



10.1 INŽENIRSKO - GEOLOŠKI ELABORAT

INVESTITOR:
OBČINA ŠOŠTANJ

OBJEKT:

**Izvedbeni načrt za zaščito stanovanjskih objektov pred skalnimi podori pod
Pustim gradom - Šoštanj**

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE
izvedbeni načrt

ZA GRADNJO:

Vzdrževalna dela v javno korist

IZDELOVALEC NAČRTA:

GEOINŽENIRING d.o.o., Duško Valič, dipl.ekon., inž.grad.

ODGOVORNI IZDELOVALEC ELABORATA:

Jaka Rupnik, univ.dipl.inž. geol., IZS RG – 0148

ODGOVORNI VODJA PROJEKTA:

Mirjana Kraljič Kenk, univ.dipl.inž.grad., IZS G – 1785

ŠTEVILKA PROJEKTA:
10026 - IZN

ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE NAČRTA:
10027, Ljubljana, junij 2019, **dopolnjeno januar 2020**

-		007.0301	S.1	
---	--	-----------------	------------	--

S.2 PODATKI O IZDELOVALCIH INŽENIRSKO - GEOLOŠKEGA ELABORATA***»Izvedbeni načrt za zaščito stanovanjskih objektov pred skalnimi podori pod Pustim gradom – Šoštanj«***

10.1 Inženirsko geološki elaborat za zaščito objektov pred skalnimi podori pod Pustim gradom v Šoštanju (št. 10027, junij 2019, **dopolnjeno januar 2020**)

POOBlašČENI INŽENIR:

Jaka Rupnik, univ.dipl.inž.geol. IZS RG – 0148

SODELAVCI:

Mirjana Kraljič Kenk, univ.dipl.inž.grad., IZS G – 1785

-		007.0301	S.2	
---	--	----------	-----	--

KAZALO VSEBINE INŽENIRSKO – GEOLOŠKEGA ELABORATA**S SPLOŠNI DEL**

- 1.0 Naslovna stran
- 2.0 Kazalo vsebine elaborata
- 3.2 Kazalo vsebine elaborata

T1 Tehnično poročilo – INŽENIRSKO GEOLOŠKO POROČILO O SESTAVI TERENA IN OGROŽENOSTI STANOVANJSKIH OBJEKTOV PRED SKALNIMI PODORI POD PUSTIM GRADOM V ŠOŠTANJU**4**

1.	UVOD	4
1.1	Splošno	4
1.2	Projektne podatki	6
1.3	Predhodne raziskave	6
2.	TERENSKE RAZISKAVE	6
2.1	Inženirsko geološko kartiranje terena	6
2.2	Zakoličba trase kabelske kanalizacije	6
3.	GEOLOŠKI OPIS OZEMLJA	6
3.1	Splošni opis	6
3.2	Litološko stratigrafski pregled inženirsko geoloških enot	7
3.3	Inženirsko geološki pregled terena	7
3.4	Ocena ogroženosti območja pred skalnimi podori in padajočim kamenjem	8
3.5	Opis zabeleženih poškodb zaradi padca skalnih blokov na objekte	9
3.6	Seizmičnost terena	12

T2 GEOTEHNIČNO PROJEKTNO POROČILO O SESTAVI TAL IN POGOJIH GRADNJE UKREPOV ZA PREPREČITEV SKALNIH PODOROV**12**

4.	GEOMEHANSKE LASTNOSTI TEMELJNIH TAL	12
5.	IZRAČUN ODBOJEV IN ENERGIJ SKALNIH BLOKOV	12
6.	PREDLOG ZAŠČITNIH UKREPOV PRED PADCI SKALNIH BLOKOV	15
	Koncept zaščite pred skalnimi podori	15
	Podajno-lovilne ograje na brežini	15
	Sidrane mreže po strmih skalnem pobočju	15
	Prilagojene žične mreže po izdankih apnenca pod linijo podajno-lovilnih ograj	16
	Čiščenje terena	17
	Faznost del	17
	Zaščitni ukrepi v času izvedbe del	17
7.	SPREMLJANJE STANJA VAROVALNIH UKREPOV	17

P PRILOGE A4 FORMATA

- P.1 Fotodokumentacija območja brežine pod Pustim gradom
- P.2 Izračun energij in višin odbojev skalnih blokov po brežini pod Pustim Gradom
- P.3 Fotodokumentacija območja brežine pod Pustim gradom

G GRAFIČNE PRILOGE

- G.1 IG karta obravnavanega območja M 1 : 500
- G.2 Prečni GG profili s predlogom ukrepov M 1 : 1000

T1 TEHNIČNO POROČILO – INŽENIRSKO GEOLOŠKO POROČILO O SESTAVI TERENA IN OGROŽENOSTI STANOVANJSKIH OBJEKTOV PRED SKALNIMI PODORI POD PUSTIM GRADOM V ŠOŠTANJU

1. UVOD

1.1 Splošno

Naročnik Občina Šoštanj je naročila izdelavo IG elaborata in izvedbenega načrta zaščite stanovanjskih objektov pred skalnimi podori pod Pustim gradom. Izdelana je bila projektna naloga 170138, ki je definirala območje obdelave in obseg obdelave projektne dokumentacije.

Projektne rešitve se obdeluje za celotno območje strme brežine pod Pustim gradom, na vzhodu med objektom Šlandrova pot 1A, na zahodu pa do območja opuščenega kamnoloma nad objektom Primorska cesta 3A. Višinsko gre za območje med koto cca. 370 m.n.v. do ruševin Pustega gradu na koti ca. 450 m.n.v in nad zahodnim delom območja do vrha hriba na koti cca. 497 m.n.v.

Pod brežino se nahaja strnjeno območje stanovanjskih stavb, med stavbami so običajno izdelane samo ozke stopnice. Na zahodni strani obravnavanega območja so razmiki med stanovanjskimi stavbami večji, dostopnih poti do brežine pa še vedno ni. Med posameznimi zemljiškimi parcelami so velikokrat izdelane ograje, ki dodatno ovirajo prehodnost terena.

Območje nad hišami je običajno travnato z vrtovi in nasadi sadnega drevja. Zgornji del brežine med travniki in ruševino Pustega gradu je poraslo z gozdom. Gre predvsem za mešan gozd, po gozdnih tleh je malo podrasti. Gosta podrast in težko prehoden gozd se pojavi samo na gozdni meji v širini cca 10-15 m.

