

Geološka građa Istre kao preduvjet nastanka klizišta

Vuksan, Leonarda

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:162510>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Leonarda Vuksan

Geološka građa Istre kao preduvjet nastanka klizišta

Završni rad

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni prijediplomski studij
Primijenjena geologija**

**Leonarda Vuksan
JMBAG: 0114034036**

Geološka građa Istre kao preduvjet nastanka klizišta

Završni rad

Rijeka, rujan 2023.

IZJAVA

Završni rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Leonarda Vuksan

U Rijeci, 19.9.2023.

Geološka građa Istre kao preduvjet nastanka klizišta

SAŽETAK

Istra je smještena na zapadu Hrvatske te predstavlja naš najveći poluotok. Ističe se specifičnom geološkom građom. Uvid u geološku građu Istarske županije možemo dobiti pomoću Osnovnih geoloških karti. Obzirom da se klizišta pojavljuju područjima gdje su prisutne meke stijene ili tla čije su karakteristike niska čvrstoća i visoka podložnost deformacijama očitana su područja Istre izgrađena od flišne stijenske mase ili flišnih naslaga koje pripadaju vrsti mekih stijena. To su područja koja se nalaze u sjeveroistočnom, sjevernom i središnjem dijelu poluotoka. Klizišta su u tom području pokrenuta hidrološkim uvjetima, dok je geološka građa bila ključan preduvjet klizanju u kombinaciji sa antropogenim uzrocima. U ovom radu dan je kratak pregled preduvjeta i pokretača klizišta, pregled geološke građe Istre kroz geološka razdoblja tijekom povijesti te prostorna raspodjela flišnih naslaga u Istri te na osnovu te raspodjele uvid o klizištima u na tom području i analiza inženjerskogeoloških modela klizišta Brus, Pićan i Juradi koja se nalaze u Istri.

Ključne riječi: Istra, geološka građa, flišne naslage, klizište, inženjerskogeološki model

The geological structure of Istria as a precondition for the occurrence of landslides

ABSTRACT

Istria is located in the west of Croatia and represents our largest peninsula. It stands out with its specific geological structure. We can get an insight into the geological structure of the Istrian County using the basic geological maps. Considering that landslides occur in areas where there are soft rocks or soils whose characteristics are low strength and high susceptibility to deformation, the areas of Istria built from flysch rock mass or flysch deposits belonging to the type of soft rocks are read. These are areas located in the northeastern, northern and central parts of the peninsula. Landslides in that area were triggered by hydrological conditions, while the geological structure was a key prerequisite for the landslide in combination with anthropogenic causes. This paper provides a brief overview of the prerequisites and drivers of landslides, an overview of the geological structure of Istria through geological periods throughout history, and the spatial distribution of flysch deposits in Istria, and based on this distribution, an insight into landslides in the area and an analysis of the engineering geological models of the Brus, Pićan and Juradi landslides which are located in Istria.

Key words: Istria, geological structure, flysch deposits, landslide, engineering geological model

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA.....	2
3. UZROCI NASTANKA KLIZIŠTA.....	3
4. PREGLED GEOLOŠKE GRAĐE ISTRE.....	6
4.1 Mezozoik.....	7
4.2.1 Tercijar.....	10
4.2.2 Kvartar.....	14
5. PROSTORNA RASPODJELA FLIŠNIH NASLAGA U ISTRI.....	15
6. KLIZIŠTA U ISTRI.....	18
7. ODABRANI PRIMJERI INŽENJERSKOGEOLOŠKIH MODELA KLIZIŠTA U ISTRI.....	20
7.1 Klizište Brus.....	21
7.2 Klizište Pićan.....	24
7.3 Klizište Juradi.....	28
8. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK.....	30
9. LITERATURA.....	32

POPIS SLIKA

Slika 1: Tipovi klizišta prema mehanizmu gibanja (Cruden i Varnes 1996.).....	2
Slika 2: Preduvjeti i pokretači klizišta (Đomlija, 2019).....	3
Slika 3: Stupnjevi trošenja flišne stijenske mase (Dugonjić Jovančević, 2013).....	5
Slika 4: Prikaz stratigrafskih jedinica Istarskog poluotoka (preuzeto iz Gulam, 2012).....	7
Slika 5: Blok dolomita u kamenolomu Fantazija kraj Rovinja (Slobodan i dr., 2013).....	9
Slika 6: Izdanci pelagičkih vapnenaca uz cestu kraj Barbana (Slobodan i dr., 2013).....	10
Slika 7: Foraminiferski vapnenci u napuštenom kamenolomu Istranka (Slobodan i dr.,2013)).....	12
Slika 8: Naslage fliša, okolica Boljuna (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023).....	13
Slika 9: Crvenica u Istri (http://upris.hr/lakoca-terena-u-istri/).....	14
Slika 10: Karta Istre sa područjima podložnim na klizanje (Arbanas i dr., 2019).....	18
Slika 11: (a) translacijsko klizanje, okolica naselja Zamask ;(b) translacijsko klizanje, naselje Zamask (Škorić, 2021); (c) translacijsko klizanje, okolica Buzeta (preuzeto s Jutarnji list); (d) rotacijsko klizanje, Marinici (Dugonjić Jovančević, 2013); (e) translacijsko klizanje,okolica naselja Ukotići	19
Slika 12: (a); (b) i c) translacijsko klizanje površinskih naslaga.....	20
Slika 13: Pogled na klizište Brus (Preuzeto s Google Earth, 2022).....	21
Slika 14: Slojevi pješčenjaka i lapora na lokaciji klizišta (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023).....	22
Slika 15: Inženjerskogeološka karta i poprečni presjek klizišta Brus (preuzeto iz Škorić, 2021).....	23
Slika 16: Ostaci lokalne ceste (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023).....	23
Slika 17: Inženjerskogeološka karta klizišta Pićan (preuzeto iz Gorupić, 2020).....	25

Slika 18: Oštećenje prometnice, klizište Pićan (preuzeto iz Gorupić, 2020).....	26
Slika 19: Potporni zid s gornje strane klizišta (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023).....	27
Slika 20: Potporni zid kod nožice klizišta (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023).....	27
Slika 21: (a) Oštećenje na obiteljskoj kući u Juradima (autor: Vesna Brnabić, preuzeto Jutarnji list); (b) oštećenje na objektima uslijed klizanja (preuzeto sa HRT stranice).....	28
Slika 22: Inženjersko geološka karta klizišta Juradi (preuzeto iz Dugonjić Jovančević, 2013).....	29
Slika 23: Glavni ožiljak kliznog tijela (preuzeto iz Bernat, 2011).....	30

POPIS TABLICA

Tablica 1: Prostorna raspodjela flišnih naslaga u Istarskoj županiji.....	16/17
Tablica 2: Geometrijske značajke klizišta Brus (preuzeto iz Dugonjić Jovančević, 2013).....	24

1.UVOD

Kada govorimo o klizištima i nastanku istih, bitno je uzeti u obzir geološku građu područja, hidrološke značajke područja, geomorfološke procese, fizičke procese te antropogeni utjecaj jer neki od tih uvjeta mogu inicirati klizište dok će drugi biti preduvjet klizanju.

Istra je specifična zbog svojih geoloških, geografskih, klimatskih i morfoloških značajka prostora. Istarski poluotok ima prilično raznoliku klimu, tako zapadni i južni dio poluotoka poprimaju karakteristike mediteranske klime, središnji dio ima kontinentalnu klimu dok istočni dio karakterizira submediteranska klima (Gulam, 2012). Zbog različitih vrsta klime očituju se velike razlike između srednjih godišnjih količina oborina između tih područja kao i razlika u srednjoj godišnjoj temperaturi. Najviše oborina padne u jesen te na prijelazu proljeća u ljeto.

Klizišta obično pokreću obilne padaline, nekad sa kombinacijom ljudske djelatnosti, dok drugi procesi, kao što je potres nije značajan kao inicijator klizišta u slučaju Istre zbog niske seizmičke aktivnosti područja.

Za nastanak klizišta na flišnim kosinama vrlo je važan proces vremenskog trošenja flišne stijenske mase uslijed djelovanja vode i atmosferilija, proces akumulacije raspadnutog materijala te proces erozije jer su flišni sedimenti nastali kao posljedica brze erozije okolnog gorja koje se uzdiže te su transportirani vodenim tokovima do kontinenta (Vivoda Prodan, 2016).

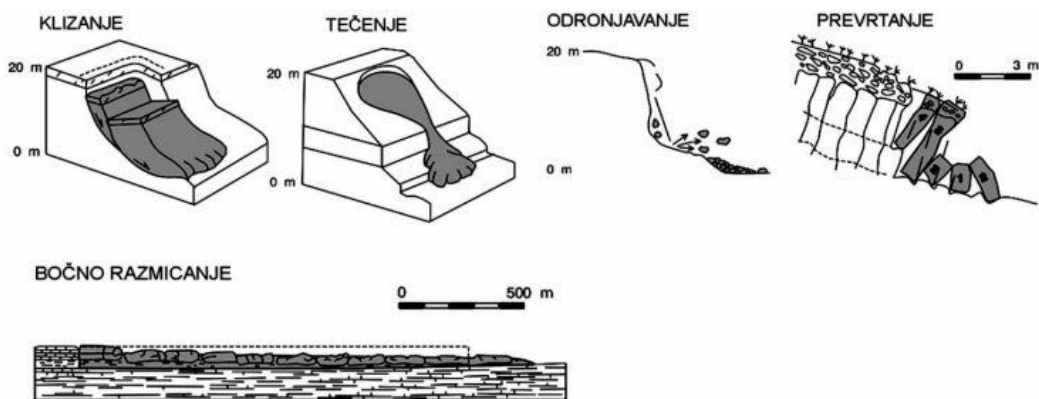
Nagib kosine isto ima bitan utjecaj na nastanak klizišta, tako raspon nagiba od 0 do 10° ima malu vjerojatnost klizanja, nagibi od 10 do 15° srednju vjerojatnost, a kosine između 15 i 50° veliku uvjetnu vjerojatnost klizanja. Nagibi >50° imaju također malu vjerojatnost klizanja (Arbanas i dr., 2019).

