


### 3.1 Naslovna stran s ključnimi podatki o elaboratu

#### 3 – PRIKAZ GRADBENIH KONSTRUKCIJ IN DRUGI GRADBENI PRIKAZI

INVESTITOR:

 **Slovenske železnice**  
**SŽ – Infrastruktura d.o.o.**  
Kolodvorska ulica 11, 1000 Ljubljana

OBJEKT:

**Zavarovanje brežin na odseku železniške proge Zagorje - Sava  
v območju km 521+950 do km 522+150**

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE:

**Elaborat**

ZA GRADNJO:

**Sanacija – zavarovanje železniške proge pred padajočim kamenjem**

PROJEKTANT:

**S-TEC d.o.o.**


Obrtniška cesta 14, 1420 Trbovlje

Odgovorni predstavnik podjetja:  
David Perme, univ. dipl. inž. grad.

Podpis in žig projektivnega podjetja:

**S-TEC d.o.o.**

Biro za projektiranje, inženiring,  
storitve in gradbeništvo  
Obrtniška cesta 14, 1420 Trbovlje



ODGOVORNI PROJEKTANT:

**David Perme, univ.dipl.inž.grad., G-2688**

Osebni žig:

Podpis:



**DAVID PERME**  
univ.dipl.inž.grad.  
IZS G-2688

Številka projekta: **89/18**  
Kraj in datum izdelave: **Trbovlje, julij 2018**

Številka elaborata: **89/18-A**

**3.2 Vsebina elaborata – št. 89/18-A****3.1 Naslovna stran poročila****3.2 Kazalo vsebine poročila****3.4 TEHNIČNI DEL****T.1 Tehnično poročilo**

T.1.1 Splošno

**T.1.2 Opis obstoječega stanja**

T.1.2.1 Splošno

T.1.2.2 Geološko geotehnični opis

T.1.2.3 Zadnji dogodki padanja skal in posledice

T.1.2.4 Terenski ogled

**T.1.3 Projektne osnove**

T.1.3.1 Povzetek poročila in ugotovitev Geološkega zavoda Slovenije

**T.1.4 Opis metodologije in način analize poti padajočega kamenja**

T.1.4.1 Simulacija padajočega kamenja

**T.1.5 Projektne rešitve**

T.1.5.1 Predlog sanacijskih ukrepov za zavarovanje pobočja

T.1.5.2 Tehnične značilnosti predvidenega varovalnega sistema

**T.1.6 Ureditev prometa med gradnjo in tehnologija gradnje****T.2 Popis del s projektantsko oceno stroška****P PRILOGE**

P.1 Analiza PLS 1

P.2 Analiza PLS 2

P.3 Analiza PLS 3

**G RISBE****G.10x Situacije**

G.101.1 Pregledna situacija

G.101.2 Geodetska osnova z DMR in prikazom pobočnih nestabilnosti

G.101.3 Pričakovane poti skal glede na relief in prikaz analiziranih kritičnih vzdolžnih profilov