Na pobočju pod Pustim gradom v Občini Šoštanj je v preteklosti večkrat prišlo do sprožitve skalnih blokov do stanovanjskih objektov. Natančne evidence o lokacijah in dimenzijah skalnih blokov naročnik nima. Med izvedbo kartiranja terena smo pri lastnikih objektov pridobili nekaj osnovnih podatkov o lokacijah in dimenzijah skalnih blokov, ki so povzročili škodo na objektih.

Pobočje Pustega gradu gradi siv plastovit dolomit, kjer posamezne plasti dosežejo debelino do enega metra. Značilnih je več sistemov razpok, ki pogojujejo nastanku skalnih blokov dimenzij do 1 m³. Dolžine pobočja do stanovanjskih objektov znaša med cca. 80 do cca. 150 m, nagibi pobočja se med posameznimi odseki spreminjajo.

Nakloni terena po profilih znašajo med 20 in 45°, na območju strmih izdankov apnenca za objekti Partizanska pot 3A, 3 in 4 (dolžina območja cca. 45 m, višinska razlika strmine cca. 20 m) ter na brežini nad objekti Partizanska pot 7 in 9 ter pri opuščenem kamnolomu znaša naklon med 45 in 75°.

Mestoma je na brežini tudi več porušenih debel dreves, ki so jih domačini podrli kot zaščito pred padci skalnih blokov. Za posameznimi pregradami so se ujeli posamezni skalni bloki.

Generalno so geomorfološke in inženirsko geološke značilnosti zelo neugodne, kar tudi za v bodoče predstavlja visoko stopnjo ogroženosti pred skalnimi naleti.

Svežih jasnih erozijskih žarišč na terenu nismo opazili, posamezni mlajši odlomi so se zgodili predvsem na območju strme skalne brežine nad objekti Partizanska pot 3 in 3a. Vir skalnih blokov je preperevanje in zakrasevanje apnenca, v zimskem času zaradi nihanja temperatur in cikla

zmrzovanja/tajanja prihaja do nastajanja novih labilnih skalnih blokov, občasno ruvanje starih dreves, gospodarjenje z gozdom in delno tudi kamnit material iz ruševin zidov Pustega gradu.

Praktično povsod po pobočju ležijo različno veliki skalni bloki, za drevesi na spodnjem delu pobočja se je zaustavilo več skalnih blokov, posamezni bloki pa so vidni tudi za obstoječimi nizkimi ograjami po parcelnih mejah nad stanovanjskimi objekti.

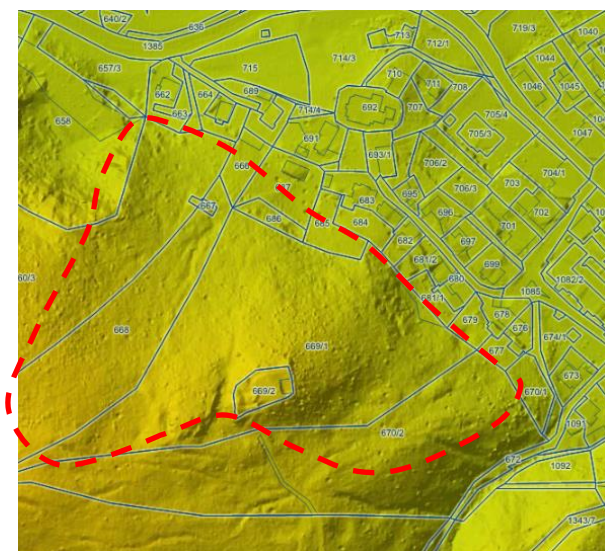
Izdelali smo detajlno IG kartiranje terena, analizo morfologije terena, večje število prečnih profilov po padnici pobočja, izdelali analize trajektorij in energij skalnih blokov s programom RocFall 7.007 in podali predlog sanacije celotnega območja.

Predvideli smo linijske zaščitne elemente pod celotno brežino (izdelavo podajno lovilnih ograj), na območju strme skalne brežine nad Partizansko potjo 3 in 3a vgradnjo sidrane mreže za preprečitev skalnih podorov (izpadov blokov in klinov iz strme preperele in zakrasele brežine).

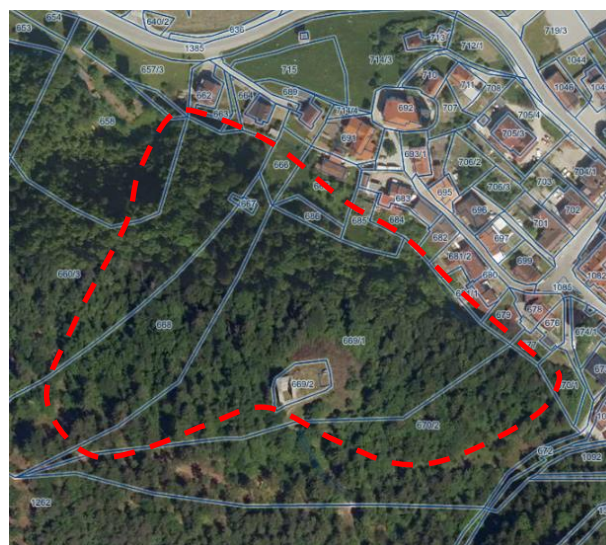
Osnovni prikaz obravnavanega območja je prikazan na spodnjih slikah, v prilogi je podana pregledna situacija.



Slika 1 Pogled na pobočje Pustega gradu nad Partizansko potjo v Šoštanju.



Slika 2 Pogled na pobočje Pustega gradu – LIDAR senčenje terena (vir: ARSO).



Slika 3 Pogled na pobočje Pustega gradu – ortofoto posnetek (vir: ARSO).

1.2 Projektni podatki

Za območje obdelave in osnovne podatke o sestavi terena in predvidenih ukrepih smo uporabili projektno nalogo Občine Šoštanj, izdelali smo geodetski posnetek terena za potrebe izdelave IZN projekta, pregledali smo LIDAR posnetek terena in ortofoto posnetek terena. Pri analizi terena in izdelavi profilov terena smo uporabili LIDAR podatke, ki se zelo dobro ujemajo z geodetskim posnetkom, je pa število točk bistveno večje od klasičnega geodetskega posnetka.