Za fliš je karakterističan brežuljkasti oblik terena. S obzirom da je flišni stijenski kompleks u kombinaciji s drugim faktorima pogodan za nastanak klizišta, cilj ovog rada će biti očitati područja u Istri izgrađena od flišnih naslaga sa Osnovnih geoloških karti i dovesti ih u vezu sa pojavom klizišta na tim područjima te proučiti preduvjete i pokretače koji su bili uzrok nastanku klizišta.

2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA

Klizanje je proces koji pripada pokretima na padini i jedno je od najčešćih geomorfoloških procesa na površini zemlje. Odnosi se na kretanje stijene ili tla niz padinu pod utjecajem gravitacije (Cruden, 1991). Materijal se niz padinu može kretati odronjavanjem, prevrtanjem, klizanjem, širenjem (razmicanjem) ili tečenjem (slika 1) (Crudes i Varnes, 1996). Klizišta mogu nastati stijeni ili tlu, iznenada brzo, ili sporo i postupno. Nastaju kada se stabilno stanje padine izmijeni u nestabilno zbog popuštanja kohezijskih sila među česticama stijene, odnosno kada posmična naprezanja prekorače posmičnu čvrstoću materijala (Vlahović, 2010). Klizanje može biti prouzročeno prirodnim procesima, kao što su kiše, poplave, potresi ili se kao posljedica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina zemljanim radovima, zasijecanjem, usijecanjem padina, neumjerenom i neplanskom izgradnjom itd.

Najčešći uzrok poremećaja ravnoteže na kosini je voda (površinska ili podzemna), zbog toga što tlo saturirano vodom postaje teže te se povećava sila smicanja, a smanjuje posmična čvrstoća (Vlahović, 2010).



Slika 1 Tipovi klizišta prema mehanizmu gibanja (Cruden i Varnes 1996.)

3. UZROCI NASTANKA KLIZIŠTA

Kod istraživanja klizišta važno je klasificirati uzročnike klizanja u dvije skupine: one koji su preduvjet klizanju i one koji pokreću klizanje. Preduvjeti klizanja dovode padinu u stanje granične ravnoteže, dok pokretači klizanja dovode padinu iz granično stabilnog stanja u aktivno nestabilno stanje te pokreću gibanje (Đomlija, 2019).

Preduvjeti klizišta mogu biti prirodni uzroci kao što su značajke stijene i tala koje izgrađuju padinu te različiti geomorfološki procesi koji se odvijaju na padini, poput procesa erozije (slika 2). Isto tako preduvjeti mogu biti antropogeni kao posljedica ljudske aktivnosti i to najčešće izgradnjom prometnica i drugih infrastrukturnih građevina te izmjenom prirodne geometrije padine koja uzrokuje preraspodjelu naprezanja u padini. Klizište je najčešće inicirano samo jedinim procesom, ali može biti inicirano djelovanjem više procesa istovremeno. Najčešći pokretači su intenzivne padaline, brzo otapanje snijega, intenzivni kišni periodi a od kraćih procesa koji mogu inicirati klizište ubrajamo potrese (slika 2).



Slika 2 Preduvjeti i pokretači klizišta (preuzeto iz Đomlija, 2019)

Glavni prirodni preduvjet u procjeni podložnosti padina klizanju je geološka građa promatranog područja. Analiza geološka građe nekog područja provodi se na

temelju geoloških karti. Geološka građa Hrvatske je izrazito kompleksna zbog prisutnosti različitih vrsta stijena koje se razlikuju po svojoj prirodi, starosti, podrijetlu i trenutnom položaju unutar strukturne geološke građe regije. Poznato je da se klizišta često javljaju u područjima gdje su prisutne stijene ili tla s niskom čvrstoćom i visokom podložnošću deformacijama, a to su meke stijene i tla. Meke stijene su problem koji je poznat, ali nije dovoljno prepoznat u svijetu. Radi se o sedimentnim stijenama koje u trenutku iskopa imaju visoku čvrstoću, kopaju se po svim uzancama kopanja čvrstih stijena, ali nakon djelovanja atmosferilija dolazi do njihove degradacije (Mišćević, 2018).

U meke stijene ubrajamo materijale prahovnjaka, lapora, pješčenjaka i sličnih materijala te upravo ti materijali čine osnovnu komponentu fliša. Fliš je naziv za kompleks sedimentnih stijena za koji je karakteristična sukcesivna izmjena sedimentnih stijena kao šta su šejl, prahovnjak, lapor i pješčenjak ali može sadržavati i breče, konglomerate i vapnence. Naslage fliša su na području Hrvatske taložene u sklopu alpske orogeneze koja je formirala planinske masive na području današnje Europe i Azije. Flišne naslage možemo pronaći u uskim pojasevima od sjeverne Istre i Primorja prema jugoistoku preko otoka sve do Dubrovnika.

Meke stijene su sklone značajnim promjenama inženjerskih svojstava tijekom vremena. Ove promjene mogu se manifestirati unutar nekoliko mjeseci do nekoliko godina pod utjecajem vanjskih čimbenika. Kada je meka stijena izložena procesu trošenja ona se u konačnici razgrađuje u sitnozrni materijal, a njezina fizikalno-mehanička svojstva se značajno mijenjaju u odnosu na početno stanje. Trošenje (eng. "weathering") mekih stijena analizirano je u okviru raznih područja, kao što su geologija, inženjerska geologija, mineralogija, mehanika tla i stijena te geomorfologija (Vlastelica i dr., 2012). Istraživanje trošenja meke stijene i njezina veza sa pojavom klizišta bitna je kako bi se bolje razumjeli procesi koji utječu na stabilnost stijenskih masa.

Trošenje se općenito može podijeliti u dvije glavne kategorije: fizičko (mehaničko) trošenje i kemijsko trošenje. Fizičko trošenje obuhvaća razaranje stijene u manje dijelove bez promjene mineralnog sastava, dok kemijsko trošenje uključuje sve procese koji dovode do kemijskih i/ili mineralnih transformacija na ili ispod

površine Zemlje (Gulam, 2012). Fizičko trošenje predstavlja dominantan proces trošenja. U praksi se često spominje i biološko trošenje, iako se najčešće svrstava kao podgrupa fizičkog i kemijskog trošenje jer biološki procesi mogu uzrokovati i fizičke i kemijske promjene (Vlastelica i dr., 2016).

Fliš je izrazito podložan fizičkom i kemijskom trošenju. Fizičko trošenje ubrzava kemijsko trošenje, karakteristično za flišnu stijensku masu (Dugonjić Jovančević, 2013). Proces vremenskog trošenja flišne stijenske mase vidljiv je od površine terena s dubinom te je moguće razlikovati različite stupnjeve trošenja stijenske mase od svježije stijenske mase (F) do rezidualnog tla (RS) (slika 3).



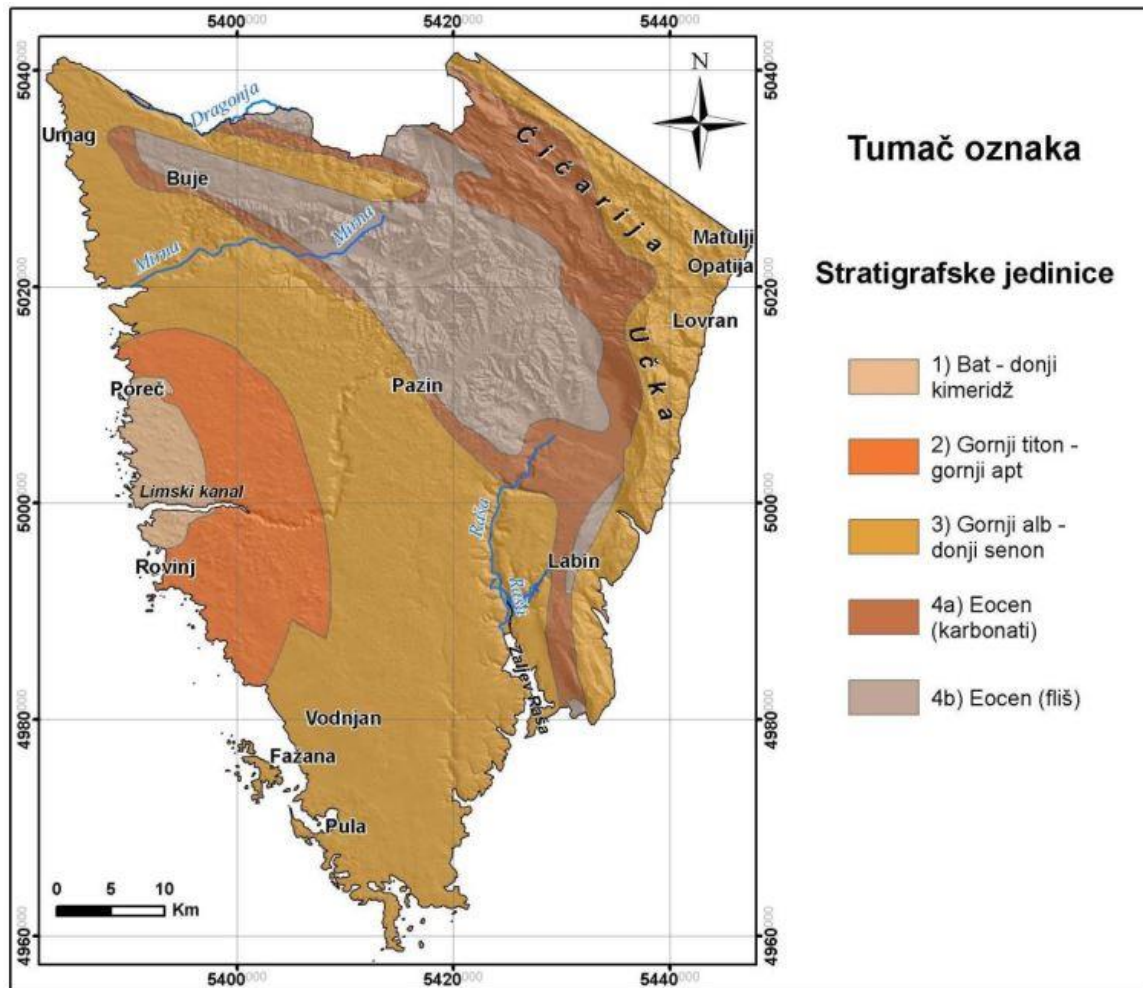
Slika 3 Stupnjevi trošenja flišne stijenske mase (preuzeto iz Dugonjić Jovančević, 2013)

