Klizišta Hrvatskog zagorja i oblici zaštite

Pasariček, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:738228

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Filip Pasariček

Klizišta Hrvatskog zagorja i oblici zaštite

Prvostupnički rad

Mentor: prof. dr. sc. Sanja Faivre

Ocjena: _____

Potpis: _____

Zagreb, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Klizišta Hrvatskog zagorja i oblici zaštite

Filip Pasariček

Izvadak: Klizanje je padinski proces u kojem se tlo ili stijenska masa kreće niz padinu po kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije. Tip klizišta uvjetuje potencijalnu brzinu kretanja, volumen pokrenute mase, duljinu transporta pokrenute mase, te samim time i odgovarajuće mjere zaštite. Gotovo u svakoj zemlji nastaju klizišta, a koliko su velika, brza i opasna ovisi o učestalosti i intenzitetu događaja koji ih pokreću, kao što su npr. oborine ili potresi. Najvažniji prirodni preduvjet za nastanak klizanja je vrsta stijena i tla koji izgrađuju određeno područje. Uzroci aktiviranja klizišta mogu biti prirodni i antropogeni. Pokretanje velikog broja klizišta u SZ Hrvatskoj zbog vremenskih uvjeta ima razmjere prirodne katastrofe s obzirom na materijalnu štetu koja nastaje na prometnicama, komunalnoj infrastrukturi i zgradama. Cilj ovog rada je analiza posljedica koje uzrokuju klizišta na području Hrvatskog zagorja i mjera zaštite od klizišta.

34 stranica, 19 grafičkih priloga, 2 tablica, 48 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Klizanje, Hrvatsko zagorje, mjere zaštite, egzogeni procesi

Voditelj: prof. dr. sc. Sanja Faivre

Tema prihvaćena: 9. 2. 2023.

Datum obrane: 19. 9. 2024.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Undergraduate Thesis

Landslides in Hrvatsko zagorje and forms of protection

Filip Pasariček

Abstract: Landslide is a slope process in which soil or rock mass moves down the slope on a sliding surface under the influence of gravity. The type of landslide determines the potential speed of movement, the volume of the moved mass, the length of transport of the moved mass, and thus the appropriate measures to mitigate the danger and threat. Landslides occur in almost every country, and how big, fast and dangerous they are depends on the frequency and intensity of the events that trigger them, such as precipitations or earthquakes. The most important natural prerequisite for the occurrence of landslides is the type of rocks and soil that make up a certain area. The causes of landslide activation can be natural and anthropogenic. The initiation of a large number of landslides in NW Croatia due to weather conditions has the proportions of a natural disaster considering the material damage caused to roads, communal infrastructure and buildings. The aim of this paper is to analyze the consequences of landslides in the area of Hrvatski Zagorje. Special emphasis will be placed on measures implemented in the area.

34 pages, 19 figures, 2 tables, 48 references; original in Croatian

Keywords: Landslide, Hrvatsko zagorje, protection measures, exogenous processes

Supervisor: Sanja Faivre, PhD, Full Professor

UndergraduateThesis title accepted: datum sjednice Vijeća GO na kojoj je odobrena tema

Undergraduate Thesis defense: 19.09.2024.

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Metodologija 3

1.2. Dosadašnja istraživanja 3

2. KLIZANJE - PADINSKI PROCES 3

2.1. Vrste klizišta 4

3. PROSTOR HRVATSKOG ZAGORJA 6

4. KLIZIŠTA HRVATSKOG ZAGORJA 9

4.1. Razine analize i inventari klizišta 10

4.2. Klizišta na području Medvednice 12

4.3. Klizišta na Bednjanskom području 13

4.4. Klizišta na području Općine Jesenje 16

4.5. Klizišta na području drugih gradova i općina u Hrvatskom zagorju 19

5. STRATEGIJA ZAŠTITE OD KLIZANJA 22

6. SANACIJA AKTIVNIH KLIZIŠTA TE MJERE ZAŠTITE OD KLIZIŠTA 26

6.1. Primjer sanacije klizišta na županijskoj cesti na području Stubičkih Toplica 28

6.2. Primjer sanacije klizišta na području općine Radoboj 28

7. ZAKLJUČAK 29

LITERATURA 30

IZVORI 35

PRILOZI 36

1. UVOD

Egzogena geomorfologija proučava obilježja, genezu i evoluciju reljefa egzogenog podrijetla tj. reljefa koji je nastao djelovanjem egzogenih (vanjskih) sila i procesa. Sile koje utječu na to su Sunčeva radijacija i gravitacijska sila koje djeluju na geomorfološke pokretačke sile, a to su: voda, led i vjetar, faktori koji najviše utječu na preoblikovanje reljefa (Faivre, 2020). Uz te procese se još mogu dodati i antropogeni utjecaji tj. utjecaj čovjeka. Egzogeni procesi i reljefni oblici se klasificiraju prema morfogenetskim tipovima reljefa koji se dijele na: padinski, fluvijalni, marinski i jezerski, krški, glacijalni, periglacijalni, eolski te antropogeni tip reljefa. U ovom radu najveća pažnja će se posvetiti jednom od padinskih tipova reljefa.

Padinski procesi nastaju kada se blokovi čvrstih stijena usitne (pri procesu trošenja) takav materijal se uz gravitacijsku silu može kretati niz padinu. Padina je osnovni element reljefa koji uključuje sve nagnute dijelove Zemljine površine čiji je nagib veći od 2° (Bognar, 1992). Procesi koji će se javiti na padinama ovise prvenstveno o nagibu padina kao što o njemu ovisi i stabilnost terena. Što je padina strmija, procesi koji se odvijaju na njoj su brži. Tako se na padinama s nagibom manjim od 32° odvijaju tečenje i klizanje zemljišta, a na padinama s nagibom većim od 32° osipanje i urušavanje (Tab.1.). Stijene i tlo su dva osnovna elementa kojima su oblikovane padine i materijal na površini. Stijene su čvrste nakupine minerala u većoj ili manjoj mjeri razlomljene pukotinama, ali kada su zasićene vodom nisu značajno oslabljene. Tlo (regolit) jest nekonsolidirani materijal (depozit) koji tvori kontinuiranu masu, no kada je zasićeno vodom znatno oslabi (Summerfield, 2013).

Tab.1.: Klasifikacija nagiba padina

Nagib	pojavni tip padina	aktivnost procesa	Korištenje padina
0°-2°	fluvijalne terase	akumulacija, nema spiranja ni klizanja	idealni uvjeti za promet i izgradnju te primjenu agromehanizacije
2°-15°	terminalne morene, padine dina	aktiviranje svih padinskih procesa	otežan promet, nagib od 15° je granica za rast nekih kultura poput kukuruza

15°-35°	padine sredogorja	jaka linearna erozija i spiranje, preduvjeti za razvoj klizišta	vrlo otežan promet (samo specijalna vozila)
35°-55°	padine strukturnih strana	izrazito jaki procesi	otežano hodanje, granica opstojnosti šuma
> 55°	strukturni odsjeci	jaki odroni	neiskoristiv prostor

Izvor: Izradio autor prema podacima Gams i dr. 1985.

Da bi krenuli padinski procesi potrebno je zadovoljiti nekoliko uvjeta: padina mora biti što strmija (brži su te efikasniji padinski procesi), rastrošena stijenska masa, različita otpornost stijena, vlaga/voda, ogoljele stijene te gravitacija. Postoje brojne klasifikacije kretanja masa na padinama, no niti jedna nije univerzalna niti zadovoljava sve potrebne kriterije. Temeljna klasifikacija za ovaj rad biti će ona prema vrsti kretanja materijala niz padinu gdje razlikujemo 4 osnovne skupine padinskih procesa i oblika: puzanje, klizanje, tečenje i urušavanje/osipanje (Varnes, 1978; Faivre i dr., 2013).

Kako u svijetu, tako se i Hrvatska sve češće suočava s problematikom neželjenih prirodnih pojava kao što su klizišta, poplave i potresi. Klizanja su izraziti destrukcijski, derazijski procesi, čija pojava često ima katastrofalne posljedice u naseljima, na komunalnim vodoopskrbnim i vodozaštitnim objektima, prometnicama, poljoprivrednim i šumskim površinama (Bognar, 1996). Predstavljaju ozbiljan problem jer uzrokuju izravne ili neizravne ekonomske i socijalne gubitke na privatnim i javnim dobrima. Izravne štete nastaju u trenutku aktiviranja klizišta, oštećivanjem građevinskih objekata i mogućim ljudskim gubicima. Mnoga klizanja povezana su s drugim istovremenim nepovoljnim događajima: bujicama, erozijom tla, poplavama. Najveći broj aktivnih klizišta danas izazvan je neodgovarajućim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta.

U ovom radu bavit ćemo se temom klizanja kao bitan padinski proces koji oblikuje reljef prostora Hrvatskog zagorja. U ovom slučaju, Hrvatsko zagorje je istraživani prostor te će se pobliže objasniti prostorni obuhvat regije te utjecaj klizišta, njihov nastanak te analiza posljedica koju ostavljaju klizišta na spomenutom području. Poseban naglasak biti će na mjerama zaštite koje se provode.

1.1. Metodologija

Korištena literatura dio je osnovne literature iz područja geomorfologije, geologije te šumarstva. Osim toga pri izradi rada upotrijebljeni su članci regionalnih časopisa gdje su opisane moguće prevencijske mjere zaštite klizišta u brojnim mjestima na području Hrvatskog zagorja i šire. GIS podatci jedinica lokalne samouprave i županija preuzeti su iz Središnjeg registra prostornih jedinica Državne geodetske uprave. Obrada primarnih i sekundarnih podataka te izrada grafičkih i tabličnih priloga izvršena je u Microsoft Excelu. Kartografski prikazi napravljeni su u programu ArcMap 10.7.1. te Google Earth Pro.

1.2. Dosadašnja istraživanja

Geomorfološkom i geoekološkom problematikom procesa klizanja i nastankom klizišta u Republici Hrvatskoj i Republici Bosni i Hercegovini bavi se Bognar (1996). Isti autor u ranijim radovima definira i geomorfološku podjelu klizišta. Vezu geomorfoloških čimbenika i pojave klizišta istražuju Van Westen i dr. (2003), te Galli i dr. (2008). Postankom, rizicima i sanacijom šteta klizanja u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske bave se Gotić i Gotić (1998), dok Mihalić i dr. (2008) procjenjuju kvalitetu ulaznih podataka za kartiranje ranjivosti području Zagrebačke županije. Primjena GIS-a u prostornoj analizi ugroženosti padina klizanjem obrađena je u radu Carrara i dr. (1995).

2. KLIZANJE - PADINSKI PROCES

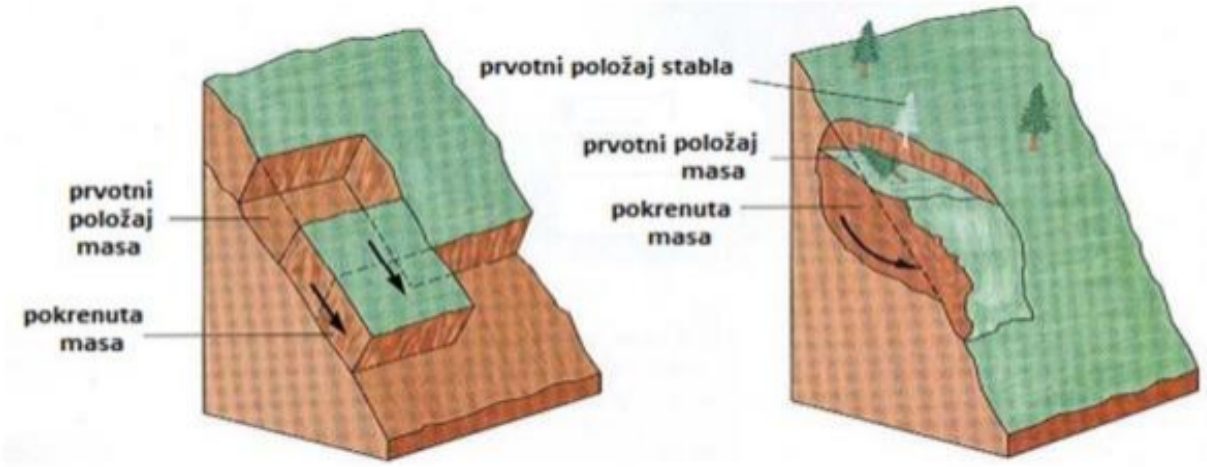
Klizanje jest padinski proces u kojem se materijal, tlo ili stijenska masa kreće niz padinu po kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije (Nonveiller, 1987; Bognar, 1996; Faivre i dr., 2013). Pri tome voda i led mogu utjecati na taj proces, ali nisu primarni prijenosnici (Crozier, 1999). Od drugih padinskih procesa razlikuju se postojanjem izraženih granica u odnosu na susjedni prostor i brzinom kretanja materijala (Glade i dr. 2005). To je izrazito raširen oblik kretanja masa na padinama. Značajna obilježa klizišta su široka rasprostranjenost te velika osjetljivost na prirodne ili antropogene promjene (Gutiérrez i dr. 2010). Pošto je klizanje destrukcijski proces, njihova pojava nanosi velike štete naseljima, objektima komunalne infrastrukture, poljoprivrednim i šumskim površinama (Bognar, 1996). Pojmom klizišta u širem smislu većina autora obuhvaća niz procesa na padinama (Petley, 2010; Bălteanu i dr., 2010) u što spada urušavanje, prevrtanje, klizanje (u užem smislu), bočno širenje, tečenje i druge kompleksne pokrete (Faivre i dr., 2013). Dok klizište u užem smislu, prema obliku klizne plohe, može biti rotacijsko i translacijsko (Varnes, 1978; Cruden i Varnes, 1996; Dikau i dr., 1996; Glade i dr.,

2005; Petley, 2010). Široko rasprostranjeni padinski procesi kao što su puzanje, subsidencija, bubrenje i slijeganje se ne smatraju klizištima. Kriteriji na temelju kojih se izdvajaju tipovi klizišta uključuju mehanizme pokreta (npr. klizanje, tečenje), vrstu materijala (stijena, rastrošni materijal, tlo), oblik klizne plohe (zakrivljena ili planarna), stupanj poremećenosti pokrenute mase i brzinu pokreta (Glade i dr., 2005; Faivre i dr., 2013).

