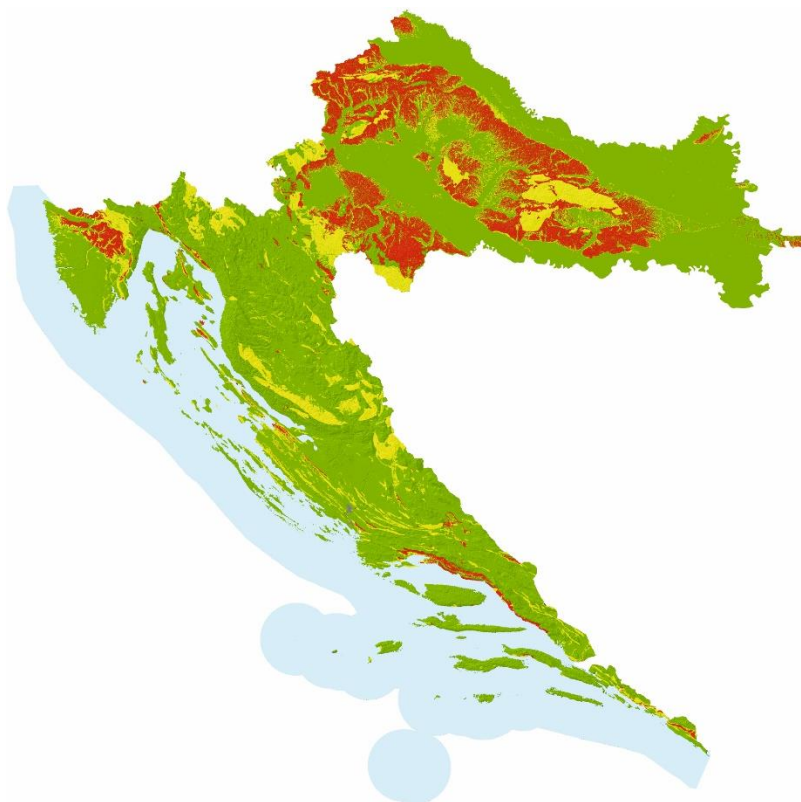


Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
10000 Zagreb, Pierottijeva 6



Naručitelj: REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOG UREĐENJA
Ulica Republike Austrije 20, 10000 Zagreb

Zadatak: Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene

Vrsta izvještaja: Stručna podloga za Državni plan prostornog razvoja, DPPR

Broj izvještaja: IG055-038/2019

Voditeljica zadatka: Prof. dr. sc. Snježana MIHALIĆ ARBANAS, dipl. ing. geol.

Dekan: Prof. dr. sc. Kristijan POSAVEC, dipl. ing. geol.

Mjesto i datum: Zagreb, prosinac 2019.

NARUČITELJ: **REPUBLIKA HRVATSKA**
MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOG
UREĐENJA
10000 Zagreb, Ulica Republike Austrije 20
Veza: Ugovor KLASA 406-07/19-01/87; URBROJ 531-03-2-2-19-
8 od 7.11.2019.

ISPORUČITELJ/IZRAĐIVAČ: **Sveučilište u Zagrebu**
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
10000 Zagreb, Pierottijeva 6
Veza: Ugovor KLASA 303-02/19-01/83; URBROJ 251-70-13-19-
5 od 8.11.2019.

ZADATAK: **Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj**
prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene

VRSTA IZVJEŠTAJA: **Stručna podloga za Državni plan prostornog razvoja, DPPR**

BROJ IZVJEŠTAJA: **IG055-038/2019**

VODITELJICA ZADATKA: **Prof. dr. sc. Snježana MIHALIĆ ARBANAS, dipl. ing. geol.**

SURADNICI: **Dr. sc. Sanja BERNAT GAZIBARA, mag. ing. geol.**
Doc. dr. sc. Martin KRKAČ, dipl. ing. geol.
Marin SEČANJ, mag. ing. geol.

DEKAN: **Prof. dr. sc. Kristijan POSAVEC, dipl. ing. geol.**

MJESTO I DATUM: **Zagreb, prosinac 2019.**

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Svrha dokumenta	1
1.2. Veza na Strategiju prostornog razvoja Republike Hrvatske.....	3
1.3. Veza na druge dokumente	5
2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA I O KARTAMA KLIZIŠTA	9
2.1. Definicije i klasifikacije klizišta.....	9
2.2. Terminologija vezana za hazard i rizik od klizanja i vrste karata klizišta.....	11
2.3. Općenito o metodama procjene podložnosti	12
3. OPĆENITO O OPASNOSTI I UGROŽENOSTI OD KLIZANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ	14
3.1. Rasprostranjenost klizišta u Republici Hrvatskoj ovisno o geološkoj građi	14
3.2. Štete od klizišta u Republici Hrvatskoj i utjecaj na kritičnu infrastrukturu	17
3.3. Uzrok pojave klizišta i utjecaj klimatskih promjena u RH.....	21
4. PROCJENA PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE REPUBLIKE HRVATSKE	24
4.1. Metodologija procjene podložnosti RH u sitnom mjerilu	24
4.2. Rezultati provedene procjene podložnosti.....	27
4.3. Verifikacija karte podložnosti na klizanje Republike Hrvatske M1:100.000.....	30
4.4. Nepouzdanosti i ograničenja primijenjene metodologije i korištenih ulaznih podataka	32
4.5. Utjecaj klimatskih promjena na rezultate analiza podložnosti na klizanje.....	33
5. PRIMJENA KARTE PODLOŽNOSTI RH NA KLIZANJE U PROSTORNOM PLANIRANJU	35
5.1. Prijedlozi za sprečavanje negativnih utjecaja klizišta u prostornom planiranju.....	35
5.1.1 Prijedlog smjernica za izradu mjera ograničenja za provedbu zahvata u prostoru temeljem DPPR-a.....	37
5.1.2 Prijedlog smjernica za primjenu karata klizišta za izradu ostalih prostornih planova	37
5.1.3 Preporuke za izmjenu i dopunu Pravilnika o DPPR-u	38
5.1.4 Preporuke za izradu novog pravilnika o prostornim planovima.....	38
6. LITERATURA.....	39

1. UVOD

Stručna podloga za Državni plan prostornog razvoja (DPPR) „*Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene*“ (u daljnjem tekstu *Stručna podloga*) izrađena je temeljem ugovora između Naručitelja, Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja Republike Hrvatske i Isporučitelja, Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Vaš znak: KLASA: 406-07/19-01/87; URBROJ: 531-03-2-2-19-8 od 7. studenog 2019. godine). Budući da su **klizišta** (*engl. landslide*) relativno širok pojam, jer obuhvaćaju sve pojave (tj. morfološke oblike) koje nastaju procesima gibanja stijene ili tla (ili oboje) niz padinu (Cruden, 1991; Highland i Bobrowky, 2008), važno je napomenuti da je ova stručna podloga izrađena za klizišta koja su nastala kao posljedica procesa **klizanja** i/ili **tečenja** (radi jednostavnosti u daljnjem tekstu koristi se samo termin klizanje). Navedeno znači da su iz analiza izostavljene pojave klizišta nastale procesima odronjavanja, prevrtanja i bočnog razmicanja. Predmet ove stručne podloge su rezultati prostornih analiza kojima je dobivena **Karta podložnosti na klizanje na području Republike Hrvatske u mjerilu 1:100 000** (u daljnjem tekstu *Karta podložnosti*).

Klizišta, odnosno **područja na kojima postoje pojave klizišta, u prostornom uređenju se uobičajeno tretiraju kao područja posebnih ograničenja u korištenju, a koja su vezana uz tlo**. Prema *Pravilniku o Državnom planu prostornog razvoja* (NN 122/15) područja posebnih ograničenja spadaju u *Posebne mjere* (prema *Sadržaju odredbi za provedbu Plana*), također vezano za tlo (prema prilogu V „*Način označavanja kartografskih prikaza Plana*“). Prema *Pravilniku o sadržaju, mjerilima kartografskih prikaza, obveznim prostornim pokazateljima i standardu elaborata prostornih planova* (NN 106/98, 39/04, 45/04-ispisak, 163/04) ova područja je potrebno prikazati na **kartografskim prikazima** iz skupine *Uvjeta korištenja* i to **u okviru prostornih planova područne/regionalne i lokalne razine, u svim mjerilima od 1:100.000 do 1:5.000**. Budući da su klizišta **prirodna prijetnja** koja predstavlja opasnost (tzv. **geohazard**) zbog toga što uzrokuju materijalne i druge štete, te ugrožavaju ljude na područjima gdje se nalaze i u neposrednoj blizini, nužno je raspolagati **kartografskim podacima o klizištima** na osnovi kojih će proizaći **tematski sloj posebnih ograničenja**.

1.1. Svrha dokumenta

Svrha *Stručne podloge za DPPR „Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene“* je izraditi **kartografski prikaz područja** na kojima postoje **posebna ograničenja uslijed pojave klizišta, odnosno ograničenja uslijed postojećih ili potencijalnih procesa klizanja** te predložiti nekoliko vrsta smjernica: (i) **smjernice za izradu mjera ograničenja za provedbu zahvata u prostoru temeljem DPPR-a**; (ii) **smjernice za primjenu Karte podložnosti za izradu stručnih podloga za ostale prostorne planove u obliku tematskih slojeva posebnih ograničenja s kartografskim podacima o klizištima (tj. karata klizišta)**; (iii) **smjernice za izradu karata klizišta odgovarajuće kvalitete, za navedene namjene**. Svrha svih smjernica je **ukazivanje na niz postupaka koje bi trebalo provesti da se spriječi** negativan utjecaj klizišta na građevine, zahvate i ljude, i obrnuto, kojima će se spriječiti negativan utjecaj građevina i zahvata na klizišta, postojeća ili potencijalna. S obzirom

na prostorni obuhvat i mjerilo kartografskog prikaza DPPR-a, za navedene namjene izrađena je **Karta podložnosti** na klizanje za cijelo područje Republike Hrvatske u mjerilu 1:100 000, kao jedna od karata klizišta koja sadrži kartografske podatke o klizištima u obliku zona za koje je definirana relativna stabilnost područja, a kojima su definirana posebna ograničenja zbog opasnosti od klizišta.

U ovoj *Stručnoj podlozi* detaljno je prikazana **metodologija izrade Karte podložnosti na klizanje** za potrebe izrade DPPR-a (koja uključuje rezultate provedene procjene podložnosti, verifikaciju, pouzdanost i ograničenja metodologije i primjene konačne karte) te je prikazana **primjena izrađene Karte podložnosti Republike Hrvatske u prostornom planiranju** (u obliku prijedloga smjernica za izradu mjera i preporuka za izmjenu i dopunu *Pravilnika o DPPR-u*).

U okviru projekta *Izrade stručne podloge za Državni plan prostornog razvoja (DPPR) „Kartografski podaci o klizištima u GIS-u kao tematski sloj prirodnih ograničenja vezanih uz klimatske promjene“* provedeno je:

- (1) **Prikupljanje i obrada podataka** za izradu *Karte podložnosti* (tj. kreirani su GIS slojevi podataka o vrstama stijena i odgovarajući digitalni modeli terena iz javno dostupnih podataka) i izrada seta podataka o registriranim klizištima za verifikaciju procijenjene podložnosti i zoniranja ograničenja prema potrebama izrade DPPR-a;
- (2) **Prostorna analiza podložnosti na klizanje** na osnovi vrsta stijena i javno dostupnog digitalnog modela terena što je uključivalo poboljšanje postupka procjene podložnosti RH koja je provedena za potrebe državnog dokumenta *„Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku“* (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019). Poboljšanje je provedeno na osnovi sličnih ulaznih podataka, ali za više modela procjene koji su verificirani, te je odabran najbolji **model podložnosti na klizanje** koji odražava potrebe DPPR-a u mjerilu 1:100.000.
- (3) **Definiranje kriterija zoniranja podložnosti na klizanje** u kategorije prema specifičnim potrebama DPPR-a, na osnovi konzultacija s naručiteljem, korisnicima *Karte podložnosti* na klizanje, odnosno načinima njezina korištenja. Definiranje tehnike izrade karte i pratećih podataka za upotrebu kroz ISPU i njegove module te u drugim oblicima. Definiranje popratnih opisa zona podložnosti i odgovarajućih mjera/preporuka koje proizlaze iz zona podložnosti, a sastavni su dio DPPR-a, kao što je prikazano u poglavlju 5. *„Primjena karte podložnosti RH na klizanje u prostornom planiranju“*.
- (4) **Izrada izvješća o procjeni podložnosti na klizanje** s opisima (elaboracijom) ulaznih podataka, metodologije zoniranja, verifikacije zoniranja i interpretacije pouzdanosti karte podložnosti, mogućnosti i ograničenja korištenja *Karte podložnosti* i osvrt na valjanost procjene u odnosu na klimatske promjene.

Slijedom navedenih analiza izrađena je ova *Stručna podloga*, nakon konzultacija s izrađivačem DPPR-a iz Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja Republike Hrvatske.

1.2. Veza na Strategiju prostornog razvoja Republike Hrvatske

U *Strategiji prostornog razvoja Republike Hrvatske* (NN 106/17) klizišta se spominju kao jedna od pojava koja predstavlja **pritisak na prostor, vezano za utjecaj klimatskih promjena**. Navodi se da klizišta i odroni nastaju uslijed **pojačanog intenziteta i učestalosti padalina**, kao jednog od oblika ekstremnih vremenskih pojava koje su posljedica klimatskih promjena, a koje snažno utječu na ljude i prostor. U *Strategiji* je prepoznato da **ekstremne vremenske pojave, npr. obilne kiše**, osim što neposredno ugrožavaju život i kvalitetu života ljudi, također **uzrokuju pojave, koje značajno preoblikuju prostor i imaju razarajući učinak na pojedine ekosustave, krajobrazne i izgrađene strukture te uzrokuju velike gospodarske i materijalne štete**. Pojava klizišta u gradovima dodatno se povezuje s nedostatnim kapacitetom infrastrukture i/ili nepostojanjem većih upojnih površina, odnosno lokalnim poplavama. Osim ovoga, u *Strategiji* se klizišta također ubrajaju u **degradirane krajobrazne**. U poglavlju o *Informacijskom sustavu prostornog uređenja* (ISPU) među skupinama prostornih podataka koje odgovaraju temama INSPIRE direktive, u *Skupini III* predviđena su **Područja prirodnih opasnosti** kao zasebna tema, u koju spadaju prostorni podaci o klizištima. U SWOT analizi se, osim posljedica klimatskih promjena, također kao utvrđene prijetnje navode i **elementarne nepogode**. U pojedinim dijelovima Republike Hrvatske su u posljednjih 10-ak godina višestruko prijavljivane elementarne nepogode zbog **pojava brojnih klizišta koja nastaju gotovo istovremeno ili u kraćem vremenskom razdoblju na području određene regije** (engl. Multiple Occurrence Regional Landslide Events, MORLE). **Masovna pojava klizišta** iz 2013. godine na području SZ Hrvatske imala je katastrofalne posljedice (Bernat i dr., 2014b; Mihalić Arbanas i dr., 2019). Slijedom prioriteta i strateških usmjerenja prostornog razvoja *Strategije* proizlazi da tema klizišta treba biti zastupljena u okviru: (i) afirmacije obilježja i vrijednosti krajobrazne, kao i u okviru (ii) prilagodbi klimatskim promjenama.

Izrađena *Karta podložnosti* prikazuje područja podložna na klizanje, odnosno **područja krajobrazne sa specifičnim obilježjima** za koja se u *Strategiji* navodi da je **potrebno izraditi smjernice za izradu detaljnije karakterizacije obilježja/krajobrazne na regionalnoj/županijskoj i lokalnoj razini te predložiti područja za detaljnija istraživanja**. Razlog za to može biti da se radi o krajobrazima visoke osjetljivosti (obalnim područjima gdje klizišta mogu nastati zbog promjene razine mora) ili područjima koja su izložena pritiscima razvoja (područja podložna klizanju na kojima se planira gradnja ili drugi zahvati), urbanim krajobrazima koji se brzo mijenjaju zbog intenzivne izgradnje (iskopi, nasipi, promjena opterećenja, promjena režima podzemnih voda, promjena režima površinskih voda) ili degradiranim prostorima poput postojećih klizišta itd. Vezano za ovo, u *Strategiji* se ističe nužnost interdisciplinarnog pristupa te uključivanja stanovnika i svih zainteresiranih u donošenje odluka o budućem razvoju i zaštiti obilježja krajobrazne, što je u slučaju klizišta osobito važno zbog mogućeg nepovoljnog interaktivnog utjecaja od strane pojedinaca i zajednice. **Izrađena Karta podložnosti također može poslužiti u projektu/aktivnosti izrade Krajobraznog atlasa**. Naime, tijekom provođenja postupaka prepoznavanja krajobrazne integralnog karaktera, kojima će se istraživati i razmatrati svi aspekti tvorbe krajobrazne, i antropogeni i prirodni, za određene tipove krajobrazne je važno znati jesu li povezani s procesima klizanja, bilo postojećim ili potencijalnim.

Vezano za prilagodbu klimatskim promjenama u *Strategiji* se navodi da **svi razvojni planovi, uključujući promišljanje prostornog razvoja, moraju uzeti u obzir jačanje otpornosti na ove poremećaje** na osnovi znanstvenih projekcija i ciljanih stručnih analiza/studija kojima se utvrđuju **oblici i stupnjevi ranjivosti države u cjelini i pojedinih područja**. U tom smislu izrađena *Karta podložnosti* prikazuje rezultate ciljanih znanstvenih analiza koji se mogu koristiti za utvrđivanje **ranjivosti od klizanja** za državu u cjelini. Prema *Strategiji* **jačanje otpornosti na ove poremećaje** ponajprije znači **prilagodbu i nadogradnju prostornih standarda i uvjeta za građenje** u smjeru **jačanja otpornosti novih i izgrađenih struktura na posljedice klimatskih promjena** te **iznalaženje modela za podizanje otpornosti postojećih struktura na rizike**. *Karta podložnosti* može poslužiti za prilagodbu klimatskim promjenama kao osnovna za: propisivanje posebnih uvjeta građenja u područjima pojačanog rizika (od odabira najmanje rizičnih područja za gradnju do omogućavanja propisivanja vrlo specifičnih uvjeta građenja); usmjeravanje razvoja na manje rizična područja; te planiranje izgradnje na prirodno prihvatljivijim područjima. **Mjere prilagodbe klimatskim promjenama ovise o prepoznatim i utvrđenim rizicima i osjetljivosti, za što je izrađena *Karta podložnosti na klizanje* osnovna stručna podloga relevantna za prijetnje/opasnosti od klizišta na državnoj razini**. Na temelju daljnjih analiza prema različitim kriterijima (broj ljudi, veličina ugroženog/rizičnog područja i moguće financijske posljedice zbog uništene imovine – građevina i infrastrukture) moguće je odrediti ranjivost/osjetljivost pojedinih područja i moguće oblike prilagodbe. Odgovor na klimatske promjene na razini naselja i u urbanim područjima vezan je ponajprije uz učinkovitost sustava komunalne infrastrukture te **propisivanje odgovarajućih prostornih standarda i uvjeta koji se realiziraju provedbom prostornih planova**. Prostornim planovima potrebno je planirati sive i zelene namjene i mjere provedbe, a također se u *Strategiji* navodi i **ozelenjavanje klizišta**. U projektima/aktivnostima *Strategije* se navodi *Izrada Procjene rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku*. *Karta podložnosti* izrađena je u skladu s metodologijom koja je korištena i za **procjenu rizika od katastrofa klizanja u RH** (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019), te su time uzeti u obzir svi rezultati procjene koji se ovdje dodatno interpretiraju za potrebe sustava prostornog uređenja.