Zbog različitih stupnjeva trošenja, parametri čvrstoće tla u klizištu tijela variraju. Može se zaključiti da se rezidualno tlo (RS) u cijelosti ponaša kao tlo dok potpuno trošna stijenska masa (CW) posjeduje parametre čvrstoće odgovarajuće

inženjerskom tlu, iako posjeduje strukturu originalne stijenske mase (Dugonjić Jovančević, 2013). Istrošeni fliš sklon je eroziji i klizanju unutar izrazito nestabilnih nakupina erodiranih naslaga.

4. PREGLED GEOLOŠKE GRAĐE ISTRE

Područje Istarskog poluotoka odlikuje se morfološkom raznolikošću i različitim geološkim specifičnostima područja koje se razlikuje od ostatka Hrvatske te je Istra upravo zato izučavana kao posebna jedinica (Gulam, 2012) . Stijene koje izgrađuju Istarski poluotok taložene su na nekadašnjoj Jadranskoj karbonatnoj platformi tijekom razdoblja od mlađe srednje jure do paleogena. S geološkog stajališta područje Istre moguće je podijeliti na tri velike regije koje se mogu poistovjetiti pučkom podjelom Istre na bijelu Istru, crvenu Istru te sivu Istru. Bijela Istra proteže se na području sjeverne i sjeveroistočne Istre te obuhvaća masive Ćićarije i Učke, koji odlikuju karakterističnom ljuskavom strukturom te predstavljaju izdignuto, okršeno kamenito područje. Karakteristična je po bijeloj boji krednih i eocenskih okršenih vapnenaca (slika 4), koji čine dominantnu građu tog područja. Siva Istra, središnje područje Istre, predstavlja eocenski flišni bazen (slika 4). Naziv je dobila po sivoj boji lapora koji, zajedno s pješčenjacima, gradi flišne naslage. To je depresija u središnjem dijelu Istre ispunjena flišnim materijalom. Crvena Istra obuhvaća južni i zapadni dio poluotoka. Naziv je dobila po debelim kvartarnim naslagama crvenice koje prekrivaju karbonatne stijene mezozoika i tercijara, a svoju boju duguje velikoj količini crvene zemlje crvenice koja prekriva zaravan sastavljenu od jurskih i krednih karbonatnih stijena (slika 4).



Slika 4 Prikaz stratigrafskih jedinica Istarskog poluotoka (preuzeto iz Gulam, 2012)

4.1 Mezozoik

Dva perioda koja su značajna za geološki razvoj Istre u eri Mezozoik su jura i kreda (Slobodan i dr., 2013).

Svaki period ima svoje karakteristične geološke događaje koji su formirali naslage u Istri. Naslage jurske starosti karakteriziraju neformalne litostratigrafske jedinice Monsena, Limski kanal i Poreč. Formacija Monsena predstavlja najstarije naslage u Istri. Ove naslage možemo pronaći u priobalnoj zoni sjeverno od Rovinja, prema Limskom kanalu, kao i na nekoliko manjih lokaliteta duž obale Limskog kanala.

Naslage formacije Linski kanal čine dvije litološke jedinice, a to su član Lim i član Muča koje nalazimo u području između Poreča, Gradine i Rovinja (Slobodan i dr., 2013).

Vapnenci člana Lim talože se u plitkom okolišu zaljeva ili otvorenih laguna te su bogati fosilnim sadržajem. Debljina slojeva varira od 30 do 80 cm sa često nejasno izraženom slojevitošću. Vapnenci su svijetle do žućkaste boje, s visokom poroznošću i jednoličnim strukturnim tipom. Muča član zapravo se nalazi unutar jedinice Lim, karakterizira ga ooidno-bioklastični vapnenac. Za razliku od Lim jedinice, Muča je izuzetno raznolika u pogledu sastava sedimentnog materijala i jasno vidljivih sedimentnih struktura i tekstura.

Tijekom jure, cijelo područje Istre doživjelo je podizanje kopnenih masa iznad razine mora zbog tektonskih pokreta. To je rezultiralo dugotrajnom erozijom i okršavanjem na okopnjelom području, što je dovelo do stvaranja raznolikog reljefa. U dubljim depresijama tijekom geološke prošlosti taložio se boksit. Značajnija ležišta boksita nalaze se kod Rovinja i Funtane, ali ima ga i u okolici Gradine.

Neformalnu formaciju Poreč karakteriziraju Kirmenjak i Zlatni rt. Kirmenjak je arhitektonski i građevinski kamen izuzetne kvalitete, poznat i pod nazivom "Orsera". Karakterizira ga iznimna čvrstoća, što ga čini pogodnim za klesanje, a također je otporan na visoku slanost okoline. Član Zlatni rt obuhvaća gornji dio formacije Poreč (Slobodan i dr., 2013).

U naslagama kredne starosti izdvajaju se neformalne litostratigrafske jedinice Rovinj, Sveti Duh i Gornji Humac. Formaciju Rovinj karakterizira izmjena svijetlih ranodijagenetskih i tamnih kasnodijagenetskih dolomita. Kasnodijagenetski dolomit, formirao se kao rezultat kasnodijagenetske dolomitizacije peritajdalnih vapnenaca, obično je krupnokristaliničan i ne pokazuje vidljive teksture, dok ranodijagenetski dolomit sadrži brojne i raznolike teksture te ima promjenjiv sastav. Najljepši izdanci takvih dolomita nalaze se u starom kamenolomu Fantazija kraj Rovinja (slika 5) te su proglašeni geološkom prirodnom baštinom (Slobodan i dr., 2013).



Slika 5 Blok dolomita u kamenolomu Fantazija kraj Rovinja (Slobodan i dr., 2013)

Naslage litostratigrafske jedinice Sv. Duh karakteriziraju vapnenci svijetlosive, svijetlosmeđe i bijele boje (slika 6) koje u Istri možemo pronaći na južnom i jugoistočnom dijelu, počevši od Premanture i Medulina, preko U. Budava, Krnice i Barbana prema sjeveru sve do ruba paleogenskog bazena. Također, mogu se naći na obroncima središnjeg dijela Labinskog poluotoka, sjeveroistočno od Rapca, te na Ćićariji u širem području Planika na sjeveru Županije (Slobodan i dr., 2013). Manje pojave ovih naslaga nalaze se i u okolici naselja Lanišća, Vodica i Jelovice. Debljina ovih slojeva je uglavnom 0,5 – 1 m.



Slika 6 Izdanci pelagičkih vapnenaca uz cestu kraj Barbana (Slobodan i dr., 2013)

Formaciju Gornji Humac karakteriziraju vapnenci različitih strukturnih tipova čija je boja svijetlo sivo-smeđa do gotovo bijela. Slojevitost je jasno izražena, pri čemu pojedini slojevi obično imaju debljinu od 20-50 cm. Naslage Gornjeg Humca nalaze se u južnom i jugoistočnom dijelu od Premanture i Medulina, preko Kavrana, Zaljeva Raše, Raškog polja, do ruba paleogenskog bazena. Također, mogu se pronaći na obroncima i uz obalu središnjeg dijela Labinskog poluotoka, sjeverno od Rabca, zapadno od M. Učke i na sjeveru Županije uz samu rubnu zonu sjeveroistočne županijske i državne granice (Slobodan i dr., 2013).

4.2.1 Tercijar

U periodu tercijar značajne su Liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci, prijelazne naslage te eocenske siliciklastične naslage koje su detaljnije opisane u nastavku (Slobodan i dr., 2013).

Liburnijske naslage na površini nalazimo samo u jugoistočnom dijelu Istre i to od istočne obale poluotoka Ubas i Uvale Koromačna prema sjeverozapadu preko sela Diminići, brda Babrin, od Raše do Labina, Sv. Martina i na sjeveru do Podpićna. Liburnijske naslage sastoje se od breča, vapnenaca i ugljena. Slojevi ugljena mogu imati debljinu od nekoliko centimetara do preko 3 metra. Na području Labina, ukupna debljina čistog ugljena doseže i do 15 metara.

Foraminiferski vapnenci (slika 7) nalaze se na površini u sjeveroistočnom dijelu Istarske županije, protežući se u smjeru od sjeverozapada prema jugoistoku. Ovo područje obuhvaća istočni dio Umaga, Brtoniglu, Vižinadu, Pazin, Rašu, te Uvalu Koromačno, kao i zapadne i južne padine Učke te široke jugozapadne padine Ćićarije. Također, postoje manje, izolirane pojave foraminiferskih vapnenaca jugozapadno od ruba paleogenskog bazena, u području Kaštelira, Labinaca i Markovca (Slobodan i dr., 2013).