G.102 Gradbena situacija

G.105 Katastrska situacija

**G.151 Detajli**

G.151.1 Prikaz elementov podajno lovilne ograje

G.151.2 Detajl zapiranja vrzeli na območju grap

G.151.3 Detajl zapiranja vrzeli na območju bočnega vpetja v skalno pobočje

<b>3.4</b>	<b>TEHNIČNI DEL</b>
------------	---------------------

## **T.1 TEHNIČNO POROČILO**

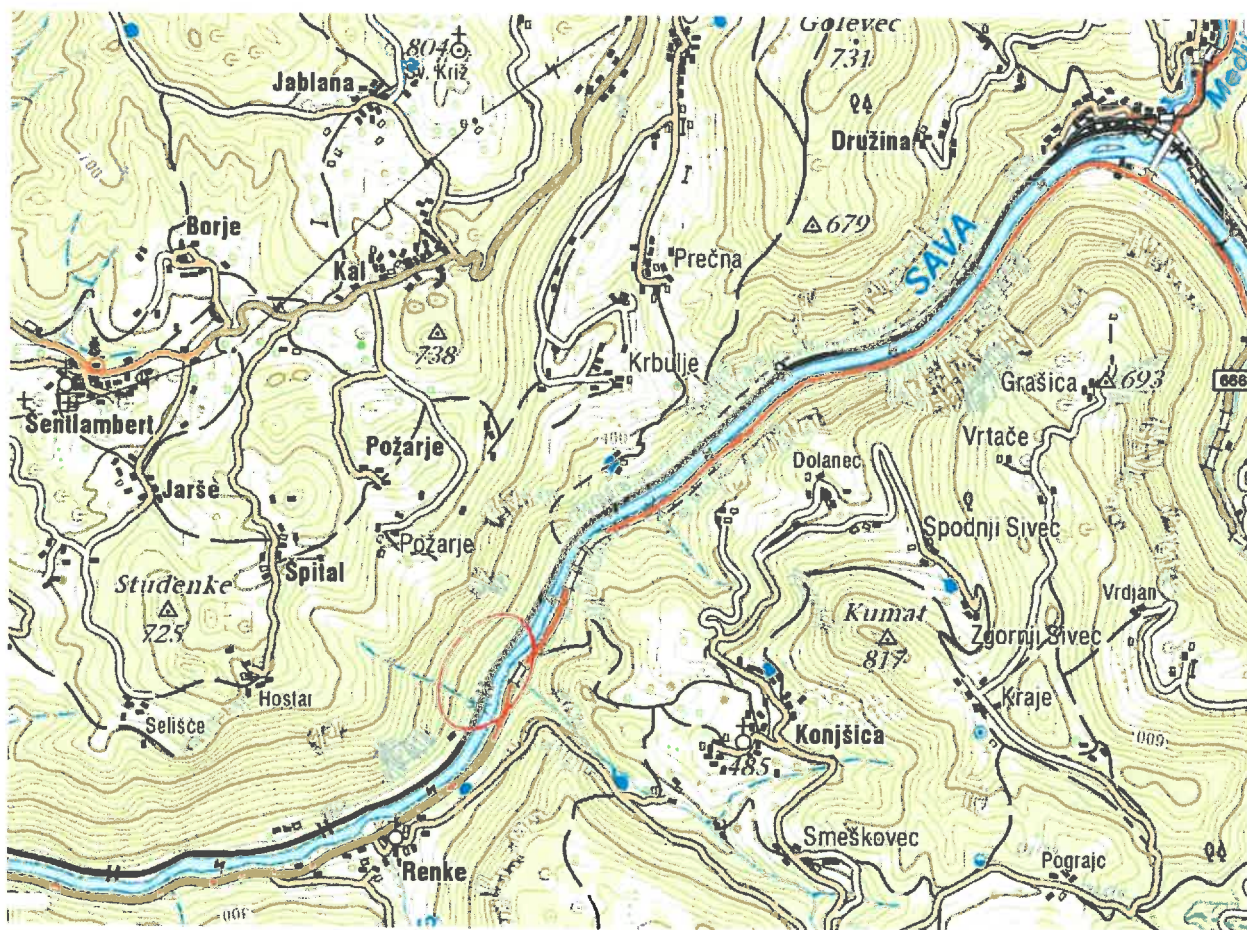
### **T.1.1 Splošno**

Podjetje S-TEC d.o.o. je na osnovi poziva predstavnikov SŽ – Infrastruktura dne 14.6.2018 opravilo terenski ogled pobočja nad železniško progo Zagorje – Sava na odseku med km 521+950 in km 522+400.

Pobočje nad železniško progo je na odseku Zagorje – Sava dokaj strmo, naklon brežin do 50°, na skrajnem robu ob sami progi pa so na večjem delu strme (praktično vertikalne) skalne stene.

Na osnovi podatkov, podanih s strani predstavnika SŽ, spada lokacija med km 521+950 in km 522+150 v kategorijo visoko ogroženih odsekov (možnost padanja večjih skal, ki lahko povzročijo iztirjenje vlaka).

Namen predlaganih ukrepov je povečati varnost objektov, naprav in predvsem železniškega prometa na odseku železniške proge Zagorje - Sava, ki so ogroženi s padajočimi skalami. Za potrebe predloga za zavarovanje najbolj ogroženih odsekov in optimalnih rešitev smo opravili več terenskih ogledov potencialno ogroženih območji.