Pri istraživanju klizišta vrlo je važno razdvojiti uzroke njihova nastanka izravnih pokretača pojedinog događaja. Uzroci mogu biti pasivni i aktivni. Pasivni su čimbenici na primjer litološki sastav, nagib slojeva, nagib padine, ekspozicija padine i dr. (Faivre i dr., 2013). Aktivni čimbenici djeluju izravno u smjeru destabilizacije padina. To je trošenje, promjene nagiba padina, opterećenje padine dodatnim materijalom (prirodno ili antropogeno odlaganjem ili gradnjom), promjena razine vode temeljnice te uklanjanje vegetacije (Faivre i dr., 2013). Do konačnog aktiviranja klizišta dolazi djelovanjem jasnih pokretača samog procesa klizanja, kao što su povećanje hidrostatskog tlaka u porama zbog jakih kiša ili otapanja snijega, potresa ili antropogenog djelovanja; na primjer kamenolomi, gradnja tunela i cesta (Smith i Petley, 2009). Pokretači koji aktiviraju sam proces klizanja su: potresi, vulkanske erupcije, poplave, kopnjenje snijega, intenzivne ili dugotrajne kiše te antropogeni utjecaji (Smith i Petley, 2009; Faivre i dr., 2013). Velik broj današnjih aktivnih klizišta izazvan je antropogenim aktivnostima, tj. utjecajem čovjeka i njegovim neodgovarajućim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta na padinama podložnim klizanju (Bognar, 1996; Mihalić Arbanas i dr., 2013). Klizišta se u Hrvatskoj javljaju u nekoliko karakterističnih regija: na lesnim zaravnima podunavskog dijela Hrvatske, predgorskim stepenicama i pobrđima peripanonske Hrvatske, međugorskim zavalama i riječnim dolinama unutrašnjih Dinarida, flišnim pobrđima vanjskih Dinarida te na otocima (Bognar, 1996).

2.1. Vrste klizišta

Prema Summerfieldu (2013) postoje dvije vrste klizišta: translacijska koja imaju planarnu kliznu plohu i rotacijska koja imaju konkavnu kliznu plohu. Kod rotacijskih klizna ploha je školjkastog oblika te dolazi do lažnog boranja jezike te „ujezerivanja“ tijela zbog specifičnog oblika tijela klizišta. Klizna ploha može biti kombinirana jer može biti dijelom planarna, a dijelom translacijska (sl.1). Prema Bognaru pak postoji pet tipova klizišta: tepih ili slojna klizišta (translacijska prema Summerfieldu), rotacijska, stepeničasta, blok-klizišta i klizišta potoci kakve su primjerice blatne bujice.



Sl.1. Shema translacijskog (lijevo) i rotacijskog (desno) klizišta
Izvor: Summerfield, 2013.

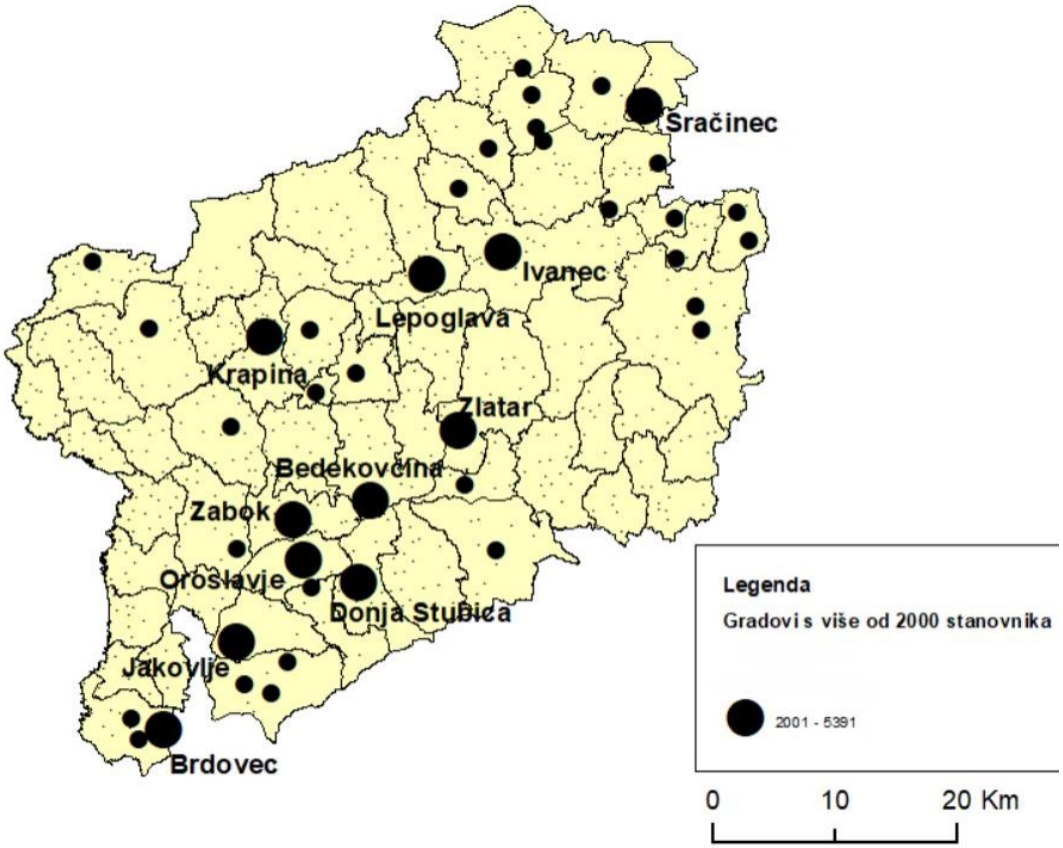
Tepih ili slojna klizišta imaju kliznu plohu konzekventno položenu u odnosu na padinu te je blago nagnuta u smjeru nagiba padine (Bognar, 1996). Debljina kliznog materijala je relativno tanka. Jezik je obično nešto istaknut zbog sabijanja materijala. Na masi kliznog materijala nalaze se poprečne pukotine u kojima se zadržava voda. Zbog toga područje klizišta može kroz duže razdoblje postati zamočvareno. Stepeničasta klizišta predstavljaju složen urušno-klizni kompleks budući da prvo dolazi do urušnih, a kasnije do kliznih procesa (Bognar, 1996). Klizna ploha je horizontalna. Takva su klizišta karakteristična za strme lesne odsjeke kakve nalazimo uz rijeke jer su čestice lesa u lesnoj podlozi obavijene kalcijevim karbonatom. Padalinske vode pri visokom vodostaju otapa kalcijev karbonat te se proširuju vertikalne kapilarne pukotine. Pri niskom vodostaju pukotine više nisu ispunjene vodom te dolazi do vertikalnog urušavanja kojim se formira stepeničasto klizište. Rotacijska klizišta imaju kliznu plohu školjkovitog oblika, zbog sabijanja materijala u jeziku javlja se lažno boranje pa je jezik istaknut u reljefu (Bognar, 1996). Masa kliznog materijala je uleknuta pa su često nakuplja voda i dolazi do „ujezerivanja“. Blok-klizišta su posebna vrsta klizišta jer se odnose na vrlo spore padinske procese, najčešće se javljaju na rubovima vapnenačkih strmaca i fliša (Bognar. 1996). Odlomljeni blokovi klize po glinovitoj kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije dok istovremeno pritišće i sabija ispred sebe dio glinovite podloge. Klizišta-potoci nastaju na strmim padinama

pa je klizna ploha vrlo nagnuta (Bognar. 1996). Materijal se brzo kreće derazijski već oblikovanim koritom prema podnožju koje je dosta duboko položeno.

3. PROSTOR HRVATSKOG ZAGORJA

U prostorno geografskom smislu Hrvatsko zagorje (sl.2) obuhvaća sjeverno-zapadni dio Hrvatske oko porječja Krapine, lijevu stranu porječja Sutle te područje oko gornjeg i srednjeg toka rijeke Bednje (Njegač, 1993). Prema sadašnjem teritorijalnom ustroju Hrvatske, obuhvaća cijelu Krapinsko-zagorsku županiju te dijelove Zagrebačke i Varaždinske županije. Zauzima prostor od 1892 km^2 ili 3,3% državnog teritorija i administrativno je ustrojeno u 45 jedinica lokalne samouprave od toga 11 gradova i 34 općine s 958 naselja (Njegač, 1993). To je pretežno brežuljkast kraj između gorja Medvednice i Kalnika te rijeke Drave, Sutle i Save čijim se središnjim dijelom, u smjeru istok-zapad pruža gorski niz Maceljska gora – Strahinjščica – Ivanščica – Varaždinsko topličko gorje koji dijeli Zagorje na dva dijela – sjeverno i južno. Sjeverni dio Zagorja obuhvaća Varaždinsku županiju, a južni Krapinsko-zagorsku županiju i maleni dio Zagrebačke županije (Njegač, 1993).

Sl.2. Prirodne granice regije Hrvatskog zagorja
Izvor: Visit Zagorje, n.d.



Sl.3. Prostor Hrvatskog zagorja s prikazom najvećih naselja

Izvor: izradio autor u ArcGIS-u prema Klemenčić, 2017.

Valja istaknuti kako su se granice Hrvatskog zagorja mijenjale kroz godine (Klemenčić, 2017). Prvotno se Hrvatskim zagorjem smatralo samo porječje rijeke Krapine i istočni dio porječja Sutle. Danas se taj naziv proširio i na cijelo brežuljkasto područje sjeverno od Ivanščice u porječju rijeke Bednje do njezina utoka u ravnu Podravinu (Dugački, 1974). U Varaždinskoj su županiji izdvojeni i uključeni oni dijelove tj. općine (gradove) koji udovoljavaju krajobraznome opisu, dok su izostavljene one općine koje obuhvaćaju nizinsko pridravsko područje (sl. 3). Gledano od zapada prema istoku, bez imalo dvojbe uključene su općine Bednja i Klenovnik te gradovi Ivanec i Lepoglavu (sl. 4). Nešto više dvojbe bilo je oko općina koje se nalaze istočnije, jer su one po svom položaju granične unutar zagorskoga područja (Klemenčić, 2017). Općine Sračinec i Gornji Kneginec možda ne pripadaju geografski, ali se stanovništvo regionalno gledajući naziva Zagorcima.

Sl.4. Karta upravne podjele zagorskog područja

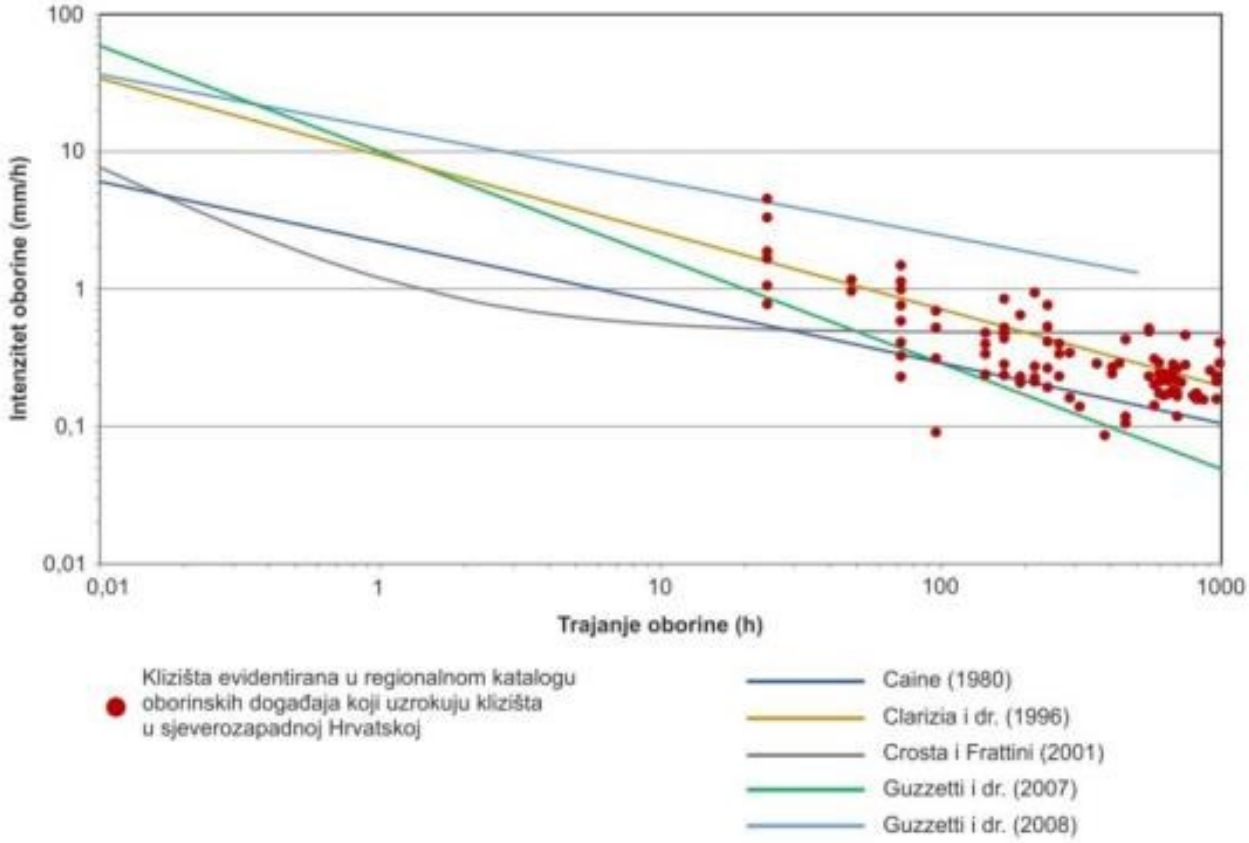
Izvor: Klemenčić, 2017.