Izdvojenu jedinicu prijelaznih naslaga nalazimo na užim područjima Pazinskog, Labinskog i Plominskog bazena, te u jugoistočnom dijelu Ćićarije i Učke. Navedena područja karakteriziraju kontinuirane naslage foraminiferskih vapnenaca, koje predstavljaju prijelaznu jedinicu prema produbljivanju paleogenskog bazena i taloženju klastičnih naslaga s flišnim obilježjima. Prijelazne naslage se sastoje od slojeva s rakovicama i lapora s globigerinama, lator ima plavkasto-zelenkastu boju, te se javljaju i tanji slojevi pješčenjaka (Slobodan i dr., 2013).



Slika 7 Foraminiferski vapnenci u napuštenom kamenolomu Istranka (preuzeto iz Slobodan i dr.,2013)

Središnji i sjeveroistočni dio Istarske županije obiluje siliciklastičnim naslagama koju identificiramo kao neformalnu litostratigrafsku jedinicu pod nazivom Eocenski klastiti i fliš (EKF) (Slobodan i dr., 2013). Ove naslage (slika 8) nalazimo na sjevernom dijelu Županije, između Momjana i Buzeta te između Buja i Oprtlja. Također, prisutne su u središnjem dijelu, u prostranom Pazinskom bazenu, te na jugoistoku Županije, u području Plominskog i Labinskog bazena. Fliš središnje Istre superpozicijski se nalazi na globigerinskim laporima te razlikujemo donji i gornji dio fliškog kompleksa (Gulam, 2012). Ukupna debljina kompleksa iznosi 90-100 m, dok debljina donjeg dijela varira od 0,3 do 7 m te se sastoji od ritmičke izmjene laporovitih i karbonatnih slojeva. Karbonatni slojevi se nalaze u obliku konglomerata, foraminiferskih breča, arenita i silita. Unutar tog donjeg dijela flišnih naslaga česti su i karbonatni megaslojevi debljine i do nekoliko metara (Gulam, 2012).

U gornjem dijelu flišnog kompleksa istaloženi su karbonatno-siliciklastični turbiditni slojevi te se sastoje od tankih slojeva silitita i pješčenjaka koji predstavljaju samo gornje dijelove turbiditne serije (Dugonjić Jovančević, 2013).

Značajna karakteristika vrlo debelih slojeva vapnenačkih breča i pješčenjaka je da su izuzetno otporni na eroziju (Slobodan i dr., 2013). Većina naselja u tom području, poput Huma, Buzeta, Motovuna, Boljuna i drugih, razvila se na tim slojevima zbog njihove izvanredne otpornosti. Nakon taloženja fliša kao najmlađih paleogenskih naslaga prije otprilike 35 milijuna godina, cijelo područje današnje Istre je okopnjelo.



Slika 8 Naslage fliša, okolica Boljuna (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023)

4.2.2 Kvartar

Kvartar je geološko razdoblje koje obuhvaća posljednjih 2,6 milijuna godina, odnosno razdoblje od kraja pliocena do današnjih dana. To je najmlađe geološko razdoblje u povijesti Zemlje pa su tako i kvartarne naslage najmlađe naslage na površini terena Istre. Među najznačajnijim kvartarnim naslagama izdvajamo zemlju crvenicu (tal. terra rossa), pijesak i les (prapor), aluvijalne naslage, jezerske naslage, kao i sipare i siparišne breče (Slobodan i dr., 2013). Zemlja crvenica (tal. terra rossa) u području Istre prekriva dosta velika prostranstva u obliku tankog, ponegdje i debljeg rastresitog nesuvislog pokrivača. Debljina crvenica je promjenjiva (od 0,5 do 1 metar), u ravnom području poljoprivrednog dobra Valtura i pulskog aerodroma (istočno od Pule) možemo pronaći značajne debljine crvenica, kao i u nekoliko prostranih dolina u obalnom području južno od Pule. U području Istre, crvenica je pretežno rezultat intenzivnog kemijskog trošenja karbonatnih stijena pod utjecajem oborinskih voda. Ovaj proces je započeo nakon potpune izloženosti kopnenih masa na kraju razdoblja eocena. Od nekih općih karakteristika crvenice izdvaja se da je u suhom stanju praškasta i lako se raznosi vjetrom. Kada je navlažena, postaje plastična i nepropusna, što omogućava zadržavanje oborinske vode u ponikvama i drugim udolinama, stvarajući lokve. Zahvaljujući svojoj sposobnosti zadržavanja vlage, zemlja crvenica je izvrsno obradivo tlo i pogodna za uzgoj vinove loze, voća, povrća, maslina, žitarica i drugih kultura (slika 9).



Slika 9 Crvenica u Istri (<http://upris.hr/lakoca-terena-u-istri/>)

Na Marleri i Premanturi, nalazimo naslage pijeska koje predstavljaju les (prapor). Te naslage pijeska su onečišćene limonitom, te je jednim dijelom pomiješan sa zemljom crvenicom (Slobodan i dr., 2013). Ponekad sadrži i vapnenačke konkrecije.

Dolina rijeke Mirne i doline većih potoka u području klastičnih naslaga Pazinskog paleogenskog bazena sadrže značajne količine aluvijalnog nanosa. Taj nanos uglavnom se sastoji od sive i sivoplave gline i ilovače. Glina i ilovača su rezultat erozije eocenskih lapora i naknadnog taloženja mulja u doline. U manjoj količini, aluvij također sadrži pijesak i šljunak.

Primjer jezerskih naslaga možemo pronaći u Čepićkom polju. Naslage se sastoje od jezerskih pijesaka, glina i ilovače te su dosta debele. Na polju, kvartarni pijesci i gline zajedno s nanosima krupnijeg materijala leže na laporima flišolike serije. Debljina ovih pijesaka i glina varira od 3 do 28 metara, što je potvrđeno bušenjem (Slobodan i dr., 2013).

Zadnje značajnije kvartarne naslage koje ću spomenuti su sipari i siparišne breče.

Javljaju duž padina Ćićarije i Učke, kao i duž strmih obala rijeke Raše i mora. One se prostiru na velikom području, a debljina im je vrlo neujednačena, varirajući od manje od jednog metra do desetak metara. Siparišne breče su rezultat lomljenja i gravitacijskog urušavanja karbonatnih stijena s strmih dijelova padina. Vezivo u ovim brečama može biti karbonatno ili zemlja crvenica (Slobodan i dr., 2013).

5. PROSTORNA RASPODJELA FLIŠNIH NASLAGA U ISTRI

Geološka građa nekog područja prikazuje se geološkim kartama (Jagodnik, 2021). Na geološkoj karti možemo pronaći geološke podatke poput vrste stijena, starost stijena te njihove međusobne strukturne odnose. Na geološkoj karti koristimo različite simbole, boje, linije i oznake kako bi se prikazale različite geološke jedinice i njihove karakteristike. Svaki simbol ili boja obično predstavlja određenu vrstu stijene ili geološku formaciju. Svaka geološka jedinica istog litološkog tipa i iste

geološke starosti će na bilo kojoj općoj geološkoj karti u svijetu ili u nas biti prikazana poligonom u istoj boji, a orijentacije elemenata geološke strukture istim kartografskim simbolom (Jagodnik, 2021). U slučaju crno-bijele tehnike izrade karte, koriste se odgovarajuće tehnike sjenčanja kako bi se prikazale razlike i kontrasti između različitih geoloških karakteristika (Živković, 2022). Prema mjerilu geološke karte se dijele na detaljne geološke karte (M 1:10.000 i veće), osnovne geološke karte (M 1:100 000 do 1:10.000), pregledne geološke karte (M 1:100.000 – 1:500 000) i regionalne geološke karte (M 1:500 000, i manje) (Jagodnik, 2021). Geološke karte su vrlo bitna podloga za geologe, inženjere i druge stručnjake koji se bave geološkim istraživanjima.

Za ovaj rad koristi se pet Osnovnih geoloških karti Istre raspoređenih po listovima koji su u mjerilu 1:100 000, iz njih su očitana područja flišolikih naslaga jer se upravo ona dovode u vezu s pojavom klizišta u Istri te su rezultati prikazani u tablici. Autori tumača za listove osnovnih geoloških karti navode da s obzirom na isključivo vapnenački karakter sedimenata, obilje fosila, lateralne promjene u debljinama slojeva i pretežno horizontalan položaj slojeva, ove naslage ne odgovaraju flišu te ih se zbog toga naziva flišolikim ili flišnim naslagama.

Tablica 5.1 Prostorna raspodjela flišnih naslaga u Istarskoj županiji

List OGK i tumač	Područje	Litološki opis
Ilirska Bistrica L33-89 (Šikić i dr., 1972); Tumač za list Ilirska Bistrica (Šikić i Pleničar, 1975)	Područja Sv. Križ/Sv. Lucijana sjeveroistoku, područje Huma i Dolenja Vas	Flišolike naslage (² E) su sastavljene od breča, konglomerata, pješčenjaka, lapora, glinovitih lapora i glina. Lapori s rakovicama i globigerinama (¹ E) pokrivaju područje u rub Ćićarije.