Slika 1: Prikaz obravnavanega območja



## T.1.2 Opis obstoječega stanja

### T.1.2.1 Splošno

Obravnavani odsek železniške proge je prometno pomembna povezava Ljubljane z Zidanim mostom (2 pomembni železniški vozlišči), na obravnavanem odseku med Renkami in Zagorjem ob Savi pa je velika ogroženost s padajočim kamenjem in skalami večjih dimenzij.

Pobočje nad obravnavano mikrolokacijo proge je dokaj strmo, z nagibom brežine med 30° in 50°, lokalno tudi vertikalne stene višine do 30 m, neposredno pod progo pa se nahaja struga reke Save. Ocenjena velikost skal, ki lahko ogrozijo železniški promet na tem delu, je premera od 30 cm pa vse do 150 cm oz prostornine do 3 m<sup>3</sup> (95 % vseh skal), skale večjih dimenzij pa spadajo med izjemne dogodke (< 5 %).



Slika 2: Obravnavano območje



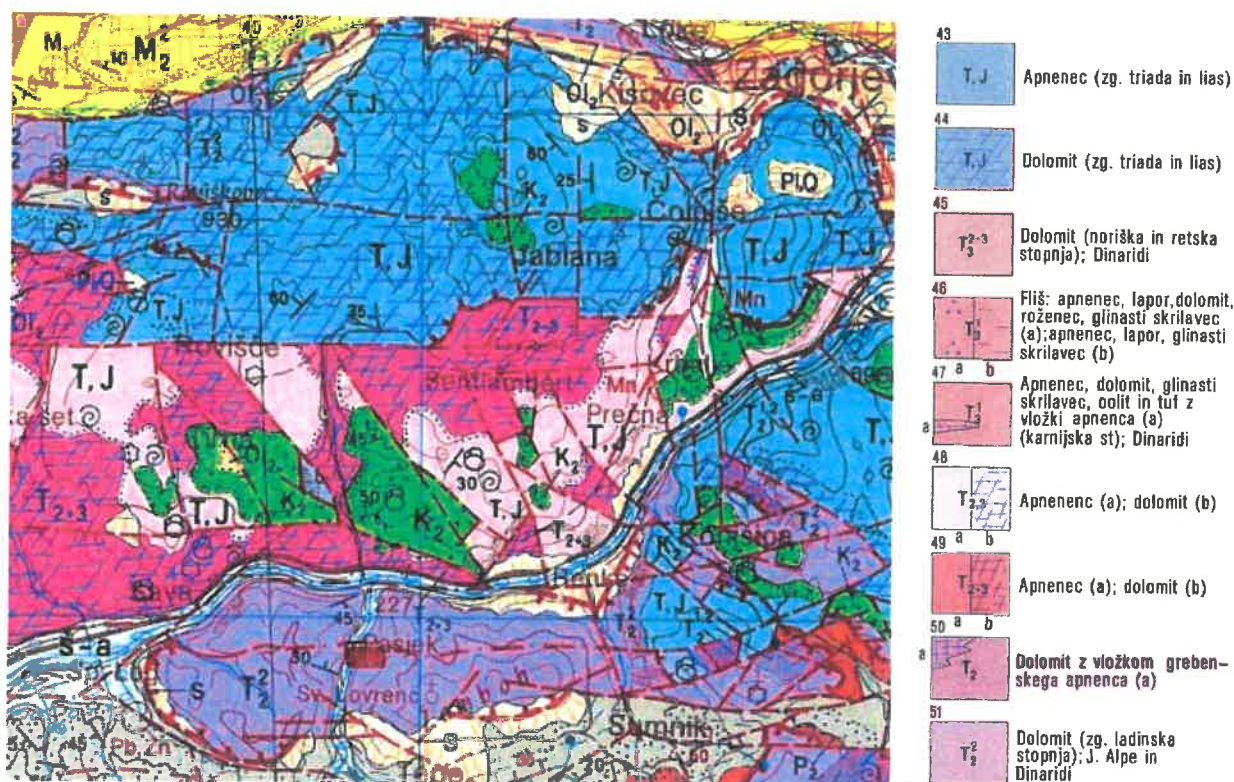
Slika 3: Pogled na obravnavani odsek proge iz območja glavne ceste G2-108, vidno precej strmo pobočje nad progo, ter struga reke Save neposredno pod njo



### T.1.2.2 Geološko geotehnični opis

Na obravnavanem odseku je železniška proga vkopana v strmo skalno brežino nad strugo reke Save. Brežina nad progo ima nagib med 30° in 50°, pod progo pa je cca. 8 - 9 m višinske razlike do normalnega nivoja reke Save.