Sukladno okviru za provedbu *Strategije*, *Karta podložnosti* je izrađena na način da predstavlja **tematski sloj u ISPU**, koji je moguće pregledavati i analizirati s drugim podacima iz prostornih evidencija. Također, izrađena je korištenjem GIS tehnologije, te se kao takva, u skladu s predloženim smjernicama, može koristiti za izradu i provedbu planova nove generacije u čijem obuhvatu se nalaze područja visoke, odnosno niske podložnosti na klizanje.

Predlaže se *Kartu podložnosti na klizanje Republike Hrvatske mjerila 1:100 000* razmotriti kod izrade ***Državnog plana prostornog razvoja Republike Hrvatske, DPPR***, na način kao što je opisano u poglavlju 5 „*Primjena karte podložnosti RH na klizanje u prostornom planiranju*“.

1.3. Veza na druge dokumente

Slijedom *Zakona o prostornom uređenju* (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19), primjena izrađene *Karte podložnosti* na klizanje RH omogućava provođenje cilja prostornog uređenja koji se odnosi na **zaštitu od prirodnih i drugih nesreća** (*Cilj 16 u Čl. 6, St. 1 Zakona*). Također, doprinosi i **razumnom korištenju i zaštiti prirodnih dobara, očuvanju prirode i zaštiti okoliša** (*Cilj 6 u Čl. 6, St. 1 Zakona*). Budući da je *Karta podložnosti* izrađena kao rezultat znanstvenih metoda istraživanja, korištenjem informacija s ove karte uvažit će se jedno od načela iz Čl. 7 ovog Zakona, „**Načelo uvažavanja znanstveno i stručno utvrđenih činjenica**“. Uvažavanje podložnosti na klizanje, kao regionalne osobitosti dijela područja u Republici Hrvatskoj, omogućit će **prilagodbu planskih rješenja analiziranim značajkama prostora**, kako u fazama izrade DPPR-a, tako i u fazama izrade i provedbe ostalih prostornih planova, na osnovi kontinuirane **primjene suvremenih znanstvenih i stručnih postignuća** iz domene **prostornih analiza geohazarda**. Izrađena karta omogućit će **upoznavanje, provjeru i procjenu mogućnosti korištenja i razvoja prostora u odnosu na ograničenje od klizišta**.

Slijedom *Programa prostornog uređenja Republike Hrvatske* (NN 50/99, 84/13) izrađena *Karta podložnosti* će se koristiti za ostvarivanje jednog od osnovnih ciljeva prostornog razvoja (*cilj 1-3*): „**Racionalno koristiti i zaštititi nacionalna dobra, a svrhovito korištenje i namjenu prostora temeljiti na stručnim i znanstvenim osnovama i cjelovitom uvidu u značajke prostora** (prirodna i stvorena osnova, pogodnost, ograničenja i osjetljivost prostora za djelatnosti, osobite vrijednosti prostora), usklađeno s europskim kriterijima-standardima, osobito za zaštitu prirodnih resursa i okoliša, šumske zajednice i druga).“ *Karta podložnosti* će omogućiti da se nužna osobita pažnja u korištenju prostora posveti **područjima veće osjetljivosti** (tj. područjima klizišta) **radi uvođenja i primjene posebnih mjera korištenja, ograničavanja građenja, te obnove i sanacije krajobraza**. Daljnja obaveza u smislu osiguranja zaštite i primjerenog uređenja „**područja podvrgnutih spontanom prirodnim procesima (klizišta)**“ u okviru planiranja navodi se vezano za **krajoblik**¹, a također i vezano **za osnove i smjernice za uređenje prostora**, odnosno za **organizaciju, korištenje i zaštitu prostora**, tj. određivanje građevinskih područja izvan nestabilnih terena (klizišta).

Prema *Strategiji održivog razvitka Republike Hrvatske* (NN 30/09) provedene analize procjene i zoniranja područja na kojima postoji **opasnost od klizanja** i uvođenje mjera kojima će se ublažiti ova opasnost, a time i **posljedice (rizik)**, su u funkciji ostvarivanja jednog od tri cilja, a to je **cilj zaštite okoliša**. U istom dokumentu se navodi da ostvarivanje ciljeva *Strategije* treba poštovati ograničenja koja postoje pri korištenju prirodnih dobara, kako bi se spriječila degradacija okoliša, te da znanstvenim i stručnim spoznajama treba razvijati sustav zaštite zdravlja ljudi, uključujući **sanaciju postojećih opterećenja okoliša (u što se mogu uvrstiti klizišta)**. U skladu s tim, provedene analize i mjere koje iz njih proizlaze, spadaju u **drugo ključno područje Strategije**, a to je **Okoliš i prirodna dobra (tlo i vode)** odnosno **zaštita prirode i prirodnih dobara** (cjelovit prostor RH, a posebno **poljoprivredne površine, šume i vode**). Vezano

¹ Krajoblik je definiran kao dio područja izgled kojega je određen djelovanjem i međudjelovanjem prirodnih i ljudskih čimbenika, kakvim ga opaž a stanovništvo kroz perspektivu različitih lokalnih, regionalnih i nacionalnih kultura (RH/MGIPU, 1999).

za *Poljoprivredne površine*, uvođenje mjera koje se odnose na posebna ograničenja uslijed pojave klizišta prema ovoj *Strategiji*, spada u aktivnosti ili mjere za ostvarivanje glavnih ciljeva s dva konkretna cilja: cilj 5 - *U planiranju i uređivanju prostora te planiranju i korištenju prirodnih dobara osigurati očuvanje značajnih i karakterističnih obilježja krajobraza te održavanje bioloških, geoloških i kulturnih vrijednosti koje određuju njegovo značenje i estetski doživljaj*; cilj 12 - *Korištenje prostora temeljiti na sveobuhvatnom upravljanju, a ne samo stavljanjem pod zaštitu*. Također u dijelu koji se odnosi na *Vode*, navodi se i sljedeća aktivnost ili mjera - *uspostaviti kvalitetne podloge za provedbu održivoga gospodarenja i zaštite tla te izraditi Strategiju i plan zaštite tla te Plan održivoga gospodarenja tlom i zemljištem*.

Glavni, dugoročni cilj *Strategije prilagodbe klimatskim promjenama u RH za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu* (RH/MZOIE, 2019) je **smanjenje ranjivosti društvenih i prirodnih sustava na negativne utjecaje klimatskih promjena**, odnosno **jačanje njihove otpornosti i sposobnosti oporavka** od tih utjecaja. U *Strategiji* je procijenjen utjecaj klimatskih promjena na osam promatranih sektora te je procijenjena ranjivosti promatranih sektora na klimatske promjene. Izrađena *Karta podložnosti* na klizanje relevantna je za dva međusektorska tematska područja, **prostorno planiranje i upravljanje obalnim područjem te upravljanje rizicima**. Utjecaji i izazovi koji uzrokuju visoku ranjivost međusektorskog tematskog područja prostorno planiranje, a povezano s klizištima, su poplave u naseljima, uslijed ekstremno velike količine oborina, koje mogu uzrokovati **masovnu pojavu klizišta**. **Kao mogući odgovor na smanjenje visoke ranjivosti u Strategiji se navodi ugradnja mjere prilagodbe u sustav prostornih planova**. Izrađena *Karta podložnosti* na klizanje **predstavlja prostorni podatak za definiranje mjera prilagodbe na razini DPPR-a, što je preduvjet za ostale mjere prilagodbe u sustavu prostornih planova na svim razinama, regionalnim/područnim i lokalnim**. U *Strategiji* je za svaki sektor utvrđen **skup mjera** koji ima za cilj na učinkovit način definirati sustav prilagodbe klimatskim promjenama, a koji se postavlja pred svaku sektorsku aktivnost. Pored navedenih **sektorskih mjera**, definiran je i **skup horizontalnih mjera**, koje se dotiču više sektora, odnosno imaju **međusektorski karakter**, kao npr. **prostorno planiranje i upravljanje obalnim područjima te upravljanje rizicima**. Navedeno je značajno jer istraživanja provedena tijekom izrade *Strategije* pokazuju također da će se u budućnosti povećati i intenzitet kratkotrajnih jakih oborina, što stvara preduvjete i za učestalije pojave poplava i erozije na bujičnim vodotocima (Istra i Kvarner), urbanim područjima i riječnim slivovima. Kako su pojedini dijelovi područja RH vrlo ranjivi i to uglavnom zbog nezavršenih zaštitnih sustava, te neizgrađenih i nedovoljno održavanih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, poplave bi imale izrazito negativan efekt, te bi izgrađena infrastruktura i objekti, gospodarski sektori, kao i ljudski životi mogli biti ugroženi. **Klizišta** se eksplicitno navode kao **prijetnje i pritisci** vezani za tlo na sljedeći način: „*Opterećenja tla koja dovode do njegove degradacije mogu biti prirodna i antropogena. Prirodne prijetnje su pojave kao što su vremenske nepogode, požari, poplave, potresi i sl. One uzrokuju eroziju vodom i vjetrom, klizišta, zaslanjivanje tla, zakiseljavanje, zamočvarivanje, isušivanje, gubitak biološke raznolikosti i dr. Mnoge navedene degradacijske promjene, osim prirodnih uzroka, mogu biti posljedica i antropogenih prijetnji kao što su promjena načina korištenja zemljišta (prekrivanje tla, izgradnja akumulacija), promjena vodnog režima (melioracija, navodnjavanje, retencije), iskorištavanje mineralnih sirovina,*

industrijska proizvodnja, odlaganje otpada, intenzivna poljoprivreda, akcidenti i dr. Najčešći rezultat svih tih prijetnji je gubitak tla, odnosno fizikalna i kemijska degradacija prirodnih osobina tala te onečišćenje stranim i opasnim tvarima (kemijske tvari koje izvorno ne pripadaju tlu).“ Klizišta se smatraju **oštećenjima tla** (uz eroziju, zbijanje, zaslanjivanje i drugo). Klizišta se također navode i kao **postojeći okolišni problemi**, a vezani uz stanje voda i vodnih tijela / mora, odnosno tlo i zemljišne resurse. U odnosu na navedene mjere prilagodbe klimatskim promjenama iz sektora *Prostorno planiranje i upravljanje obalnim područjem* (PP), izrađena *Karta podložnosti na klizanje*, dostupna kroz ISPU sustav, omogućava **razvoj provedbene mjere: „PP-01-05. Osiguranje dostupnosti rezultata istraživanja putem postojećih informacijskih sustava prostornog uređenja, zaštite okoliša i voda ili Portala otvorenih podataka odnosno Geoportala Nacionalne infrastrukture prostornih podataka.“** Naime, **dostupnost podataka o podložnosti na klizanje u obliku tematskog GIS sloja s informacijama o prijetnjama u RH, a kroz ISPU sustav pripada skupini mjera nazvanih PP-01 Jačanje baza znanja i sustava praćenja i ocjenjivanja.** Stručna podloga *Karta podložnosti na klizanje* također je **nužna kao osnova za planiranje razvoja regulatornih i administrativnih mjera prioriteta 1 iz skupine PP-03 Integracija mjera prilagodbe u sustav prostornog uređenja.**

Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019) iznimno je važan dokument kao temelj rada za buduće djelovanje na **smanjenju rizika od katastrofa** u RH, a slijedeći koraci podrazumijevaju izradu procjene kapaciteta upravljanja rizicima, *Strategije za smanjenje rizika od katastrofa*, kao i konkretnih akcijskih planova. Kao rezultat ove procjene identificirano je 15 jednostavnih rizika i jedan složeni rizik. Za svaki od rizika izrađen je scenarij – opis događaja koji može biti proglašen katastrofom, odnosno izazvati velike posljedice. Scenariji su ukratko obrazloženi i opisani, te su potom analizirana dva moguća događaja svakog scenarija - najvjerojatniji neželjeni događaj i događaj s najgorim mogućim posljedicama. Za klizišta je također u obzir uzet i utjecaj klimatskih promjena na rizik, tj. navodi se da će klimatske promjene utjecati na pojavu rizika. Najvažniji rezultati procjene sažeto su opisani u poglavlju 3. *Općenito o opasnostima i ugroženosti od klizanja u RH.*

U ***Zakonu o ublažavanju i uklanjanju posljedica prirodnih nepogoda*** (NN 16/19) definirano je 11 prirodnih nepogoda, među kojima klizišta spadaju u prirodnu nepogodu nazvanu „klizanje, tečenje, odronjavanje i prevrtanje zemljišta“. Ovim Zakonom uređuju se kriteriji i ovlasti za proglašenje prirodne nepogode, procjena štete od prirodne nepogode, dodjela pomoći za ublažavanje i djelomično uklanjanje posljedica prirodnih nepogoda nastalih na području Republike Hrvatske, Registar šteta od prirodnih nepogoda te druga pitanja u vezi s dodjelom pomoći za ublažavanje i djelomično uklanjanje posljedica prirodnih nepogoda.

Pravilnikom o mjerama zaštite od elementarnih nepogoda i ratnih opasnosti u prostornom planiranju i uređivanju prostora (NN 29/83, 36/85 i 42/86) određeni su pojedini sadržaji prostornih planova, smjernice za planiranje prostora, prostorni standardi i normativi te postupak izrade i donošenja pojedinih dijelova prostornih planova koji su od važnosti za zaštitu od elementarnih nepogoda (mjere zaštite). Planiranjem mjera zaštite u prostornim planovima i njihovim provođenjem u uređivanju prostora treba se broj, opseg i

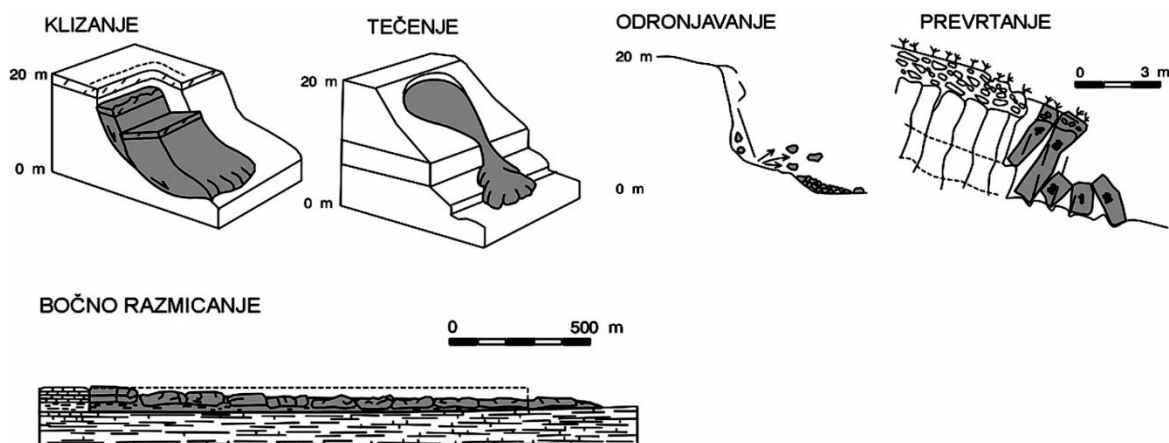
posljedice elementarnih nepogoda svesti na najmanju moguću mjeru. U dijelu *Pravilnika* navodi se da se mjere zaštite u prostornim planovima određuju na osnovi **procjene ugroženosti** koje su sadržane u **planovima zaštite od elementarnih nepogoda**. Izrađena *Karta podložnosti* može poslužiti kao stručna podloga za definiranje područja za koja treba provesti procjene ugroženosti od elementarnih nepogoda , odnosno izraditi detaljnije stručne podloge za izradu prostornih planova određenih područja i/ili razina, te propisati planske mjere zaštite u smislu tog *Pravilnika*.

2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA I O KARTAMA KLIZIŠTA

Klizišta su najčešće aktivirana prirodnim uzročnicima, poput intenzivnih oborina ili potresa, ali mogu nastati i kao posljedica ljudskih djelatnosti (Popescu, 2002; Guzzetti i dr., 2007; Clague i Roberts, 2012), odnosno građenja, poljoprivrednih aktivnosti te nekontroliranog uklanjanja vegetacijskog pokrova. **Održivo upravljanje prostorom na bilo kojoj razini je otežano, gotovo i nemoguće, bez poznavanja svih vrsta geohazardnih procesa i njihove prostorne raspodjele na nekom području, odnosno bez sustavnog evidentiranja pojava koje nastaju kao posljedica njihovog odvijanja** (Bell, 2003; Clague i Roberts, 2012). Istraživanje klizišta i procjena opasnosti od klizanja u domeni je geoznanosti, a konačni rezultati su karte postojećih klizišta i prognostičke karte koje su informacija za širok spektar korisnika, najčešće iz domene lokalne, regionalne i državne uprave. Prognostičke karte klizišta podrazumijevaju zoniranje istraživanog područja na homogene prostorne jedinice klasificirane s obzirom na opasnost od klizanja, odnosno stvarni ili potencijalni stupanj **podložnosti, hazarda ili rizika od klizanja** (Van Westen i dr., 2005). Prognostičke karte hazarda klizanja nastaju kao rezultat prostornih analiza, ali za njihovu izradu nužni su detaljni i potpuni inventari klizišta (Glade, 2001; van Westen i dr., 2008). **Smanjenje posljedica od rizika klizanja moguće je izradom odgovarajućih karata klizišta te implementiranjem kroz sustav prostornog uređenja u prostorne planove i planiranje namjene zemljišta.**

2.1. Definicije i klasifikacije klizišta

Prema općoj definiciji, **klizanje** je gibanje mase tla ili stijena niz padinu pod utjecajem gravitacije (Cruden, 1991). Dearman (1991) klizanje ubraja u skupinu aktivnih geomorfoloških procesa, uz ostale recentne egzogene ili površinske geološke procese. Pod pojmom klizanje (u širem smislu) podrazumijeva se pet mehanizama gibanja (Varnes, 1978; Cruden and Varnes, 1996) prikazanih na slici 2.1: (i) odronjavanje (eng. falling), (ii) prevrtanje (eng. toppling), (iii) klizanje (u užem smislu) (eng. sliding), (iv) tečenje (eng. flowing) i (v) bočno razmicanje ili širenje (eng. spreading). **Klizište** je pojava koja nastaje procesom klizanja. Tip klizišta određuje se s obzirom na mehanizam gibanja i pokrenuti materijal, a uvjetuje potencijalnu brzinu gibanja, volumen pokrenute mase, duljinu transporta pokrenute mase, kao i mogući nepovoljan utjecaj klizanja i odgovarajuće mjere ublažavanja opasnosti i ugroženosti. U okviru **procjene podložnosti na klizanje za izradu stručne podloge za DPPR** analiziran je samo proces klizanja. U tablicama 2.1, 2.2 i 2.3 daje se pregled vrsta klizišta s obzirom na dubinu klizišta, volumen pokrenute mase i brzinu gibanja klizišta, prema opće prihvaćenim svjetskim klasifikacijama. Svrha prikaza ovih klasifikacija je definiranje klizišta koja su predmet opisane procjene podložnosti s obzirom na njihove dimenzije.



Slika 2.1 Tipovi klizišta prema mehanizmu gibanja (Cruden i Varnes, 1996).

Tablica 2.1. Terminologija za opis dubine klizišta (IPL, 2013). Crveno su označene dimenzije klizišta u Republici Hrvatskoj, s izuzetkom klizišta Kostanjek u Gradu Zagrebu (slika 3.8) dubine 60 m.

Klasa	Dubina klizišta (m)	Opis
7	≥ 500	ekstremno duboko
6	100 – 500	vrlo duboko
5	50 – 100	duboko
4	20 – 50	duboko – srednje duboko
3	5 – 20	srednje plitko
2	1 – 5	plitko
1	≤ 1	površinsko

Tablica 2.2. Terminologija za opis površina klizišta (van Schalkwyk i Thomas, 1991). Crveno su označene dimenzije klizišta u Republici Hrvatskoj, s izuzetkom klizišta Kostanjek u Gradu Zagrebu (slika 3.8) površine $1 \cdot 10^6 \text{ m}^2$.