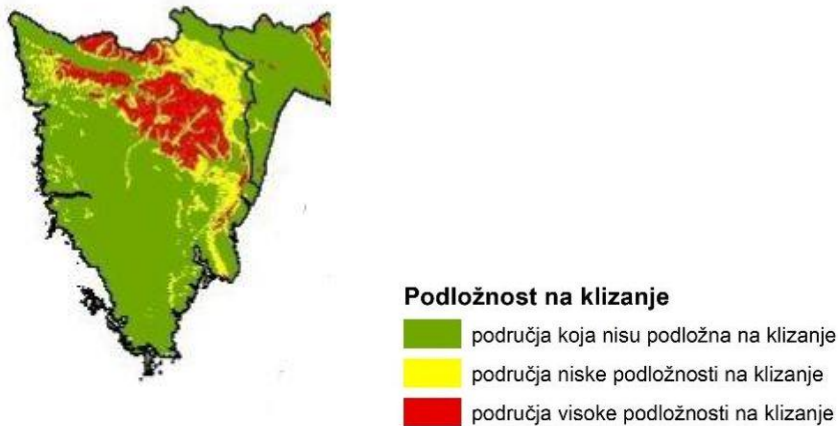
Trst L33-88 (Šikić i dr., 1969); Tumač za list Trst (Šikić, Pleničar, Polšak, 1973)	Od područja Buja i Brtonigle na sjeverozapadu Istre sve do Oprtlja i Račica na sjeveru te područje Motovuna	Paleogeni eocenski klastični sedimenti (³ E ₂). Nalazimo različite facijese lapora, pješčenjaka sa slojevima breča, numulitnih breča vapnenaca koji se izmjenjuju u vertikalnom smjeru. U području Motovuna i zapadno od njega nalazimo lapore s globigerinama i s rakovicama (¹ E ₂).
Labin L33-101 (Šikić i dr., 1969); Tumač za list Labin (Šikić i Polšak, 1973)	Od mjesta Draguč do Boljuna pa sve do Čepića i Pićna, Gračišća i Cerovlja, zatim od Kožljaka na istoku Istre pa do Plomina, Podlabina i Rogočane	Flišolika serija (E _{2,3}) sastoji se od lapora, pješčenjaka sa slojevima konglomerata, breča, numulitnih breča i rijeđe vapnenaca, prijelazne naslage također zauzimaju manje područje te se sastoje od lapovitih vapnenaca, vapnenih lapora s rakovicama, lapora i pješčenjaka s globigerinama (E ₂).
Rovinj L33-100 (Šikić i dr., 1969); Tumač za list (Šikić i Polšak, 1973)	Od Vižinade, Kaldira, Trviža i Glimalde na sjeverozapadu do Novaki i Pazina	Flišolike naslage (E _{2,3}) sastoje se od lapora i pješčenjaka i među njih uloženi breča, konglomerata, numulitnih breča i slojeva vapnenaca. Prijelaznim naslagama pripadaju slojevi s rakovicama i lapori s globigerinama (E ₂).
Pula L33-112 (Polšak, 1967); Tumač za list Pula (Polšak, 1970)	Uz južnu obalu istočnog dijela poluotoka Premantura	Liburnijske naslage (P _c E) koje započinju žućkastom i crvenkastom glinom onečišćenom limonitom, s glinom se miješa krupna bazalna breča, sastavljena od fragmenata vapnenca.

Iz podataka u tablici 5.1, flišolike naslage na gotovo cijelom području rasprostiranja sastoje se od lapora, pješčenjaka sa slojevima konglomerata i breča. Također se u

sastavu flišnih naslaga mogu pronaći numulitne breče i slojevi vapnenaca, kao i glinoviti lapori i gline. Manja područja izgrađena su od prijelaznih naslaga koje predstavljaju slojevi s rakovicama i lapori s globigerinama.

6. KLIZIŠTA U ISTRI

S obzirom na prostornu raspodjelu flišnih naslaga, na sjeveroistočnom, istočnom te središnjem djelu Istarskog poluotoka nalazi se većina područja podložnih klizanju. Na karti podložnosti na klizanje (slika 10) crvenom bojom označeno je područje visoke podložnosti na klizanje. Ono obuhvaća prostor sive Istre.

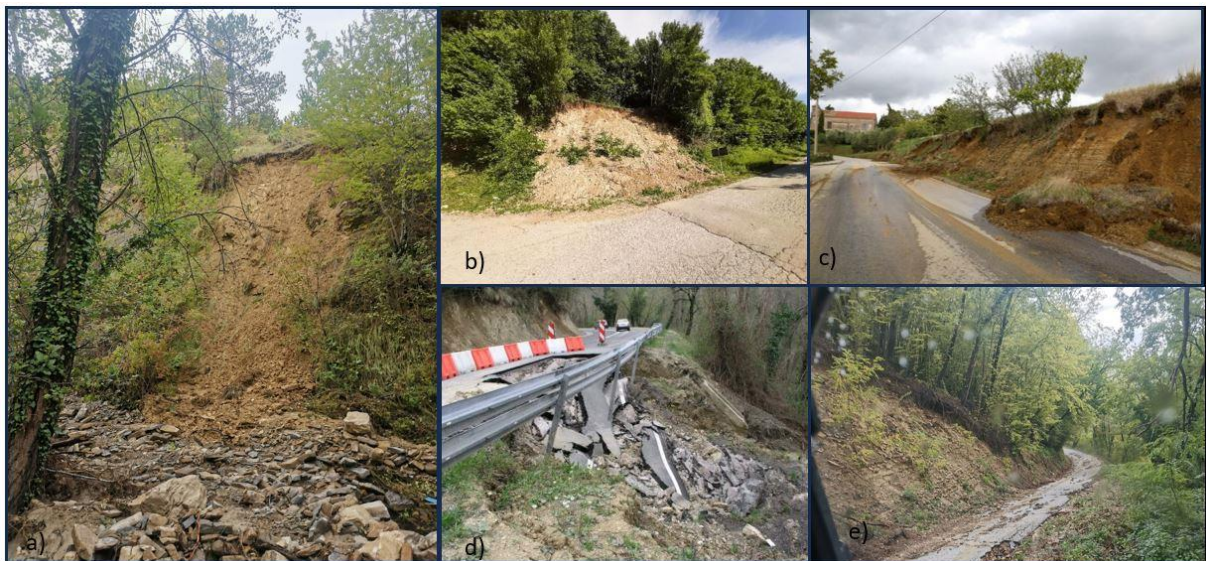


Slika 10 Karta Istre sa područjima podložnim na klizanje (preuzeto iz Arbanas i dr., 2019)

Karakteristične površinske naslage u sivoj Istri predstavljaju transportirano tlo koje se sastoji od koluvijalnih i deluvijalnih naslaga nastalih trošenjem stijene ili erozijom, one čine mješavinu krupnozrnastog i sitnozrnastog tla koji se može sastojati od mješavine gline, praha, pijeska i odlomaka do blokova pješčenjaka (Vivoda Prodan, 2016). Podlogu, odnosno matičnu stijenu može činiti svjež do srednje trošan lapor, pješčenjak ili prahovnjak. Prema tome, klizišta koja susrećemo

u flišnim padinama možemo podijeliti na ona koja su nastala kao duboka klizišta kroz flišnu stijensku masu ili kao plitka klizišta kroz pokrivač gdje je klizna ploha nastala na kontaktu između površinskih naslaga i flišne stijenske mase. Isto tako možemo naići na ispadanje blokova u flišnim naslagama koje se javlja zbog bržeg trošenja na primjer lapora u usporedbi sa brzinom trošenja pješčenjaka koji predstavlja stabilan blok, daljnjim trošenjem lapora doći će do ispadanja bloka pješčenjaka.

Na području sive Istre registrirana su brojna klizišta koja su većinom nastala na kontaktu između površinskih naslaga i flišne stijenske mase te se uglavnom radi o plitkim klizištima malog volumena, rotacijskog i translacijskog tipa (Arbanas i dr. 2013). Neka klizišta sa područja sive Istre prikazana su na slici 11.



Slika 11 a) translacijsko klizanje, okolica naselja Zamask b) translacijsko klizanje, naselje Zamask (Škorić, 2021) c) translacijsko klizanje, okolica Buzeta (preuzeto s Jutarnji list) d) rotacijsko klizanje, Marinici (Dugonjić Jovančević, 2013) e) translacijsko klizanje, okolica naselja Ukotići

Klizišta u ovom području obično pokrenuta obilnim kišama, ponekad zajedno s antropogenim uzrocima. Gotovo sva klizišta su uzrokovana podizanjem razine podzemne vode u padini infiltracijom vode tijekom dugotrajnih kišnih razdoblja, a posljedično i smanjenjem efektivne čvrstoće uzrokovane povećanjem purnog tlaka (Arbanas i dr. 2013).

Analizirana klizišta uglavnom su aktivirana u zimskom periodu kada je broj kišnih dana tijekom razdoblja od 3 mjeseca bio velik, a evapotranspiracijske vrijednosti su bile male.

Nedavna velika pojava klizišta u središnjoj Istri (slika 12 (a), (b) i (c)) dogodila se u rujnu 2022 godine nakon intenzivnog kišnog razdoblja. Zabilježene su štete na prometnicama i objektima. Klizišta su translacijskog tipa klizanja te su nastala u površinskom sloju naslaga na velikom broju lokacija.



Slika 12 a) b) i c) translacijsko klizanje površinskih naslaga

7. ODABRANI PRIMJERI INŽENJERSKOGEOLOŠKIH MODELA KLIZIŠTA U ISTRI

Inženjerskogeološki model klizišta je rezultat temeljitih geotehničkih istraživanja i služi kao osnova za geotehničko modeliranje i analize stabilnosti padina (Živković, 2015). Glavni zadatak inženjerskog geologa je provođenje inženjerskogeoloških istraživanja koja pružaju informacije o vrstama geoloških materijala, njihovim fizičko-mehaničkim svojstvima i aktivnim geomorfološkim procesima koji se odvijaju na istraživanom području. Geofizička istraživanja i istraživačke bušotine su uobičajene metode koje se koriste kako bismo bolje razumjeli strukturu i svojstva tla, stijena i drugih materijala u podzemlju. Svrha izrade detaljnog inženjerskogeološkog modela je da se na temelju prikupljenih podataka i analiza stvori cjelovita slika geoloških, hidrogeoloških i geotehničkih svojstava područja

klizišta koji su podloga za geotehničko projektiranje mjera sanacije. Mjere sanacije klizišta možemo podijeliti na četiri osnovne grupe, a to su: modifikacija geometrije kosine, dreniranje, izvedba potpornih konstrukcija, unutarnje ojačanje kosine (Prša, 2020).