Brežina nad železniško progo je precej tektonsko porušena in razpokana, na posameznih delih pobočja nad progo je brežina tudi previsna. Železniška je ogrožena zaradi padanja kamenja, med katerimi so tudi večji kosi in skale.



Slika 4: Geološka karta območja med Savo in Zagorjem ob Savi

Pobočje, po katerem poteka obravnavani odsek železniške proge, je zgrajeno iz triasnih plasti, ki jih predstavlja svetlo siv debelo plastnat dolomit, ki je precej tektonsko porušen in razpadel po plasteh. Na celotnem odseku plasti vpadajo v pobočje. Dolomit na površini razpada v grušč z glinenim vezivom. Strma vkopna brežina je precej razpokana, preperel dolomit razpada v srednje do debelo zrnat grušč, ki pada na progo.

Triasni dolomit je zaradi razpoklinske poroznosti relativno dobro vodoprepusten, prav tako pa sta dobro vodoprepustna tudi grušč dolomita in umetni nasip v območju železniške proge.

Razpokanost dolomita predstavlja težavo predvsem v zimskem času in času odjuge, saj nastajanje ledu v razpokah in kasnejše tajanje še dodatno pospešuje večanje razpok in posledično večjo verjetnost odloma večjih kosov skal.

V razpokah se tudi razraščajo koreninski sistemi raznih drevesnih vrst, ki v takšnih primerih delujejo neugodno, saj dodatno cepijo skale in povečujejo verjetnost padanja skal skozi vse leto.



### ***T.1.2.3 Zadnji dogodki padanja skal in posledice***

Zadnji evidentirani dogodki, ki so povzročili večjo škodo, so bili med 10.12. in 11.12.2017 in pa 10.3.2018, ko so na progo padli večji skalni bloki prostornine med 0,2 m<sup>3</sup> in pa do 1,5 m<sup>3</sup>.



*Slika 5: Večji skalni blok v območju km 522+050 z dne 10.3.2018*



*Slika 6: Večji skalni blok in povzročena škoda v območju km 522+100*



#### ***T.1.2.4 Terenski ogled***

Terenski ogled lokacije na območju od km 521+950 do km 522+400 je bil opravljen na območju neposredno ob progi, pregledalo se je pa tudi višje po pobočju, ki je poraščeno z drevjem in gosto vegetacijo in v tem letnem času zaradi bujne vegetacije zelo težko prehodno.



*Slika 7: Pogled iz območja km 521+900 v smeri proti Savi (smer naraščanja stacionaže)*



*Slika 8: Pogled iz območja km 521+950 v smeri proti Zagorju (vertikalna stena v km 521+900)*





*Slika 9: Strmo in poraščeno pobočje nad železniško progo med km 521+900 in km 522+030*



*Slika 10: V območju med km 522+000 in km 522+100 se pobočje ob progi strmo dvigne, cca 18 m nad progo pa se nato nagib nekoliko ublaži (primerno za postavitev lovilne ograje)*





*Slika 11: Višje ležeča previsna stena v območju km 522+000*



*Slika 12: Območje km 522+100 – strmo pobočje se zaključí z grapo in nadaljuje v manjšem naklonu*





*Slika 13: Območje od km 522+150 dalje*

### T.1.3 Projektne osnove

Naročnik je podal svoje zahteve na skupnem terenskem ogledu, ter podal odseke proge, ki so v tej fazi predvideni za sanacijo.