Regija Hrvatsko zagorje pretežito je brežuljkasto područje uokvireno Medvednicom i Savom na jugu, rijekom Sutlom na zapadu, rijekom Dravom na sjeveru i Kalnikom na istoku. U krajoliku prevladavaju blagi brježuljci čija nadmorska visina varira između 300 i 400 m. Najistaknutije nizove čine vrlo strme gore čija nadmorske visine variraju od 500 do 1061 m, dok se niži nizovi, samo po sastavu stijena i po strmim padinama, razlikuju od ostalih gora. Gorja su uglavnom građena od mezozojskih vapnenaca i dolomita, a prigorja i zavale od tercijarnih i kvartarnih sedimenata (lapor, pješčenjak, glina) (Bognar, 1996). Duž rasjeda

(toplice) ima eruptivnoga kamenja (andezit, dijabaz i dr.); u tercijarnim sedimentima ima smeđeg ugljena i lignita, koji se više ne iskorištava (Hrvatska enciklopedija, 2021).
Stara gromadna gorja te starija geološka građa uvjetuje brežuljkasti reljef s mnogim udolinama te rijekama koje su spore i meandriraju. Građena su većinom od pješčenjaka i glina (pogodni za kamenolome ili gradnju Bajera) (Bognar, 1996), izrazito pogodna za nastanak klizišta pogotovo u zimskom i proljetnom periodu.

4. KLIZIŠTA HRVATSKOG ZAGORJA

U Republici Hrvatskoj, najčešći uzrok pojavljivanja klizišta su oborine (Mihalić Arbanas i dr., 2017). Regionalni katalozi oborinskih događaja koji uzrokuju klizišta izrađeni su za područje sjeverozapadne (SZ) Hrvatske te područje Primorja i Istre. Katalozi omogućavaju definiranje graničnih vrijednosti oborina koje pokreću klizišta u navedenim regijama, odnosno daju informacije o oborinskim uvjetima koji mogu uzrokovati aktivaciju ili nastanak klizišta. Alati izrađeni u okviru projekta PRI-MJER su ogledni primjeri regionalnih kataloga oborinskih događaja koji uzrokuju pojave klizišta te kataloga oborinskih događaja koji uzrokuju ubrzano gibanje pojedinačnih visoko rizičnih klizišta. Katalozi oborinskih događaja na regionalnoj razini sadrže podatke o vremenu i mjestu pojavljivanja klizišta te podatke o oborinama koje su ih pokrenule, a koji su potrebni za analizu učestalosti pojava klizišta (PRI-MJER, 2023). Glavni mehanizam nastanka većine plitkih klizišta tijekom oborina je brza infiltracija oborine koja uzrokuje zasićenje materijala na padini i privremeni porast pornog tlaka (Campbell, 1975; Wilson, 1989). Osim o vrsti materijala i infiltraciji, uvjeti podzemne vode koji dovode do pucanja i kretanja materijala na padini ovisni o prethodnom sadržaju vlage i povijesti padalina (Wieczorek, 1996).Aktiviranje dubokih klizišta moguće je mjesecima nakon oborina, dok se plitka klizišta mogu pokrenuti nekoliko sati nakon oborina ili čak tijekom intenzivnih oborina (Dugonjić Jovančević i dr., 2016). Na osnovi analize prostorne rasprostranjenosti pokrenutih klizišta, identificirano je ukupno 99 oborinskih uvjeta pojavljivanja klizišta u SZ Hrvatskoj.



Sl.5. Usporedba oborinskih uvjeta i pojavljivanja klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj s globalnim i regionalnim graničnim vrijednostima oborinskih uvjeta pokretanja klizišta

Izvor: PRI-MJER prema (Caine, 1980; Clarizia i dr., 1996; Crosta i Frattini, 2001; Guzzetti i dr., 2007; Guzzetti i dr., 2008).

Rezultati analize mogućeg utjecaja klimatskih promjena na učestalost klizišta u SZ Hrvatskoj odnose se na meteorološke postaje Varaždin i Zagreb a ukazali su na prevladavajući trend povećanja ukupne količine oborine tijekom jeseni i zime, odnosno prevladavajući trend smanjenja ukupne količine oborine u proljeće i ljeto (Cindrić Kalin i Lončar Petrinjak, 2023). Trend povećanja ukupne količine oborine tijekom jeseni i zime popraćen je intenzivnijim oborinama, i to osobito tijekom jeseni. Nešto je drugačiji rezultat analize prema postaji Zabok, gdje je u svim sezonama, osim ljeti, uočen trend povećanja ukupne količine oborine.

4.1. Razine analize i inventari klizišta

Inventari klizišta su kompilacije podataka o klizištima na nekom području. Inventar obično uključuje lokaciju, klasifikaciju, površinu (volumen), aktivnost i datum aktivnosti svakoga pojedinoga klizišta (trenutačno aktivnih i onih aktivnih u prošlosti) (Faivre i dr., 2013). Ne sadržavaju nužno interpretacijske podatke. Jedan oblik inventara klizišta jesu i inventarne karte

klizišta, koje prikazuju vrstu i lokaciju (prostornu distribuciju) klizišta. Podložnost padina klizanju prva je interpretacijska razina. To je prostorna vjerojatnost pojave klizišta određenog tipa i volumena na nekom području (Faivre i dr., 2013). Osnovu kartiranja podložnosti padina klizanju čini identifikacija zona postojećih i potencijalnih klizišta. Izrada karata podložnosti padina klizanju rezultira prostornom distribucijom, tj. rangiranjem jediničnih područja prema njihovoj podložnosti klizanju, što primarno ovisi o morfološkim, geološkim, geotehničkim, klimatskim, vegetacijskim i antropogenim obilježjima analiziranog područja (Faivre i dr. 2013). Klasifikacija može biti kvalitativna ili kvantitativna. To je osnova za daljnju procjenu hazarda koji se definira kao vjerojatnost pojavljivanja potencijalno štetnih prirodnih pojava određene jačine (Crozier, 1999). U slučaju klizišta hazard jest vjerojatnost da se dogodi klizanje određene jačine i tipa, na određenoj lokaciji i u određenom razdoblju (Faivre i dr. 2013). Procjena hazarda polazna je točka za bilo koju analizu rizika, pri čemu su bitne informacije o učestalosti, jačini i učinku klizišta. Procjena vjerojatnosti klizanja postiže se monitoringom aktivnih klizišta, proučavanjem aktivnosti klizišta u prošlosti, proučavanjem obilježja padina terenskim istraživanjima, daljinskim istraživanjima i računalnim simulacijama procesa koji pokreću proces klizanja (Glade i Crozier, 2005), često uz pomoć GIS-tehnologije (Carrara i dr., 1995). Jedan od najvažnijih segmenata u procjeni i ublažavanju rizika jest analiza prijašnjih događaja. Pritom je najznačajnija uloga geografa u terenskoj analizi i geomorfološkom kartiranju kako bi se identificirala obilježja klizišta. Zatim u istraživanju uzroka događaja integracijom informacija iz višestrukih izvora, uključujući povijesne zapise, urbani razvoj, klimatske zapise, geologiju, geomorfologiju i hidrologiju, te također u procjeni ranjivosti i rizika kroz analizu fizičkih i socioekonomskih čimbenika, i to uz pomoć GIS-a (Crozier, 1999). Na temelju istraživanja padinskih procesa općenito, obilježja hazarda kao i identifikacije područja izloženih riziku klizanja obavlja se zoniranje te izrađuju karte podložnosti padina klizanju, karte hazarda i karte rizika klizanja, koje, kao što je već rečeno, uključuju redom sve kompleksniju interpretacijsku razinu (tab. 2) (Faivre i dr., 2013). Uz inventarne karte klizišta ključni elementi za procjenu podložnosti padina klizanju jesu geološka obilježja (litološka, obilježja strukturnog sklopa), morfometrijska obilježja padina (nagibi, ekspozicija, nadmorska visina) i topografski indeks vlažnosti (Faivre i dr., 2013).

U Hrvatskom Zagorju, na području Grada Lepoglave i Općine Bednja, izrađen je inventar klizišta na temelju digitalnog modela reljefa visoke rezolucije, dobivenog LIDAR (engl. Light Detection and Ranging) snimkama (Mihalić Arbanas i dr., 2023). Implementacija ovakvog načina inventarizacije klizišta na druga područja bi u najvećoj mogućoj mjeri pomogla kvalitetnom upravljanju rizikom klizanja.

Tab.2.: Odnos razine analize (zoniranja) i osnovnih parametara pojedine analize

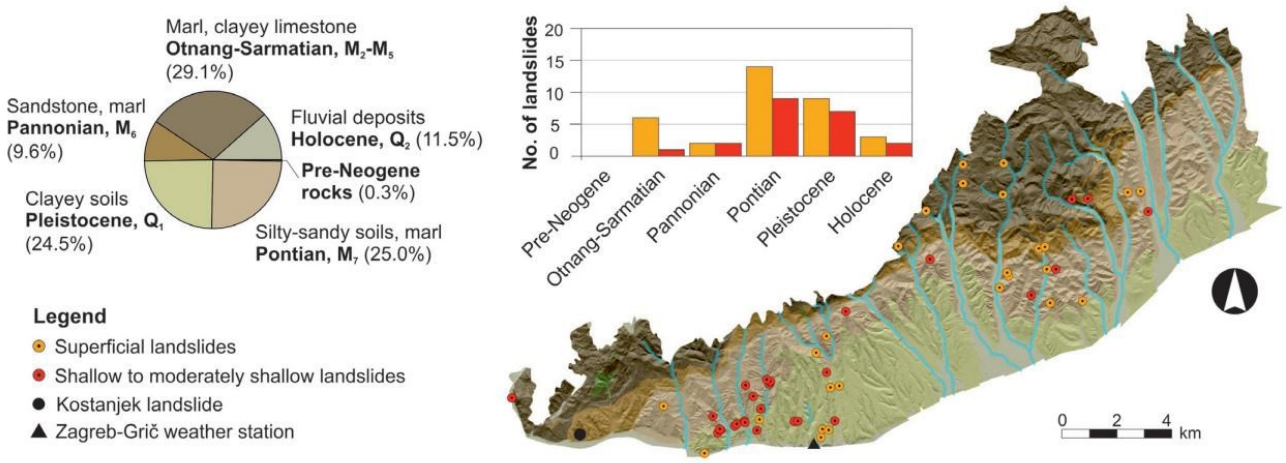
<table>
<tr><td rowspan="4">Razina analize</td><td colspan="7">analiza rizika</td></tr>
<tr><td colspan="3">analiza hazarda</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">analiza podložnosti padina klizanju</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>stvaranje inventara klizišta</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>Osnovni parametri analize</td><td>inventar postojećih klizišta</td><td>obilježja potencijalnih klizišta</td><td>površina klizišta i brzina klizanja</td><td>procjena frekvencije</td><td>prostorno-vremenska vjerojatnost</td><td>ugroženi elementi</td><td>ranjivost</td></tr>
</table>

Izvor: Faivre i dr., 2013.

Najpogođenija područja Hrvatskog zagorja su padine Medvednice, područje Grada Lepoglave te općine Bednja i Jesenje smještene između Strahinjščice i Ivanščice. Druga zagorska sela i mjesta također su pogođena klizištima.