Klasa	Površina klizišta (m^2)	Opis
1	0,01 - 10	vrlo mala
2	10,01 – 1 000	mala
3	1 000,01 – 100 000	srednje velika
4	100 000,01 – 1 000 000	velika
5	$> 1 000 000$	vrlo velika

Tablica 2.3. Terminologija za opis brzine klizišta (Hungar, 1981; WP/WLI, 1995).

Klasa	Brzina gibanja			Mjere ublažavanja opasnosti
	mm/s	različite jedinice	Opis	
7	5×10^3 ili više	5 m/s ili veća	ekstremno brzo	nije moguća primjena
6	$5 \times 10^1 \sim 5 \times 10^3$	3 m/min $\sim$ 5 m/s	vrlo brzo	
5	$5 \times 10^{-1} \sim 5 \times 10^1$	1,8 m/h $\sim$ 3 m/min	brzo	evakuacija stanovništva
4	$5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-1}$	13 m/mjesec $\sim$ 1,8 m/h	srednje brzo	
3	$5 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-3}$	1,6 m/god $\sim$ 13 m/mjesec	sporo	održavanje klizišta mjerama stabilizacije i sanacije
2	$5 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-5}$	16 mm/god $\sim$ 1,6 m/god	vrlo sporo	
1	5×10^{-7} ili manje	16 mm/god ili manje	ekstremno sporo	ne primjenjuje se

Do klizanja i tečenja uglavnom dolazi na nagnutim terenima, tzv. padinama ili kosinama, pri čemu su dovoljni vrlo mali nagibi padina da bi se dogodilo gravitacijsko gibanje masa tla ili stijena. Učestalost opasnosti od pokrenutih klizišta ovisi o učestalosti i intenzitetu događaja koji ih pokreću, tzv. **pokretača klizišta**, kao što su oborine (intenzivna oborina, topljenje snježnog pokrivača), seizmička aktivnost (potres), vulkanska aktivnost i ljudski zahvati (npr. zasijecanje ili opterećenje kosina i dr.). Osim toga, važan prirodni **preduvjet za nastanak klizišta** je i vrsta stijena i tala koje izgrađuju određeno područje. Usprkos tome što

djelomično mogu biti uzrokovana ljudskim djelatnostima, klizišta se smatraju **prirodnim opasnostima (prirodnim hazardima ili geohazardima)**, jer su to prvenstveno prirodni procesi koji najčešće uzrokuju štete na materijalnim dobrima, a mogu izazvati i gubitke ljudskih života. Prirodne opasnosti, kao što su poplave, potresi, vulkanske erupcije i klizanja, mogu se događati i istovremeno, ili jedna vrsta procesa može prouzročiti druge.

2.2. Terminologija vezana za hazard i rizik od klizanja i vrste karata klizišta

U nastavku se navodi terminologija vezana za **prognose karte klizišta** koja potječe iz dokumenata koje su izradile radne skupine stručnjaka i znanstvenika, kao što je Varnes (1984), odnosno strukovne udruge, npr. *Australsko geomehaničko društvo* (AGS, 2000). Ova terminologija također je u skladu s općom terminologijom koju je izdala *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR) u svom rječniku (UN-ISDR, 2009).

- **Hazard od klizanja** se odnosi na mogućnost događaja procesa klizanja koji će izazvati štetu na nekom području; pri čemu štete mogu uključivati ljudske žrtve ili ozljede, štete na dobrima, prekid socijalnih i ekonomskih aktivnosti ili degradaciju okoliša. Termini hazard i rizik često se koriste kao sinonimi, iako je to nepravilno.

- **Podložnost na klizanje** odnosi se na vjerojatnost klizanja koje se može dogoditi na nekom području na koja je procijenjena na osnovi lokalnih uvjeta. Podložnost ne uzima u obzir vjerojatnost događaja koja ovisi o povratnom razdoblju pokretača klizišta, kao što su oborine ili seizmičnost.

- **Ranjivost od klizišta** odražava veličinu potencijalnih gubitaka određenog elementa (ili seta elemenata) unutar područja zahvaćenih hazardom, izraženo na ljestvici od 0 (nema gubitaka) do 1 (potpuni gubitak); ranjivost se izražava za fizičke, socijalne, ekonomske i okolišne uvjete.

- **Rizik od klizanja** se odnosi na vjerojatnost posljedica – očekivanog broja ljudskih žrtava, ozlijeđenih osoba, visina štete na dobrima ili na ekološkom sustavu, ili prekid ekonomskih aktivnosti – unutar područja na kojemu se može nastati klizište. S obzirom na opseg, rizik može biti pojedinačni ili se odnositi na zajednicu, a nastaje kao rezultat interakcije između hazarda i ranjivosti pojedinca ili zajednice.

- **Elementi pod rizikom** su populacija, javna i privatna infrastruktura, ekonomske aktivnosti, ekološke vrijednosti i dr. koji su pod rizikom na nekom području.

- **Zoniranje hazarda klizanja** se odnosi na podjelu određenog teritorija na homogena područja ili domene, pri čemu su ta područja rangirana/kategorizirana prema stupnju postojećeg ili potencijalnog hazarda ili podložnosti na klizanje.

Zoniranje se provodi izradom različitih karata. S obzirom na vrstu zoniranja, osnovne karte su:

- **Karte inventara klizišta** prikazuju lokacije i granice klizišta. Inventar klizišta je set podataka koji može prikazivati klizišta nastala u pojedinom događaju (npr. masovno aktiviranje klizišta kao posljedica ekstremnih oborina u jednom određenom razdoblju) ili klizišta nastala tijekom više događaja, npr. povijesni inventari koji obuhvaćaju sva klizišta (Guzzetti i dr., 2012).

- **Karta podložnosti na klizanje** rangira područje s obzirom na relativnu stabilnost padina na kategorije od stabilnih do nestabilnih. Karte podložnosti prikazuju gdje se mogu dogoditi klizišta.
- **Karta hazarda od klizišta** daje podataka o vremenskoj vjerojatnosti (mogućnosti) da se na nekom području dogode klizišta na način da se prikazuju mogućnosti da klizište zahvati određeno područje.
- **Karta rizika od klizišta** prikazuje očekivane godišnje gubitke uslijed šteta koje su prouzročila klizišta na nekom području. Karte rizika su kombinacija informacije o vjerojatnosti s karte hazarda klizišta i analize svih mogućih posljedica (na dobrima, ljudskih žrtava i prekida servisa).

U sustavu upravljanja rizicima od klizišta, **karte zoniranja** mogu biti namijenjene za različite namjene: **informativne, savjetodavne, zakonske i projektantske namjene**. Neovisno o metodi zoniranja i mjerilu izrade karte, preporučuje se korištenje uobičajenih opisa na osnovi kojih se razlikuju magnituda i intenzitet klizišta, i na osnovi kojih se kvantificira podložnost na klizanje, hazard i rizik, zbog toga da se omogući usporedba rezultata za različite okoliše. Preporuke su dane u članku nazvanom „*Smjernice za zoniranje podložnosti, hazarda i rizika klizanja za planiranje namjene zemljišta*“ autora Fell i dr. (2008). Dionici uključeni u upravljanje rizicima od klizanja su vlasnici, stanovnici, zahvaćena javnost, nadležne uprave, inženjerskogeološki i geotehnički stručnjaci i analitičari rizika.

2.3. Općenito o metodama procjene podložnosti

Neovisno o mjerilu, **karta podložnosti na klizanje** uvijek rangira područje prema relativnoj stabilnosti padina na kategorije od stabilnih do nestabilnih. Karte podložnosti prikazuju gdje mogu nastati klizišta, a uobičajeno koriste ljestvice boja u kojima se toplim bojama (crvena, narančasta i žuta) prikazuju nestabilna i granično nestabilna područja, a hladnim bojama (plava i zelena) stabilnija područja.

Podložnost na klizanje može se definirati kao prostorna vjerojatnost klizanja (nastanka ili reaktivacije pojave klizišta) za unaprijed definirane preduvjete klizanja (Guzzetti i dr., 1999). Glavne pretpostavke kod zoniranja podložnosti na klizanje su (Varnes, 1984; Hutchinson, 1995 preuzeto iz Aleotti i Chowdhury, 1999): (a) klizišta će se u budućnosti aktivirati zbog istih geoloških, geomorfoloških, hidrogeoloških i klimatskih preduvjeta kao i u prošlosti; (b) pojava klizišta uvjetovana je preduvjetima klizanja koje je moguće identificirati i klasificirati; (c) stupanj podložnosti je moguće procijeniti različitim kvalitativnim i kvantitativnim metodama; (d) svi tipovi nestabilnosti na padinama se mogu identificirati i klasificirati. Karte podložnosti ne daju informaciju o veličini aktiviranih klizišta i vremenskoj vjerojatnosti pojave klizišta, odnosno "kada" i "koliko često" će se klizišta aktivirati (Guzzetti i dr., 2005).

Odabir **metode za procjenu podložnosti** na klizanje ovisi o mjerilu i namjeni konačne karte, ali i dostupnim podacima o klizištima i preduvjetima klizanja na istraživanom području. Na primjer, karte podložnosti na klizanje u državnom (<1:250.000) i regionalnom mjerilu (1:250.000-25.000) ne iziskuju kartiranje klizišta i izradu inventara klizišta (Corominas i dr., 2013) te se zbog toga najčešće primjenjuju **heurističke metode** procjene podložnosti na klizanje, a rezultat je kvalitativna procjena podložnosti. **Statističke metode** procjene podložnosti na klizanje najčešće se koriste za područja veličine 10-10.000 km², odnosno za karte lokalnog mjerila (1:5.000 do 1:25.000), a rezultat je kvantitativna procjena prostorne

vjerojatnosti. **Determinističke metode** koriste se za zoniranje podložnosti na klizanje za pojedinačne lokacije ili manja područja ($<10 \text{ km}^2$), a temelje se na podacima dobivenim detaljnim inženjerskogeološkim i geotehničkim istraživanjima.

Vrsta i namjena zoniranja uvjetovana je daljnjom primjenom, odnosno krajnjim korisnicima izvedenih karata klizišta, no vrlo važan faktor je i dostupnost ulaznih podataka. Ulazni podaci za analizu podložnosti na klizanje primjenom heurističke metode su različiti **preduvjeti klizanja**, odnosno faktorske karte klizanja, a mogu se podijeliti na karte izvedene iz digitalnog modela terena (nagib terena, orijentacija padine, zakrivljenost terena itd.), karte izrađene na temelju geoloških, inženjerskogeoloških, hidroloških i geomorfoloških podataka i karte izvedene iz karata namjene ili pokrova zemljišta. Najznačajniji faktori klizanja su najčešće litologija i nagib terena (Komac, 2006; 2012). **Karte podložnosti na klizanje u državnom mjerilu izrađene su sa svrhom da daju opći pregled područja podložnih na klizanje u cijeloj zemlji te se mogu upotrijebiti za informiranje prostornih planera na državnoj razini, ali i šire javnosti** (Soeters and van Westen, 1996).

3. OPĆENITO O OPASNOSTI I UGROŽENOSTI OD KLIZANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Ova stručna podloga bavi se klizištima koja su nastala kao posljedica procesa **klizanja** i/ili **tečenja** (radi jednostavnosti u daljnjem tekstu koristi se samo termin klizanje). Navedeno znači da su iz prikaza izostavljeni podaci o pojavama klizišta nastalim procesima odronjavanja, prevrtanja i bočnog razmicanja.

Hazard ili **opasnost od klizanja** prvenstveno ovisi o prirodnim uvjetima, među kojima su najznačajniji geomorfološki uvjeti, a koji obuhvaćaju vrstu materijala od kojeg je područje izgrađeno i vrstu reljefa. Stoga se u nastavku navode podaci o rasprostranjenosti klizišta u Republici Hrvatskoj ovisno o geološkoj građi, a vezano na vrste reljefa.

Rizik (šteta ili gubitak) uslijed hazarda ovise o elementima pod rizikom (populaciji, javnoj i privatnoj infrastrukturi, ekonomskim aktivnostima, ekološkim vrijednostima i dr.) koji su stvarno ili potencijalno ugroženi na nekom području. Budući da u RH ne postoji sustavna analiza šteta uslijed klizanja, ovdje se navode samo opći podaci o vrstama i razmjerima mogućih šteta s karakterističnim primjerima iz **dogadaja masovnih klizišta**, odnosno pojedinačnim ekstremnim klizištima kao što su najveće klizište u RH, **klizište Kostanjek** u Zagrebu i katastrofalno **klizište u Hrvatskoj Kostajnici** nastalo 2018. godine.

3.1. Rasprostranjenost klizišta u Republici Hrvatskoj ovisno o geološkoj građi

Prema Mihalić Arbanas i dr. (2017b), većina područja u Republici Hrvatskoj koja su podložna na klizanje su **brežuljci** i **podbrežja** izgrađeni od: (i) neogenskih klastičnih stijena (lapori), karbonatnih stijena i tala u *Panonskom bazenu* (površine oko 6.000 km²) te u tektonskim jedinicama *Visokog krša* (površine oko 160 km²), *Pred-krša* i *Bosanskog fliša* (površine oko 130 km²), *Zapadno-vargarskoj ofiolitnoj zoni* (površine oko 100 km²) i *Sava zoni* (površine oko 35 km²); (ii) pliokvartarnih tala u *Panonskom bazenu* (površine oko 2.300 km²); (iii) paleogenskih asocijacija klastičnih stijena (flišolike naslage) u tektonskim jedinicama *Jadranske ploče* (površine oko 450 km²), *Visokog krša* (površine oko 400 km²), *Dalmatinske zone* (površine oko 330 km²), *Zapadno-vargarske ofiolitne zone* (površine oko 80 km²) i *Sava zone* (površine oko 80 km²); (iv) paleozojskih i prekambrijskih magmatskih i metamorfnihi stijena u *Panonskom bazenu* (površine oko 380 km²); (v) paleozojskih ritmičnih izmjena klastičnih stijena u tektonskim jedinicama *Pred-krša* i *Bosanskog fliša* (površine oko 300 km²); i (vi) paleozojskih izmjena klastičnih i metamorfnihi stijena u *Panonskom bazenu* (površine oko 250 km²).

Područja podložna na klizanje koja se nalaze na **gorama** i **planinama** izgrađena su od: (i) paleozojskih ritmičnih izmjena klastičnih stijena u tektonskoj jedinici *Visokog krša* (površine oko 270 km²); (ii) paleozojskih izmjena klastičnih i metamorfnihi stijena u *Panonskom bazenu* (površine oko 220 km²); (iii) paleozojskih i prekambrijskih magmatskih i metamorfnihi stijena u *Panonskom bazenu* (površine oko 190 km²) i; (iv) paleogenske flišolike naslage u tektonskoj jedinici *Dalmatinska zona* (površine oko 20 km²) i *Zapadno vargarska ofiolitna zona* (površine oko 10 km²). U daljnjem tekstu ukratko su opisana odabrana područja geotektonskih jedinica koja su izrazito podložna na klizanje: Istra, dolina rijeke Rječine, Vanjski Dinaridi i Panonski bazen.

Istarski poluotok (Istra) nalazi se u zapadnom dijelu Republike Hrvatske, a pripada neporemećenom dijelu *Jadranske ploče* (Schmid i dr., 2008). Većina područja podložnih na klizanja u Istri nalaze se u tzv. „*Bijeloj Istri*“, u SI i I dijelu poluotoka, izgrađenoj od paleogenskih karbonatnih i klastičnih stijena te „*Sivoj Istri*“, u centralnom dijelu poluotoka, koje predstavlja područje eocenskog flišnog bazena izgrađenog od siliciklastičnih stijena. Paleogenske klastične naslage „*Bijele Istre*“ podložne su trošenju (Vivoda Prodan i Arbanas, 2016) i aktivnim geomorfološkim procesima, kao što su klizišta i erozija. Najčešće se pojavljuju mala i plitka klizišta koja nastaju na kontaktu između transportiranih naslaga i rezidualnog tla (kore trošenja) te rezidualnog tla i svježih siliciklastičnih stijena. Flišolike naslage i podinski „*Globigerina lapori*“ „*Sive Istre*“ podložni su trošenju i eroziji kao posljedica djelovanja površinskog otjecanja vode. Lapor i prahovnjaci u odnosu na pješčenjake imaju manju postojanost s obzirom na trošenje i eroziju te u njima nastaju profili trošenja debljine do 10 m (Vivoda Prodan, 2016). Klizanje najčešće nastaje duž kontakta trošnih i svježih flišolikih naslaga, naročito na mjestima koncentriranih tokova podzemne i površinske vode (npr. uz prometnice). **Najčešće nastaju mala i plitka klizišta** (Dugonjić i Arbanas, 2012, Dugonjić Jovančević, 2013). Također, izražena slojevitost flišolikih naslaga omogućava nastanak translacijskih blokovskih klizišta, kao što je klizište Brus (Arbanas i dr., 2010, Mihalić i dr., 2011, Arbanas i dr., 2013).

Veći dio područja **Vanjskih Dinarida** pripada geotektonskoj jedinici *Visokog krša*, koja je primarno izgrađena od mezozojskih i paleogenskih plitkomorskih karbonatnih naslaga (primjerice vapnenci, dolomiti, konglomerati i breče), koje su u određenim područjima prekrivene eocensko-oligocenskim stijenama (Vlahović i dr., 2005). U karbonatnim stijenama, najvažniji proces predstavlja kemijsko trošenje i stvaranja krša, pri čemu nastaju strme kosine sa relativno tankim pokrivačem. Najčešći tip nestabilnosti u karbonatnim stijenama predstavljaju odroni na umjetnim kosinama, primjerice zasjecima duž prometnica.

Duboka klizišta su vezana samo uz uska područja kontakta karbonatnih stijena i flišolikih naslaga. Područja s najvećom gustoćom klizišta nalaze se u dolini rijeke Rječine, kraj Rijeke (Arbanas i dr., 2014) i Vinodolskoj udolini (Toševski, 2018; Đomlija 2018). Erozija uzrokovana tokom rijeke Rječine bila je preduvjet za nastanak povijesnih klizišta, dok su inicijatori klizanja bili potresi (Vivoda i dr., 2012) i intenzivne oborine (Oštrić i dr., 2011; Mihalić Arbanas i dr., 2017a). Zasječene kosine kao posljedica erozivnog djelovanja rijeke Rječine predstavljaju kosine s najvećim stupnjem hazarda u flišolikim naslagama Hrvatske, na što ukazuje i događaj iz 1885. godine kada je smrtonosno klizište zatrpalo dio sela Grohovo (Anon., 2011). U recentno vrijeme česte su reaktivacije plitkih do srednje dubokih klizišta koja ugrožavaju županijsku cestu i branu Valići (Mihalić Arbanas i dr., 2017a).

Strme kosine, odnosno viši dijelovi Vinodolske udoline izgrađeni su od gornjokrednih i paleogenskih karbonatnih stijena (Blašković, 1999), dok su niži dijelovi i dno udoline izgrađeni od paleogenskih flišolikih naslaga, koje se uglavnom sastoje od lapora, prahovnjaka i pješčenjaka u izmjeni. Stariji i recentni pokrivač nastao pod utjecajem gravitacijskih procesa taložen je u nožici karbonatnih strmaca kao rezultat različitih tipova nestabilnosti na padini, prvenstveno odrona i prevrtanja stijena (Đomlija, 2018). Flišolike naslage uglavnom su prekrivene različitim tipovima površinskih naslaga nastalih kao posljedica geomorfoloških procesa aktivnih i u karbonatnoj stijenskom masi i u flišolikim naslagama (Đomlija i dr., 2014). Padine izgrađene od flišolikih naslaga, u donjim dijelovima Vinodolske udoline, presječene su s nekoliko relativno

velikih i dubokih jaruga, kao što su Slani Potok, Mala Dubračina i Kučina. Unutar tih jaruga, česta je pojava klizišta, pri čemu su materijali koji klize najčešće trošne flišolike naslage te materijali prethodno pokrenutih klizišta. Prema Đomlija i dr. (2019) tokovi debrita predstavlja najčešći tip klizišta identificiran u jaruzi Slanog potoka, a površina klizišta iznosi od 65 do 10.500 m².