Preostale podatke smo pridobili med izdelavo IG kartiranja brežine, po pogovoru z lastniki objektov in po izdelavi analiz trajektorij in energij padlih skalnih blokov.

1.3 Predhodne raziskave

Osnovne geološke podatke povzemamo po Osnovni geološki karti Slovenije v merilu M 1:100.000, list Slovenj Gradec. Nekaj podatkov o preteklih skalnih podorih in poškodb objektov smo pridobili v projektni nalogi in med razgovori z domačini.

2. TERENSKE RAZISKAVE

2.1 Inženirsko geološko kartiranje terena

Celotno obravnavano območje smo natančno inženirsko geološko kartirali. Pregledali smo celotno pobočje od stanovanjskih objektov do grebena nad Pustim gradom. Na posameznih izdankih smo merili vpad plasti in tektonskih elementov, je pa lepih jasnih izdankov zelo malo. Posebno pozorni smo bili na vse labilne kamne in skalne bloke, na njihovo velikost, obliko in prostorsko razporeditev. Svežih odlomov in jasnih erozijskih žarišč na pobočju je zelo malo. Na območju strme skalne brežine nad stavbami Partizanska pot 3 in 3a so sledovi klinastih izpadov velikosti 0,5 do 1,5 m³ in posamezni labilni bloki mase 5 do 150 kg.

Zabeležene skalne bloke smo razporedili po velikosti in obliki v več kategorij, ki smo jih uporabili tudi pri analizah trajektorij in kinetične energije blokov s programom RocFall.

2.2 Zakoličba trase kabelske kanalizacije

Pred pričetkom terenskih del smo z lokatorjem TK vodov preverili potek obstoječega voda kabelske televizije. Traso kablovoda smo geodetsko posneli, prikazana je tudi na izdelanem geodetskem načrtu.

3. GEOLOŠKI OPIS OZEMLJA

3.1 Splošni opis

Obravnavno območje leži na južni strani šoštanjske kadunje, ki jo gradijo debele plasti premoga in PI/Q sedimentov. Kadunja je nastala zaradi tektonske aktivnosti dinarsko usmerjenih prelomov (SZ-JV), nastalo je močvirje in barje, iz katerega so nastale premogove plasti, kadunjo pa so zasipali pliocenski in PI/Q sedimenti.

Južno od Šoštanja (obravnavan območje) se vzpetina Pusti grad zgrajena iz triasnega kristalastega apnenca. Na južni in zahodni strani je manjše območje triasnega apnenca v tektonskem kontaktu s oligocenskimi plastmi andezitnega tufa, tufita in vulkanske breče (smrekovške plasti). Osnova geološka sestava območja je prikazana na spodnjem izseku OGK Slovenije.



Slika 4: Prikaz sestave tal na OGK Slovenije, list Slovenj Gradec z označenim obravnavanim območjem

3.2 Litološko stratigrafski pregled inženirsko geoloških enot

Legenda	Starost	Oznaka	Opis
	kvartar	al	Aluvialni sedimenti (predvsem prod in zaglinjen prod)
	plio-kvartar	Pl/Q	Peščena glina, glinast prod
	oligocen	Ol ₂	Andezitski tuf, tufit, vulkanska breča (smrekovške plasti)
	sr. trias	T ₂ ²	Kristalast apnenec - gradi trdno podlago na obravnavnem območju
	sr. trias	T ₁ ²	Siv plastnat dolomit (anizij)
	zg. perm	P ₂	Siv apnenec in dolomit

3.3 Inženirsko geološki pregled terena

Kamnina izdanja na večjem delu pobočja, le na vzhodnem delu območja (začetni del podajno lovilne ograje PLO-1 in na začetnem delu PLO-3 nad objektom Partizanska pot 9 pričakujemo pojav deluvialne preperine iz zaglinjenih gruščev s skalnimi bloki v debelini 0,5 do ocenjeno 3 m. Območja so označena na IG karti v prilogi G.1.

Izdanki na strmem pobočju so večkrat prekriti s humusom, zaradi zakrasevanja in razpokanosti kamnine lahko pričakujemo neenakomerno globino do trdne podlage in pojav razpok, ob katerih hribina globlje prepereva. Pod posameznimi temelji stebrov PLO ograj bo potrebno vgraditi manjšo količino betona za izravnavo terena. Globina zakrasevanja kamnine je ocenjena na 2 do 3 m, občasno se lahko pojavijo manjši kraški kanali in razpoke.

Trdno podlago predstavlja triasni slabo plastnat do masiven apnenec do dolomitiziran apnenec. Včasih so na zahodnem delu obravnavanega območja apnenec izkoriščali v velikem kamnolomu, ki ni več aktiven. V kamnolomu je lepo vidna do 30 m visoka strma skalna brežina, kjer so lepo vidni strukturni elementi in hitro kaotično spreminjanje razmer.

Območje triasnega dolomita je na južni strani s Šoštanjskim prelomom ločeno od mlajših PI/Q sedimentov na območju Šoštanja in Velenja. Gre za aktiven prelom v dinarski smeri (SZ-JV).

Na južni in zahodni strani je spet tektonski kontakt triasnega apnenca in oligocenskih klastičnih kamnin.

Zaradi bližine Šoštanjskega preloma in njemu vzporednih prelomov ter pojava prečnih veznih prelomnih ploskev je triasni dolomit tektonsko pretrt, zato lahko globlje prepereva in so možni pojavi manjših skalnih podorov in padcev skalnih blokov v objekte pod pobočjem Pustega gradu.

Na območju se izviri ne pojavljajo, na območju večje debeline deluvialnih nanosov so razvite erozijske drče, po katerih se kotalijo prepereli in izpadli skalni bloki iz brežine do območja objektov.

Zaradi precej kaotične razporeditve razpok in vpada plasti generalnega vpada apnenca za celotno območje ne moremo podati. Izmerjeni vpadi plasti na celotnem območju se spreminjajo med 250/55 (v pobočje) do vpada vzporednega pobočju (70/60 na vzhodni strani pobočja in 350/60 na vrhnjem delu grebena). Vpadi plasti in tektonskih elementov so prikazani na IG karti v prilogi G.1

Globalne stabilnostne razmere brežine so generalno dobre, možnosti plitvih podorov so na zelo strmi brežini nad objektom Partizanska pot 3 in 3a, zato bodo na tem delu potrebni dodatni ukrepi (vgradnja sidranih mrež).