4.2. Klizišta na području Medvednice

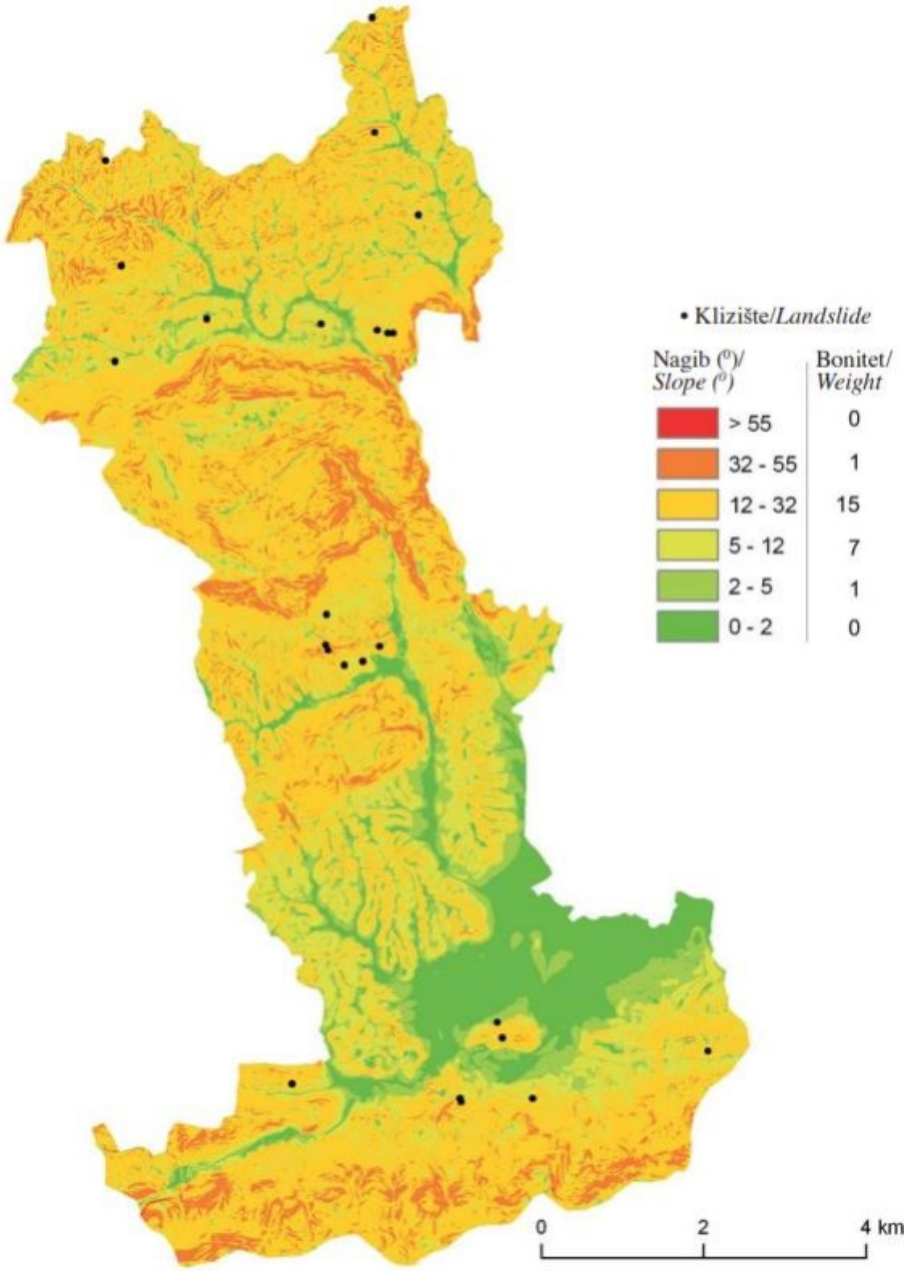
Sjeverni dio Zagrebačke županije (poznat kao Podsljemenska zona) dio je područja istraživanja. Osim toga, ovo područje je vrlo atraktivno kao stambena zona sa stalnim povećanjem gustoće naseljenosti i intenziviranjem građevinskih aktivnosti s povećanjem površine izgrađenog zemljišta (Mihalić, 2016). Iako su poduzete mjere za promicanje korištenja zemljišta, razvoja i građevinskih praksi, relativni udio umjetno izazvanih klizišta urbanizacijom tog područja kontinuirano raste (Sokolić, 2006). Područje Medvednice urbanizirano je i gusto naseljeno, s prevladavajućim umjetno uređenim površinama (oko 6%) i podjednako zastupljenim poljoprivrednim površinama i šumama (oko 44%). Glavni preduvjet klizanja je nagib terena u kombinaciji s geomehaničkim svojstvima materijala koji izgrađuju padine, a glavni pokretač procesa klizanja su intenzivne oborine (Guzzetti, 2007; Jemec i Komac, 2013).



Sl.6. Karta inventara klizišta izazvanih oborinama za razdoblje od 1. siječnja do 7. travnja 2013. na području Medvednice (Tortni grafikon prikazuje relativnu distribuciju glavnih stratigrafskih jedinica; histogram prikazuje broj (re)aktiviranih klizišta po stratigrafskoj jedinici)
Izvor: (Bernat i dr., 2014.)

4.3. Klizišta na Bednjanskom području

Područje općine Bednja je sa svih strana okruženo i zatvoreno gorama: Ivanščicom na jugoistoku, Strahinjščicom na jugu, Maceljskom gorom na sjeverozapadu te Ravnom gorom na sjeveroistoku. Područje je izrazito brežuljkasto, Ravna gora je najsjevernija gora Hrvatskog zagorja te je prekrivena bjelogoricom te rijetkim krškim oblicima u ovom dijelu Republike Hrvatske. Rijeka Bednja je najznačajnija i najpoznatija rijeka ovog područja. Geološka građa je najvećim dijelom miocenske starosti (žutosmeđi kvarcni pijesak, konglomerati), dok su najstarije stijene iz trijasa (pješčenjaci, dolomiti) (Aničić i Juriša, 1984).

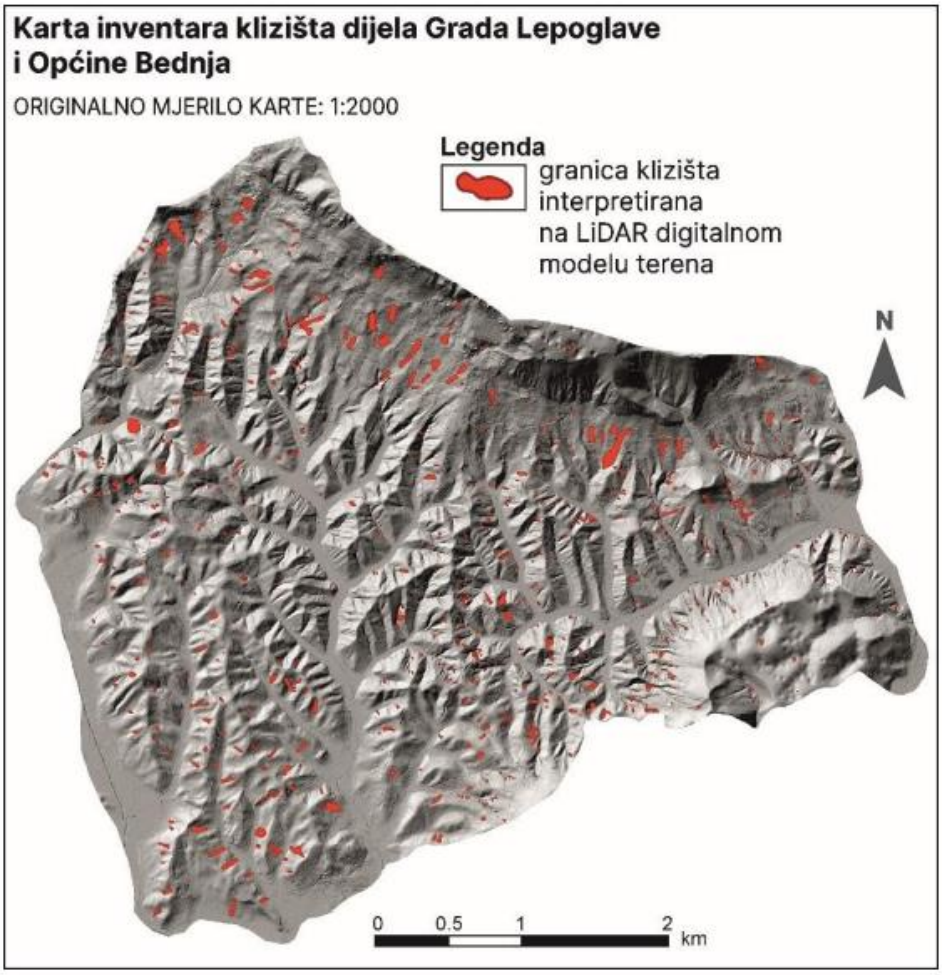


Sl.7. Nagib padina s lokacijama klizišta u Bednjanskom području

Izvor: Mihalić i dr; 2008.

U ovom kraju evidentirana su brojna klizišta te je velika i njihova učestalost pojave čemu svjedoči činjenica da je već nekoliko puta proglašena elementarna nepogoda (Počekal i dr; 2016). Bednjanski kraj je područje povećane nestabilnosti padina te su potrebne izrazito male promjene da bi se narušila ravnoteža (Soldo i dr., 2006). Istraživanje prema (Soldo i dr., 2006) je pokazalo da se učestalost aktiviranja klizišta pojavljuje na padinama nagiba 10°- 15° (sl.7) jer se pod tim nagibom voda procjeđuje dulje vrijeme te u kontaktu s laporovitom ili čvrstom podlogom dolazi do pojave klizišta (Soldo i dr; 2006), uz prirodni prisutan je i nepovoljan

antropogeni utjecaj (gradnja i rekonstrukcija). Do velikih klizanja dolazi i tijekom nepovoljnih vremenskih prilika. Naročito zimi kada je prisutna veća količina padalina, u takvim slučajevima kiše natapaju tlo te dovode do njegove saturacije (Soldo i dr., 2006). Prevladavaju plitka klizišta nastala procesima klizanja i tečenja tla. S obzirom na pouzdanost utvrđivanja klizišta, gotovo 58% pojava je ocijenjeno kao „visoko pouzdano“ zbog vidljivih značajki klizišta na kartama izvedenim iz LiDAR DMT-a (sl.8).



Sl.8. Karta inventara klizišta dijela Grada Lepoglave i Općine Bednja originalnog mjerila 1:5000

Izvor: PRI-MJER, 2023.

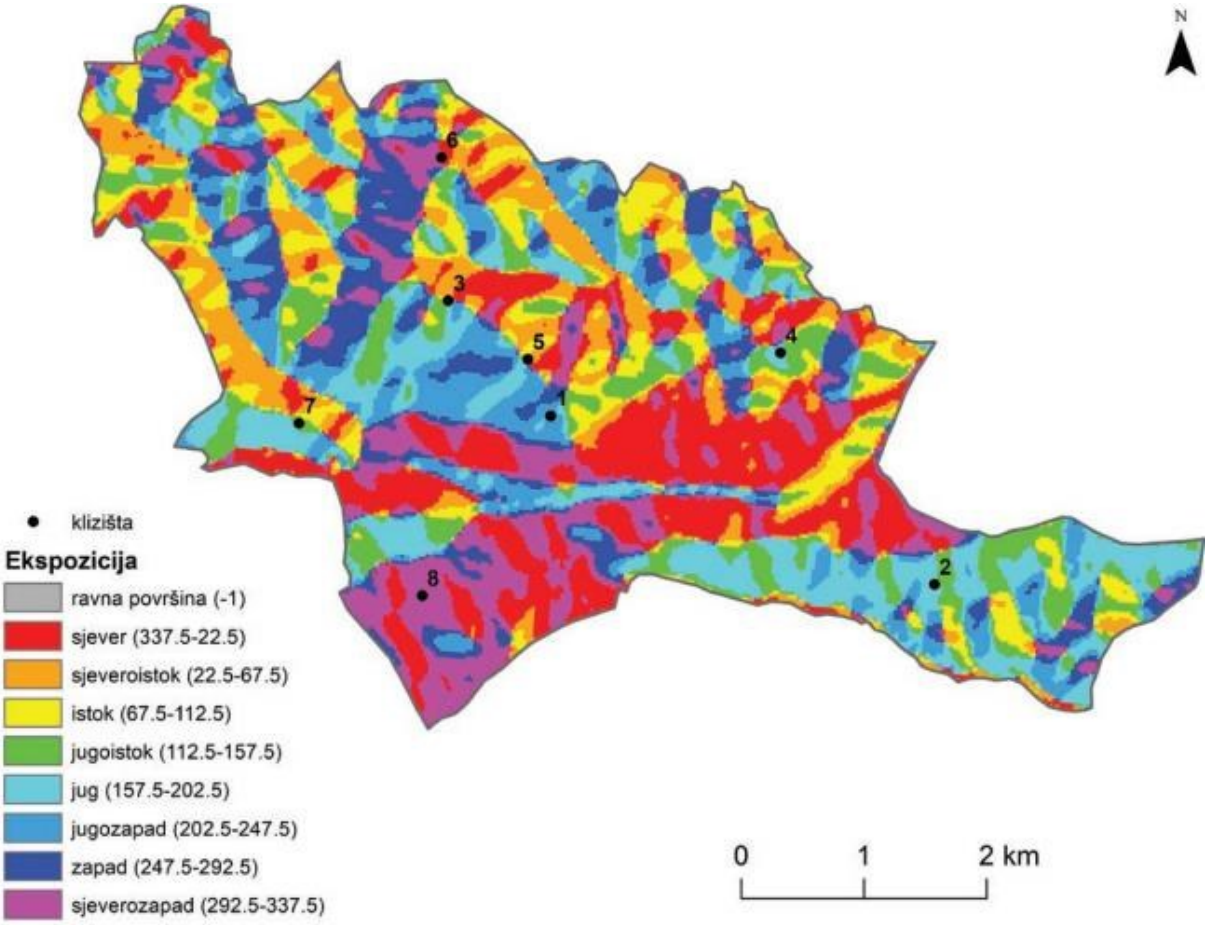
Sl.9. Oštećenje prometnice zbog aktivacije klizišta u općini Bednja