U području Panonskog bazena, oko 42% površine zauzimaju brežuljci i podbrežja, a samo 2% površine predstavljaju gore i planine (Panagos i dr., 2012). Preostalo područje predstavljaju poplavne ravnice rijeke Save, Drave i Dunava. Planine i gore (Kalnik, Moslavačka Gora, Papuk, Psunj, Krndija i Dilj) bile su izdignute tijekom cijelog razdoblja neogena, a izgrađene su od mezozojskih karbonatnih te mjestimično klastičnih i vulkanskih stijena, te paleozojskih klastičnih stijena i mjestimično karbonatnih i metamorfnih stijena. Ravnice su izgrađene od pliokvartarnih i neogenskih sedimenata (tala i mekih stijena-tvrđih tala, uglavnom lapora). **Klizišta su česta pojava, a nastaju kao posljedica geomorfoloških, geoloških i klimatskih uvjeta te antropogenih čimbenika, kao što su nekvalitetno projektirane kosine, promjene u korištenju zemljišta i promjene nagiba kosina i neodgovarajuća drenaža površinskih voda.** Glavni inicijatori klizanja su kiša i otapanje snijega, s obzirom na to da se većina prijavljenih klizišta pojavljuje u razdobljima intenzivnih oborina (Bernat Gazibara i dr., 2017a,b). **Najčešća klizišta koja se pojavljuju u području Panonskog bazena su mala do srednje mala (< 10⁵ m³) i površinska do srednje plitka (<20 m) klizišta** (Bernat Gazibara i dr., 2017a). Unatoč malom volumenu, klizanje tla uzrokuje značajnu štetu na građevinama, infrastrukturi i usjevima zbog relativno velike gustoće klizišta. Primjerice, Bernat Gazibara i dr. (2019a) identificirali su 702 klizišta na području Grada Zagreba, na površini od 21 km². Nastanak velikih i dubokih klizišta na području *Panonskog bazena* moguć je isključivo kao posljedica djelovanja ljudske aktivnosti, primjerice rudarske aktivnosti, a primjeri su klizište Kostanjek u Gradu Zagrebu (Mihalić Arbanas i dr., 2017b) i klizište Torine kraj Našica (Grošić i dr., 2014).

Područja podložna na klizanje koja se nalaze uz **obalu Jadranskog mora** izgrađena su od kvartarnih sedimenata koji predstavljaju meke stijene podložne trošenju. Zbog vrste stijene izrazito podložne fizičkom trošenju, u ovim vrstama stijena formiraju se strmi pokosi koji su također podložni i eroziji podnožja litica uslijed djelovanja morskih valova. Ustrmljavanje litica izgrađenih od slabih stijena ulijed erozijskog rada morskih valova najčešća je predispozicija za nastanak klizišta uz obale mora, kao što je prikazano na slici 3.1.



Slika 3.1 Strme litice duž obale mora u Posedarju, izložene trošenju stijena kvartarne starosti i eroziji morskim valovima. Kao posljedica prirodnih predispozicija, u kombinaciji s nepovoljnim djelovanjem površinskih voda, osim odrona, na ovakvim liticama nastaju i klizišta.

3.2. Štete od klizišta u Republici Hrvatskoj i utjecaj na kritičnu infrastrukturu

I u slučaju kada nisu katastrofalna, klizanje i tečenje predstavlja veliki problem gotovo u svim dijelovima svijeta jer uzrokuju ekonomske i/ili socijalne gubitke, izravne ili neizravne, na privatnim i/ili javnim dobrima (Highland i Bobrowky, 2008). Izravne štete nastaju u trenutku aktiviranja klizišta, oštećivanjem pokretne i nepokretne imovine i ljudskim gubicima (smrt ili povreda) unutar granica prostiranja klizišta. Neizravne štete se iskazuju i kroz dulje vremensko razdoblje: umanjivanjem vrijednosti nekretnina u ugroženim područjima, gubitkom produktivnosti zbog oštećenja na dobrima ili prekida prometa, smanjenjem produktivnosti prouzročenom smrću ljudi, ozljedama ili psihološkim traumama i, konačno, troškovima sanacije šteta.

Klizišta su lokalna pojava budući da površina klizišta u Republici Hrvatskoj varira u rasponu od nekoliko 10-aka metara kvadratnih do približno nekoliko 10-aka tisuća metara kvadratnih, odnosno do maksimalno nekoliko hektara ili nekoliko desetaka hektara. Gotovo sva klizišta u Hrvatskoj pripadaju skupinama vrlo malih do velikih klizišta (tablica 2.2), površinskih do srednje dubokih klizišta (tablica 2.1) s izuzetkom klizišta Kostanjek (Podsused, Zagreb) koje je vrlo veliko duboko klizište (površine oko 100 ha). **Aktiviranje jednog klizišta stoga će izravno oštetiti ili potpuno uništiti određenu dionicu linijske infrastrukture (prometne, komunalne i druge) u približnoj duljini od nekoliko 10-aka do nekoliko 100-tina metara. Također, aktiviranje klizišta može izravno oštetiti ili potpuno uništiti sve druge tipove građevina koje se nalaze na području klizišta, neovisno o vrsti građevine ili njihovoj namjeni** (slika 3.1–slika 3.7). Ukoliko se promatraju nacionalne kritične infrastrukture, definirane prema *Zakonu o kritičnim infrastrukturama* (NN 56/13) kao „sustavi, mreže i objekti od nacionalne važnosti čiji prekid djelovanja ili prekid isporuke roba ili usluga može imati ozbiljne posljedice na nacionalnu sigurnost, zdravlje i živote ljudi, imovinu i okoliš, sigurnost i ekonomsku stabilnost i neprekidno funkcioniranje vlasti“, **klizišta teoretski predstavljaju prijetnju za sve vrste sustava, mreža i objekata, pod uvjetom da se one nalaze ili odvijaju na području podložnom na klizanje.** Međutim, s obzirom na veličinu klizišta, **očekuju se štete lokalnog karaktera.** Sektori energetike, komunikacijske i informacijske tehnologije, prometa i vodnog gospodarstva raspolažu sustavima, mrežama i objektima koji se nalaze na područjima ugroženim od klizišta. Zbog toga se tijekom gradnje/rekonstrukcije provode geotehnička istraživanja u svrhu izbjegavanja ili sanacije klizišta, a također i tijekom gradnje ili održavanja, ukoliko se pojave. Iz prakse je poznato da klizišta relativno često ugrožavaju cestovni ili željeznički promet, te je ovaj sektor istaknut kao najugroženiji u *Procjeni rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku* (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019). Kod oštećivanja građevina, neizravne posljedice nastaju tijekom cijelog vremena, sve do trenutka kada građevina i klizište nisu sanirani. Recentni primjer štete na kritičnoj infrastrukturi, nastao je tijekom požara u Psihijatrijskoj bolnici Lopača u kolovozu 2018., kada vatrogasci nisu mogli intervenirati na vrijeme zbog prekinutog prometovanja cestom oštećenom klizištem u veljači 2014. Isto klizište također izravno ugrožava i akumulaciju i branu Valići.



Slika 3.2. Štete na njivi koje je izazvalo klizište Zrinska Draga u Općini Dvor 2018. godine.



Slika 3.3. Štete na obradivim površinama i šumi koje je izazvalo klizište Trstenik u Gradu Zagrebu 13.2.2014.



Slika 3.4. Štete na prometnici koje je izazvalo klizište u Općini Bednja.



Slika 3.5. Štete na prometnici koje je izazvalo klizište Valiči aktivirano u veljači 2014. godine u Općini Jelenje.



Slika 3.6. Štete na pomoćnim objektima i na okućnici izazvane aktiviranjem klizišta 2013. godine u Gradu Zagrebu.

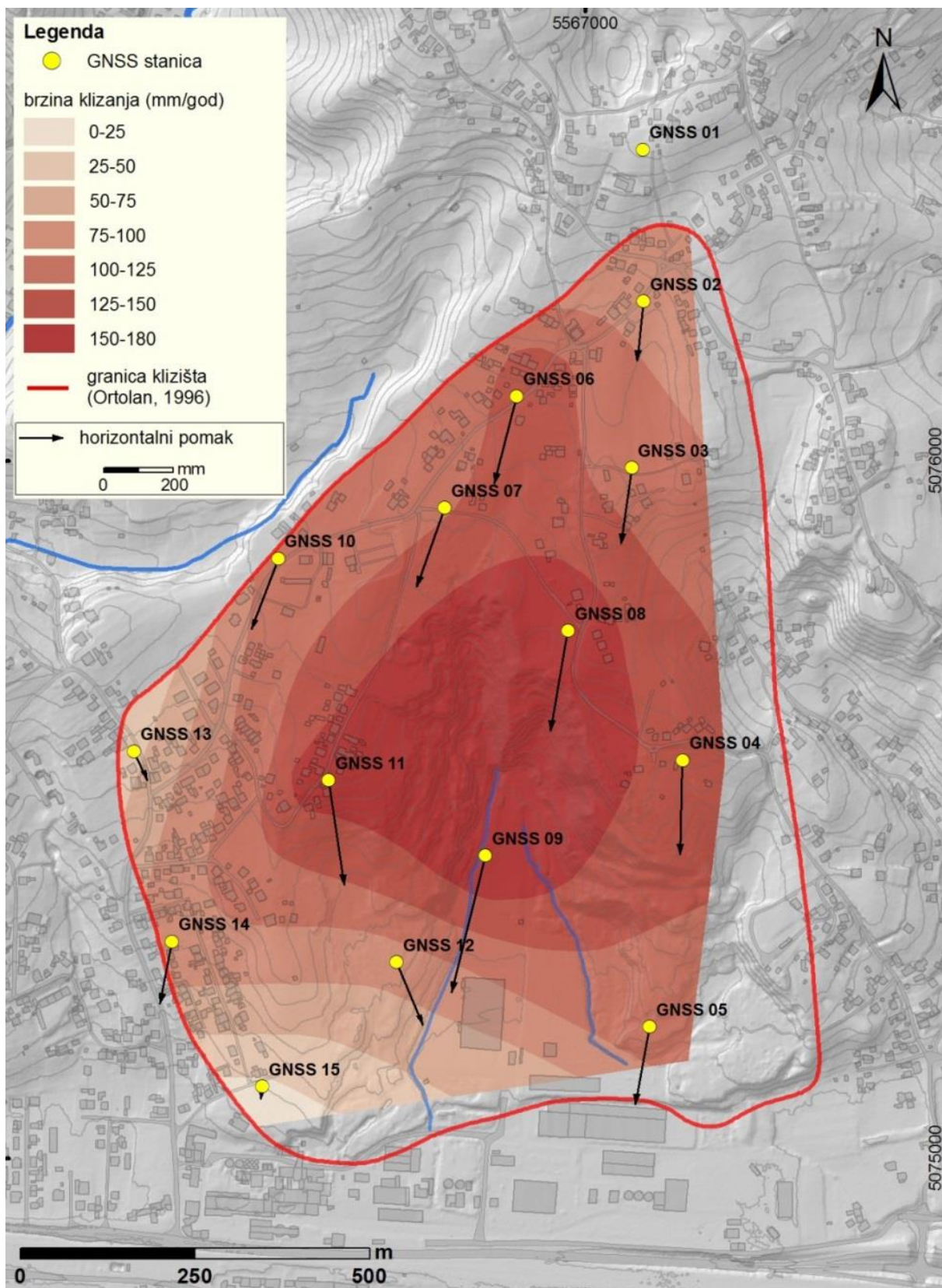


Slika 3.7. Štete na obiteljskom kući izazvane aktiviranjem klizišta u Grmoščica Desna 2013. godine u Gradu Zagrebu.



Slika 3.8. Štete na srednje velikom klizištu u Hrvatskoj Kostajnici aktiviranom u ožujku 2018. godine kao posljedica ekstremnih oborina.

Primjer klizišta s izuzetno velikim postojećim i potencijalnim posljedicama za ljude i materijalna dobra je veliko klizište Kostanjek u Zagrebu (približne površine oko 100 ha) koje je aktivirano u 1964. godine (slika 3.8) kao posljedica rudarskih aktivnosti (Krkač, 2015). Na ovom klizištu smješteno je nekoliko stotina obiteljskih kuća, i nekoliko stotina građevinskih parcela (slika 3.8) velike ekonomske vrijednosti s obzirom na njihovu lokaciju u Gradu Zagrebu. Budući da je klizište aktivno više od 50 godina (Krkač i dr., 2018), i da je dugoročno izgubljena vrijednost građevinskih zemljišta, uz druga zemljišta, te da više desetljeća nastaju štete na zgradama, prometnoj, komunalnoj i drugoj infrastrukturi, ogromne posljedice ovog klizišta se višestruko povećavaju zbog dugogodišnjeg nepovoljnog djelovanja aktivnog klizišta. Ovome treba dodati različite vrste ekonomskih, socijalnih i okolišnih posljedica, kao i potencijalne katastrofalne posljedice od urušavanja klizišta s ljudskih žrtvama (Mihalić Arbanas i dr., 2018).



Slika 3.9. Smjerovi i iznosi kumulativnih horizontalnih pomaka GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*) stanica na klizištu Kostanjevci te prosječne brzine gibanja klizišta određene na temelju izmjerenih pomaka (Krkač, 2015) s prikazom zgrada i prometne infrastrukture na području klizišta.

3.3. Uzrok pojave klizišta i utjecaj klimatskih promjena u RH

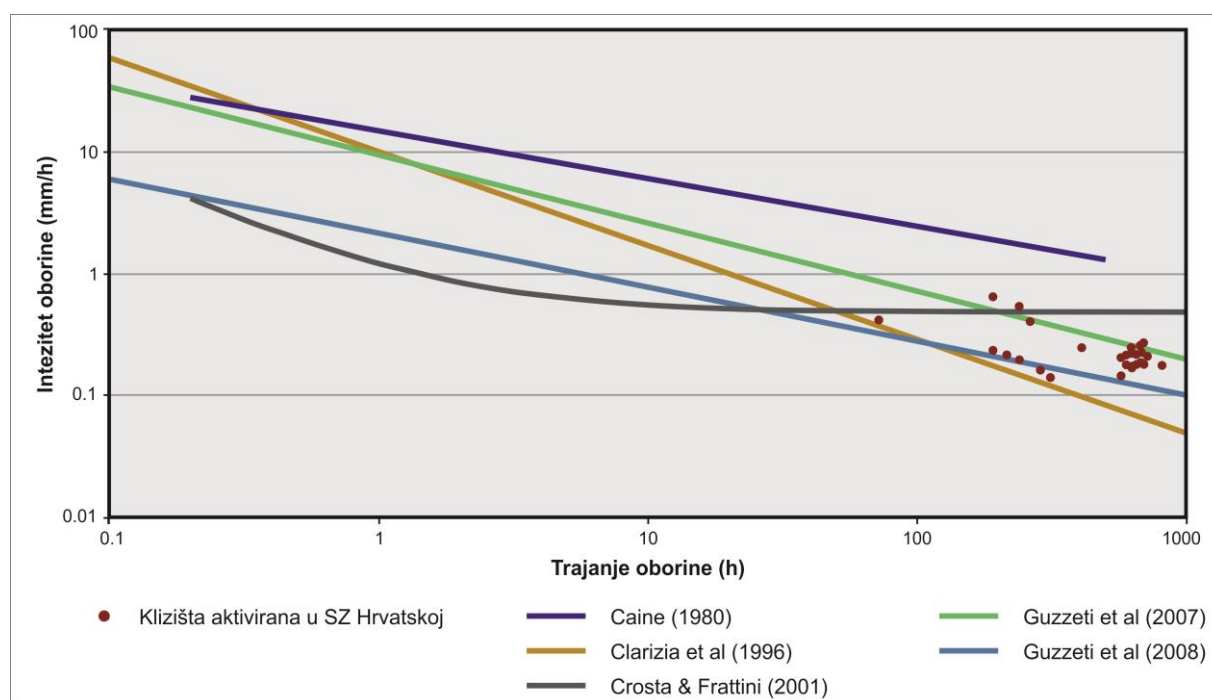
Uz geološke i geomorfološke preduvjete za klizanje, na podložnost na klizanje također utječu i meteorološki uvjeti. Sustavne analize meteoroloških uvjeta na području Republike Hrvatske provedene su samo za potrebe *Procjene rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku* (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019), jer je bilo nužno identificirati najrizičnije scenarije koji će se dogoditi na određenom području, kako bi se mogle procijeniti štete klizišta, odnosno vrednovati rizik u odnosu na konkretne ekonomske pokazatelje. Ovdje se navode rezultati analize pokretača klizanja na području sjeverozapadne Hrvatske kako bi se prikazali rezultati koji ilustriraju povećanje učestalost masovnih klizišta, kao i trendove koji ukazuju na povećanje učestalosti. **Kvantitativni pokazatelji se razlikuju u različitim dijelovima RH, ali nepovoljni trendovi u smislu povećanja oborina, kao pokretača klizišta, a koji su po utjecajem klimatskih promjena su prisutni u svim dijelovima države.**

Na osnovi povijesnih podataka, unutar područja Panonskog bazena izdvaja se područje sjeverozapadne Hrvatske, koje je višestruko iskusilo masovne pojave klizišta unatrag posljednjih 12 godina. Na području SZ Hrvatske nalazi se šest županija, Krapinsko-zagorska županija, Varaždinska županija, Grad Zagreb, Zagrebačka županija, Koprivničko-križevačka županija i Međimurska županija, ukupne približne površine od 10.500 km². Identifikacija opasnosti od klizanja, ili hazarda klizanja, na području SZ Hrvatske provedena je procjenom vremenske vjerojatnosti pojave klizišta, na osnovi analize oborinskih događaja koji su prouzročili nastanak masovnih klizišta na ovom području. Za potrebe ove analize izrađen je **katalog oborinskih događaja i katalog događaja klizanja**, na temelju informacija i podataka o datumima aktiviranja klizišta iz novina, s web portala, kao i zabilježenih prijava o aktiviranju klizišta podnesenih Državnoj upravi za zaštitu i spašavanje (DUZS) te iz tehničkih izvještaja o istraživanjima klizišta (Bernat Gazibara i dr., 2017b). Katalog sadrži **66 oborinskih događaja koji su se dogodili u razdoblju od lipnja 2006. godine do listopada 2014. godine**. U navedenom razdoblju **registrirani su ekstremni oborinski uvjeti u 2006., 2010., 2013. i 2014. godine koje su inicirali masovne pojave klizišta**, te se analizirano razdoblje zbog toga može smatrati reprezentativno za analize učestalosti ovog hazarda (Bernat Gazibara i dr., 2017b). Na osnovi analize prostorne rasprostranjenosti pokrenutih klizišta, identificirano je ukupno **85 oborinskih uvjeta koji su prouzročili klizišta na području SZ Hrvatske**, od kojih je najveći broj oborinskih događaja identificiran na temelju prikupljenih podataka u Krapinsko-zagorskoj županiji, Varaždinskoj županiji i u Gradu Zagreb, zahvaljujući dostupnim evidencijama o aktiviranim klizištima.