Gostota razpok znaša običajno med 20 cm in 2 m, večinoma so razpoke zaprte, brez polnila. Pojavlja se več sistemov razpok, ob katerih izpadajo skalni bloki mase med 3 do 1500 kg. Glavne razpoke in ploskve so v smeri 80/65, 110/60-80, 220/40 in 10/75. Pojavljajo se tudi posamezne slučajne razpoke in prelomi.

Največje število skalnih blokov je velikosti med 3 do 50 kg, bloki mase nad 1500 kg so zelo redki. V primeru izpada večjih blokov pričakujemo, da bodo bloki med kotaljenjem po pobočju razpadli v več manjših blokov.

3.4 Ocena ogroženosti območja pred skalnimi podori in padajočim kamenjem

Glede na morfologijo terena (naklon in usmerjenost pobočja), dokaj redek gozd, pojav »drč« po padnici brežin in razporeditev labilnih skalnih blokov po pobočju ugotavljamo, da so ceste in stanovanjski objekti pod obravnavano brežino zelo ogroženi pred padci skalnih blokov in je sanacija nujna.

Najbolj ogroženi objekti so Partizanska pot 3, 3a, 7, 9 in 11. Nad objekti Partizanska pot 3 in 3a je zaradi strme visoke skalne brežine, preperelosti in tektonskih elementov možen pojav skalnih podorov velikosti do več m³ kamnine.

Potrebno bo izdelati podajno-lovilne ograje na spodnjem delu brežine za zaustavitev padajočih skalnih blokov iz zgornjega dela brežine, na območju strme skalne brežine nad Partizansko potjo 3 in 3a bo potrebno dodatno zaščititi strmo skalno brežino (vgradnja mrež in pasivnih sider). Na preostalem delu brežine med objekti in linijo PLO ograj je potrebno pregledati teren in odstraniti labilne bloke, izdanke apnenca se prekrije z lahkimi pletenimi žičnimi mrežami. Bloke je potrebno pazljivo odstraniti (brez nenadzorovanega kotaljenja po pobočju!), lahko se jih vkoplje pod rušo ali prekrije s pleteno žično mrežo.

3.5 Opis zabeleženih poškodb zaradi padca skalnih blokov na objekte

Med izvedbo IG kartiranja terena smo pri domačinih dobili tudi okvirne podatke o udarcih skalnih blokov v stanovanjske objekte. Občina in gasilci nimajo uradne evidence glede padcev skalnih blokov na objekte. Evidenca je izdelana po območjih posameznih objektov:

Partizanska pot 1:

občasno se do ograje nad hišo prikotalijo manjše skale. Skale se kotalijo po erozijskih drčah, dogodki so vezani predvsem na močnejše padavine. Škode ne povzročajo.

Partizanska pot 3A:

Na tem delu je prišlo do več padcev skalnih blokov na objekt. Na zahodnem delu objekta je pred časom manjši kamen razbil okno. Na območje med številko 3A in 3 se je zgodil večji skalni podor, ki je tudi prikazan v razpisni dokumentaciji in na spodnji sliki 2.

Objekt je močno ogrožen pred skalnimi podori. Večji izpadi se dogajajo iz strme skalne brežine, ki je bila pred leti že delno prekrita z žično mrežo. Padci skalnih blokov z večjo energijo so možni tudi iz zgornjega dela brežine – ti bloki lahko poškodujejo celotni objekt in prebijejo strehe! Izvedba ukrepov je nujna!

Partizanska pot 3:

Na tem delu se je pred leti zgodil večji skalni podor (na spodnji sliki). Skalni bloki so se zaustavili na betonskih terasah za objektom. Dimenzije skalnih blokov znašajo med 0,5x0,3x0,4 m do 1,2x0,6x0,6 m. Skalni blok je razpadel na več skalnih blokov. Gre za skalni podor, ki izvira iz spodnjega strmega dela brežine tih nad objektom. Območje izpada skalnih blokov smo tudi okvirno določili med IG kartiranjem terena. Kamnina je zakrasela, pojavljajo se posamezni tektonski elementi, ob katerih izpadajo posamezni skalni bloki.

Skalni podor je rahlo poškodoval betonske zidove, na srečo pa večje škode na objektu ni napravil. Šlo je za izpad dokaj velike skalne mase, ki pa ni imela velike kinetične energije.

Pred časom je bila strma skalna brežina po odsekih prekrita z žično mrežo, ki pa ni ustrezen ukrep (lokacije obstoječih pletenih žičnih mrež prikazane na prilogi G.1). Preprečiti je potrebno izpadanje blokov iz strme brežine in kotaljenje skalnih blokov iz zgornjega dela brežine!

Na tem območju je potrebno zaščititi spodnji del strme skalne brežine z vgradnjo žične mreže in pasivnih sider oz. »triglav« vijakov, nad brežino pa vgraditi podajno lovilno ograjo, ki bo lovila skalne bloke iz zgornjega dela brežine.



Slika 5: Skalni podor na terasah za objektom Partizanska pot 3-3a (fotografija iz projektne naloge).

Partizanska pot 5:

Za to območje nimamo podatkov. Nad vrtom se nahaja strma skalna brežina, ki pa je dokaj zaraščena. Izpadi skalnih blokov so sicer možni, vendar pa je lokacija manj ogrožena. Prav tako zgornji del brežine predstavlja manj strm greben, po katerem so padci skalnih blokov manj verjetni. Labilne skale se kotalijo levo in desno od tega območja, kar je pokazala tudi analiza tokovnic po pobočju.

Spodnji del brežine se očisti podrasti in preperelih lesnih panjev in izdanke prekrije z žično mrežo. Nad skalno brežino se izdelava podajno lovilno ograjo. Na tem delu se izdelava stik dveh podajno lovilnih ograj z ustreznim prekrivanjem.

Partizanska pot 8:

Padci posameznih skalnih blokov do objekta. Pred leti je skalni blok padel v neposredno bližino avta, ki je bil parkiran med objektom Partizanska pot 7 in 8. Skalni bloki se kotalijo iz zgornjega dela pobočja pod Pustim gradom.

Partizanska pot 7:

Pred časom je manjši skalni blok prebil streho nadstreška pri objektu. Gre za do 2,5 m visok nadstrešek prekrit z valovito kritino. Skalni blok je priletel iz zgornjega dela brežine z dokaj visoko energijo.