4.4. Klizišta na području Općine Jesenje

Za ovu regiju karakteristična je pojava klizišta na predgorskim stepenicama i pobrđima, a klizišta prate dolinske strane vodotoka, aktivne rasjede i jaruge. Oblik terena i slojevitost tla navode se kao uzrok velikog broja klizišta na području općine Jesenje (Općina Jesenje, 2012; 2013; 2014a; 2014b; Čižmeković, 2019). Klizišta se obično pojavljuju na mjestima sličnih prostornih obilježja (Loparić i Pahernik, 2011). Zato su analizirana geološka, pedološka i geomorfološka obilježja prostora na kojem se pojavljuju klizišta, kao i količina oborina u vremenu aktivacije klizišta te način korištenja zemljišta na prostoru klizišta. Općina Jesenje nalazi se na prostoru visokog rizika pojave klizišta (Bernat Gazibara i dr., 2022). Osnovni geološki čimbenik je litološki sastav podloge. Najveći broj klizišta zabilježen je u naslagama miocenske starosti građenih kvarcnog pijeska, pješčenjaka i konglomerata (Bognar, 1996). Ostala klizišta su zabilježena na karbonatnim stijenama trijaske starosti građene od gline, lapora i škriljevca. Prisutnost glinovite podloge i blizina rasjeda već su spominjani kao uvjet za nastanak, odnosno aktivaciju klizišta. Pedološki uvjeti, s druge strane, sukladno litološkim, ukazuju na značajnu prisutnost glinovite podloge koja je omogućila nastanak klizišta. Fizička svojstva tla, konkretno u slučaju klizišta (odnos tla i vode) jedan su od važnijih uzročnika

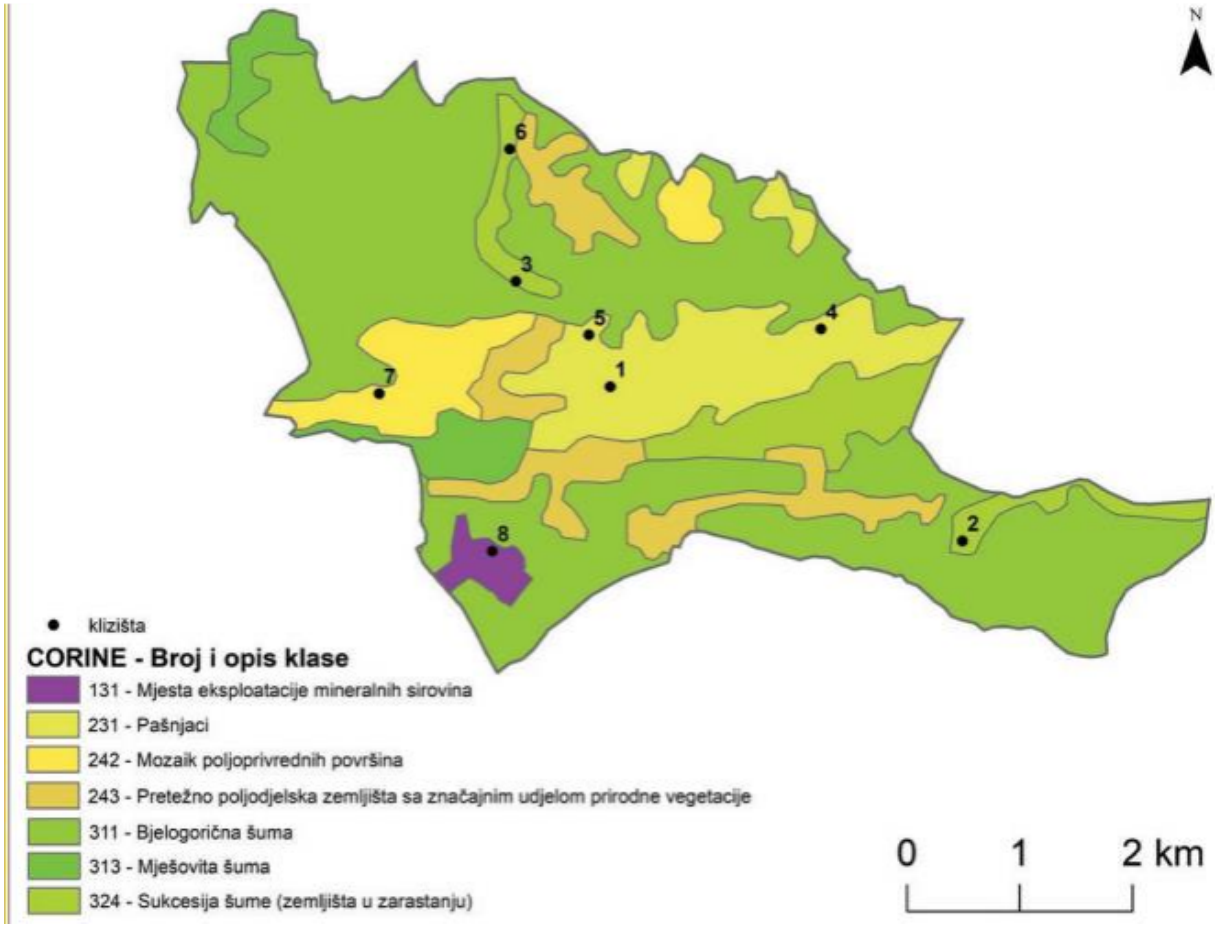
klizanja tla. Određivanje količine vode u tlu važno je za mnoge inženjerske probleme zbog toga jer se na temelju vlažnosti može procijeniti ponašanje tla (Loparić i Pahernik, 2011).

Geomorfološka klasifikacija padina temeljena je na dominantnim morfološkim procesima koji se aktiviraju ovisno o veličini nagiba te odgovarajućim reljefnim oblicima (Lozić, 1996). U kategoriji nagnutih terena izraženi su procesi snažne erozije, intenzivnog spiranja, tečenje i klizanje tla, dok su u kategoriji jako nagnutih terena ti procesi izraženiji. Budući da se 87,85 % općine Jesenje nalazi u kategoriji nagnutog (43,64 %) i jako nagnutog terena (44,21 %), u kombinaciji s opisanim litološkim i pedološkim obilježjima, opravdano je očekivati takvu pojavu klizišta. Utjecaj ekspozicije padina (sl. 10) na geomorfološka obilježja i procese očituje se u tome da različito orijentirane padine primaju različitu količinu sunčeva zračenja. Što utječe na klimatske elemente koji djeluju kao egzogeni geomorfološki agensi (Radoš i dr., 2012), kako i na uvjete i procese koji imaju utjecaj na aktivaciju klizišta. S obzirom na ekspoziciju padina, većina klizišta javila se na osojnim padinama. Na istraživanom području klizišta se pojavljuju u većini kategorija ekspozicije, jedino nema zabilježenih klizišta na padinama orijentiranim zapadno i sjeveroistočno.



Sl.10. Orijentacija padina područja gorja Strahinjščice i Ivanščice u odnosu na Općinu Jesenje
Izvor: EU-DEM (Copernicus Land, 2021a)

Na području općine Jesenje zabilježeno je sedam klasa zemljišnog pokrova prema CORINE Land Cover bazi podataka (sl.11). Klizišta su se pojavljivala u klasama koje pripadaju prirodnim (pašnjaci, sukcesija šume) te antropogenim utjecajima (mozaik poljoprivrednih površina). Zanimljivo je kako se u najzastupljenijoj klasi, bjelogorične šume koje zauzimaju 58,33 % površine općine Jesenje, ne nalazi niti jedno klizište (Raspudić i dr., 2021).



Sl.11. Položaj klizišta na području Općine Jesenje u odnosu na način korištenja zemljišta CORINE Land Cover
Izvor; EU-DEM(Copernicus Land, 2021b)

U kombinaciji s ostalim čimbenicima, veća količina oborina negativno djeluje na stabilnost padina (Počekal i dr., 2016). Ožujak 2013. bio je ekstremno kišovit na prostoru sjeverozapadne Hrvatske (DHMZ, 2013), što je za posljedicu imalo aktivaciju brojnih klizišta, a posebno na području Hrvatskog Zagorja (Bernat i dr., 2014). Na području Jesenja također su se aktivirala

klizišta, a zabilježene su ekstremne oborinske prilike (DHMZ, 2017). Poneka klizišta aktivirala su se i nakon kopnjenja snježnog pokrivača kao i zbog prezasićenosti tla vodom.
Poseban je slučaj s klizištem pokraj kamenoloma Gorjak (sl.12) koje se aktiviralo radi pojačane seizmičke aktivnosti koja je bila tijekom rane zime 2021. godine (Općina Jesenje, 2021). Klizište se nalazi u rasjednoj zoni, na dodiru različitih litoloških jedinica. U podlozi se nalazi tlo podložno klizanju i eroziji, na jako nagnutom terenu sa sjeverozapadnom ekspozicijom. Radi se o klizištu koje se aktiviralo u podnožju (čak i danas) aktivnog kamenoloma. Prostor je to na kojem su moguća podrhtavanja tla (miniranje i potresi) koja su pak pokretač klizišta (Bognar, 1996) te je vrlo izražen antropogeni utjecaj na promjenu geomorfoloških obilježja prostora. Aktiviranjem klizišta velika količina zemljanog i kamenog materijala zatrpala je cestu te je dionica državne ceste DC74 kod mjesta Žutnica bila privremeno zatvorena za sav promet. Promet spomenutom cestom bio je onemogućen oko dva tjedna (Općina Jesenje, 2021).

Sl.12. Aktivirano klizište 2021. godine kod kamenoloma Gorjak u sastavu Općine Jesenje

4.5. Klizišta na području drugih gradova i općina u Hrvatskom zagorju

Već se nekoliko puta u ovom radu obrazložilo da klizišta nastaju u svim dijelovima Hrvatske. Smatra se da se najveći broj klizišta aktivira antropogenim aktivnostima, tj. neodgovarajućim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta (Bognar, 1996), tamo gdje litološki sastav,

geološka građa, hidrogeološka i geomorfološka obilježja tome značajno pogoduju. Brz društveno-gospodarski razvoj nužno nameće vrednovanje reljefa s aspekta funkcionalne upotrebe prostora. Klizišta u Republici Hrvatskoj do danas nisu sustavno istražena. Istražuju se uglavnom pojedinačno nakon aktivacije samoga klizišta. Isto tako je i na ostalim područjima Hrvatskog zagorja te postoje područja kojima se pridaje veća dok se ostalima pridaje mala pozornost.

Sl.13. Pucanje zaštitne mreže te odron kamenja i blata na DC206 Pregrada – Hum na Sutli kod mjesta Kostel

Sl.14. Odron ceste te aktivacija klizišta ispod na lokalnoj cesti kod sela Matenci, Donja Stubica

Klizište jednostavno sa sobom može povući neku kuću ili poslovni objekt kao što je bio slučaj u selu u sklopu Grada Donja Stubica (Zagorski list, 2023). Kuća jedne obitelji nalazila se nad provalijom nakon aktivacije klizišta početkom prosinca 2022. godine. Kako navodi portal zagorski list; klizište se aktiviralo uslijed velike količine vode koja je istekla u zemlju, nakon puknuća cjevovoda. Primijećeno je da voda teče po cesti. Utvrđeno je da voda izvire na par mjesta pokraj cijevi, nakon sanacije se ispostavilo puknuće cijevi na još četiri mjesta. Početkom prosinca 2022. godine, došlo je do aktivacije klizišta.

a

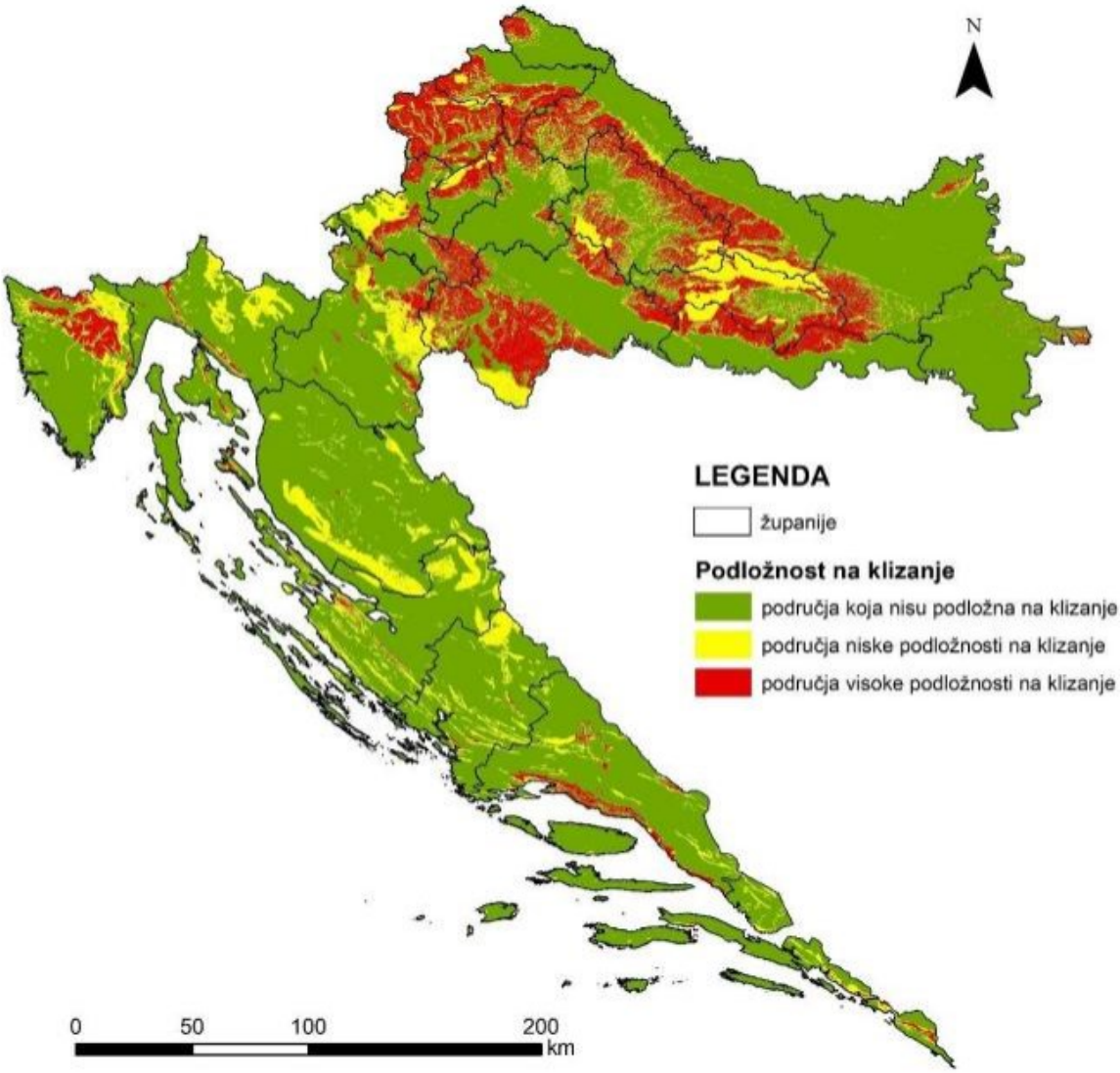
b

Sl.15. a) aktivirano klizište uslijed pucanja vodovodne cijevi na području Grada Donja Stubica
b) popucani temelji obiteljske kuće uslijed aktivacije klizišta

Izvor: Zagorski list, zagorje.com (veljača, 2023.)