Inženjerskogeološki model klizišta je prognoznog karaktera jer se temelji na interpretaciji broja podataka, koji su relativno mali, financijskim sredstvima, koja su uglavnom ograničena te o vremenu kojem imamo za istraživanje i važnosti sanacije klizišta. Isto tako ovisi i o iskustvu samog interpretatora (Živković, 2015).

7.1 Klizište Brus

Klizište Brus se nalazi u središnjem dijelu Istarskog poluotoka u blizini istoimenog sela. Aktiviralo se 9. travnja 2005 godine (Dugonjić Jovančević, 2013). Aktiviranje ovakve vrste klizišta je jedinstven događaj zabilježen u naslagama istarskog fliša jer se radi o translacijskom blokovskom klizanju, jedinom takvom klizanju zabilježenom u Istri. Pogled na klizište iz zraka možemo vidjeti na slici 13 te se može vidjeti klizište i klizno tijelo koje se sastoji od gotovo neporemećenog flišnog stijenskog bloka dužine 150 m i širine oko 30 m, pomaknut 33 m niz padinu.



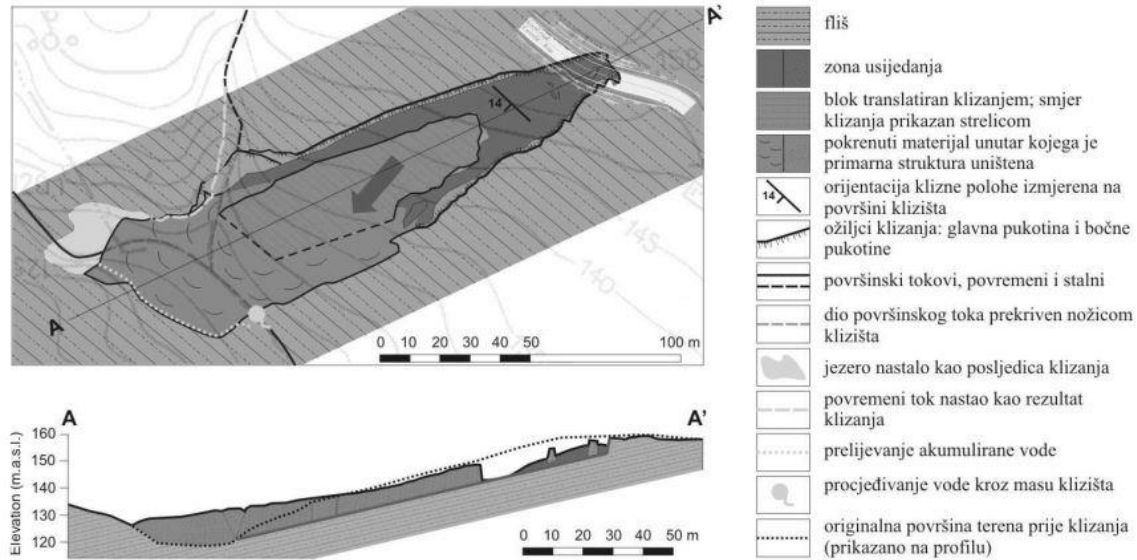
Slika 13 Pogled na klizište Brus (Preuzeto s Google Earth, 2022)

Geološke strukture koje nalazimo na tom području karakteristične su za sivu Istru jer je klizište izgrađeno od flišnih naslaga koje se mogu vidjeti i uz cestu kada se vozi prema lokaciji klizišta. Flišna stijenska masa u kojoj je formirano klizište sastoji se od slojeva pješčenjaka i lapora (slika 14) koji su na površini prekriveni tankim glinovitim pokrovom koluvija i rezidualnog tla debljine 1,0 m (Dugonjić Jovančević, 2013).



Slika 14 Slojevi pješčenjaka i lapora na lokaciji klizišta (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023)

Klizna ploha je identificirana na kontaktu između blago trošne i svježe flišne stijenske mase. Otvorene pukotine na glavnom ožiljku su se pojavile još u prosincu 2004. godine, dok su terenska istraživanja bila provedena u proljeće 2004 godine te su uključivala geodetsko snimanje i inženjerskogeološko kartiranje terena (slika 15).



Slika 15 Inženjerskogeološka karta i poprečni presjek klizišta Brus (preuzeto iz Škorić, 2021)

Istraživačko bušenje nije bilo potrebno provoditi zbog toga što je uzdužni presjek klizišta jasno bio vidljiv duž otvorene pukotine u sjeverozapadnom boku klizišta (Dugonjić Jovančević, 2013).

Najniži dio pokrenute mase se pomaknuo izvan klizne plohe, pri čemu je zatrpao dolinu potoka u podnožju klizišta te se zaustavio se na suprotnoj kosini. Nožica klizišta je zatrpala površinski vodotok te formirala branu i uzrokovala nastanak jezera. Nakupljena voda otječe kroz masu klizišta. Glavna pukotina klizišta oštetila je lokalnu cestu između sela Boljun i Cerovlje, ostaci ceste se mogu vidjeti i danas te su prikazani na slici 16.



Slika 16 Ostaci lokalne ceste (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023)

Klizište Brus uzrokovano je nepovoljnom orijentacijom sloja, erozijom potoka u podnožju klizišta i nepovoljnim hidrogeološkim uvjetima uzrokovani dugotrajnom kišom razdoblje prije klizanja. Orijehtacija slojeva stijenske mase i orijentacija kosine su slični, ali nisu identični (Dugonjić Jovančević, 2013).

Geometrija klizišta Brus može se precizno odrediti, s obzirom na činjenicu da je tijelo klizanja jasno izraženo te su u tablici prikazane dimenzije klizišta.

Prosječni nagib padine je 15°, a u nižim dijelovima padina varira od 10° do 35°.

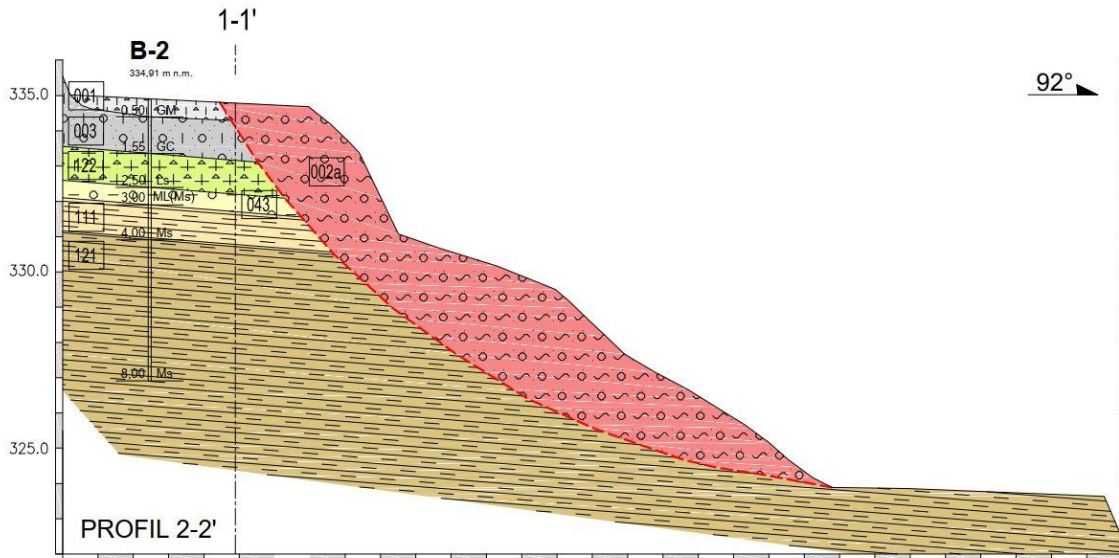
Tablica 7.1 Geometrijske značajke klizišta Brus (prema Dugonjić Jovančević i Arbanas)

Dimenzije (m)	
Ukupna duljina klizišta (L)	208
Duljina pokrenute mase (Ld)	142
Maksimalna duljina klizne plohe (Lr)	142
Maksimalna širina pokrenute mase (Wd)	37
Maksimalna širina klizne plohe (Wr)	37
Debljina pokrenute mase (Dd)	8-10
Maksimalna dubina klizne plohe (Dr)	10

7.2 Klizište Pićan

Klizište Pićan nalazi se u naselju Pićan. Reaktivirano je u veljači 2019. godine, pri čemu je došlo do reaktivacije manjeg dijela unutar većeg klizišta (Gorupić, 2020). S obzirom na mehanizam pokreta, klizište Pićan klasificirano je kao rotacijsko klizište koje je trenutačno aktivno. Klizište je relativno plitko, s dubinom klizne plohe od 3,0 m. Duljina klizišta iznosi 20 metra, a širina je 33 metra. Osnovni preduvjet klizanju bila je vrsta naslaga u padini (Gorupić, 2020). Klizište je formirano u površinskim i koluvijalnim naslagama starijeg klizišta, a zahvatilo je i trošnu matičnu stijenu. Površinske naslage klizišta Pićan sastoje se od nasipa (umjetne naslage) te koluvijalnih i deluvijalnih naslaga. Matičnu stijenu čine stijene različitog stupnja

trošnosti: od trošnog do srednje trošnog lapora sve do svježeg lapora i svježeg čvrste stijene koju predstavlja numulitna breča. Raspodjelu naslaga i matične stijene možemo vidjeti na inženjersko geološkoj karti na slici 17.



INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICE

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	NASIP: mješavina krupnozrnastog, sitnozrnastog tla i kršja	GP-GM, GP	/
	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _k	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lapora	/	/
	TRANSPORTIRANO TLO: DELUVIJ	Q _d	DELUVIJ: prahoviti i glinoviti šljunak, šljunak šljunkoviti prah,	GM, CG, GP	wl:54,51% wp:21,92% lp:32,58%
PODLOGA, POVRŠ. NASLAGE, MATIČNA STIJENA	POTPUNO TROŠNA STIJENA	E _{2,3}	TLO I STIJENA: prah niske plastičnosti, šljunkoviti prah, lapor	ML (Ms)	wl:29,52-38,77% wp:16,62-20,84% lp:9,84-17,92%
	SREDNJE DO SLABO TROŠNA STIJENA:		MEKA STIJENA: LAPOR intenzivno do vrlo intenzivno trošan, srednje do vrlo mekan	Ms	RQD=0-26,5%
			MEKA STIJENA: LAPOR svjež do slabo trošan, srednje čvrst do srednje mekan	Ms	RQD=76-85,3%
		TVRDA STIJENA: numulitna breča	Br	RQD=57,5-100%	

Slika 17 Inženjerskogeološka karta klizišta Pićan (preuzeto iz Gorupić, 2020)

U razdoblju od srpnja do listopada 2019. godine provedena su detaljna istraživanja koja su se sastojala od kabinetskog i terenskog prikupljanja podataka te njihove obrade i interpretacije. Geotehnička istraživanja uključivala su 3 istraživačke

bušotine i determinaciju jezgre. Prilikom determinacije jezgara uzeti su uzorci za laboratorijska ispitivanja te se rezultati se dobro podudaraju s terenskom klasifikacijom i opisom materijala (Gorupić, 2020).

Morfologija klizišta jasno je vidljiva u njegovom središnjem dijelu, dok bočne granice klizišta nisu jasno izražene s obzirom na gustu vegetaciju. Klizište je oštetilo prometnicu uslijed denivelacije gornjeg dijela klizišta po glavnoj pukotini gdje je denivelacija iznosila približno 0,50 metara (slika 18).

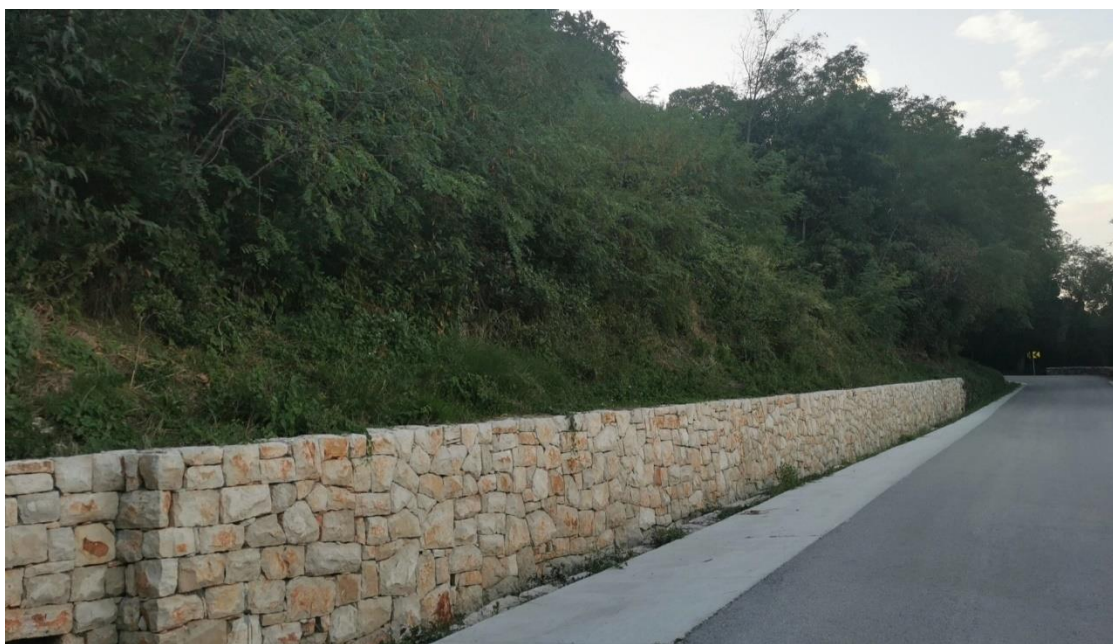


Slika 18 Oštećenje prometnice, klizište Pićan (preuzeto iz Gorupić, 2020)

Kruna klizišta, odnosno glavna pukotina, bila je jasno vidljiva u vrijeme detaljnog kartiranja klizišta u studenom 2019. godine. Prosječni nagib terena iznad i ispod prometnice varira od 23-36°. Prema analizi oborina, vremenske prilike u vrijeme aktiviranja klizišta Pićan bile iznad prosječno visoke te je potvrđeno da je inicijator klizanja u ovom slučaju bila intenzivna oborina (Gorupić, 2020). Klizište je sanirano izgradnjom potpornog zida (slike 19 i 20).



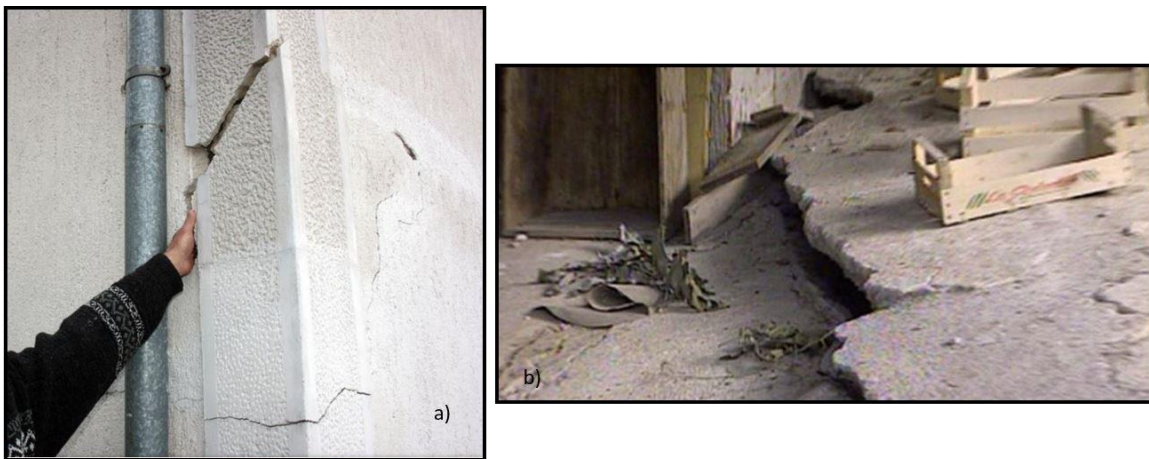
Slika 19 Potporni zid s gornje strane klizišta (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023)



Slika 20 Potporni zid kod nožice klizišta (foto: L.Vuksan, kolovoz 2023)

7.3 Klizište Juradi

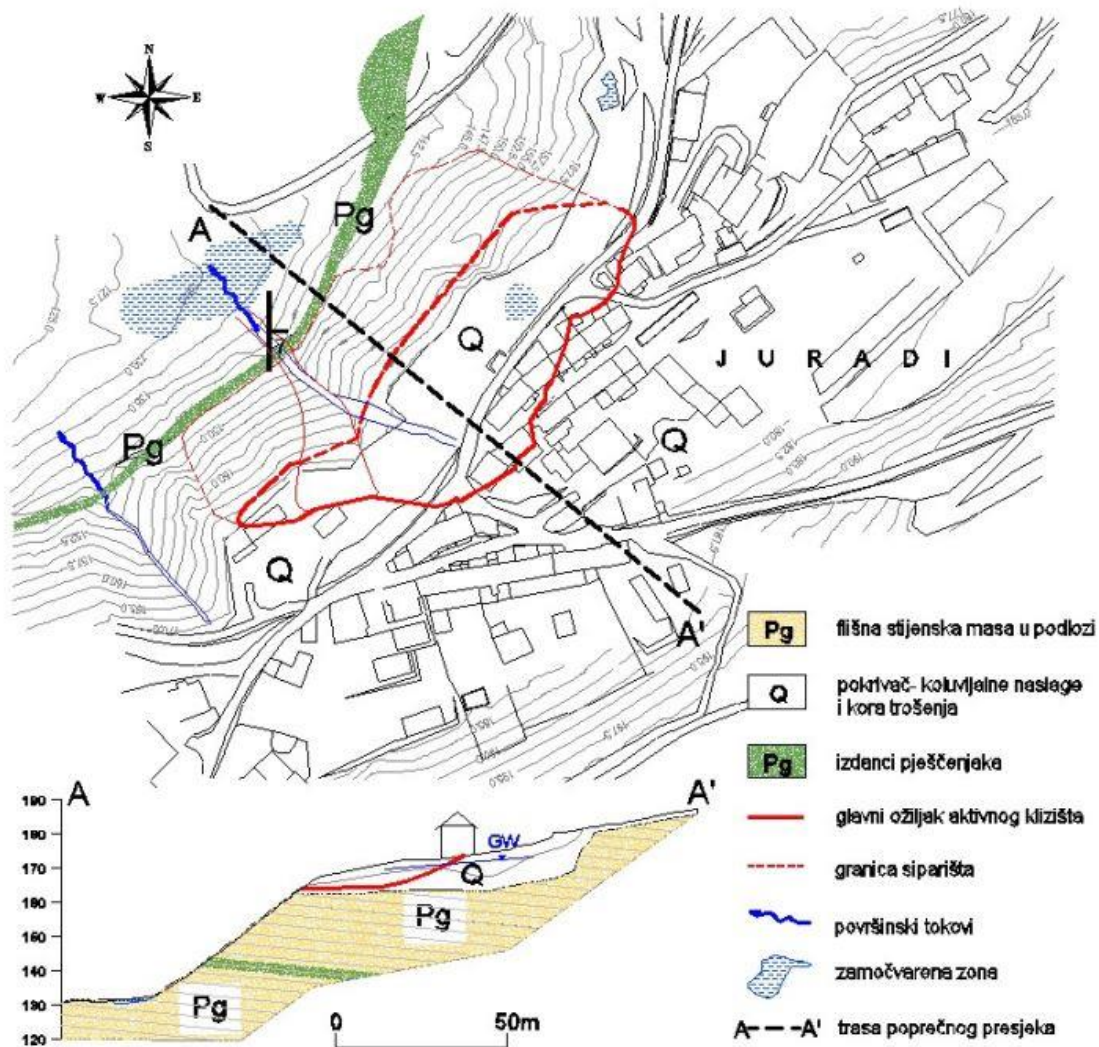
Klizište Juradi predstavlja tipično klizište koje je nastalo u flišnim naslagama središnje Istre. Selo Juradi naslazi se blizini jezera Butoniga na području Buzetštine. Klizanje se dogodilo 31. studenog 2010. godine, pokrenuto je obilnim oborinskim i slivnim vodama tokom dužeg kišnog perioda. S obzirom na mehanizam pokreta radi se o translacijskom klizanju. Čelo klizišta formirano je u zoni obiteljskih kuća u selu Juradi, zabilježena su oštećenja na objektima (slika 21 (a) i (b)) te je provedena evakuacija nekoliko stanovnika radi sigurnosti.