#### Zahtevano je sledeče:

- terenski ogled s preučitvijo primerne lokacije postavitve mrež,
- obvezen terenski ogled pobočja (junij 2018),
- tehnični opis in vsi potrebni izračuni vseh elementov lovilno podajnih mrež,
- opis obstoječega stanja,
- projektne osnove,
- projektne rešitve,
- ureditev prometa med gradnjo in tehnologija gradnje (v kolikor je to potrebno),
- popis del z oceno stroškov,
- risbe (situacija, vzdolžni profili,...)
- vsebina dokumentacije mora biti skladna z predpisi in veljavno zakonodajo v RS, kakor tudi na področju železnic,
- risbe naj bodo v Acad-u 2000 (ali novejša verzija), teksti v word-u, tabele v excel-u,...,
- izvajalec mora upoštevati morebitne pripombe in dopolniti dokumentacijo s strani naročnika,
- dokumentacija mora vsebovati zahteve iz Pravilnika o dokumentaciji št. 55/08,
- dokumentacija mora vsebovati zahteve iz Pravilnika o VDJK št. 82/2006,
- iz grafičnih prilog mora biti razvidni vsi potrebni podatki za izvedbo naročila, ...
- ostali pogoji ki jih narekuje veljavna zakonodaja na področju graditve objektov, varnosti in zdravja pri delu, požarnega in sanitarnega varstva, varovanja okolja, upoštevajoč železniško zakonodajo v RS,
- v kolikor naši predpisi niso zadostni, se naj uporabijo tuji, ki se uporabljajo v EU,
- naročniku se predajo 3 tiskani izvodi dokumentacije in 1 elektronski izvod (julij 2018)

#### Pridobljeno in uporabljeno:

- ustne informacije s strani predstavnikov SŽ,
- seznam preteklih dogodkov, ki so bili evidentirani na SŽ,
- terenski ogled,
- javno dostopni prostorski podatki (portal ARSO, Geološki zavod Slovenije)
- Geopedia.si in Atlas okolja (Agencija RS za okolje),
- TTN 5000 in DOF 5000 podloge,
- LIDAR terenski podatki z izvrednotenjem DMR,
- Poročilo o interventnem terenskem ogledu odseka železnice med Renkami in Zagorjem s predlogi nujnih ukrepov (Geološki Zavod Slovenije, št. J-II-30d/b2-1/578, januar 2018),
- Kartiranje pobočnih nestabilnosti na odseku železnice od km 521+200 do km 522+00 (Geološki Zavod Slovenije, št. J-II-30d/b2-1/579, januar 2018).

Lokacije za izdelavo elaboratov so sledeče:

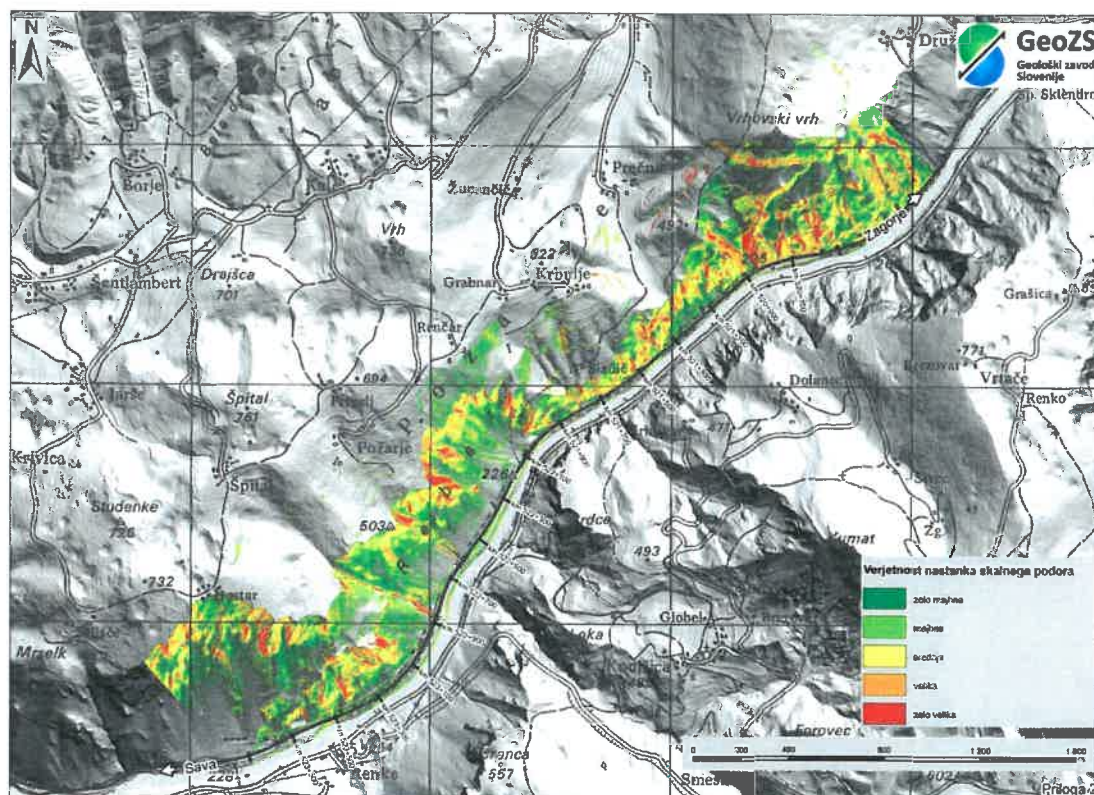
1. lokacija A: območje od km 521+950 do km 522+150
2. lokacija B: območje od km 522+150 do km 522+400