5. STRATEGIJA ZAŠTITE OD KLIZANJA

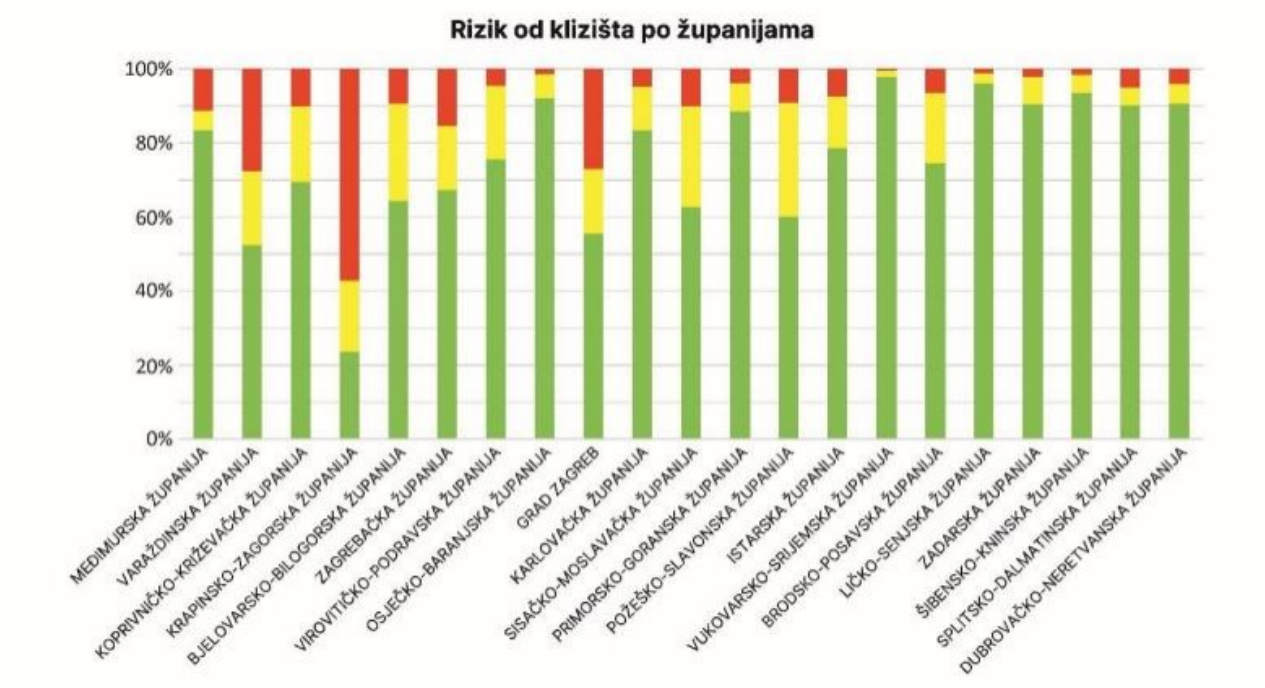
Prema Procjeni rizika Republike Hrvatske iz 2019. godine, rizik od klizišta procijenjen je kao visok iz dva razloga. Prvi razlog je vremenska učestalost rizičnog događaja s brojnim procesima klizanja u kraćem razdoblju, čemu je dokaz sve češće proglašavanje elementarnih nepogoda u županijama, gradovima i općinama uslijed aktiviranja više desetaka ili stotina klizišta zbog intenzivnih oborina. Drugi razlog su posljedice koje obuhvaćaju materijalne, ekonomske, socijalne i druge štete uslijed pokretanja klizišta. Razlikuju se tri razine rizika interpretirane ovisno o razini podložnosti na klizanje (visoka, srednja, niska) i o gustoći naseljenosti (sl.16). Ova karta je pokazatelj da u svim županijama Republike Hrvatska postoje naseljena područja s prirodnim uvjetima za nastanak klizišta (crvene i djelomično žute zone).



Sl.16. Karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske, originalnog mjerila 1:100.000, izrađena za Državni plan prostornog razvoja

Izvor: PRI-MJER, 2023.

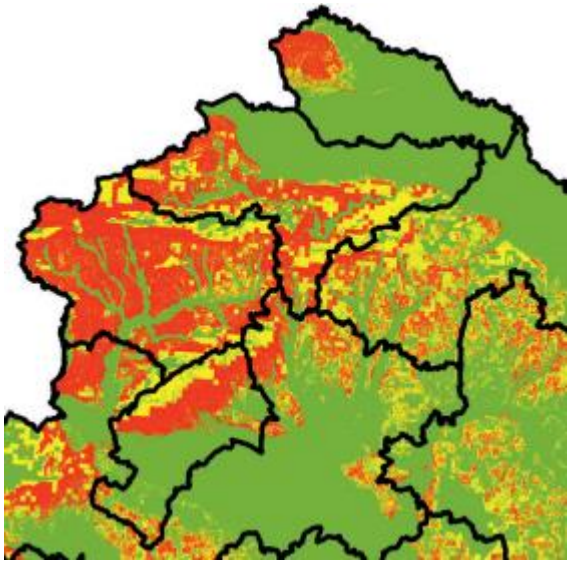
Očekuje se da će rizik od klizišta u Republici Hrvatskoj biti u porastu zbog sve učestalijih intenzivnih oborina koje su posljedica klimatskih promjena. Analiza podložnosti na klizanje pokazala je da na oko 30% površine Republike Hrvatske postoje prirodni preduvjeti za nastanak klizišta. Na slici 17 prikazani su udjeli visokog, srednjeg i niskog rizika na klizanje po županijama, kako bi se dobila približna predodžba o veličini područja unutar županije na kojemu postoji potencijalni rizik, a također i sveukupna informacija za cijelu Republiku Hrvatsku.



Sl.17. Udio zona rizika od aktiviranja klizišta po županijama

Izvor: RGNF, 2019.

Na ovoj slici može se vidjeti kako područje Krapinsko-zagorske županije koja čini najveći dio ukupne površine regije Hrvatskog zagorja prijeti najveći rizik od klizišta. Ostale županije koje svojim manjim dijelovima obuhvaćaju regiju Hrvatskog zagorja poput Varaždinske I Zagrebačke županije također prijeti rizik od klizišta.



Sl.18. Zoniranje najrizičnijeg područja RH s obzirom na ugroženost stanovništva od pojave klizišta

Izvor: PRI-MJER, 2023.

Zone podložnosti na klizanje određene su heurističkom metodom temeljem preduvjeta klizanja tj. na vrste stijena i nagiba terena (PRI-MJER, 2023). Zbog nedostatka inventara klizišta koji bi bio reprezentativan za područje cijele države, analizirano je 15 različitih kombinacija tematskih karata uzroka klizanja, kako bi se odabrao najbolji model predviđanja (PRI-MJER, 2023). Na karti su prikazane zone podložnosti na klizanje dobivene klasifikacijom vrijednosti podložnosti. U zonama visoke i srednje podložnosti nalazi se >90% klizišta iz inventara, što se smatra zadovoljavajućim za državnu razinu procjene. Na temelju ove procjene proizlazi da na oko 30% površine Hrvatske postoje prirodni preduvjeti za nastanak klizišta, od čega najveći dio obuhvaća brežuljkasta i brdovita područja u Panonskoj nizini, brežuljkasto područje na istarskom poluotoku, kao i izolirane uske udoline u Dinaridima, kao što su dolina Rječine i Vinodolska udolina u Hrvatskom primorju, te usku zonu u priobalju Dalmacije.

Najrazvijeniji sustavi smanjenja broja klizišta i smanjenja njegovih negativnih posljedica, sustavi su Japana i SAD. Strategija SAD-a se sastoji od 9 osnovnih elemenata u rasponu od istraživanja do formulacije i implementacije politika smanjenja opasnosti (Sokolić, 2013). Istraživanje je važno za razvoj razumijevanja i predviđanja procesa klizanja i pokretačkih mehanizama. Procjena hazarda rezultira razgraničenjem osjetljivih područja različitih tipova klizišnih hazarda važnim za planiranje i donošenje odluka. Važan je monitoring za praćenje aktivnosti klizišta koja predstavljaju značajan rizik. Procjenom štete vrši se skupljanje i evaluacija podataka o ekonomskom utjecaju hazarda klizišta. Analizom informacija dolazi do uspostave efikasnog sustava za prijenos informacija. Transfer znanja dobar je za razvoj i edukaciju znanstvenika, inženjera i donosioce odluka. Podizanje svijesti kod javnosti i obuka stanovništva o klizištima važna je za razvoj informacija i edukaciju za korisnike u zajednicama. Završna implementacija mjera u cilju smanjenja šteta dolazi do akcija koje smanjuju opasnost. Pripravnost, reakcija i oporavak u hitnim slučajevima ako dođe do katastrofe zahtjeva izgradnju otpornih zajednica. Ta strategija zaštite klizišta u budućnosti treba biti usmjerena u dva osnovna pravca; Prvi pravac je nastavak rada na osnovnim mjerama zaštite, a drugi pravac je usmjeren na dodatnim mjerama zaštite (Sokolić, 2013).

Osnovne mjere prvog pravca znače nastavak istraživanja i rada na kategorizacijama terena po stabilnosti, kartama hazarda i rizika klizanja, provedbi kvalitetnih geotehničkih istraživanja i izradi geotehničkih elaborata kojima će se dati potrebne podloge za izradu geotehničkih projekata. Isti moraju definirati tehničke uvjete koje treba primijeniti u fazi izgradnje i u eksploataciji. Osiguranje uzbunjivanja u slučaju vjerojatnosti pojave katastrofičnog događaja. Provedba detaljnih geotehničkih istraživanja na područjima upitne stabilnosti, a predviđenih za urbanizaciju.

Dodatne mjere drugog pravca su bitno poboljšanje i radikalne promjene odnosa prema postojećim građevinama, posebno onima koje obavljaju funkciju prihvata i odvodnju vode. Nužno kontrolirati nepropusnost sabirnih jama na dijelovima grada gdje ne postoji kanalizacijska mreža. Redovito održavati i kontrolirati ispravnost sustava odvodnje prometnica i stambenih građevina.

Još sedamdesetih godina 20. stoljeća počinju primijenjena geomorfološka istraživanja u Republici Hrvatskoj (Bognar, 1992, 1996) u okviru izrade različitih elaborata koji nisu javno dostupni. Istražuju se ponajviše pojedinačno nakon aktivacije samoga klizišta. Ako je prilikom aktivacije nastala i šteta, napori su koncentrirani na sanaciju i stabilizaciju, a prevenciji se dosad posvećivala znatno manja pozornost. Nacionalna baza podataka za klizišta na razini Republike Hrvatske još ne postoji. Njenom izradom, tj. izradom katastra klizišta bavi se Hrvatski geološki institut (HGI). Za takvu je svrhu načinjen jedinstveni obrazac radi međusobne usporedivosti i mogućnosti izrade jedinstvene inventarne karte i baze klizišta te izrade karata hazarda klizanja (Faivre i dr., 2013).

Pojava klizišta predstavlja veliku opasnost. Ukoliko su toj opasnosti izložena materijalna dobra i ljudski životi ta opasnost predstavlja veliki rizik. Kako bi se sve više smanjio taj rizik važno je ograničiti gradnju (prometnica, stambenih objekata) na područjima podložnim klizanju. Drugi način smanjenja rizika je da se prije početka gradnje uvjetuje sanacija postojećih klizišta te provedu mjere ublažavanja njihovih štetnih posljedica. Za procjenu vjerojatnosti pojave klizišta nužan je nadzor aktivnih klizišta, proučavanje padina terenskim i daljinskim istraživanjima, analiza prijašnjih događaja, geomorfološko kartiranje i identificiranje obilježja klizišta (Faivre i dr., 2013).