Na območju vrta na pobočju nad objektom smo opazili tudi skalni blok velikosti 0,6x0,35x0,25 m okvirne mase 140 kg, ki se je zaustavil za drogom ograje (slika 3). Opazili smo še več manjših preperelih in zakraselih skalnih blokov.

Lastniki so na robu parcele in gozdne meje položili kupe suhega vejevja za zaustavljanje padlih skalnih blokov. Ta ukrep je učinkovit za manjše skalne bloke mase nekaj kg, za večje bloke, ki se odbijajo od terena, pa ta ukrep ni učinkovit.

Na območju je potrebno zaustaviti skalne bloke iz pobočja Pustega gradu. Možen ukrep je vgradnja podajno lovilne ograje glede na z simulacijami padcev skalnih blokov določeni optimalni lokaciji. Skalne izdanke med linijo podajno lovilnih ograj in travnatim pobočjem se prekrije z heksagonalno žično mrežo, ki se jo pritrdi z vijaki na hribino in z kovinskimi klini zabije v preperinski pokrov.



Slika 6 Skalni blok za objektom Partizanska pot 7. Dimenzije 0,6x0,35x0,25 m – 140 kg (številka 1)

Partizanska pot 9:

Na tem območju smo med IG kartiranjem opazili svež velik skalni blok ob živi meji. Gre za skalni blok, ki je pred kratkim udaril v zadnjo steno gospodarskega poslopja pod pobočjem Pustega gradu in ga je lastnik prestavil na to lokacijo. Za objektom je še več različno velikih starih skalnih blokov.



Slika 7 Skalni blok za gospodarskim objektom Partizanska pot 9. Dimenzije 0,6x0,5x0,4 m – 310 kg (številka 2)

Lastnik nam je povedal, da je pred leti skalni blok preletel gospodarski objekt in uničil betonski kompostnik pred stanovanjskim objektom Partizanska pot 9. To kaže na skalne bloke iz vrhnjega dela pobočja, ki imajo veliko kinetično energijo. Gre za skalne bloke mase med 100 in ocenjeno 500 kg.

Potrebno je izdelati podajno lovilne ograje na pobočju Pustega gradu.

Partizanska pot 11:

Za objektom nismo opazili padlih skalnih blokov. Lastniki so nam povedali, da je pred leti skalni blok ocenjene mase 500 kg udaril v severo-vzhodni rob stanovanjskega objekta in poškodoval objekt.

Partizanska pot 15:

Podatkov o udarcih skalnih blokov v objekt nismo pridobili. Pri žični ograji nad objektom smo zabeležili dva skalna bloka mase do 50 do 150 kg. Redki padci skalnih blokov so možni tudi do objekta Partizanska pot 15.

Primorska cesta 3A:

Podatkov o padcih skalnih blokov na tem območju nismo pridobili. Objekt se nahaja na vzhodnem robu opuščenega kamnoloma. Zaledno pobočje je strmo, gre za skalni rob kamnoloma. Izpadi skalnih blokov so zelo verjetni, nikjer pa ni opaziti svežih odlomov in večjih labilnih skalnih blokov. Na tem delu se cca 10 m visoko nad prečno potko izdelava podajno lovilno ograjo, pod podajno lovilno ograjo pa se po terenu vgradi prilagojeno žično mrežo. Drevesa se ohranijo.

3.6 Seizmičnost terena

Obravnavano območje se uvršča v območje, kjer lahko pričakujemo seizmične pospeške velikosti $a_g = 0,125 g$. Podatke povzemamo po Karti projektnih pospeškov potresov a_g . (vir: <http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki/>).

Za prostorsko in urbanistično načrtovanje in za potresno varno projektiranje se uporablja karto projektnega pospeška a_g . Kategorizacija upošteva litološko sestavo tal, inženirsko geološke lastnosti kamnin, tektonske značilnosti in morfološke značilnosti.

V skladu z Evrokodom 8 uvrščamo tla na območju obravnavanega odseka ceste v tip tal A.

T2 GEOTEHNIČNO PROJEKTNO POROČILO O SESTAVI TAL IN POGOJIH GRADNJE UKREPOV ZA PREPREČITEV SKALNIH PODOROV

4. GEOMEHANSKE LASTNOSTI TEMELJNIH TAL

Ocenjujemo, da se povprečna enoosna tlačna trdnost kristalastega apnenca nahaja v območju med 10 do 40 MPa, ocenjene strižne karakteristike znašajo $c=50-200 \text{ kPa}$, $\phi= 40-45^\circ$. GSI indeks pri površinske hribine do globine cca 3 – 5 m znaša 40-55, globlje ocenjeno 65 – 90.

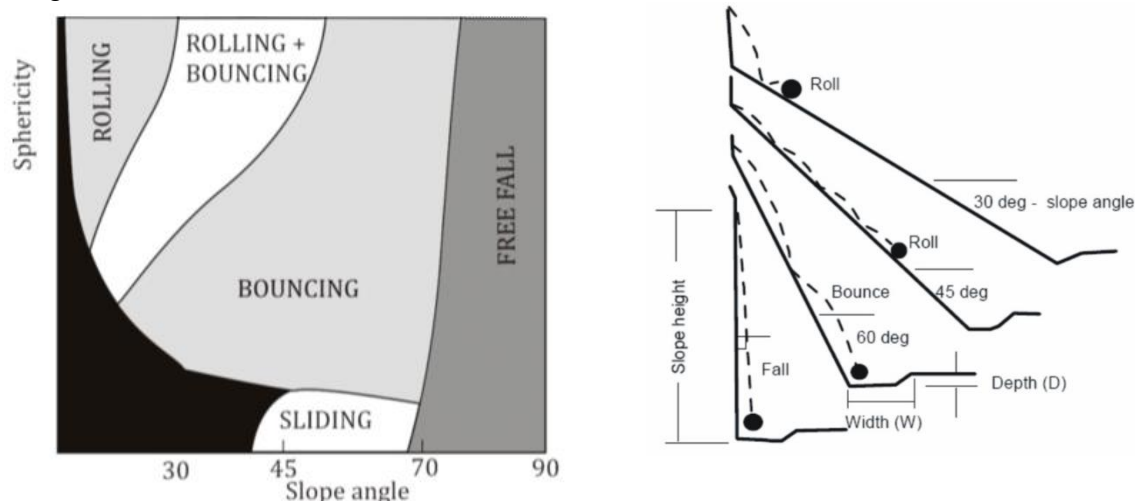
Na območju pojavljanja deluvialne preperine (Q_{del} – zaglinjen grušč in skalnih bloki) na vzhodnem delu ograje PLO-1 in na začetnem delu ograje PLO-3 ocenjujemo karakteristike na: $c=0-10 \text{ kPa}$, $\phi= 25-30^\circ$.