Za utvrđivanje oborinskih uvjeta svakog oborinskog događaja, odabrana je reprezentativna meteorološka postaja, odnosno kišomjer, ovisno o položaju klizišta i to na osnovi geografske udaljenosti od klizišta, nadmorske visine kišomjerne stanice i lokacije kišomjera s obzirom na geomorfološke uvjete. Maksimalna udaljenost između kišomjera i klizišta je bila oko 15 km. Podaci o dnevnim količinama oborine dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda Hrvatske (DHMZ), a uključivali su i podatke snijega. U skladu s uvriježenom praksom rada s klimatskim podacima, dnevni podaci količine oborine odnose se na razdoblje 24 sata prije 7 sati ujutro na dan zapisa. Zbog toga se 70% vremena jednog zapisa za određeni dan odnosi na prethodni dan, što treba uzeti u obzir prilikom definiranja granične vrijednosti oborine koja je pokrenula klizište. Mreža meteoroloških postaja na istraživanom području sastoji se od 88 postaja čija je prosječna

gustoća oko 8 postaja na 1 000 km². Za rekonstrukciju svih oborinskih događaja iz kataloga, korišteni su zapisi dnevnih količina oborine s 19 postaja, od kojih meteorološka postaja Zagreb-Grič ima najdulje razdoblje mjerenja (od 1862. godine).

Na osnovi podataka iz kataloga za SZ Hrvatsku o prošlim oborinskim događajima koji su aktivirali klizišta moguće je definirati empirijsku graničnu vrijednost srednjeg intenziteta i trajanja (ID) za kišne događaje koji su pokrenuli klizišta (Bernat Gazibara i dr., 2017b). Pri tome su oborinski događaji ograničeni s razdobljima bez kiše u trajanju od najmanje četiri dana tijekom kasne jeseni i zime (listopad-travanj) i dva dana za preostalo razdoblje od svibnja do rujna (Melillo i dr., 2015). Na slici 3.9 prikazane su sve ID vrijednosti identificiranih oborinskih događaja iz kataloga SZ Hrvatske i uspoređene su s globalnim i nacionalnim kišnim događajima svjetskih istraživača (Caine, 1980; Clarizia i dr., 1996; Crosta i Frattini, 2001; Guzzetti i dr., 2007, 2008). **Na osnovi 85 oborinskih događaja bilo je moguće identificirati 73 događaja koja su rezultirala masovnim klizištima.** Raspon trajanja oborinskog događaja je $24 < D < 984$ h (1-41 dan), a raspon kumulativne oborine koja rezultira klizištima je $29.5 < E < 400.5$ mm. Analizirani oborinski događaji uglavnom su se događali tijekom jesenskih i zimskih mjeseci.



Slika 3.10. Usporedba oborinskih događaja (definiranih ID uvjetima) koji su prouzročili masovno aktiviranje klizišta u Republici Hrvatskoj u zimi 2012./2013. godine s publiciranim regionalnim i globalnim ID graničnim vrijednostima (modificirano prema Bernat Gazibara i dr., 2017a).

Procjena rizika od klizišta provedena je s obzirom na dva scenarija: (i) **najvjerojatniji neželjeni događaj** koji se temelji na događaju iz ožujka 2018. godine kada je aktivirano oko 50 klizišta na području Sisačko-moslavačke županije i oko 100 klizišta na području SZ Hrvatske (Bernat Gazibara i dr., 2019b); (ii) **događaj s najgorim mogućim posljedicama** koji se temelji na oborinskom događaju iz ožujka 2013. godine kada je (re)aktivirano više od 900 klizišta na području SZ Hrvatske (Bernat i dr., 2014a; 2014b).

U ožujku 2018. godine, na području Sisačko-moslavačke i Varaždinske županije prevladavale su vrlo kišne prilike ($1.5 < SPI < 1.99$) (DHMZ, 2018). Kumulativna količina oborine zabilježena na postajama Sisak i Varaždin od 1. do 20. ožujka bila je i ekstremno velika za to razdoblje. **Rezultati procjene vjerojatnosti analiziranog ekstremno kišnog događaja pokazuju** da se 100-dnevna kumulativna količina oborine koja je prethodila aktivaciji klizišta 13. ožujka 2018., odnosno najvjerojatnijem neželjenom događaju, **može na području Zagreba očekivati prosječno jednom u 15 godina, a na području Varaždina jednom u 22 godine** (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019).

U ožujku 2013. godine su u cijeloj Hrvatskoj, osim u istočnoj Posavini, prevladavale vrlo kišne prilike ($1.5 < SPI < 1.99$), a u sjeverozapadnom kontinentalnom području je izmjerena mjesečna količina oborine bila i ekstremno visoka ($SPI \geq 2$). Ekstremno velike količine oborine na tom području zabilježene su i na 3-mjesečnoj skali (siječanj, veljača, ožujak), kao i na 6-mjesečnoj skali (listopad 2012. – ožujak 2013.) (DHMZ, 2013). Analizom vjerojatnosti pojavljivanja ekstremno velike 100-dnevne količine oborine na postajama Varaždin i Zagreb-Grič, uz ocjenu kišnih i vrlo kišnih uvjeta na 20- i 40-dnevnoj skali za datum 30. ožujka 2013., **procijenjeno je da se događaj s najgorim mogućim posljedicama može očekivati prosječno jednom u 98 godina (Varaždin) odnosno jednom u 130 godina (Zagreb-Grič)** (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019).

4. PROCJENA PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE REPUBLIKE HRVATSKE

Analiza podložnosti na klizanje u Republici Hrvatskoj provedena je primjenom **heurističke metode**, odnosno iskustveno su definirani utjecaji pojedinih preduvjeta klizanja na nestabilnost padina. Prostorna analiza uzroka (faktora) klizanja provedena je u softveru *ArcGIS-u 10.0*. Rezultat provedene prostorne analize je **karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske u mjerilu 1:100.000**. Analiza podložnosti provedena za *Stručnu podlogu DPPR*-a predstavlja poboljšanje analize podložnosti provedene za procjenu rizika od klizanja na način da su analizirani slični ulazni podaci, ali je na osnovi verifikacije rezultata izmijenjen ulazni podatak o vrstama stijena te je odabran najbolji **model podložnosti na klizanje**, koji odražava potrebe DPPR-a u mjerilu 1:100.000.

Primijenjena metodologija, nepouzdanosti i kvaliteta ulaznih podataka, te sami rezultati i provedena verifikacija izvedene karte podložnosti opisani u sljedećim potpoglavljima. Također je posebno obrazložen utjecaj klimatskih promjena na valjanost rezultata provedene procjene podložnosti na klizanje.

4.1. Metodologija procjene podložnosti RH u sitnom mjerilu

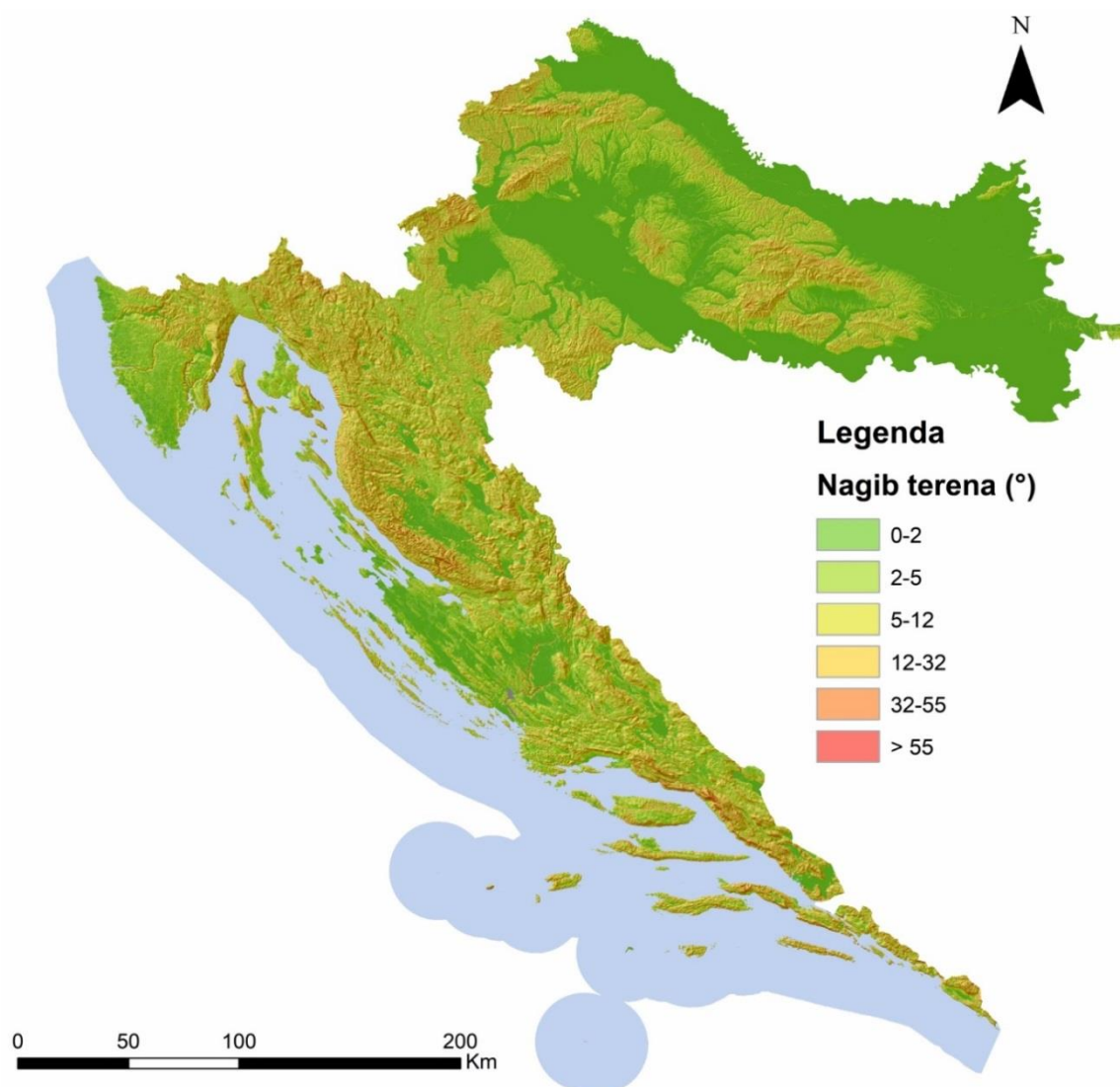
Karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske u mjerilu 1:100.000 (u daljnjem tekstu *Karta podložnosti*) izrađena je primjenom heurističke metode koja se zasniva na prethodnom poznavanju svih uzroka i faktora nestabilnosti koji mogu rezultirati nastankom klizišta. Prilikom analize podložnosti na klizanje uzet je u obzir samo proces klizanja, dok ostali mehanizmi gibanja, kao što su odronjavanje, prevrtanje i tečenje, nisu analizirani i nisu tema ove Stručne podloge. Razlog tomu je što svaki pojedini mehanizam gibanja uzrokuju različiti preduvjeti te ih je nužno odvojeno analizirati. Ulazni podaci za analizu podložnosti na klizanje su *Osnovna geološka karta* mjerila 1:300.000 (HGI, 2009) i karta nagiba terena izvedena iz digitalnog modela terena (DMT) rezolucije 20x20 m. Odabir ulaznih podataka napravljen je u skladu s dostupnošću podataka na državnoj razini. Navedeno se odražava na ograničenja metodologije i konačne *Karte podložnosti*, što je detaljnije opisano u poglavlju 4.4.

Geomorfološka klasifikacija nagiba terena prema *Međunarodnoj geofizičkoj uniji* (engl. *International Geographic Union*, IGU, 1968) korištena je kako bi se definirali dominantni aktivni geomorfološki procesi u pojedinim klasama nagiba terena (tablica 4.1). Prema *Komisiji za geomorfološka istraživanja i kartiranje* (engl. *Commission on Geomorphological Survey and Mapping*) nagib terena je klasificiran u šest kategorija prema stupnjevima nagiba (0-2°, 2-5°, 5-12°, 12-32°, 32-55° i >55°). **Klizišta su dominantan aktivni geomorfološki proces na padinama nagiba 2-55° te se ta područja mogu razmatrati kao potencijalno podložna na klizanje, odnosno moguća je pojava klizišta s obzirom da je ispunjen jedan od najvažnijih preduvjeta procesa klizanja.** Analizom nagiba terena (slika 4.1 i tablica 4.1) ustanovljeno je da najveću površinu u Hrvatskoj (22.607,5 km² ili 39,99% istraživanog područja) zauzimaju ravnice (0-2°) na kojima nije moguća pojava klizišta. Slijede, jako nagnuti tereni nagiba 12-32° (13.732,32 km² ili 24,29% područja istraživanja), nagnuti tereni nagiba 5-12° (12.411,89 km² ili 21,96% područja istraživanja) i blago nagnuti tereni nagiba 2-5° (6.860,73 km² ili 12,14% područja istraživanja). Znatno manje su zastupljeni vrlo strmi tereni nagiba 32-55° (905,14 km² ili 1,60% istraživanog područja), dok strmci nagiba >55°, na kojima je moguća pojava odrona i prevrtanja, gotovo da nisu zastupljeni na istraživanom području (10,53 km² ili 0,02%). Važno je napomenuti da raspodjela nagiba terena ovisi o rezoluciji digitalnog modela terena iz kojeg je karta nagiba terena izvedena, u ovom slučaju DMT-a rezolucije 20x20 m. IGU (1968) definirala je dominantne geomorfološke procese s obzirom na prosječan nagib padina i **prema navedenoj**

klasifikaciji na 60% površine Republike Hrvatske postoji morfološki preduvjet za pojavu klizišta (tablica 4.1).

Tablica 4.1 Klasifikacija nagiba terena s obzirom na dominante geomorfološke procese prema IGU, 1968.

Klasa nagiba	Kategorija nagiba padine	Dominantni geomorfološki procesi	Površina (km ²)	Površina (%)
0-2°	ravnica	Gibanje masa se ne zapažaju. Intenzitet spiranja minimalan.	22607,50	39,99
2-5°	blago nagnuti tereni	Spiranje slabo izraženo. Erozija tla i pojave klizanja mogu biti značajne	6860,73	12,14
5-12°	nagnuti tereni	Pojačano spiranje i gibanje masa. Do izražaja dolazi klizanje i tečenje materijala. Teren ugrožen erozijom .	12411,89	21,96
12-32°	jako nagnuti tereni	Spiranje je intenzivno. Veoma snažna erozija . Teren jako ugrožen erozijom i pojavom gibanje masa.	13732,32	24,29
32-55°	vrlo strmi tereni	Dominira odnošenje materijala . Akumulirani materijal se mjestimično zadržava (tanki pokrivač). Padine su stjenovite i ogoljene.	905,14	1,60
>55°	strmci, litice	Dominira osipavanje i urušavanje.	10,53	0,02

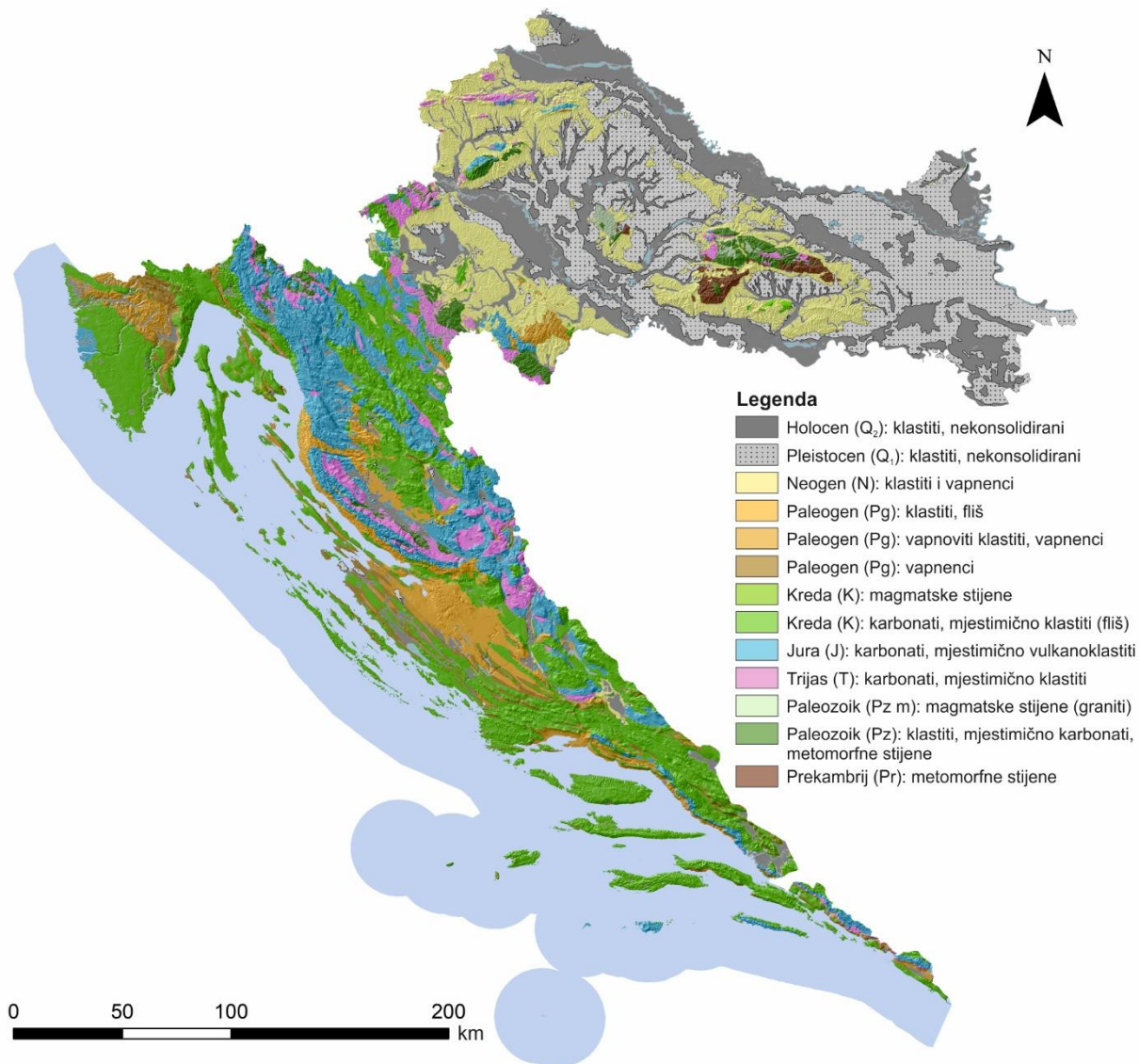


Slika 4.1 Karta nagiba terena Republike Hrvatske izvedena iz digitalnog modela terena rezolucije 20x20 m izrađen dodatnim obradama i metodama interpolacije iz EU-DEM-a (EEA, 2017) rezolucije 30x30 m.

Geološka građa Republike Hrvatske te prostorna raspodjela naslaga na površini terena (tablica 4.2) prikazana je prema *Osnovnoj geološkoj karti* (OGK) M 1:300.000 (slika 4.2). Najstarije naslage pripadaju prekambriju, a najmlađe holocenu. Iz tablice 4.2 vidljivo je da su na najvećem dijelu Republike Hrvatske zastupljene naslage kredne starosti s površinom 13.200 km² ili 23,6% istraživanog područja; slijede holocenske naslage s površinom 10.806 km² ili 19,32% istraživanog područja te pleistocenske naslage s površinom 10.382 km² ili 18,56% istraživanog područja. Najmanju su zastupljene magmatske stijene kredne i paleozojske starosti (< 0,5% površine RH) i metamorfne stijene prekambrija (0,67% površine RH). Na temelju dosadašnjeg iskustva i znanja stručnjaka o klizištima u Hrvatskoj procijenjen je utjecaj pojedine vrste stijene/tala na podložnost na klizanje. Podložnost na klizanje pojedine vrste naslaga prikazana je u tablici 4.2.

Tablica 4.2 Distribucija stratigrafskih jedinica na području Republike Hrvatske te procjena podložnosti pojedinih jedinica na klizanje.