Usprkos svemu tome, u razdobljima kada nastupe ekstremne oborine, svjedočimo nastanku velikog broja klizišta. Najčešće se aktiviraju u sredinama gdje su poodavno izgrađeni objekti ili na mjestima gdje su klizišta već bila aktivirana. Pri izgradnji na tim područjima u fazama pripreme gradnje, projektiranju gradnje, izgradnji i korištenju građevinskih strojeva nisu bili poštivani tehnički uvjeti kojih bi se trebalo pridržavati na uvjetno stabilnim padinama.

6. SANACIJA AKTIVNIH KLIZIŠTA TE MJERE ZAŠTITE OD KLIZIŠTA

Bilo koja sanacija (ne nužno klizišta) može biti skupa i dugotrajna. Uglavnom ju je bolje izbjeći na neki način ako je to moguće te djelovati preventivno. Najvažniji postupci sanacije klizišta prema Nonveilleru su dreniranje pri čemu se uklanja višak vode iz sedimenta. Uklanjanje nestabilnih dijelova terena (padine) da ne bi došlo do modifikacija geometrije padine. Zatim

sidrenje nestabilnih dijelova terena te cementiranje raspucanih stijena u usjecima da ne dođe do urušavanja. Najčešće se pristupa izradi potpornih građevina (sl.19), poput podupiranja temelja ili izgradnji armiranih betonskih blokova (škarpi) ili zaštita željeznom mrežom protiv odrona kamenja i blata.

Sl.19. Završena izgradnja armirane škarpe za zaštitu aktiviranog klizišta u Krapinskim Toplicama

Odvijanje radova na sanaciji predmetnog klizišta može se općenito podijeliti na: pripremne radove, geodetske radove, zemljane radove (iskop i formiranje radne etaže), armirano-betonske radove, radove na odvodnji potporne konstrukcije (ugradnja drenaže), radove na nasipavanju tijela potporne konstrukcije i završne radove (Sokolić, 2013). Tijekom izvođenja radova potrebno je osigurati projektantski i geotehnički nadzor. Geotehnički nadzor treba biti stalno prisutan za cijelo vrijeme izvedbe, kako bi se detektirale eventualne promjene u sastavu tla te promjena položaja uslojenosti tla. Prije početka radova snima se početno stanje na klizištu jer zbog aktivnog klizanja može doći do promjena na terenu u odnosu na situaciju izrađenu za projektiranje. Prije nasipavanja, kamenim materijalom potrebno je ugraditi sustav drenaže i odvodnje tijela kamenog nasipa i klizišta. Završni radovi obuhvaćaju uređenje i poravnavanje terena na mjestu izvedbe prilaznog puta te odvoz svih viškova materijala, fino poravnavanje terena te utvrditi stabilnost i čvrstoću svih površina na kojima su izvođeni radovi.

6.1. Primjer sanacije klizišta na županijskoj cesti na području Stubičkih Toplica

Na predmetnoj lokaciji bilo je vidljivo aktivno klizište na južnoj strani padine uz županijsku cestu oznake Ž2217 koje je formirano na dijelu padine uz cestu. Na samom klizištu postojala je mogućnost daljnjeg širenja što bi rezultiralo uništenjem asfalta županijske ceste i okolnog terena. Sanacijom je izvedena potporna konstrukcija u stepeničastom obliku kamenog nasipa kojim se je dreniralo tlo i stabilizirala padina. Zbog strme konfiguracije terena i slabijih karakteristika temeljnog tla nožica kamenog nasipa ukopana je u sloj laporovite visoko plastične gline dobrih geomehaničkih karakteristika gdje nema uvjeta za formiranje klizišta. Slojevi vodom zasićenog materijala zamijenjeni su lomljenim kamenim blokovima. Veliki doprinos stabilizaciji klizišta donosi sustav odvodnje koji prikuplja i odvodi površinske, oborinske te podzemne vode izvan zone klizišta. Da bi se spriječila naknadna erozija na dijelovima određenim projektom ugrađene su travnate ploče te kameni materijal.. U većini slučajeva klizišta se mogu spriječiti ili sanirati. Postoje razne mjere sanacije koje se mogu provesti kako bi se stabilizirala padina na kojoj ili uz koju se nalaze ugrožene građevine. U ovom slučaju klizište županijske ceste u Stubičkim Toplicama sanirano je potpornom konstrukcijom u obliku kamenog nasipa kojim se dreniralo tlo i stabilizirala padina.

6.2. Primjer sanacije klizišta na području općine Radoboj

Klizište u Radoboju gdje je zbog relativno malog nagiba okolnog tla, te specifične školjkaste morfologije, procjeđivanje oborinskih voda otežano te se iste sabiru u površinskom sloju, uslijed čega dolazi do klizanja. U svrhu sanacije provedeni su potrebni geomehanički istražni radovi te je izrađena potrebna dokumentacija za sanaciju istih. Sukladno Planu upravljanja vodama kojeg donose Hrvatske vode, bile su izvršene pripremne radnje za potpisivanje ugovora za sufinanciranje sanacije klizišta na području općine Radoboj. Sanacijom klizišta u narednom periodu spriječila su se daljnja oštećenja na komunalnoj infrastrukturi, a mještanima se omogućio siguran i normalan život. Zakonom o financiranju vodnog gospodarstva iz 2017. godine propisano je da se prihod od vodnog doprinosa između ostalog koristi i za sufinanciranje troškova sanacije klizišta i odrona nastalih djelovanjem erozije i bujica kojima je ugrožena javna infrastruktura. Zahvaljujući Izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva stvoreni su preduvjeti za trajno osiguravanje sredstava za sanaciju šteta klizišta. Time je omogućena sanacija klizišta koja predstavljaju veliko opterećenje za proračune jedinica

lokalnih samouprava. Omjer sufinanciranja sanacije klizišta je 60% vrijednosti sanacije financiraju Hrvatske vode, dok Jedinice lokalne samouprave sufinanciraju preostali dio od 40%.

7. ZAKLJUČAK

Prirodni rizici imaju osobito važnu ulogu u istraživanju u geografskim i ostalim geoznanstvenim istraživanjima. Među njima značajno mjesto imaju prirodne pojave geološkog i geomorfološkog tipa: potresi, vulkani, klizišta i odroni. S obzirom na genezu, smještaj i utjecaj na geoprostor, klizanju i klizištima kao i njihovim posljedicama, potrebno je posvetiti posebnu pažnju jer mogu izazvati oštećenja infrastrukture te ugroziti stanovništvo. Zbog velikog utjecaja na prostor, ljude i imovinu klizišta postaju sve češćom tematikom i područjem istraživanja stručnjaka iz različitih domena. Takav multidisciplinarni pristup, vidljiv na primjerima iz svijeta i Hrvatske, omogućuje razvoj kompleksnih znanja o klizištima. Prema litologiji, klizišta su se aktivirala na područjima na kojima su zastupljeni pješčenjaci, pjeskovite gline i lapori. Klizišta su se aktivirala na jedinicama podložnim eroziji i u rasjednim zonama. Kroz analizu geomorfoloških čimbenika dobiveni su rezultati koji ukazuju da se klizišta javljaju na nagibima 5 – 32°, te većinom na prisojnim padinama. Potvrđena je pretpostavka da se klizišta pretežito pojavljuju na površinama kod kojih je izražen ljudski utjecaj. Utvrđena je i određena veza između pojave oborina i aktivacije klizišta na ovom prostoru. Baze podataka o klizištima omogućuju brz uvid u podatke o lokaciji klizišta, razdobljima i obilježjima aktivnosti, tipovima i dimenzijama klizišta, pasivnim i aktivnim uzrocima i pokretačima klizišta te prouzročenim štetama, u svrhu istraživanja, planiranja i odlučivanja. Dakle izrada inventarnih karata klizišta i karata podložnosti padina klizanju te procjena hazarda i rizika kojem su izloženi stanovništvo, infrastruktura i imovina iznimno su važne za planiranje upotrebe (namjene) zemljišta te sve oblike zaštite od klizišta. Za uspješno ublažavanje opasnosti od klizanja prije svega je važno smanjiti pritisak razvoja i gradnje u područjima gdje postoji velika opasnost od aktivacije klizišta, za što je nužan preduvjet da odgovorne državne, regionalne i lokalne uprave, ali i privatni sektor na vrijeme prepoznaju opasnost od klizišta i da poduzmu odgovarajuće mjere za smanjenje rizika od klizišta. Brojna su pozitivna iskustva diljem svijeta s provedbom programa ublažavanja opasnosti i rizika od klizanja koji doprinose kako javnim, tako i privatnim interesima, jer višestruko smanjuju troškove razvoja i gradnje. Visoki troškovi koji nastaju zbog šteta od klizišta mogu se smanjiti samo pod uvjetom da se provodi odgovoran razvoj i pametna kapitalna ulaganja s izbjegavanjem područja u kojima postoji opasnost od nastanka klizišta, što je moguće isključivo na temelju podataka i informacija o klizištima sadržanim na

odgovarajućim kartama klizišta. Značajna smanjenja potencijalnih gubitaka i šteta mogu se postići kombinacijom mjera ublažavanja opasnosti od klizišta kroz prostorno planiranje i gradnju s mjerama upravljanja u hitnim situacijama. Budući da su klizišta rasprostranjena u različitim dijelovima Republike Hrvatske, a time i rizik za moguće nesreće i katastrofalne posljedice, za ublažavanje opasnosti i rizika od klizišta nužna je suradnja između svih razina uprava (državne, regionalne i lokalne) i privatnog sektora.

Područje Hrvatskog zagorja karakterizira vrlo visok geohazard egzogenih geomorfoloških procesa kojih je najvećom mjerom zastupljeno klizanje. Niz opasnih i štetnih destabilizacija terena (kako za prirodno tako i društveno) koje su se dogodile povezane su primarno uz geotehničke specifičnosti ovog područja. Svakog dana smo svjedoci nastajanja novih te aktiviranja starih klizišta. Većini njih je priroda glavni faktor, no kako ljudi sve više prodiru u prirodu i žele je svim silama prisvojiti biti će još više takvih slučajeva, ne samo vezanih uz klizišta. Danas se vrijeme sve više mijenja, primjerice ekstremne oborine praćene bujicama koje su pogodile susjednu Republiku Sloveniju u kolovozu 2023. godine veliko je upozorenje i za područje Hrvatskog zagorja pošto litološki, pedološki pa čak i klimatski postoje velike sličnosti s pogođenim slovenskim područjima. U Sloveniji će zasigurno ekstremni događaji biti povezani i s aktivacijom starih te nastajanjem novih klizišta te će njihova sanacija biti dugogodišnja. Podaci o klizištima preklopljeni s korištenjem zemljišta i drugim tematskim kartama koje prikazuju prirodne i druge resurse, osnova su za planiranje cijelog niza daljnjih aktivnosti i mjera ublažavanja opasnosti i rizika. Korištenjem podataka o klizištima u analizama ugroženosti mogu se razviti konkretne mjere na državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini upravljanja prometnicama, vodotocima, šumama, kako bi se održale postojeće građevine ili osiguralo održivo korištenje šuma ili voda, kao i održivo upravljanje okolišem. Analize ugroženosti od klizišta također su korisne i u svrhu zaštite okoliša, budući da klizišta uzrokuju degradaciju okoliša uništavanjem vegetacijskog pokrova i onemogućavanjem održavanja površina unutar klizišta.

LITERATURA

1. Aničić, A., Juriša, M., (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Rogatec L33–68. – Geološki zavod, Ljubljana; Geološki zavod, Zagreb, (1971–1981); Savezni geološki institut, Beograd.

2. Aničić, A., Juriša, M., (1985): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Rogatec L33–68. – Geološki zavod, Ljubljana; Geološki zavod, Zagreb (1983); Savezni geološki institut, Beograd, 76 str.
3. Bernat, S., Mihalić-Arbanas, S. i Krkač, M. (2014): Inventar oboricija je pokrenula klizišta zimi 2013. u Zagrebu (Hrvatska, Europa); U: Sassa, K., Canuti, P. & Yin, Y. (ur.): Proceedings of the 3rd World Landslide Forum, Landslide Science for a Safer Geookoliš, svezak 2: Metode proučavanja klizišta, Peking, Kina, 2. – 6. lipnja 2014. Springer, Cham, 829–836.
4. Bernat, S., Mihalić-Arbanas, S. i Krkač, M. (2015): Katalog oboricijski događaji koji su pokrenuli klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. U: Zbornik radova 2. regionalnog simpozija o klizištima u jadransko-balkanskoj regiji, Beograd, Srbija, 6. – 9. ožujka 2013.
5. Bognar, A. (1983): Tipovi klizišta u Hrvatskoj, Zbornik jugoslavenskog simpozija "Privredne nepogode u Jugoslaviji". SGDJ, Ljubljana.
6. Bognar, A. (1987): Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije. Veliki geografski atlas Jugoslavije, SN Liber, Zagreb.
7. Bognar, A., (1992): Inžinjerskogeomorfološko kartiranje, Acta geographica Croatica, Vol. 27, Geografski odjel PMF-a, Zagreb.
8. Bognar, A., (1996): Tipovi klizišta u Republici Hrvatskoj i Republici Bosni i Hercegovini – geomorfološki i geoekološki aspekti, Acta Geographica Croatica, 31 (1), 27-37.
9. Bogunović, M. i dr., (1997): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba, Agronomski glasnik, 59 (5-6), 363-399.
10. Caine, N. (1980): The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography. (1/2), 23–27.
11. Campbell R. H. (1975): Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California. U: US Geological Survey Professional Paper 851. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 51 str.
12. Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reisenbach, P., (1995): GIS technology in mapping landslide hazards, u: Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards (ur. Carrara, A., Guzzetti, F.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 135-175.