Sestava tal je prikazana na IG karti v prilogi G.1 in na prečnih GG profilih s predlogom ukrepov na prilogi G.2.

5. IZRAČUN ODBOJEV IN ENERGIJ SKALNIH BLOKOV

Glede na rezultate IG kartiranja, morfologijo terena in podatke o starih skalnih podorih smo izdelali 9 karakterističnih prečnih geoloških profilov. Tip premikanja skalnih blokov po pobočju je močno odvisna od naklona pobočja, sestave tal in odbojnih karakteristik terena, poraščenosti terena in od oblike skalnih blokov. Osnovne zakonitosti premikanja skalnih blokov so prikazane na spodnji sliki. Pobočja z nakloni do 30° so manj problematična, v tem primeru se bloki večinoma ustavijo na

pobočju oziroma drsijo po pobočju. Izjema so morebitni pojavi zaobljenih (sferičnih) kamnitih blokov. Pri naklonih med 30 in 45° se skalni bloki kotalijo, delno odskakujejo na neravninah. Brežine v naklonih med 45 in 60° omogočajo odskakovanje (odbijanje) skalnih blokov ter višje višine odbojev. Podolgovati kamniti bloki so pri naklonih med 40 in 65° podvrženi predvsem drsenju po pobočju, okrogli bloki



Slika 8 Shema vrste premikanja skalnih blokov po pobočju.

Izdelali smo analize za določitev višine odbojev in energije padlih skalnih blokov s programsko opremo Rocscience RocFall 2019 (v7.008). Ograje so projektirane na MEL energije (maximum energy level), pri določenih maksimalnih energijah in višinah odbojev (brez 95% intervala stopnje zaupanja). Upoštevali smo dodatni faktor varnosti $F_s > 1,7$ in določili najbolj ustrezno sposobnost zadrževanja energije PLO sistema. Večino pričakovanih padlih skalnih blokov bo imela bistveno manjše energije, kar pa je ugodno glede trajnosti, dolgotrajne višine in delovanja PLO ograj in manjših zahtev po vzdrževanju PLO ograj.

Vzdolž terena smo sestavo površja terena določili glede na rezultate IG kartiranja terena in glede na morfologijo terena. Glede na podatke o padcih skalnih blokov smo s povratnimi analizami določili odbojne koeficiente terena.

Uporabili smo naslednje materiale, ki gradijo površje:

Material	Barva	Odbojni koeficient R_n (normal restitution)	Odbojni koeficient R_t (tangential restitution)	Dynamic friction	Rolling friction
Koreninski pokrov, humus (talus cover)		0,31 - 0,33	0,77-0,81	0,5	0,65
Izdanki kamnin (bedrock outcrops)		0,35-0,38	0,81-0,83	0,52	0,5
Trdna kamnina (Clean hard bedrock)		0,50-0,53	0,92-0,93	0,55	0,4

Uporabili smo metodo analize RigidBody, izbrali smo različne oblike blokov. Pri zaobljenih skalnih blokih smo uporabili obliki triangle in egg (zaobljeni – prepereli skalni bloki), pri oglatih skalnih blokih

smo uporabili oblike polygon pentagon in polygon rectangle (2:3), ki najboljše ponazarjata obliko manj preperelih in bolj svežih labilnih blokov.

Pri vseh profilih smo uporabili simulacijo 400 skalnih blokov, ki se prožijo vzdolž linije (line seeder) po celotnem strmem delu pobočja. Uporabili smo naslednje velikosti blokov:

Oznaka skalnih blokov	Barva	Masa (kg)	Gostota (kg/m ³)	Oblika
Kamni		5 (stdev: 1)	2600	Triangle, egg, polygon pentagon, polygon rectangle (2:3)
Manjše skale		30 (stdev: 5)	2600	Triangle, egg, polygon pentagon, polygon rectangle (2:3)
Srednji bloki		400 (stdev:50)	2600	Triangle, egg, polygon pentagon, polygon rectangle (2:3)
Veliki bloki		1500 (stdev:200)	2600	Triangle, egg, polygon pentagon, polygon rectangle (2:3)

Pri izračunih nismo upoštevali lovilne oziroma zadrževalne vloge gozda. Pri kontrolnih izračunih z upoštevanjem varovalno vloge redkega gozda z učinkovito višino zadrževanja blokov 5 m se višine odbojev in energij znižajo minimalno za 25 %.

Pri izdelanih izračunih smo tako na varni strani glede višin odbojev in energij padlih skalnih blokov.

V spodnji preglednici podajamo zbrane podatke rezultatov izdelanih analiz trajektorij in energij padcev skalnih blokov na območju pobočja pod Pustim Gradom.

Profil	Maksimalna energija blokov (kJ) po brežini – brez ukrepov	Maksimalna višina odbojev (m) – brez ukrepov
P-1	30-150 kJ, v liniji PLO ograj 15 kJ	0,6 do 2,6
P-2	50-500 kJ, v liniji PLO ograj 200 kJ	do 16
P-3	do 280 kJ, v liniji PLO ograje do 240 kJ	do 12
P-4	od 40-150 kJ, v liniji PLO ograje do 80 kJ	do 6,5 m
P-5	od 30-120 kJ, v liniji PLO ograje do 70 kJ	do 6,5
P-6	od 40-160 kJ, v liniji PLO ograje do 60 kJ	do 7,5
P-7	od 50 - 250 kJ, v liniji PLO ograje do 180 kJ	do 7,5
P-8	od 60-220 kJ, v liniji PLO ograje do 230 kJ	od 2 do 5,5 m
P-9	od 50-270 kJ, v liniji PLO ograje do 160 kJ	od 1,5 do 6,0

V preglednicah so prikazane izračunane energije padca skalnih blokov v ograje PLO-1. Energije so dokaj nizke, odboji pa sorazmerno visoki.