R. br.	Stratigrafska oznaka	Opis	Površina (km ²)	Površina (%)	Podložnost na klizanje
1	Q ₂	HOLOCEN: klastiti, dominantno ne konsolidirani	10806,01	19,32	srednja podložnost
2	Q ₁	PLEISTOCEN: klastiti, dominantno ne konsolidirani	10382,38	18,56	vrlo visoka podložnost
3	N	NEOGEN: klastiti i vapnenci	6720,61	12,01	vrlo visoka podložnost
4	Pg	PALEOGEN: vapnoviti klastiti, vapnenci	2272,70	4,06	niska podložnost
5	Pg	PALEOGEN: klastiti (fliš)	1411,82	2,52	visoka podložnost
6	Pg	PALEOGEN: vapnenci	1478,07	2,64	vrlo niska podložnost
7	Kb	KREDA: magmatske stijene (bazalti)	22,51	0,04	vrlo niska podložnost
8	K	KREDA: karbonati, mjestimično klastiti (fliš)	13200,36	23,60	pojava klizišta nije moguća
9	J	JURA: karbonati, mjestimično vulkanoklastiti	5909,59	10,56	pojava klizišta nije moguća
10	T	TRIJAS: karbonati, mjestimično klastiti	2129,95	3,81	niska podložnost
11	Pz m	PALEOZOIK: magmatske stijene (graniti)	170,24	0,30	vrlo niska podložnost
12	Pz	PALEOZOIK: klastiti, mjestimično karbonati, metamorfne stijene	1062,58	1,90	niska podložnost
13	Pr	PREKAMBRIJ: metamorfne stijene	372,03	0,67	niska podložnost



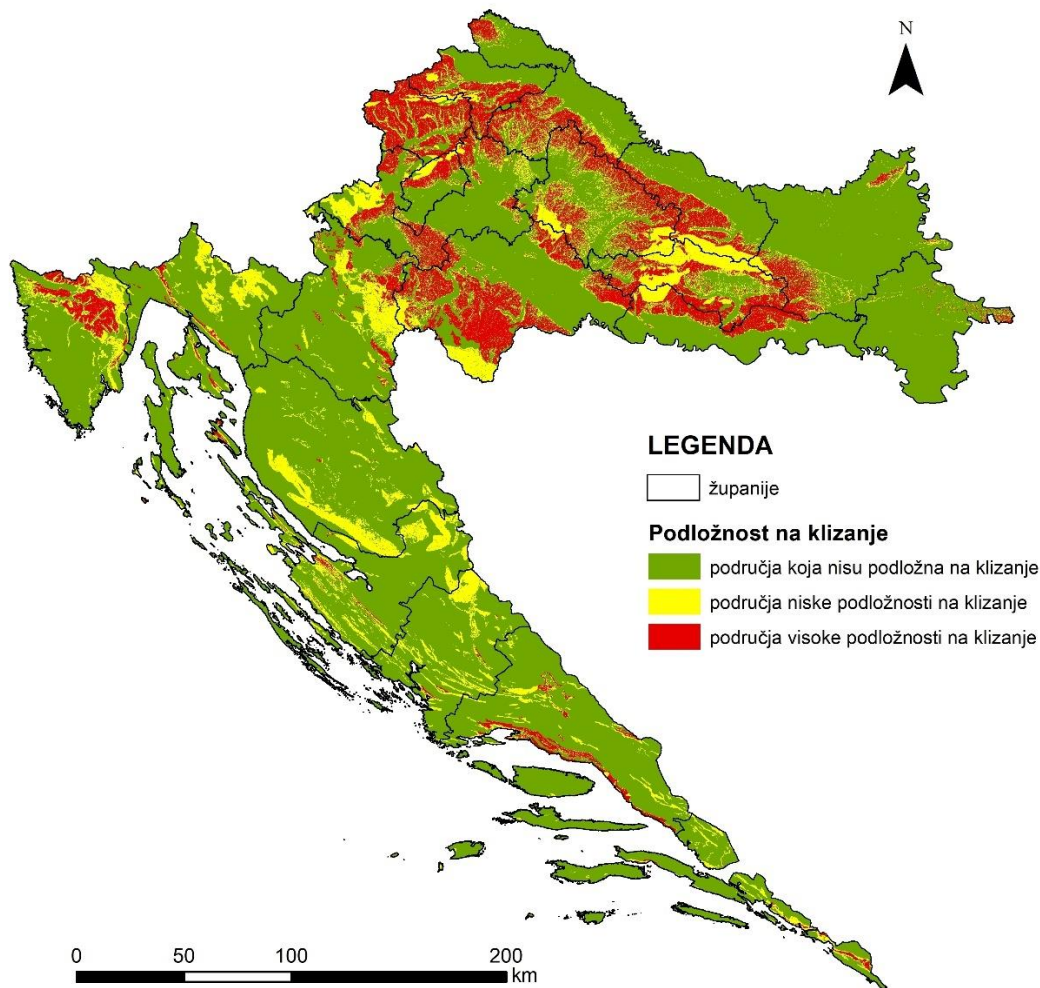
Slika 4.2 Geološka građa Republike Hrvatske prema *Osnovnoj geološkoj karti* M1:300.000 (HGI, 2009).

4.2. Rezultati provedene procjene podložnosti

Identifikacija opasnosti od klizanja, ili hazarda klizanja, na području Republike Hrvatske provedena je procjenom prostorne vjerojatnosti klizišta u odnosu na preduvjete klizanja, reljef i vrstu stijena/tala. Budući da ovi **preduvjeti klizanja nisu pod utjecajem kratkoročnih ili dugoročnih promjena, uključivo niti klimatskih promjena, rezultati analize podložnosti su postojani.**

Podložnost na klizanje prikazana je s tri kategorije (tablica 4.3) na istraživanom području koje uključuje kopno i otoke na teritoriju Republike Hrvatske. **Kategorije podložnosti su: (i) nije podložno na klizanje prikazano zelenom bojom; (ii) niska podložnost na klizanje prikazana žutom bojom; i (iii) visoka podložnost na klizanje prikazana crvenom bojom.** Područja koja nisu podložna na klizanje, odnosno područja na kojima nije moguća pojava klizišta jer nisu ispunjeni glavni preduvjeti klizanja (nagib terena i litologija) zauzimaju površinu od 40 922,37 km² ili 72,33% istraživanog područja. **Područja s niskom podložnosti na klizanje** predstavljaju područja podložna klizanje na kojima je gustoća klizišta (broj klizišta po km²) relativno niska, a ona zauzimaju površinu od 8 144,12 km² ili 14,39% istraživanog područja.

Područja s visokom podložnosti na klizanje predstavljaju područja na kojima je relativno visoka gustoća klizišta te zauzimaju površinu od 7 512,43 km² ili 13,28% istraživanog područja. **Na temelju provedene analize podložnosti na klizanje** proizlazi da na približno 28% površine Republike Hrvatske postoji mogućnost za nastanak klizišta s obzirom na geološke uvjete (vrsta stijena/tala) i na geomorfološke uvjete (nagib padina).



Slika 4.3 Karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske, originalnog mjerila 1:100.000.

Tablica 4.3 Raspodjela kategorija podložnosti na klizanje u Republici Hrvatskoj.

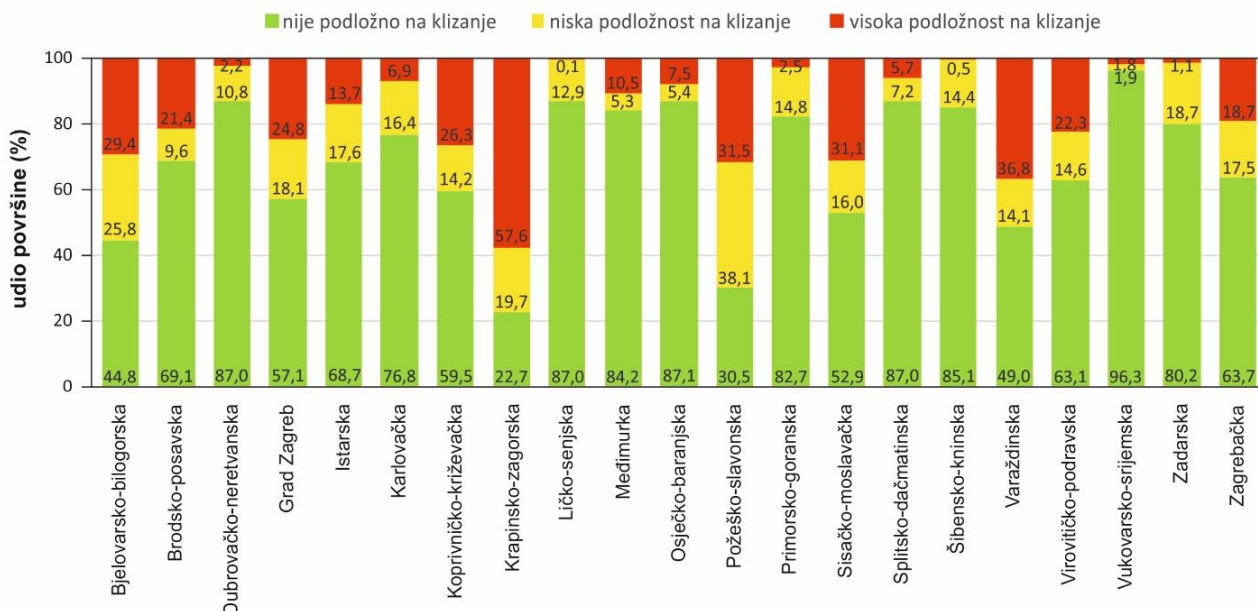
R.br.	Kategorije podložnosti na klizanje	Površina (km ²)	Površina (%)
1	Područja koja nisu podložna na klizanje	40.922,37	72,33
2	Područja niske podložnosti na klizanje	8.144,12	14,39
3	Područja visoke podložnosti na klizanje	7.512,43	13,28

Na slici 4.3 prikazana je prostorna distribucija podložnosti na klizanje u Republici Hrvatskoj iz koje proizlazi da je **najveća učestalost prirodnih geomorfoloških i geoloških uvjeta za nastanak klizišta prisutna u području kontinentalne Hrvatske, odnosno Panonskog bazena**. S obzirom na relativni udio područja na kojima je moguć nastanak klizišta u odnosu na površinu županije, **najveći udio ima Krapinsko-zagorska županija** u kojoj je 57,69% područja visoke podložnosti na klizanje i 19,7% područja niske podložnosti na klizanje (slika 4.4 i tablica 4.4). Slijede, **Požeško-slavonska županija** s 31,5% područja visoke podložnosti na klizanje i 38,1% područja niske podložnosti na klizanje, zatim **Varaždinska**

županija s 36,8% područja visoke podložnosti na klizanje i 14,1% područja niske podložnosti na klizanje, **Sisačko-moslavačka županija** s 31,1% područja visoke podložnosti na klizanje i 16,0% područja niske podložnosti na klizanje i **Bjelovarsko-bilogorska županija** s 29,4% područja visoke podložnosti na klizanje i 25,8% područja niske podložnosti na klizanje. Podaci za ostale županije su navedeni na slici 4.4 i u tablici 4.4. Osim relativnih udjela, **za procjenu ukupne opasnosti na klizanje po županijama, relevantna je i veličina područja podložnog klizanju.** Najveću površinu područja visoke podložnosti na klizanje ima **Sisačko-moslavačka županija** s 1.390,9 km², slijede **Bjelovarsko-bilogorska županija** sa 775,0 km² i **Krapinsko-zagorska županija** sa 708,5 km². Za usporedbu, najmanja površina područja podložnih klizanju je u Vukovarsko-srijemskoj županiji iznosi ukupno oko 90 km², uključujući područja visoke i niska podložnosti na klizanje.

Tablica 4.4 Raspodjela kategorija podložnosti na klizanje po županijama.

R.br.	Županija	Područja koja nisu podložna na klizanje		Područja niske podložnosti na klizanje		Područja visoke podložnosti na klizanje	
		Površina (km ²)	Površina (%)	Površina (km ²)	Površina (%)	Površina (km ²)	Površina (%)
1	Bjelovarsko-bilogorska ž.	1183,5	44,8	681,6	25,8	775,0	29,4
2	Brodsko-posavska ž.	1402,1	69,1	194,0	9,6	434,0	21,4
3	Dubrovačko-neretvanska ž.	1552,5	87,0	192,1	10,8	39,6	2,2
4	Grad Zagreb	366,4	57,1	116,2	18,1	158,7	24,8
5	Istarska ž.	1932,0	68,7	494,9	17,6	385,1	13,7
6	Karlovačka ž.	2781,7	76,8	593,6	16,4	248,7	6,9
7	Koprivničko-križevačka ž.	1039,9	59,5	248,2	14,2	460,8	26,3
8	Krapinsko-zagorska ž.	279,1	22,7	242,1	19,7	708,5	57,6
9	Ličko-senjska ž.	4659,3	87,0	688,9	12,9	6,1	0,1
10	Međimurska ž.	614,5	84,2	38,5	5,3	76,5	10,5
11	Osječko-baranjska ž.	3615,9	87,1	223,8	5,4	313,5	7,5
12	Požeško-slavonska ž.	555,9	30,5	694,2	38,1	574,0	31,5
13	Primorsko-goranska	2966,6	82,7	530,4	14,8	90,6	2,5
14	Sisačko-moslavačka ž.	2364,6	52,9	712,7	16,0	1390,9	31,1
15	Splitsko-dalmatinska ž.	3952,5	87,0	327,8	7,2	260,3	5,7
16	Šibensko-kninska ž.	2527,3	85,1	426,4	14,4	15,4	0,5
17	Varaždinska ž.	617,6	49,0	178,2	14,1	464,2	36,8
18	Virovitičko-podravska ž.	1276,4	63,1	296,3	14,6	451,7	22,3
19	Vukovarsko-srijemska ž.	2362,5	96,3	45,5	1,9	44,9	1,8
20	Zadarska ž.	2920,1	80,2	682,4	18,7	40,3	1,1
21	Zagrebačka ž.	1952,0	63,7	536,3	17,5	573,9	18,7

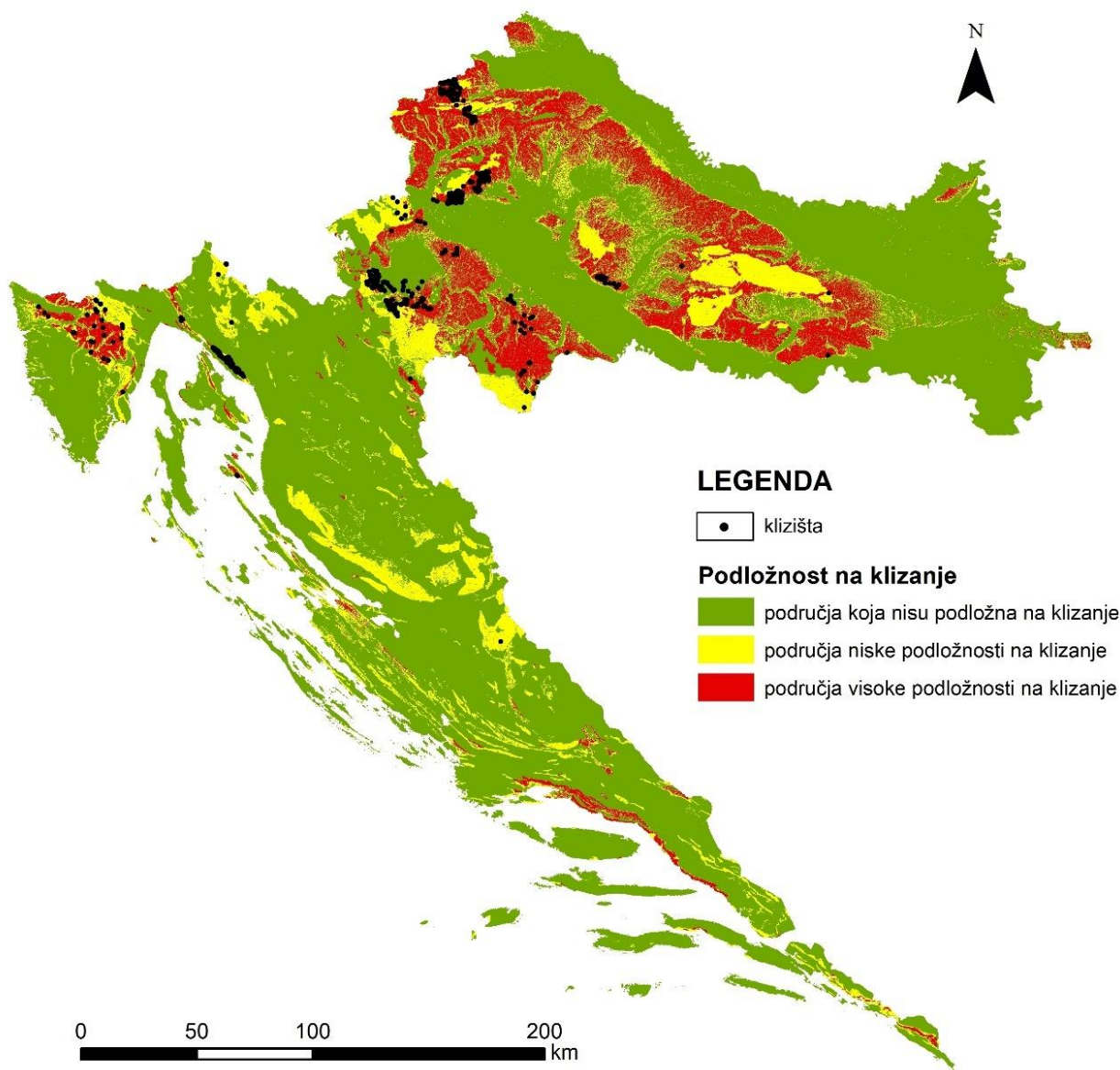


Slika 4.4 Raspodjela kategorija podložnosti na klizanje po županijama

4.3. Verifikacija karte podložnosti na klizanje Republike Hrvatske M1:100.000

Kvaliteta izvedene karte podložnosti na klizanje ponajviše ovisi o kvaliteti ulaznih podataka, odnosno o prostornoj rezoluciji i točnosti faktorskih karata (Ardizzone i dr., 2002). Također, odabir relevantnih faktora klizanja i konačna procjena podložnosti na klizanje ovise i o subjektivnim faktorima, kao što su poznavanje istraživnog područja, odnosno poznavanje različitih tipova klizišta i procesa na istraživnom području od strane istraživača. Iz navedenih razloga, bilo je nužno provesti **verifikaciju konačne karte** podložnosti na klizanje mjerila 1:100.000 **s podacima o poznatim klizištima**. U tu svrhu korišteni su podaci o klizištima iz inventara Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu.

Na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu u Zagrebu se tijekom posljednjih nekoliko godina sustavno prikupljaju podaci o klizištima, kojima se kontinuirano dopunjava **inventar klizišta za područje cijele Republike Hrvatske**. U trenutku izrade ove Stručne podloge, inventar je sadržavao ukupno 2.186 klizišta s točnom lokacijom pojave (slika 4.5). Ova karta klizišta smatra se reprezentativnom zato što su pojedina manja područja, kao što je dio podsljemenske zone Grada Zagreba, Grad Karlovac, nekoliko općina u Hrvatskom Zagorju i Istra, detaljnije pokrivena evidencijom postojećih klizišta, te se kao takva može primijeniti za verifikaciju karte podložnosti u sitnom mjerilu. Također treba napomenuti da predmetni inventar klizišta nije potpun te je raspodjela klizišta u inventaru RGN fakulteta nejednolika, te ga se ne može koristiti za druge namjene, kao što je izračun gustoće klizišta.



Slika 4.5 Usporedba inventara klizišta RGN fakulteta s kartom podložnosti na klizanje Republike Hrvatske.

