 58.500 m³. Преко 8000 кућа и 700 стамбених зграда је уништено или оштећено. Укупна штета износила је 1,8 милијарди америчких долара (Bryant E., 2005). Процењени губици услед клизишта, укључујући директне трошкове због штета, као и индиректне трошкове због дуготрајних ефеката по локалну привреду, у Јапану износе око 3 милијарде еура, у САД и Канади 52 милиона, а у Италији око 4 милиона еура, на годишњем нивоу (De Blasio, 2001).

Ови подаци јасно показују да клизишта представљају глобални ризик са озбиљним последицама по људске животе, инфраструктуру и економију. Иако су наведени примери из различитих делова света, они указују на то да ниједна средина није имуна на овај процес. Управо зато је значајно да се и на локалном нивоу, као што је општина Гроцка, спроведу детаљне анализе подложности. Резултати добијени применом ГИС метода показују да централни део општине и приобални појас уз Дунав имају изразиту предиспозицију за

настанак клизишта, што потврђује да се глобални трендови ризика одражавају и у локалним условима (Valjarević et al., 2025a).

Добијени просторни обрасци подложности клизиштима указују да је централни и североисточни део општине највише угрожен, што је последица истовременог деловања неповољне геолошке подлоге (терцијални седименти), повећаних нагиба и интензивних процеса подлокавања обале Дунава. Комбинација ових фактора фаворизује засићење земљишта водом током кишних периода, што смањује његову стабилност и повећава вероватноћу активирања клизишта. Ове закономерности су у складу са општеприхваћеним механизмима иницирања клизишта описаним у домаћој и међународној литератури (Sidle & Ochiai, 2006; Dragičević & Filipović, 2016).

Израчунато је у коликом проценту сваке класе подложности се јављају клизишта, у класама високе и врло високе подложности се налази чак 90,94% клизишта и то је приказано на слици 10. Статистичка Probability method-a (PM) се показала као јако добра је се постојећа клизишта углавном и налазе у оним класама подложности у којима је висока и врло висока предиспонираност за настанак процеса клижења тла. Применом ове методе јасно се види колико су геолошка грађа, нагиби терена и коришћење истог битни за настанак и развој овог процеса (Valjarević et al., 2025b).

Иако се Probability Method (PM) показао као добар, његова примена и израчунавање индекса LSI имају одређена ограничења која је важно нагласити. Пре свега, коришћени дигитални модел терена (DEM) резолуције 25 m не омогућава детаљну анализу мањих локалних појава, па се резултати могу сматрати поузданим углавном на општинском нивоу, али не и за микро-локације. Друго, методологија се заснива на статичким просторним факторима (морфометрија, геологија, намена земљишта), док динамички фактори као што су интензитет падавина, промене у хидролошком режиму или антропогене интервенције (грађевински радови, крчење шума) нису укључени. Ово значи да добијени резултати представљају процену предиспонираности, али не и стварну прогнозу појаве клизишта у конкретном временском периоду. Поред тога, примена PM методе подразумева одређени степен генерализације и статистичке претпоставке, што може довести до прецењивања или потцењивања ризика у појединим зонама.

Вредност овог истраживања додатно потврђују резултати студије Ćurić et al. (2022), у којој је примењена идентична методологија (PM метода) и исти сет просторних параметара — геолошка грађа, нагиб, експозиција, закривљеност рељефа, намена земљишта и удаљеност од водотока — за процену подложности клизиштима у сливу Сврљишког Тимока. Конзистентност резултата два независна истраживања, спроведених на различитим просторним целинама, указује на поузданост и применљивост овог приступа у анализи геохазарда у Србији. Ово додатно подржава валидност добијених резултата и оправдава избор методологије у овом раду. Резултати истраживања могу бити од значаја за локалну самоуправу и институције које се баве просторним планирањем. Најпре, зоне високе и врло високе подложности треба третирали као приоритетне у мониторингу и превентивним мерама. Препоручује се:

- забрана или ограничење градње на падинама са високим LSI вредностима, посебно у насељима уз Дунав и у зонама са терцијалним кластичним седиментима;
- пошумљавање и стабилизација падина у критичним зонама, како би се смањила ерозија и повећала стабилност тла;
- успостављање система мониторинга који би укључивао сензоре за померање тла и праћење падавина;
- информисање и едукација становништва о ризицима и мерама заштите, посебно у насељима која су најугроженија;

- интеграција rezultata у просторне планове и стратегије развоја општине, како би се ризичне зоне избегле у будућим инвестицијама.

На нивоу општине Гроцка, клизишта су дугорочан и добро документован проблем, посебно у зонама које захватају десну обалу Дунава. Подручја Ритопека, Брестовика и у појединим деловима Винче карактеришу честе активације клизишта, нарочито након периода интензивних падавина или подизања водостаја. Ова клизишта често угрожавају локалну инфраструктуру, стамбене објекте и пољопривредне површине, што додатно потврђује да се добијени обрасци подложности добро поклапају са реалним теренским стањем. Спој геолошке грађе, нагиба падина и хидролошких услова у овом делу општине даје високу вероватноћу будућих нестабилности, што указује на важност континуалног мониторинга и примене превентивних мера.