Slika 21 a) Oštećenje na obiteljskoj kući u Juradima (autor: Vesna Brnabić, preuzeto sa Jutarnji list) b) oštećenje na objektima uslijed klizanja (preuzeto sa HRT stranice)

Detaljna istraživanja klizišta provedena su u proljeće 2011. godine, a sastojala su se od geodetskog snimanja terena, istraživačkog bušenja, inženjerskogeoloških istraživanja, inženjerskogeološko kartiranja, geofizičkih ispitivanja metodama seizmičke refrakcije i geoelektrične tomografije te laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla i stijena (Bernat, 2011).

Pokrivač se sastoji od 5- 14 m debelog sloja pokrivača i svježeg prahvnjaka s proslojcima lapora u podlozi (Dugonjić Jovančević, 2013). Na inženjerskogeološkoj karti (slika 22) vidljivo je da se klizanje odvijalo u kolvijalnom materijalu privremeno umirenog klizišta. Došlo je do klizanja glinovitog tla po plohi sloma na granici sa prahovnjakom u podlozi (Bernat, 2011).



Slika 22 Inženjersko geološka karta kliziša Juradi (preuzeto iz Dugonjić Jovančević, 2013)

S obzirom da je samo glavni ožiljak kliznog tijela (slika 23) jasno izražen dimenzije klizišta ne možemo precizno odrediti ali se procjenjuje da volumen kliznog tijela oko 47,000 m³.



Slika 23 Glavni ožiljak kliznog tijela (preuzeto iz Bernat, 2011)

8. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Klizišta kao vrsta prirodne opasnosti predstavljaju problem u području geotehnike te predstavljaju prijetnju u socijalnom i ekonomskom smislu, stoga je vrlo bitno poznavati preduvjete i pokretače klizišta kako bi mogli predvidjeti gdje će nastati klizište. Klizanje se pojavljuje u područjima gdje su prisutne stijene ili tla s niskom čvrstoćom i visokom podložnošću deformacijama, a to su meke stijene i tla. Fliš je naziv za kompleks klastičnih sedimentnih stijena te je zbog svojih karakteristika kao što su niska čvrstoća, raspadanje, visoka podložnost mehaničkom i kemijskom trošenju te složen geološki sastav podložan nastanku klizišta te pripada vrsti mekih stijena. Za sličan kompleks sedimentnih stijena upotrebljavamo naziv flišolike ili flišne naslage. Pomoću pet listova Osnovnih geoloških karti SFRJ M 1: 100 000, koje pokrivaju područje Istre očitane su flišne naslage te se one nalaze na sjeveroistočnom, istočnom te središnjem dijelu poluotoka, odnosno taj prostor možemo svrstati u sivu Istru. Flišne naslage se u tim područjima sastoje se uglavnom od lapora, pješčenjaka sa slojevima konglomerata, breča, numulitnih breča i rijeđe vapnenaca.

Na temelju podataka o istraženim klizištima na području Istre potvrđuje se da se gotovo sva klizišta Istre pojavljuju upravo na području sive Istre koju povezujemo sa flišem i flišnim naslagama te se uglavnom radi o plitkim klizištima malog volumena, rotacijskog i translacijskog tipa gdje dolazi do klizanja pokrivača.

Temeljem analize inženjerskogeoloških modela odabranih primjera klizišta nastalih u Istri nalazimo na detaljnije podatke o klizištu, poput toga da li se radi o dubokom klizanju koje je zahvatilo kroz matičnu stijenu ili plitkom klizanju kroz pokrivač kao i podatak što je iniciralo klizište i podatke o sanaciji klizišta. Klizište Brus predstavlja tipično translacijsko blokovsko klizanje, koje je inicirano nepovoljnim hidrogeološkim uvjetima uzrokovanim dugotrajnim kišnim razdobljem prije klizanja. Nastanku klizišta je još doprinijela erozija potoka u podnožju klizišta te nepovoljna orijentacija slojeva. Klizna ploha je nastala na kontaktu između blago trošne i svježije flišne stijenske mase. Klizište Pićan predstavlja rotacijsko klizanje koje je trenutačno aktivno. Također je potvrđeno da je inicijator klizanja bila intenzivna oborina, dok je osnovni preduvjet klizanju bila je vrsta stijene. Klizište je formirano u površinskim i koluvijalnim naslagama starijeg klizišta, a zahvatilo je i trošnu matičnu stijenu. Klizište Juardi predstavljalo je velik problem za stanovnike istoimenog sela zbog česte pojave i reaktivacije klizanja koja bi bila pokrenuta u nakon obilnih kiša. Klizište se odvijalo u koluvijalnom materijalu privremeno umirenog klizišta.

U Istri nepovoljni geomorfološki i hidrogeološki uvjeti, zajedno sa geološkom građom koja se sastoji od flišnih naslaga predstavljaju ključne preduvjete nastanku klizišta, dok su dugotrajne oborine glavni pokretači klizišta te se pretpostavlja da će se nova klizišta u flišnim naslagama Istre pojaviti pod istim ili sličnim uvjetima kao i dosadašnja klizišta.

9. LITERATURA

1. Arbanas Ž., Dugonjić Jovančević S., Vivoda M., Mihalić Arbanas S. (2014): Study of landslides in flysch deposits of North Istria, Croatia. Proceedings of World Landslide Forum 3. Beijing
2. Bernat S. (2011): Inženjerskogeološki model klizišta Juradi u Istri. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
3. 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.
4. Dugonjić Jovančević, S. (2013): Procjena hazarda pojave klizanja u flišu. Doktorski rad. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet.
5. Đomlija, P. (2018.): Identifikacija i klasifikacija klizišta i erozije vizualnom interpretacijom digitalnoga modela reljefa Vinodolske udoline. Doktorski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
6. Gulam, V. (2012.) : Erozija ogolina u flišu središnje Istre. Doktorski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
7. Gorupić, M. (2020) : Inženjerskogeološko istraživanje klizišta Pićan u Istri. Diplomski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
8. Jagodnik, P. (2021): Prikaz geološke građe terena. Primijenjena geologija. Građevinski fakultet, Rijeka. <https://moodle.srce.hr/2020-2021/course/view.php?id=73787>, pristup 10.8.2023.
9. Mihalić Arbanas S., Bernat Gazibara S., Krkač M., Sećanj M. (2019): Studija, procjena podložnosti na klizanje. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
10. Udruga za prirodoslovna istraživanja (2015) : Lakoća terena u Istri, <http://upris.hr/lakoca-terena-u-istri/>, pristup 30.7.2023.
11. Pleničar M., Polšak A. i Šikić D. (1973) Osnovna geološka karta 1:100.000, list Trst, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
12. Polšak A. (1970) Osnovna geološka karta 1:100.000, list Pula. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

13. Polšak A. i Šikić D. (1973) Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Rovinj. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
14. Prša, M. (2020): Sanacija klizišta Štefanići u Istri optimalnom pilotskom konstrukcijom. Diplomski rad. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet.
15. Slobodan M., Kruk, B., Dedić, Ž., Kruk, Lj., Peh, Z., Kovačević Galović, E., Gabrić, A., Matičec, D., Fuček, L., Palenik, D., Oštrić, N. : Rudarsko-geološka studija potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama na području Istarske županije (2013), elaborat/studija. Hrvatski geološki institut
16. Šikić D., Polšak A. i Magaš N. (1973) Osnovna geološka karta 1:100.000, list Labin. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
17. Šikić D. i Pleničar M. (1975) Osnovna geološka karta 1:100.000, list Ilirska Bistrica, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
18. Vivoda Prodan M. (2016) : Utjecaj trošenja na rezidualnu posmičnu čvrstoću sitnozrnastih litoloških članova fliša. Disertacija. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet u Rijeci.
19. Vlastelica, G., Mišćević P., Pavić, N. (2016.) : Mjerenje posmične čvrstoće meke stijene u uvjetima laboratorijski simulirane rastrošbe. Časopis Građevinar 68 (2016)
20. Vlastelica, G., Mišćević P. (2012.) : Stabilnost u vremenu kosine iskopane u laporu. Časopis Građevinar 64 (2012)
21. Vlahović, T. (2010.) : Geologija za građevinare. Split: Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu
22. Živković, V. (2022): Izrada mozaičnog prikaza listova Osnovne geološke karte 1:100.000 za područje Republike Hrvatske. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
23. Živković, H. (2015): Inženjerskogeološki modeli klizišta u naselju Cerina (Grad Samobor). Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.