Karta podložnosti na klizanje dobivena primjenom heurističke metode verificirana je s obzirom na dostupni inventar klizišta (slika 4.5), a točnost karte izražena je udjelom klizišta u pojedinim kategorijama podložnosti, odnosno stopom predikcije. Provedenom verifikacijskom analizom (tablica 4.5), u kategoriji područja koja nisu podložna na klizanje evidentirano je 98 klizišta ili 4,5% od ukupnog broja klizišta u inventaru. Na područjima niske podložnosti na klizanje evidentirano je 385 klizišta ili 17,6% od ukupnog broja klizišta u inventaru, a na područjima visoke podložnosti na klizanje evidentirano je 1 703 klizišta ili 77,9% od ukupnog broja klizišta u inventaru. **Iz navedenog proizlazi da stopa predikcije karte podložnosti na klizanje Republike Hrvatske izrađene u mjerilu 1:100.000 iznosi 95,5%, odnosno pogreška je 4,5%.** Daljnjom analizom klizišta koja su evidentirana na područjima klasificiranim kao područja koja nisu podložna na klizanje, utvrđeno je da se ta klizišta nalaze na području nizinske Hrvatske, uz veće vodotoke, odnosno u bokovima korita rijeka. Naime, zbog male rezolucije ulaznih podataka, odnosno digitalnog modela terena, provedenom analizom nije bilo moguće izdvojiti uska područja pokosa

uz vodotoke, koja su također podložna na klizanje s obzirom na nagib i na vrstu materijala od kojega su izgrađena. Detaljnije objašnjenje o nepouzdanostima izvedene karte podložnosti na klizanje dano je u poglavlju 4.4.

Tablica 4.5 Verifikacija karte podložnosti na klizanje Republike Hrvatske s obzirom na inventar klizišta RGN fakulteta.

Kategorije podložnosti na klizanje	Udio klizišta u pojedinim kategorijama podložnosti	
	broj	%
Područja koja nisu podložna na klizanje	98	4,5
Područja niske podložnosti na klizanje	385	17,6
Područja visoke podložnosti na klizanje	1703	77,9
ukupno:	2186	100%

4.4. Nepouzdanosti i ograničenja primijenjene metodologije i korištenih ulaznih podataka

Pouzdanost karte podložnosti na klizanje Republike Hrvatske ponajviše ovisi o rezoluciji ulaznih podataka, a to su *Osnovna geološka karta mjerila 1:300.000* (HGI, 2009) i karta nagiba terena izvedena iz digitalnog modela terena (DMT) rezolucije 20x20 m. S obzirom na detaljnost i rezoluciju ulaznih podataka, *Karta podložnosti na klizanje RH* izrađena je u mjerilu 1:100.000 te se **ne preporučuje koristiti izvedenu kartu za procjenu podložnosti na klizanje prilikom detaljnih istraživanja za pojedinu lokaciju**. Namjena izvedene karte podložnosti na klizanje RH je opći pregled područja podložnih na klizanje u cijeloj državi.

Preporuka je provesti ponovno analizu podložnosti na klizanje u trenutku kada će biti dostupni kvalitetniji, odnosno precizniji ulazni podaci, DMT veće rezolucije (5 ili 10 m), i/ili geološke karte krupnijeg mjerila (1:100.000 ili 1:50.000) i potpuniji inventar klizišta za cijelu Hrvatsku. Korištenjem preciznijih i detaljnih ulaznih podataka moguće je dobiti karte podložnosti veće preciznosti, odnosno detaljnijeg mjerila, ali i dalje za korištenje isključivo na državnoj razini. Za izradu karata podložnosti za županije, odnosno gradove/općine nužno je primijeniti statističke metode procjene podložnosti na klizanje što ujedno zahtjeva i korištenje detaljnih i potpunih inventara klizišta. Izrađena *Karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske* prikazuje prostornu vjerojatnost pojave klizišta na nekom području u odnosu na preduvjete klizanja koji nisu promjenjivi, te je iz tog razloga i **prikazana informacija o podložnosti na klizanje dugoročno postojana**, odnosno nije promjenjiva. U slučaju povećanja vrijednosti oborina uslijed klimatskih promjena, očekuje se pojava većeg broja klizišta na područjima klasificiranim kao podložnim na klizanje, ali ne i pojava klizišta na područjima klasificiranim kao nepodložnim na klizanje.

Iako su prilikom analize podložnosti na klizanje korištene heurističke metode procjene za određivanje prostorne vjerojatnosti nastanka/aktiviranja klizišta, **nepouzdanost procjene je ocijenjena kao niska zbog velikog iskustva stručnjaka koji su sudjelovali u procjeni podložnosti na klizanje**. Naime, iskustvo stručnjaka i vrlo dobro poznavanje istraživanog područja doprinosi većoj pouzdanosti heurističkih metoda. Također, **provedena je verifikacija izvedene karte podložnosti na klizanje s dostupnim podacima o**

klizištima koja je kvantitativni pokazatelj pouzdanosti *Karte podložnosti na klizanje* izrađene u mjerilu 1:100.000.

Prilikom provođenja prostorne analize **utvrđena su određena ograničenja uslijed korištenja prethodno opisanih ulaznih podataka i mjerila te primijenjene metode analize**. Naime, izvedenu *Kartu podložnosti* nije moguće koristiti kao podlogu za procjenu podložnosti na klizanje na područjima uz kritičnu infrastrukturu prometnog sektora, točnije uz državne ceste i autoceste, željeznice i vodotoke kojima se odvija plovni promet. Naime, **zbog korištenja DMT rezolucije 20x20 m, umjetni pokosi uz prometnice i željezničke pruge, te riječna korita u nizinskim predjelima Hrvatske nisu jasno izražena, odnosno morfologija pokosa i riječnih korita se ne odražava na karti nagiba zbog niske rezolucije**. U slučaju potrebe procjene podložnosti na klizanje na uskim područjima oko kritične infrastrukture potrebno je provesti analizu podložnosti na klizanje u detaljnijem mjerilu korištenjem DMT-a veće rezolucije (5 m).

Također, **ograničenja uslijed korištenja prethodno opisanih ulaznih podataka** također se odnose na strme pokose podložne na klizanje na obalama mora, a osobito za dijelove obalnih područja izloženih utjecaju promjene visine mora. U ovim područjima nužne su procjene podložnosti na klizanje u krupnijem mjerilu na temelju detaljnijih podataka o vrstama stijena i DMT-a veće rezolucije (5 m), nego što je prikazano *Kartom podložnosti*.

4.5. Utjecaj klimatskih promjena na rezultate analiza podložnosti na klizanje

U ovom poglavlju se navode glavni zaključci o utjecaju klimatskih promjena koji su proizašli iz analiza provedenih u okviru *Procjene rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku* (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019), a koji su relevantni za ovu *Stručnu podlogu*. Također se navodi i na koji način klimatske promjene mogu utjecati na valjanost izrađene *Karte podložnosti*, odnosno na potrebu za razvoj mjera na nižim razinama izrade prostornih planova.

Rezultati analize trenda količine oborine i pripadnih indeksa ekstrema od polovice 20. stoljeća pokazali su da trend na području RH generalno nije jako izražen. Ipak, uočen je porast jesenske količine oborine u kontinentalnoj Hrvatskoj koje je podložnije pojavi klizišta, osobito u istočnim predjelima. **Porast količine oborine očituje se u porastu broja vlažnih i vrlo vlažnih dana te u povećanju maksimalne dnevne i 5-dnevne količine oborine. Time se povećava i potencijalna vjerojatnost pojave klizišta (hazarda klizišta), a time i rizika klizišta** (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019).

Rezultati projekcija buduće klime pomoću regionalnih klimatskih modela ne ukazuju na jasan signal promjene oborine. Ovisno o scenariju porasta koncentracije stakleničkih plinova, zimi se u sjevernim i središnjim krajevima, do 2040. godine može očekivati porast količine oborine između 5 i 10%, a u proljeće porast ukupne količine oborine u zapadnim predjelima će biti manji (Gajić-Čapka i dr., 2014). Za razdoblje 2040. - 2070. može se očekivati porast zimske količine oborine u sjevernoj Hrvatskoj. Prema scenariju RCP8.5, kojeg karakterizira kontinuirano povećanje koncentracije stakleničkih plinova, povećanje zimske količine oborine do 2070. godine bilo bi najveće u sjevernoj i središnjoj Hrvatskoj

(8-10%). **Budući da je kao područje najvećeg rizika od klizišta procijenjeno područje SZ Hrvatske, pretpostavlja se da će rizik od klizišta također biti u porastu u sjevernoj Hrvatskoj, a također da će se povećati i u dijelovima središnje Hrvatske koji su podložni klizanju (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019).**

Rezultati analiza podložnosti na klizanje nisu pod utjecajem klimatskih promjena, jer povećanje učestalosti oborina koje pokreću masovna klizišta neće utjecati na prostornu distribuciju zona podložnosti na izrađenoj *Karti podložnosti* mjerila 1:100.000. Klimatske promjene koje će se odraziti na meteorološke uvjete, koji mogu povećati hazard od klizanja, utjecat će na intenzitet hazarda unutar definiranih zona niske i visoke podložnosti i ne očekuje se proširenje ovih zona na područja koja nisu podložna na klizanje. Povećanje hazarda utjecat će na povećanje rizika (šteta) od klizanja, te je u tom smislu nužno poduzimati niz aktivnosti na smanjenu rizika od klizanja u okviru prilagodbe klimatskim promjenama. To u slučaju prostornog planiranja znači da je nužno izraditi niz mjera kojima će se izrađivati tematske podloge ograničenja u prostoru na svim razinama prostornog planiranja, uključivo regionalnu (područnu) i lokalnu razinu.

5. PRIMJENA KARTE PODLOŽNOSTI RH NA KLIZANJE U PROSTORNOM PLANIRANJU

Na karti podložnosti na klizanje u mjerilu 1:100 000 izrađenoj u okviru ove *Stručne podloge (Karta podložnosti)*, prikazane su tri kategorije podložnosti na klizanje i to: (i) **područja koja nisu podložna na klizanje** (zelene boje); (ii) **područja niske podložnosti na klizanje** (žute boje); i (iii) **područja visoke podložnosti na klizanje** (crvene boje). Karta podložnosti je sastavni dio ove *Stručne podloge*, a bit će prikazana kao **kartogram u obrazloženju DPPR-a**. Pored toga, *Karta podložnosti* se može prema sadašnjem *Pravilniku o Državnom planu prostornog razvoja* (NN 122/15, *Pravilnik*) koristiti u grafičkom dijelu DPPR-a, na način da će kategorije **niske i visoke podložnosti na klizanje, označene žutom i crvenom bojom, predstavljati područja posebnih uvjeta (režima)**. Područja koja nisu podložna na klizanje (označena zelenom bojom) potrebno je izostaviti iz područja posebnih uvjeta (režima) propisanih *Pravilnikom*.

Razlike između područja niske i visoke podložnosti na klizanje su opravdane zbog toga što se očekuje **manja prosječna gustoća klizišta u područjima niske podložnosti nego u područjima visoke podložnosti**. U oba područja nužno je uvođenje **mjera** kojima će se propisati **posebni uvjeti**, a razlike između gustoća klizišta će se odraziti prilikom izrade detaljnijih karata na regionalnoj (područnoj) i lokalnoj razini. U tom smislu se u ovoj *Stručnoj podlozi* daju sljedeći prijedlozi smjernica za sprečavanje negativnih utjecaja klizišta u prostornom planiranju:

- prijedlog smjernica za izradu mjera ograničenja za provedbu zahvata u prostoru temeljem DPPR-a;
- prijedlog smjernica za primjenu karata klizišta za izradu ostalih prostornih planova;
- prijedlog smjernica za izradu karata klizišta odgovarajuće kvalitete.

Uvođenje područja posebnih uvjeta (režima) za područja niske i visoke podložnosti na klizanje iziskuje izmjenu i dopunu *Pravilnika*, te se stoga ovdje daju odgovarajuće preporuke.

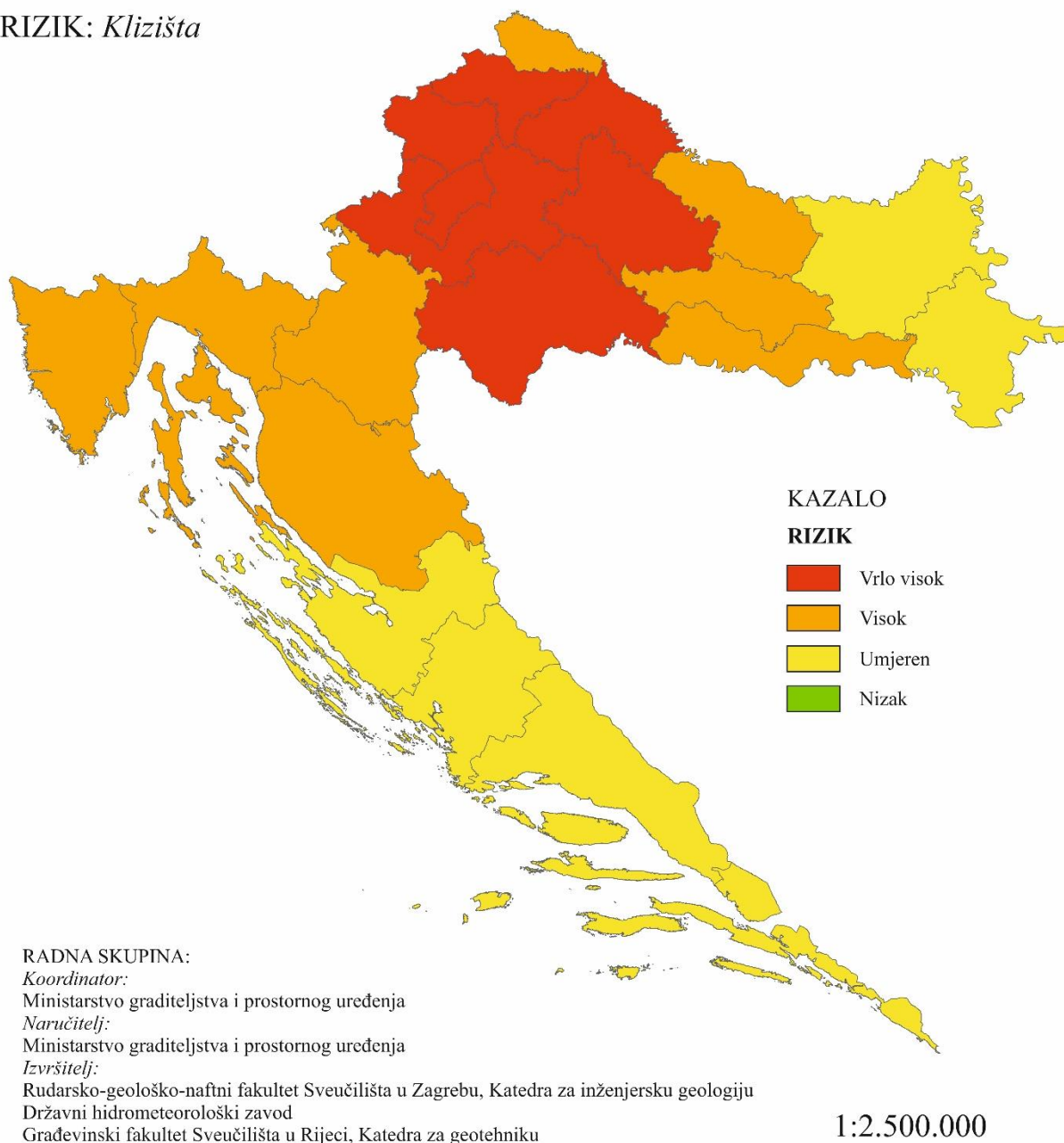
5.1. Prijedlozi za sprečavanje negativnih utjecaja klizišta u prostornom planiranju

Za MGIPU je za potrebe procjene rizika od klizanja, izrađena karta podložnosti na klizanje Republike Hrvatske u mjerilu 1:100.000, a koja je poslužila kao podloga za **analize rizika i za vrednovanje rizika** prema kriterijima izrađenim u skladu sa Smjericama za procjenu i kartiranje rizika za upravljanje katastrofama (engl. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management) Europske unije². Jedan od krajnjih rezultata procjene rizika od klizanja je bila **karta županijskih rizika** (slika 5.6) iz koje je vidljivo da je **za većinu županija u Republici Hrvatskoj procijenjen visok ili vrlo visok rizik od klizanja**;

² https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM_PDF_SEC_2010_1626_F_staff_working_document_en.pdf

PROCJENA RIZIKA OD KATASTROFA U REPUBLICI HRVATSKOJ

RIZIK: *Klizišta*



Slika 5.6 Karta županijskih rizika iz državnog dokumenta „*Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku*“ (RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 2019).

Na osnovi karte podložnosti napravljene u okviru Procjene rizika provedene su sljedeće analize:

- **procjena rizika od klizanja za područje 8 županija** vrlo visokog rizika na osnovi dva identificirana rizična scenarija masovne pojave klizišta uslijed intenzivnih oborina, a koji se nalaze u kontinentalnom dijelu Hrvatske
- **procjena hazarda od klizanja za područje 8 županija** vrlo visokog rizika, također na osnovi dva najrizičnija scenarija, koja je pokazala da **postoji mogućnost masovne pojave klizišta (s maksimalnom gustoćom klizišta od 0,37-0,733 klizišta/km²; te povratnim razdobljem od 15, 22, 98 ili 130 godina**, ovisno o promatranom scenariju i promatranom području

Za rezultate analiza napravljena je **poveznica s klimatskim promjenama** prema kojoj se **pretpostavlja se da će rizik od klizišta također biti u porastu u sjevernoj Hrvatskoj, a da će se povećati i u dijelovima središnje Hrvatske koji su podložni klizanju.**

Navedenom treba dodati i nepovoljan utjecaj u obalnim područjima izloženim utjecaju promjene razine mora, na način da će se **povećati opasnost (hazard) od klizišta zbog erozije, na svim mjestima na kojima su obale izgrađene od tala (sitnozrnasta i krupnozrnasta tla) ili mekih stijena (lapori, neki pješčenjaci).**

Uvođenje podataka o podložnosti na klizanje u DPPR u obliku područja posebnih uvjeta (režima) definiranih za područje cijele Republike Hrvatske *Kartom podložnosti* omogućava upravljanje rizicima od klizanja kroz prostorno planiranje, od najviše razine prema nižima.

5.1.1 Prijedlog smjernica za izradu mjera ograničenja za provedbu zahvata u prostoru temeljem DPPR-a

Za ***Uvjete provedbe zahvata u prostoru*** koji se provode neposredno iz DPPR-a, s obzirom na podložnost na klizanje, predlažu se sljedeće **smjernice za izradu mjera:**

- Mogućnost planiranja gradnje u područjima visoke ili niske podložnosti prema *Karti podložnosti*, prikazanoj na slici 4.3. u ovoj *Stručnoj podlozi* - treba preispitati izradu detaljnijih karata podložnosti na klizanje mjerila 1:25.000, odnosno 1:5.000. Za građevine ili za zahvate u prostoru potrebno je izraditi karte podložnosti mjerila 1:5.000 na kojima će biti prikazana podložnost na parceli i u neposrednom okolišu koji utječe na tu parcelu. Za linijske građevine ili zahvate u prostoru duljine veće od nekoliko kilometara odgovarajuće mjerilo karte podložnosti je 1:25.000.

5.1.2 Prijedlog smjernica za primjenu karata klizišta za izradu ostalih prostornih planova

Za potrebe izrade prostornih planova područja posebnih obilježja, ukoliko su unutar obuhvata plana detektirana područja niske i visoke podložnosti na klizanje, također je potrebno izraditi detaljnije karte u mjerilima primjerenima veličini područja.

U slučaju izrade *prostornog plana županije/Grada Zagreba*, za područja niske ili visoke podložnosti na klizanje, potrebno je izraditi detaljniju kartu podložnosti na klizanje mjerila 1:25.000 za površine za koje je planiran zahvat ili gradnja. Također, detaljniju kartu podložnosti potrebno je izraditi i za zone oko vodotoka, morskih obala i linijskih građevina s pokosima u obliku zasjeka/usjeka i/ili nasipa kada je planiran zahvat ili gradnja, budući da pojedinačni pokosi nisu bili obrađivani u izradi *Karte podložnosti na klizanje*. Navedena detaljnija karta podložnosti treba sadržavati minimalno tri kategorije podložnosti i to: (i) područja koja nisu podložna na klizanje (zelene boje); (ii) područja niske podložnosti na klizanje (žute boje); i (iii) područja visoke podložnosti na klizanje (crvene boje).