Овај рад може представљати основу за даља истраживања која би додатно унапредила процену клизишне опасности. Пре свега, интеграција климатских сценарија и анализа екстремних падавина омогућила би да се процени динамички аспект ризика, односно вероватноћа појаве клизишта у условима климатских промена. Друго, употреба прецизнијих дигиталних модела терена (DEM) високе резолуције, добијених LiDAR технологијом или дронским снимањем, омогућила би детекцију мањих локалних нестабилности које нису уочљиве на моделу резолуције 25 m. Треће, укључивање социо-економских фактора – густине насељености, вредности инфраструктуре и економске активности – допринело би свеобухватнијој процени ризика, јер би показало не само где постоји геолошка предиспозиција, већ и где су потенцијалне последице највеће. На тај начин, будућа истраживања могу да комбинују природне и друштвене параметре, чиме би се добила интегрална процена ризика и дефинисале приоритетне зоне за превентивне мере.

Поред предности, неопходно је указати и на ограничења. DEM резолуције 25 m представља релативно груб модел топографије, који није погодан за анализу микротеренских осетљивости, као што су уске јаруге, понори, мањи локални нестабилни потези или антропогено измењени терени. То значи да модел даје верну општеразмерну слику подложности, али не и прецизне информације за појединачне парцеле. Слично томе, РМ методологија се заснива на статичким факторима—геологији, нагибу, експозицији, удаљености од водотока и земљишном покривачу—док динамички процеси као што су интензивне падавине, промене подземних вода, сезонске флукуације влаге или утицај грађевинских активности нису били моделовани. Познато је да управо ови фактори могу играти кључну улогу у активирању клизишта, па се добијени резултати морају тумачити као процена предиспонираности, а не као временска прогноза појаве клизишта.

Додатно, антропогени утицаји имају све већи значај за покретање нестабилности терена. Урбанизација у Гроцкој напредује брже него систем просторне контроле, што доводи до изградње на падинама које немају одговарајућу стабилизацију, неретко без геотехничке анализе, што у комбинацији са климатским екстремима повећава ризик од урушавања терена. Такође, крчење вегетације, нелегално проширивање пољопривредних површина и интервенције на речним токовима (регулације, насипања, скретање водотока) доводе до измене природне равнотеже и значајно повећавају осетљивост терена на клижење.

Практичне импликације резултата су вишеструке. Зоне високог ризика морају бити приоритетне за интервенције, санацију и стални мониторинг. Посебан значај има приобални појас Дунава, где се утицај ерозије, подлокавања и флукуације водостаја повезује са геолошком подлогом и морфометријом терена, стварајући услове за велика клизишта која могу угрозити инфраструктуру, стамбене зоне и саобраћајнице. Из тог

разлога неопходно је спровести и детаљније геотехничке анализе на најугроженијим локацијама, као и дефинисати зоне забрањене или ограничене градње.

Ово истраживање такође отвара простор за унапређење будућих студија. Примена DEM модела високе резолуције (нпр. LiDAR), анализе великих падавинских епизода, интеграција климатских сценарија и развој динамичких модела који могу симулирати кретање маса, значајно би допринели прецизнијој процени ризика. Исто тако, укључивање социо-економских индикатора густине становништва, вредности објеката и квалитета инфраструктуре омогућило би израду свеобухватног модела ризика, који не би указивао само на вероватноћу појаве клизишта, већ и на њихов потенцијални утицај. Сагледано у целини, добијени резултати представљају драгоцену основу за даље праћење, управљање и планирање простора у општини Гроцка, а истовремено потврђују да интеграција ГИС-а и статистичких метода представља поуздан и ефикасан оквир за анализу геохазарда у урбаним и приградским срединама.

ЗАКЉУЧАК

Ово истраживање показало је да општина Гроцка има изразиту подложност појави клизишта, што је последица специфичне комбинације геолошких, морфометријских и хидролошких карактеристика терена. Више од две трећине посматране територије налази се у зонама високе и врло високе предиспонираности, што указује на значајан геохазардан потенцијал који захтева систематичан приступ у управљању ризицима. Резултати су потврдили да кључне улоге у настанку клизишта имају терцијални кластични седименти, нагиби падина изнад 5° , као и близина речних токова и ерозивних процеса.

ГИС је показао изузетну ефикасност у интеграцији просторних података и идентификацији најугроженијих зона, што омогућава локалној самоуправи да предузме правовремене превентивне мере, планира инфраструктурне интервенције и избегне градњу на ризичним подручјима. С обзиром на интензивну урбанизацију која последњих година карактерише општину Гроцка, ови резултати представљају неопходан инструмент за одрживи развој и дугорочно управљање простором.