13. Cindrić Kalin, K., Lončar-Petrinjak, I. (2023): Studija utjecaja klimatskih promjena na učestalost pojave klizišta u SZ Hrvatskoj, središnjoj Istri i Primorju. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.
14. Crozier, M., (1999): Landslides, u: Applied Geography: Principles and Practice, (ur. Pacione, M.), Routledge, London i New York, 83-95.
15. Cruden, D.M. (1991) A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43/1:27-29.
16. Cruden, Dm i Varnes, Dj (1996): Vrste i procesi klizišta. U: Turner, Ak i Schuster, Rl (ur.): Klizišta: Istraživanje i ublažavanje, Prijevoz. Posebno izvješće Odbora za istraživanje 247, Nacionalno istraživačko vijeće, Washington, DC, 36–75.
17. Čižmeković, N., (2019): Sanacija klizišta na nerazvrstanoj cesti Cerje Obadići u općini Gornje Jesenje
18. Dugački, Z., (1974): Hrvatsko zagorje, u: Geografija SR Hrvatske (ur. Cvitanović, A.), knjiga 2, Školska knjiga, Zagreb.
19. Dugonjić Jovančević S., Rubinić J., Arbanas Ž. (2016): Procjena utjecaja klimatskih promjena na povećanje broja klizišta. Sabor hrvatskih graditelja 2016, Zbornik radova, 51-61.
20. Faivre, S., Radeljak, P., Grbac Žiković, R., (2013): Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatskoj – Primjer dostupnosti podataka na riječkom području, Hrvatski geografski glasnik, 75 (1), 43-69.
21. Faivre, S., (2020): Opća geomorfologija, interna skripta radna verzija, Geografski odjsek, Zagreb.
22. Gams, I., Zeremski, N., Marković, M., Lisenko, S., Bognar, A., (1985): Uputstvo za izradu detaljne geomorfološke karte SFRJ 1 : 100 000, Beograd
23. Glade, T., Crozier, M., (1996): Towards a National Landslide Information Base for New Zealand, New Zealand Geographer 52 (1), 29-40.
24. Glade, T., Anderson, M., Crozier, M. J., (2005) (ur.): Landslide Hazard and Risk, Glossary, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 775-793.
25. Glade, T., Crozier, M. J., (2005): Landslide Hazard and Risk – Concluding Comment and Perspectives, u: Landslide Hazard and Risk (ur. Glade, T., Anderson, M., Crozier, M. J.), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 767-774
26. Gotić, R., Gotić, I. (1998.): Istraživanje stabilnosti klizišta i uzroka njihova nastanka u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, Croatian geotechnical journal 5, 11-12; 43-51.

27. Gutiérrez, F., Soldati, M., Audemard, F., Bălteanu, D., (2010): Recent advances in landslide investigation: Issues and perspectives, Geomorphology 124, 95-101.
28. Guzzetti, F., Mondini, Ac, Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M. & Chang. Kt (2012): Karte inventara klizišta: Novi alati za stari problem. EarthScience Reviews, 112, 42–66.
29. Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M. I Stark, Cp (2007): Rainfall threshstari za pokretanje klizišta u srednjoj i južnoj Europi. Meteorology and Atmospheric Physics, 98, 239–267.
30. Jemec, M. i Komac, M. (2013): Obrasci padalina za plitko klizište u perialpska Slovenija. Prirodne opasnosti, 67/3, 1011–1023.
31. Klemenčić, M. (2017): Što je Hrvatsko zagorje? Studia lexicographica, God. 10/11 (2016–17) br. 19/20, str. 19–34
32. Loparić, I., Pahernik, M., (2011): GIS analiza ugroženosti padina klizištima u području Grada Lepoglave, Acta Geographica Croatica, 38 (1), 35-58.
33. Mihalić, S. (1998): Preporuke za kartiranje opasnosti i rizika klizišta u Hrvatska. Geologia Croatica, 51/2, 195–204.
34. Mihalić, S., Vujnović, T., Škrinjar, G., Mihaliček, G., Martinjak, J., Markovinović, T. (2008.): Ublažavanje opasnosti klizanja - zoniranje osjetljivosti na klizanje, Pavić, Ante (ur.). Savjetovanje Zagrebačke vode - zbornik radova, Zagreb, str. 113-120
35. Mihalić, S. i Arbanas, Ž. (2012): Hrvatsko-japanski zajednički istraživački projekt on landslides: Activities and public benefits. U: Sassa, K., Rouhban, B., Briceño, S., Mcsaveney, M., He, B. (ur.): Landslides: Global Risk Prepa redness. Springer, Heidelberg, 333–349.
36. Mihalić Arbanas, S. I Arbanas, Ž. (2014): Klizišta: Vodič za istraživanje pojave i procesi klizišta. U: Gaurina Međimurec, N. (ur.): Handbook of Research on Advancements in Environmental Engineering. Engineering Science Reference, Hershey PA, SAD, 474–508
37. Nonveiller, E. (1987): Kliženje i stabilizacija kosine [Stabilizacija klizanja i nagiba cija–na hrvatskom]. Školska knjiga, Zagreb, Hrvatska, 204 str
38. Njegač D. (1993). Geografska obilježja i osobitosti Hrvatskoga zagorja, Gazophylacium,
39. Pahernik, M. (2007): Digitalna analiza padina otoka Raba, Geoadria, vol. 12 (1); str. 3-22.

40. Počekal, N., Loborec, J., i Meaški, H., (2016): Izrada karte rizika pojave klizišta primjenom GIS tehnologije – primjer općine Bednja, Hrvatska, Inženjerstvo okoliša, 3 (1), 7-19.
41. Polak, K., Nonveiller, E., Klemenčić, B. & Lorencin, Lj. (1971) Studijja sanacije klizišta Jelenovac u Zagrebu [Studija sanacije klizišta Jelenovac u Zagrebu–na hrvatskom]. U: Zbornik radova 1. jugoslavenskog simpozija iz hidrogeologije i inženjerske geologije, Hercegnovi, Jugoslavija, 4. – 8. svibnja 1971. 165–172
42. Sokolić, Ž., Hršak, A. i Vlaić Lončar, A. (2006): Negativni utjecaji nekontroliranog odlaganja otpada na području Podsljemenske zone u Zagrebu [Negativan utjecaj nekontroliranog odlaganja otpada na području brdskog pojasa Grada Zagreba– na hrvatskom]. U:
43. Milanović, Z. (ur.): Zbornik radova 9. međunarodnog simpozija o gospodarenju otpadom, Zagreb, Hrvatska, 15. – 18. studenog 2006. 1–22.
44. Sokolić, Ž. (2013): Tehničko promatranje sustava za prihvat i odvodnju voda kao jedan osnovni element u strategiji zaštite klizišta [Tehnički pregled prihrane i odvodnje kao jedan temeljni element strategije sanacije padina. in Croatian]. U: Matešić, L. i Sokolić, I. (ur.): 6. Savjetovanje Hrvatskog geotehničkog društva, Sanacija, tehničko praćenje i održavanje u geotehnici, Zadar, Peruća, Hrvatska, 17.–19.10.2013. Hrvatsko geotehničko društvo, 173–179.
45. Soldo, B., Ivandić, K., Rezo, M., Golub, I., Zidar, M., Težak, I., Štuhec, D., Agnezović, K., Orešković, M. (2006): Geotehnički elaobrat o istražnim radovima na klizištima u općini Bednji istražni radovi i proračuni, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin
46. Van Westen, C.J., Rengers, N., Soeters, R. (2003.): Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment, Natural Hazards, Vol. 30, No. 3, p. 399-419.
47. Varnes, D. J. (1988): Landslide Types and Processes. "Landslides and Engineering Practice" Highway Research Board, Special Report 29, Washington, D. C.
48. Wilson R. C. (1989): Rainstorms, pore pressures, and debris flows: a theoretical framework. U: Morton, D. M, Sadler, P. M. (ur.): Landslides in a semi-arid environment. Publications of the Inland Geological Society, 2, California, 101–117.

IZVORI

Bioportal: https://www.bioportal.hr/node/15 (1.8.2023.)

Copernicus Land, 2021a: https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1 (10.8.2023.)

Copernicus Land, 2021b: https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018 (10.8.2023.)

Copernicus Land, 2021: https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1-0-and-derived-products/aspect (10.8.2023.)

Copernicus Land, 2021: https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018 (10.8.2023.)

DGU, 2017: Registar prostornih jedinica, .SHP (grafički podaci), Državna geodetska uprava, Zagreb

DGU, 2021: Topografske karte mjerila 1:25000, WMS servis, Državna geodetska uprava, Zagreb

DHMZ, (2013): Meteorološki i hidrološki bilten, 3/2013, DHMZ, Zagreb

DHMZ, (2017): Meteorološki i hidrološki bilten, 9/2017, DHMZ, Zagreb

Geoportal: https://geoportal.dgu.hr/ (1.8.2023.)

Google Earth Pro: https://www.google.com/earth/versions/ (1.11.2022.)

Hrvatska Enciklopedija: https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=26529 (1.8.2023.)

Općina Jesenje, 2012: Sanacija klizišta, http://www.jesenje.hr/sanacija-klizista (15.8.2023.)

Općina Jesenje, 2013: Veliki broj klizišta na području općine, http://jesenje.hr/veliki-broj-klizista-na-podrucju-opcine (15.8.2023.)

Općina Jesenje, 2014a: Sanirano još jedno klizište, http://jesenje.hr/sanacija-klizista-podusaki (15.8.2023.)

Općina Jesenje, 2021: Državna cesta D74 do daljnjeg zatvorena, http://jesenje.hr/cesta-d74-do-daljnjeg-zatvorena (15.8.2023.)

PRI-MJER: https://pri-mjer.hr/ (20.7.2024.)

Visit Zagorje: https://visitzagorje.hr/ (10.8.2024.)

Zagorje.com: https://www.zagorje.com/clanak/vijesti/sanacija-aktivnih-klizista-na-podrucju-opcine-radoboj-nastavlja-se-i-ove-godine (15.8.2023.)

Zagorje.com: https://www.zagorje.com/clanak/vijesti/trebaju-vasu-pomoc-obitelj-humljak-zivi-na-rubu-provalije-kliziste-im-je-doslo-do-kuce (1.8.2023.)

ZGGEOPORTAL. Grad Zagreb. https://geoportal.zagreb.hr/Karta. (15.8.2023.)

PRILOZI

Popis slika:

Sl.1.: Shema translacijskog (lijevo) i rotacijskog (desno) klizišta
Sl.2.: Prirodne granice regije Hrvatsko zagorje
Sl.3.: Prostor Hrvatskog zagorja s prikazom najvećih naselja
Sl.4.: Karta upravne podjele zagorskog područja
Sl.5.: Usporedba oborinskih uvjeta pojavljivanja klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj s globalnim i regionalnim graničnim vrijednostima oborinskih uvjeta pokretanja klizišta
Sl.6. Karta inventara klizišta izazvanih oborinama za razdoblje od 1. siječnja do 7. travnja 2013. na području Medvednice (Tortni grafikon prikazuje relativnu distribuciju glavnih stratigrafskih jedinica; histogram prikazuje broj (re)aktiviranih klizišta po stratigrafskoj jedinici)
Sl.7.: Nagib padina s lokacijama klizišta u Bednjanskom području
Sl.8.: Karta inventara klizišta dijela Grada Lepoglave i Općine Bednja originalnog mjerila 1:5000
Sl.9.: Oštećenje prometnice zbog aktivacije klizišta u općini Bednja
Sl.10.: Orijentacija padina područja gorja Strahinjščice i Ivanščice
Sl.11.: 6. Položaj klizišta na području Općine Jesenje u odnosu na način korištenja zemljišta CORINE Land Cover
Sl.12.: Aktivirano klizište 2021. godine kod kamenoloma Gorjak u sastavu Općine Jesenje
Sl.13.: Pucanje zaštitne mreže te odron kamenja i blata na DC206 Pregrada – Hum na Sutli kod mjesta Kostel
Sl.14.: Odron ceste te aktivacija klizišta ispod na lokalnoj cesti kod sela Matenci, Donja Stubica
Sl.15.: a) aktivirano klizište uslijed pucanja vodovodne cijevi na području Grada Donja Stubica
b) popucani temelji obiteljske kuće uslijed aktivacije klizišta
Sl.16.: Karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske, originalnog mjerila 1:100.000, izrađena za Državni plan prostornog razvoja
Sl.17.: Udio zona rizika od klizišta po županijama
Sl.18.: Zoniranje najrizičnijeg područja RH s obzirom na ugroženost stanovništva od pojave klizišta

Sl.19.: Završena izgradnja armirane škarpe za zaštitu aktiviranog klizišta u Krapinskim Toplicama

Popis tablica:

Tab.1.: Klasifikacija nagiba padina
Tab.2.: Odnos razine analize (zoniranja) i osnovnih parametara pojedine analize