Ova smjernica je potrebna za razvoj mjera kojima će se propisati obaveza da se **za potrebe izrade prostornog plana županije/Grada Zagreba**, uz uobičajene tematske podloge, izrade i **detaljniji kartografski prikazi podložnosti na klizanje** na osnovi kojih će biti moguće definirati mjere i preporuke za izradu **planova lokalne razine**, odnosno hijerarhijska usmjerenja od viših do nižih razina. U područjima niske i visoke podložnosti na kartama 1:25.000, mjerama za izradu *prostornih planova uređenja općina/gradova* odredit će se područja za koja će se izvršiti kartiranje i izrada karata inventara klizišta u mjerilu 1:2.000 i karata podložnosti na klizanje u mjerilu 1:5.000.

5.1.3 Preporuke za izmjenu i dopunu Pravilnika o DPPR-u

Prostorne teme niske i visoke podložnosti na klizanje, zajedno s mjerama, prema važećem *Pravilniku* moguće je razraditi u sloju **KN-1-3 za teme DPPR-a**. Radi izrade smjernica za prostorne planove ostalih razina, **predlaže se uvođenje u Pravilnik nove teme u sloj 3.2.1. Tlo**, te u skladu s tim na odgovarajući način urediti sve relevantne dijelove *Pravilnika*, uključujući atributnu tablicu i model podataka.

U Pregledu prostornih tema Pravilnika (Prilog I.) područja posebnih uvjeta (režima) zbog niske i visoke podložnosti za klizanje, potrebno je navesti u poglavlju 3.2.1. Tlo, primjenom planskog znakovlja za što se ovdje predlaže sljedeće:

Oznaka teme	Naziv teme	Mjerilo uključenja
	Područje niske podložnosti na klizanje	1:100.000
	Područje visoke podložnosti na klizanje	1:100.000

5.1.4 Preporuke za izradu novog pravilnika o prostornim planovima

Novi pravilnik o prostornim planovima treba obuhvatiti sve teme koje proizlaze iz tematskih podloga – karata podložnosti na klizanje i karata inventara klizišta. Sadržajno je potrebno omogućiti prikaz podataka o evidencijama postojećih klizišta, kao i prikaz podataka o područjima gdje klizišta mogu nastati kako bi se za ove dvije vrste podataka o klizištima mogle propisati odgovarajuće mjere. Podaci o evidencijama klizišta trebaju se koristiti samo ako su točni podaci koji prikazuju pouzdano utvrđene granice klizišta (u mjerilu 1:2.000 i detaljnijem). Podaci o podložnostima na klizanje predstavljaju prognozu prostorne vjerojatnosti, a pouzdanost zona prvenstveno ovisi o mjerilu analize, čime uvjetuje i mjerilo primjene ove informacije. Zbog različitih mogućnosti prikaza teme klizišta, a koje se odražavaju na točnost i detaljnost kartografske tematske informacije, potrebno je predvidjeti teme uz pomoć inženjerskogeološke struke, za različite prostorne planove. U tom smislu preporučuje se izraditi ogledne primjere različitih vrsta karata klizišta i mogućnosti njihove primjene, kako bi se kroz interdisciplinarnu suradnju inženjerskih geologa, prostornih planera-urbanista i građevinara-geotehničara mogle definirati teme vezane za klizišta za novi pravilnik.

6. LITERATURA

- Anon. (2011) Obnova kanala rijeke Rječine. Hrvatski državni arhiv, Rijeka (neobjavljeno)
- Aleotti, P., Chowdhury, R. (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58, 21–44.
- Arbanas, Ž., Dugonjić, S., Benac, Č. (2013) Causes of small scale landslides in flysch deposits of Istria, Croatia. U: Margottini C, Canuti P, Sassa K (ur.) *Landslide science and practice, Volume 1: Landslide inventory and susceptibility and hazard zoning*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 221–226. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31325-7-29>.
- Arbanas, Ž., Mihalić, S., Grošić, M., Dugonjić, S., Vivoda, M. (2010) Landslide Brus, translational block sliding in flysch rock mass. U: Zhao J, Labiouse V, Dudt J-P, Mathier J-P (ur.) *Rock mechanics in civil and environmental engineering*. Taylor & Francis Group, London, pp 635–638
- Arbanas, Ž., Mihalić Arbanas, S., Vivoda, M., Peranić, J., Dugonjić Jovančević, S., Jagodnik, V. (2014) Identification, monitoring and simulation of landslides in the Rječina River Valley, Croatia. U: Sassa K, Khang QD (ur.) *Proceedings of the SATREPS workshop on landslide risk assessment technology*. International Consortium on Landslides, Kyoto, pp 200–213.
- Ardizzone, F., Cardinali, M., Carrara, A., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2002) Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 2, 3–14
- Bell, F.G. (2003) *Geological hazards: their assessment, avoidance and mitigation*. Spon Press, Taylor and Francis Group, London, New York, 656 str.
- Bernat, S., Mihalić Arbanas, S., Krkač, M. (2014a) Inventory of precipitation triggered landslides in the winter of 2013 in Zagreb (Croatia, Europe). *Proceedings of the 3rd World Landslide Forum, Landslide Science for a Safer Geoenvironment, Volume 2: Methods of Landslide Studies*, 2-6 June 2014. Springer, Cham, 829-836.
- Bernat, S., Mihalić Arbanas, S., Krkač, M. (2014b) Landslides triggered in the continental part of Croatia by extreme precipitation in 2013. *Proceedings of the XII IAEG Congress, Engineering Geology for Society and Territory, Vol. 2, Landslide Processes*, 15-19 September 2014. Springer, Heidelberg, 1599-1603.
- Bernat Gazibara, S., Krkač, M., Sećanj, M., Mihalić Arbanas, S. (2017a) Identification and mapping of shallow landslides in the City of Zagreb (Croatia) using the LiDAR-based terrain model. U: Mikoš M, Tiwari B, Yin Y, Sassa K (ur.) *Advancing culture of living with landslides, volume 2: advances in landslide science*. Springer International Publishing AG, Switzerland, Cham, pp 1093-a. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53498-5_124
- Bernat Gazibara, S., Mihalić Arbanas, S., Krkač, M., Sećanj, M. (2017b) Catalog of precipitation events that triggered landslides in northwestern Croatia. U: Abolmasov B, Marjanović M, Đurić U (ur.)

Proceedings of the 2nd Regional Symposium on landslides in the Adriatic-Balkan Region.
University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, pp 103–107

- Bernat Gazibara, S., Krkač, M., Mihalić Arbanas, S. (2019a) Landslide inventory mapping using LiDAR data in the City of Zagreb (Croatia). *Journal of Maps* 15(2):773-779. DOI: 10.1080/17445647.2019.1671906
- Bernat Gazibara, S., Cindrić Kalin, K., Erak, M., Krkač, M., Sećanj, M., Đomlija, P., Arbanas, Ž., Mihalić Arbanas, S. (2019b) Landslide hazard analysis in national-scale for landslide risk assessment in Croatia. U: Uljarević, M., Zekan, S., Salković, S., Ibrahimović, Dž. (ur.): *Proceedings of the 4th ReSyLAB*, Sarajevo: Geotechnical Society of Bosnia and Herzegovina, 2019., pp. 175-182.
- Blašković I (1999) Tectonics of part of the Vinodol Valley within the model of the continental crust subduction. *Geologia Croatica* 52(2):153–189.
- Caine, N. (1980) The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography*. (1/2), 23–27.
- Cindrić, K., Kalin, L. (2012) Analiza mogućnosti prognoze suše na području Hrvatske pomoću standardiziranog oborinskog indeksa (SPI). *Hrvatske vode*, 20:79/80, 43-50.
- Clague, J.J., Roberts, N.J. (2012): Landslide hazard and risk. U: Clague, J.J, Stead, D. (ur.): *Landslides Types, Mechanisms and Modeling*. Cambridge, University Press, United Kingdom, 1-9.
- Clarizia, M., Gulla, G., Sorbino, G. (1996) Sui meccanismi di innesco dei soil slip. In: *Int. Conf. Prevention of Hydrogeological Hazards: The Role of Scientific Research*, Vol. 1. Alba: L'Artistica Savigliano pub, 585–597 (in Italian).
- Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M.G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J., Smith, J.T. (2013) Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Volume 73, Issue 2, 209–263.
- Crosta, G.B., Frattini, P. (2001) Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris flow. *Proceedings of the 2nd EGS Plinius Conf. on Mediterranean Storms*, Siena, Italy, 463–487.
- Cruden, D.M. (1991) A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43/1:27-29.
- Cruden, D.M., Varnes D.J. (1996) Landslide types and processes. U: Turner, A.K., Schuster, R.L. (ur.): *Landslides, Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, Washington D.C., USA, 36–75.
- Dearman, W. R. (1991) *Engineering Geological Mapping*. Butterworth-Heinemann.
- DHMZ (2013) *Meteorološki i hidrološki bilten* 3/2013, Državni hidrometeorološki zavod.
- DHMZ (2018) *Meteorološki i hidrološki bilten* 3/2018, Državni hidrometeorološki zavod.

- Dugonjić Jovančević, S. (2013) Procjena hazarda pojave klizanja u flišu. Disertacija, Građevinski Fakultet, Sveučilište u Rijeci, p 199
- Dugonjić Jovančević, S., Arbanas, Ž. (2012) Recent landslides on the Istrian Peninsula, Croatia. *Nat Hazards* 62:1323–1338. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0150-4>
- Đomlija, P. (2018) Identifikacija i klasifikacija klizišta i erozije vizualnom interpretacijom digitalnoga modela reljefa Vinodolske udoline. Disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, p 527.
- Đomlija, P., Bernat, S., Arbanas Mihalić, S., Benac, Č. (2014) Landslide Inventory in the Area of Dubračina River Basin (Croatia). U: Landslide Sassa K, Canuti P, Yin Y, (ur.) Science for a Safer Geoenvironment, Vol. 2, Methods of Landslide Studies. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp 837–842.
- Đomlija, P., Bernat Gazibara, S., Arbanas, Ž., Mihalić Arbanas, S. (2019) Identification and Mapping of Soil Erosion Processes Using the Visual Interpretation of LiDAR Imagery. *International Journal of Geo-Information* 8(438):1-27. doi:10.3390/ijgi8100438
- European Environment Agency, EEA (2017) EU-DEM v1.1 resolution 30x30m.
- Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Pasarić, Z. (2014) Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121:1-2, 167-177. doi: 10.1007/s00704-014-1217-9
- Glade, T. (2001) Landslide hazard assessment and historical landslide data - an inseparable couple? U: Glade T., Albini P., Frances F. (ur.): The Use of Historical Data in Natural Hazards Assessment (Advances in Natural and Technological Hazard Research). Kluwer Academic Publications, Dordrecht, The Netherlands, 153–168.
- Grošić, M., Bernat, S., Arbanas, Ž., Mihalić Arbanas, S., Matjašić, I., Vidović, D. (2014) Instabilities of open pit cut slopes: case study from the torine quarry in Croatia. U: Mihalić Arbanas S, Arbanas Ž (ur.) Proceedings of the 1st Regional Symposium on landslides in the Adriatic-Balkan Region. Landslide and Flood Hazard Assessment. Croatian Landslide Group, Zagreb, pp 153–158.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P. (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31(1–4), 181–216.
- Guzzetti, F., Galli, M., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M. (2005) Landslide hazard assessment in the Collazzone area, Umbria, Central Italy. *Natural hazards and earth system sciences*, 6, 115–131.
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., Stark, C. P. (2007) Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 98, 239-267.
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., Stark, C. P. (2008) The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows: An update. *Landslides* 5, 3–17.

- HGI (2009) Osnovna geološka karta mjerila 1:300.000. Hrvatski geološki institut.
- Highland, L.M., Bobrowky, P. (2008) The Landslide Handbook—A Guide to Understanding Landslides. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 str.
- Hungr, O. (1981) Dynamics of rock avalanches and other types of slope movements, Ph.D. Thesis, University of Alberta, Edmonton, 500 str.
- IPL (2013) World report on landslides, International Program on Landslides, URL:<http://iplhq.org/category/iplhq/world-report-on-landslides/>, Accessed 1.10.2013.
- Komac, M. (2006) A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 74(1-4), 17-28.
- Komac, M. (2012) Regional landslide susceptibility model using the Monte Carlo approach– the case of Slovenia. *Geological Quarterly*, 56(1), 41-54.
- Krkač, M. (2015) Fenomenološki model gibanja klizišta Kostanjek na osnovi praćenja parametara klizanja. Disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Krkač, M., Špoljarić, D., Bernat Gazibara, S., Mihalić Arbanas, S. (2018) TXT-tool 4.385-1.1: Method for Prediction of Landslide Movements Based on Random Forests. U: Sassa, K. i dr. (ur.), *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*, Springer International Publishing, https://doi.org/10.1007/978-3-319-57774-6_34, 575-597.
- McKee T.B., Doeksen N.J., Kleist J. (1993) The relationship of drought frequency and duration on time scales. *Proceedings of the 8th conference of applied climatology* (ed. C.A. Anaheim), American Meteorology Society, Boston MA, 179-184.
- Melillo, M., Brunnetti, M. T., Peruccacci, S., Gariano, S. L., Guzzetti, F. (2015) An algorithm for the objective reconstruction of rainfall events responsible for landslides. *Landslides*, 12, 311-320.
- Mihalić, S., Arbanas, Ž., Krkač, M., Dugonjić, S. (2011) Analysis of sliding hazard in wider area of Brus landslide. U: Anagnostopoulos A, Pachakis M, Tsatsamifos C (ur.) *Proceedings of the 15th European conference on soil mechanics & geotechnical engineering: geotechnics of hard soils—weak rocks*. IOS Press, Amsterdam, pp 1377–1382
- Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Bernat, S., Krkač, M., Kalinić, P., Martinović, K., Fabris, N., Sajko, J., Antolović, A. (2013) Upravljanje kriznim situacijama uslijed pokretanja klizišta. *Zbornik V. konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika*, 17.-18. listopada 2013. Državna uprava za zaštitu i spašavanje, Zagreb. 151-164.
- Mihalić Arbanas, S., Sećanj, M., Bernat Gazibara, S., Krkač, M., Arbanas, Ž. (2017a) Identification and mapping of the Valići Lake landslide (Primorsko-Goranska County, Croatia). U: Abolmasov B, Marjanović M, Đurić U (ur.) *Proceedings of the 2nd Regional Symposium on landslides in the Adriatic-Balkan Region*. University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, pp 197–202

- Mihalić Arbanas, S., Sečanj, M., Bernat Gazibara, S., Krkač, M., Begić, H., Džindo, A., Zekan, S., Arbanas, Ž. (2017b) Landslides in the Dinarides and Pannonian Basin—from the largest historical and recent landslides in Croatia to catastrophic landslides caused by Cyclone Tamara (2014) in Bosnia and Herzegovina. *Landslides*, 14:1861–1876. <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0880-1>
- Mihalić Arbanas, S., Krkač, M., Bernat Gazibara, S., Komac, M., Sečanj, M., Arbanas, Ž. (2018) TXT-tool 2.385-1.1 A Comprehensive Landslide Monitoring System: The Kostanjek Landslide, Croatia. U: Sassa, K. i dr. (ur.), *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*, Springer International Publishing, https://doi.org/10.1007/978-3-319-57774-6_34, 449-464.
- Mihalić Arbanas, S., Bernat Gazibara, S., Sečanj, M., Damjanović, V., Oršanić, D., Penović, S., Krkač, M., Cindrić Kalin, K., Jagodnik, P., Jagodnik, V., Arbanas, Ž. (2019) Landslide risk management in Croatia: Current state. U: Uljarević M, Zekan S, Salković S, Ibrahimović Dž (ur.) *Proceedings of the 4th Regional Symposium on landslides in the Adriatic-Balkan Region*. University of Tuzla, Geotechnical Society of Bosnia and Herzegovina, pp 243-250
- Oštrić, M., Yamashiki, Y., Takara, K., Takahashi, T. (2011) Possible scenarios for Rjecina River catchment—on the example of Grohovo landslide. *Ann Disaster Prev Res Inst* 54B:1–7
- Panagos, P., Van Liedekerke, M., Jones, A., Montanarella, L. (2012) European soil data Centre: response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy* 29(2):329–338. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.07.003>
- Popescu, M.E. (2002) Landslide casusal factors and landslide remediatial options. *Proceedings of 3rd international conference on landslides, slope stability and safety of Infrastructures*, Singapure, 61-81.
- RH-Glavna radna skupina Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa (2019): Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku. Ministarstvo unutarnjih poslova, Ravnateljstvo civilne zaštite.
- RH/MZOIE (2019) Nacrt prijedloga Strategije prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu. (Bijela knjiga). Ministarstvo zaštite okoliša i energetike.
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K. (2008) The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss J Geosci* 101(1):139–183. <https://doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3>
- Soeters. R., van Westen. C.J. (1996) Slope instability recognition, analysis and zonation. U: Turner, A.K., Schuster, R.L. (ur.): *Landslides investigation and mitigation*. TRB Special Report 247. National Academy Press, Washington, DC, 129–177.
- Toševski, A. (2018) Podložnost porječja rijeke Dubračine površinskim geodinamičkim procesima. *Disertacija*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, p 333

- UN-ISDR (2009) UNISDR Terminology on disaster risk reduction. Geneva, Switzerland: UNISDR.
https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf.
- van Schalkwyk, A., Thomas, M.A. (1991) Slope failures associated with the floods of September 1987 and February 1988 in Natal and Kwa-Zulu, Republic of South Africa. *Geotechnics in the African Environment*, Blight et al. (Eds), pp. 57-63.
- van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J., Soeters, R. (2005) Landslide hazard and risk zonation; why is it still so difficult? *Bulletin of Engineering geology and the Environment* 65 (2), 167–184.
- van Westen, C.J., Castellanos, E., Kuriakose, S.L. (2008) Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: an overview. *Engineering Geology*, 102, 112–131.
- Varnes, D.J. (1978) Slope movements, type and processes. U: Schuster R.L., Krizek R.J. (ur.): *Landslide Analysis and Control*, Transportation Research Board, Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington, 11–33.
- Varnes, D.J., The IAEG Commission on Landslides and other Mass-Movements (1984) *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. The UNESCO Press, Paris, 63.
- Vivoda, M., Benac, Č., Žic, E., Đomlija, P., Dugonjić Jovančević, S. (2012) Geohazard u dolini Rječine u prošlosti i sadašnjosti. *Hrvatske vode* 20:105–116
- Vivoda Prodan, M. (2016) Utjecaj trošenja na rezidualnu posmičnu čvrstoću sitnozrnastih litoloških članova fliša. *Disertacija, Građevinski Fakultet, Sveučilište u Rijeci*, p 197
- Vivoda Prodan, M., Arbanas, Ž. (2016) Weathering influence on properties of siltstones from Istria, Croatia. *Adv Mater Sci Eng* 2016:1–15, Article ID 3073202. <https://doi.org/10.1155/2016/3073202>
- Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I., Matičec, D. (2005) Evolution of the Adriatic carbonate platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeocol* 220:333–360
- WP/WLI (International Geotechnical Society's UNESCO Working Party on World Landslide Inventory) (1995) A suggested method for describing the rate of movement of a landslide, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 52:75-78.
- WMO (2017) *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals*. World Meteorological Organization, WMO-No. 1203.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V. (2008) *Klimatski atlas Hrvatske 1961-1990., 1971-2000*. Državni hidrometeorološki zavod Hrvatske, Zagreb. 200 str.