Glede na omejeno višino pri certificiranih ograjah energijskega razreda 500 kJ (večino proizvajalcev pod 4 m višine), sorazmerno majhno razliko v ceni med 500 in 1000 kJ PLO ograjo, robustnost in trajnost ter manj tekočega vzdrževanja močnejše PLO ograje ter relativno dolgih linij ograj, kjer se energije naletov skalnih blokov vzdolž ograj hitro spreminjajo predlagamo vgradnjo 1000 kJ PLO ograj višine 4 in 5 m.

6. PREDLOG ZAŠČITNIH UKREPOV PRED PADCI SKALNIH BLOKOV

Koncept zaščite pred skalnimi podori

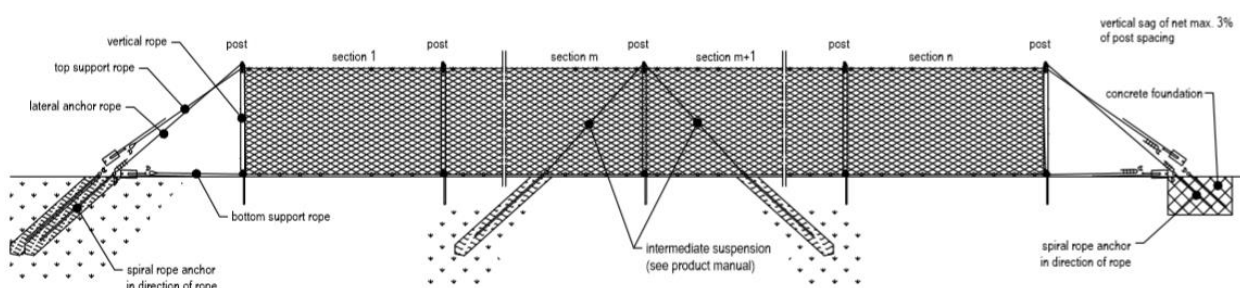
Za optimalno zaščito stanovanjskih objektov pod Pustim gradom bo potrebno izdelati več različnih zadrževalnih ukrepov. Glede na obseg območja se razmere med posameznimi odseki hitro spreminjajo, s tem pa tudi predvideni zaščitni ukrepi.

1. tri linije podajno lovilnih ograj (PLO-1, PLO-2, PLO-3)
2. čiščenje labilnih skalnih blokov z vkopavanjem, odstranitvijo ali prekritjem z mrežo na območju pod vzhodnim delom ograje PLO-1.
3. vgradnja sidrane mreže po strmi brežini pod PLO-1 (nad objektom Partizanska pot 3 in 3a) – oznaka SMR-1 med profili P10 do P19 (dolžina območja zgoraj cca.35 m, po pobočju med 15 in 30 m).
4. vgradnja heksagonalne pletene žične mreže preko izdankov pod linijo ograj PLO-2 in delno PLO-3
5. Začasne lovilne palisade na pobočju med gradbenimi deli in stanovanjskimi objekti v času izvedbe del na pobočju (dostopne poti, posek drevja, čiščenje terena, izvedba sider, montaža ograj in mrež po terenu, ...) Skupna dolžina ograje do 150 m, izvedba po segmentih glede na faznost del. Pred izdelavo začasnih palisad je potrebno zakoličiti traso vkopanega voda kableske televizije (prikazan tudi na GN).

Podajno-lovilne ograje na brežini

Podajno lovilne ograje se vgradi po gradbenem načrtu. Višine, dolžine in energijske vrednosti ograj znašajo:

- PLO-1 , L= 82m, H= 4 m, E= min. 500 kJ, predlagamo 1000 kJ (sistem certificiran po ETAG-27)
- PLO-2 , L= 72m, H= 5 m, E= 1000 kJ – višji energijski razred zaradi potrebne višine ograje in zahteve po certificiranju sistema po ETAG-27.
- PLO-3 , L= 112m, H= 4 m, E= min. 500 kJ, predlagamo 1000 kJ (sistem certificiran po ETAG-27)



Slika 9 Shema postavitve linije PLO ograje.

Sidrane mreže po strmem skalnem pobočju

Pod brežino se vgradi začasno lovilno palisado višine 3,5 m. Nato se očisti podrast in po potrebi tudi labilna drevesa. Predvidoma se material zaradi dostopa odstranjuje po pobočju navzgor do območja nove gozdne vlake št. 1013220003.

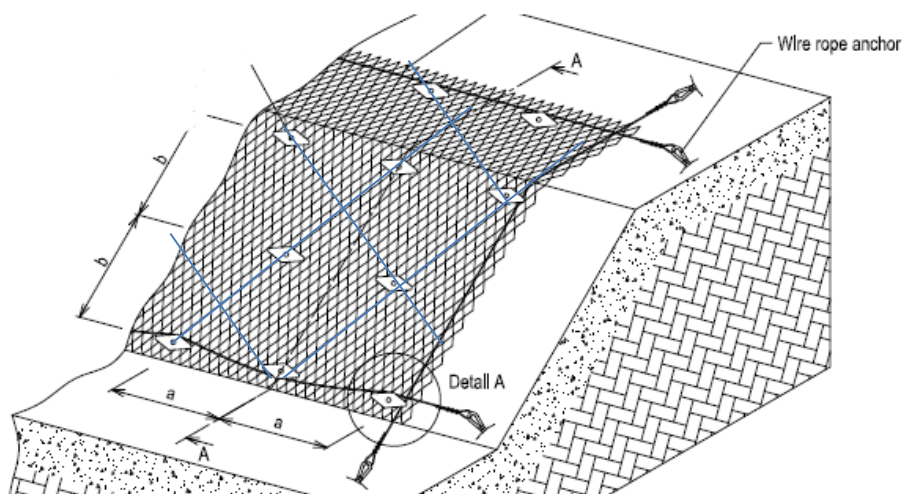
Obstoječe heksagonalne žične mreže se ne odstrani. Izdela se prva pasivna sidra na zgornjem delu brežine, na katera se potem fiksira zgornji del mreže – območje ograje PLO-1. Po potrditvi projektanta se izdelava razpored pasivnih sider po brežini. Mrežo se tesno prilagodi terenu.