Иако РМ метода има одређена ограничења, пре свега у погледу резолуције просторних података и изостанка динамичких фактора, она даје поуздану основу за иницијалну процену ризика. Будућа истраживања треба усмерити на прецизније изворе података, интеграцију климатских сценарија и примену динамичких модела стабилности тла.

Уз систематичан мониторинг, формирање катастра клизишта и примену савремених ГИС метода, општина Гроцка може значајно смањити ризике и обезбедити сигурнији и стабилнији простор за своје становништво и будући развој.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bryant E. (2005): *Natural hazards*. Cambridge University Press. Melbourne, Australia.
2. Valjarević, A. (2024). Long-term remote sensing-based methods for monitoring air pollution and cloud cover in the Balkan countries. *Environ Sci Pollut Res* 31, 27155–27171. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32982-y>.
3. Valjarević, A., Djekić, T., Stevanović, V., Ivanović, R., & Jandžiković, B. (2018). GIS numerical and remote sensing analyses of forest changes in the Toplica region for the period of 1953–2013. *Applied geography*, 92, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.01.016>.
4. Valjarević, A., Živković, D., Valjarević, D., Stevanović, V., & Golijanin, J. (2014). GIS analysis of land cover changes on the territory of the Prokuplje municipality. *The scientific world journal*, 2014(1), 805072. <https://doi.org/10.1155/2014/805072>
5. Valjarević, A., Šiljeg, A., Šiljeg, S., Vujović, F., & Sahay, A. (2025a). GIS-based water stress analysis in North African drylands. *Journal of Arid Environments*, 230, 105427. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2025.105427>.
6. Valjarević, A. (2025b). GIS and remote sensing methods in predicting the dissipation time of rural settlements under the influence of climate change in the Republic of Serbia. *Journal of Urban Management*, 14(2), 500-511. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2024.12.002>.
7. Valjarević, A., Morar, C., Brasanac-Bosanac, L., Cirkovic-Mitrovic, T., Djekic, T., Mihajlović, M., ... & Kaplan, G. (2025c). Sustainable land use in Moldova: GIS & remote sensing of forests and crops. *Land Use Policy*, 152, 107515. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107515>.
8. Влаховић М. (2008): *Геологија у грађевинарству, четврто издање*. Академска мисао, Београд.
9. Van Westen C. (1997): *Statistical Landslide Hazard Analysis. ILWIS 2.1 for Windows application guide*. ITC Publication, Enschede: 73-84;
10. Voogd H. (1983). *Multi-criteria Evaluation for Urban and Regional Planning*, Pion, London;
11. De Blasio F. V. (2001): *Introduction to the Physics of Landslides*. Springer, Heidelberg.
12. Dragičević S., Novković I., Carević I., Živković N., Tošić R. (2011): Geohazard Assessment in the Eastern Serbia, *Forum Geografic*, 10 (1): 10-19.
13. Драгићевић С., Филиповић Д. (2016): *Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора, друго допуњено издање*. Географски факултет, Универзитет у Београду;
14. Ćurić, V., Durlević, U., Ristić, N., & Novković, I. (2022). GIS application in analysis of threat of forest fires and landslides in the Svrliški Timok Basin (Serbia). *Glasnik srpskog geografskog društva*, 102(1), 107–130. <https://doi.org/10.2298/GSGD2201107C>
15. Ivetić, M., Petović, V., Ilić, M., Naučno-stručni skup: „Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine“ (2005) 431-436.
16. Jovanović, V., Carević, I. (2009). *Klizišta – nastanak i zaštita [Landslides – origin and protection]*. XVII Naučno-stručni skup „Ekološka istina 09“. Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu. Retrieved from. https://gery.gef.bg.ac.rs/bitstream/id/3542/bitstream_3542.pdf
17. Кукрика М. (2000): *Географски информациони системи*. Београд: Географски факултет, Универзитет у Београду;
18. Лазаревић Р. (2000): *Клизишта*, Друштво бујичара Југославије, Београд;

19. Новковић И. (2016): *Природни услови као детерминенте геохазарда на примеру сливова Љига, Јошаничке и Врањскобањске реке*, Докторска дисертација, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд;
20. Павловић М. (2019): *Географија Србије*. Београд: Географски факултет, Универзитет у Београду;
21. Петровић Д., Манојловић П. (2003): *Геоморфологија*. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд;
22. Просторни план за део градске општине Гроцка, Београд: Службени лист Града Београда бр 54/12.
23. Ристић Н., Ратковић А., Ратковић Ј., (2025). Процена деградације вегетације у СРП Брзанско Моравиште применом сателитских вегетационих индекса (2017-2024). Гласник Српског географског друштва, ISSN:0350-3593, број 105.
24. Sidle C., Ochiai H., (2006): *LANDSLIDES Processes, Prediction, and Land Use*. American Geophysical Union Washington, DC
25. Hyndman D., Hyndman D. (2006): *Natural hazards and disasters*. Thompson Brooks/Cole, USA.