Ščiti se brežino v površini 1100 m², odprtina okenc 8X10 cm oziroma v obliki romba 62x95 mm ($\pm 3\%$). Vgradi se palična sidra (pasivna sidra SN ali GW) dolžine 3 m in premera 28 mm ($f_y = 500$ N/mm²; $Tr_{min} > 320$ kN) – 65 kom. Sidra morajo imeti distančnike, sidra se zalije s injekcijsko maso iz CEM I cementa z dodatkom za nabrekanje. Uporabi se sidrne plošče in vijake, sidra se obremeni z moment ključem.

Varianta 1 – vgradnja heksagonalne pletene žične mreže, vgradnja pasivnih sider dolžine 3 m na kritična mesta, povezovanje sider z jeklenico min 12 mm za povečanje nosilnosti ukrepa. Mreže morajo imeti robne nosilne jeklenice, izdelana nosilna vrvna ali palična sidra, med posameznimi mrežami je potrebno izdelati prekrivanje in/ali izdelati »šivanje« posameznih mrež z jekleno žico ali veznimi elementi, po navodilih proizvajalca. Lahko se uporabi tudi prefabricirane heksagonalne žične mreže, ki so dodatno ojačane z vzdolžnimi jeklenicami na razdalji 0,5 do 1,0 m. Segmenti morajo biti povezani med seboj. Okvirna natezna trdnost mreže na kritičnih odsekih >70 kN/m.

Varianta 2 – vgradnja visoko nateznih žičnih mrež, natezna trdnost mreže >70 kN/m, vgradnja pasivnih sider po razporedu glede na problematiko, uporaba sistemskih sidrnih plošč. Mreže morajo imeti robne nosilne jeklenice, izdelana nosilna vrvna ali palična sidra, med posameznimi mrežami je potrebno izdelati prekrivanje in/ali izdelati »šivanje« posameznih mrež z jekleno žico ali veznimi elementi, po navodilih proizvajalca.

Mreže, jeklenice in sidrne plošče morajo biti protikorozijsko zaščitene v skladu s EN 10244-2: razred A, Zn ali Zn-Al protikorozijski premaz.



Slika 10 Okvirna shema pritrditve sidranih mrež na brežino. Robne jeklenice, spajanje mrež in okvirni razpored pasivnih sider. Opcijsko povezovanje sider z jeklenicami.

Prilagojene žične mreže po izdankih apnenca pod linijo podajno-lovilnih ograj

Lokalno se vgradi lahke heksagonalne pletene žične mreže med linijo podajno-lovilnih ograj PLO-2 in PLO-3 in travnatim pobočjem nad objektom (prekritje skalnih izdankov). Pritrjevanje mreže s kljukami iz rebraste armature in z uporabo triglav vijakov in ploščic. Vgradi se heksagonalne žične mreže z odprtino okenc 8x10 cm in debelino žice min. 2,7 mm. Natezna trdnost žičnih pletenih mrež min. 40 kN/m.

Čiščenje terena

Pri vseh ukrepih bo potrebno očistiti teren (žaganje dreves, odstranitev podrasti). Pri vgradnji podajno lovilnih sistemov je potreben pas žaganja cca.: dolžina ograje + 20 m, širina območja cca. 8 do 12 m. Pri vgradnji sidranih mrež bo potrebno odstraniti podrast in posamezna drevesa na celotnem območju obdelave, pri vgradnji žičnih mrež po terenu se prekriva le izdanke kamnine in bližnjo okolico. Pri tem se morebitne labilne skalne bloke zloži pod žično mrežo.

Večji del brežine med PLO-2 in PLO-3 se ne bo dodatno žagalo dreves in čistilo podrasti, ampak bo morebitne izpadle bloke lovila spodnja ograja PLO-3.

Faznost del

Pomembna je tudi faznost del. Najprej se izdelata zakoličbo trase poteka kableske televizije. Nato se izdelata začasne zaščitne palisade nad stanovanjskimi objekti. Sledi izdelava dostopnih poti in odstranitev vegetacije na območju posega (minimalni potrebi posek drevja in grmičevja na območju linije PLO ograj in vgradnje lahke in težke žične mreže) in odstranitev lesa iz območja del.

Najprej se izdelata ograja PLO-3 na vzhodni strani območja, nato ograji PLO-1 in PLO-2 in vgradnja lahkih žičnih mrež preko izdankov pod PLO-2 in PLO-3 in nato sidranje brežine pod PLO-1. Glede na možno drugačno organizacijo del se lahko vrstni red izdelave ukrepov tudi prilagodi.

Zaščitni ukrepi v času izvedbe del

V času izvedbe del bo potrebno z začasnimi varovalnimi ukrepi ščititi stanovanjske objekte (začasne lovilne palisade). Višina začasnih palisad 3,5 m, dolžina palic betonskega železa premera 28-32 mm 4 m. 0,5 m palice se zabija ali uvrta v tla. Vgradi se heksagonalno pleteno žično mrežo širine 4 m (ali 2 x 2 m), svetla višina palisade 3,5 m (vsaj 0,5 m mreže se položi po terenu pred linijo palisade). Nosilne palice se z dodatnimi zalednimi jeklenicami pritrdi na zaledni teren. Vgradi se tudi tri vzporedne prečne linije jeklenice premera min. 12 mm, ki se jih lateralno pritrdi v tla.

Pred izvedbo začasnih palisad in PLO-1 je potrebno zakoličiti potek zemeljskega kabla kableske televizije (KRS Šoštanj in Telemach d.o.o.).

Vse labilne skalne bloke je potrebno kontrolirano odstraniti oziroma zaščititi, brez nenadzorovanega kotaljenja po brežini !

7. SPREMLJANJE STANJA VAROVALNIH UKREPOV

Za ustrezno varnost pred skalnimi podori je potrebno predvideti redne letne kontrolne preglede stanja vgrajenih zaščitnih ukrepov. Po posameznih izjemnih dogodkih (potresi, žledolom, padci dreves na PLO ograje, večji skalni podori) je potrebno takoj pregledati stanje zaščitnih ukrepov. Po potrebi je potrebno zamenjati sestavne dele sistemov (mreže, zavorni elementi, poškodovani elementi), da se zagotovi ustrezno delovanje sistemov in predvideno višino ukrepov.

Pri zadrževanju večjih skalnih podorov, ki ustrezajo projektiranim MEL vrednostim ograj, se bodo višine ograj znižale do 50%, nižje ograje pa potem ne opravljajo predvidene varovalne funkcije.