V tej mapi je obdelana **1. lokacija A – območje km 521+950 do km 522+150.**

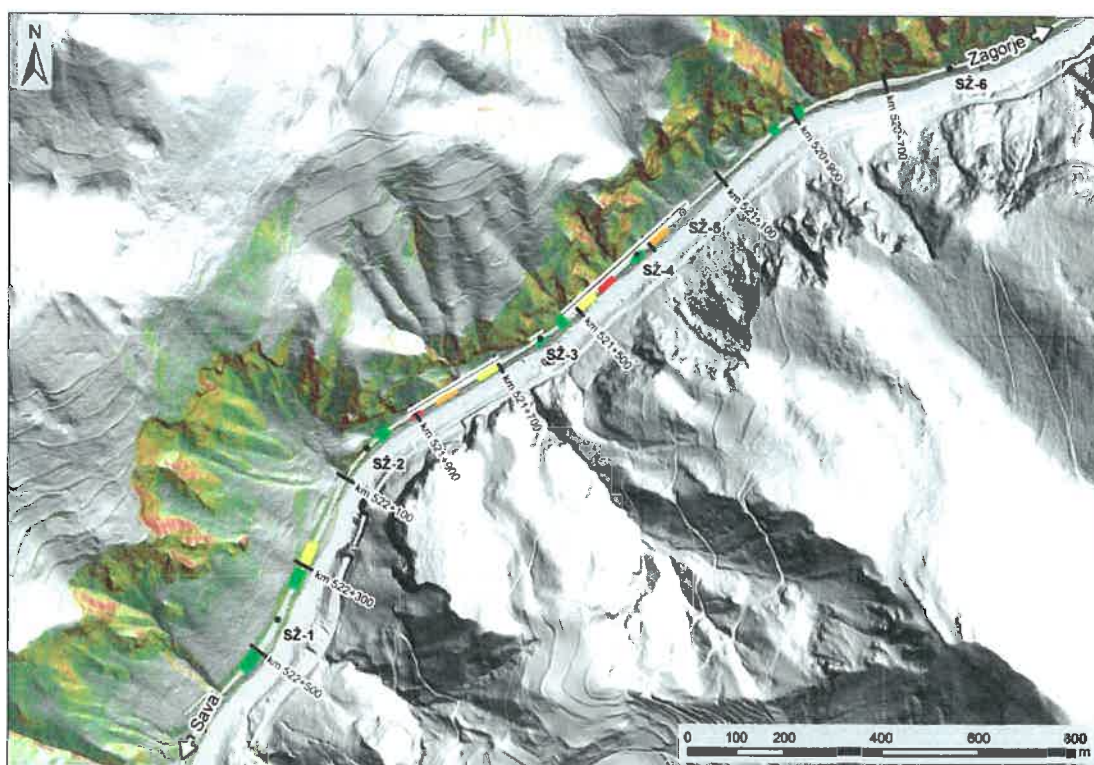


### T.1.3.1 Povzetek poročila in ugotovitev Geološkega zavoda Slovenije

Geološki zavod Slovenije je izdelal analizo verjetnosti nastanka skalnega podora in označil kritične odseke proge. Ugotovitve so prikazane na spodnjih slikah.



Slika 14: Verjetnost nastanka skalnega podora



Slika 15: Kritični odseki proge Zagorje - Sava

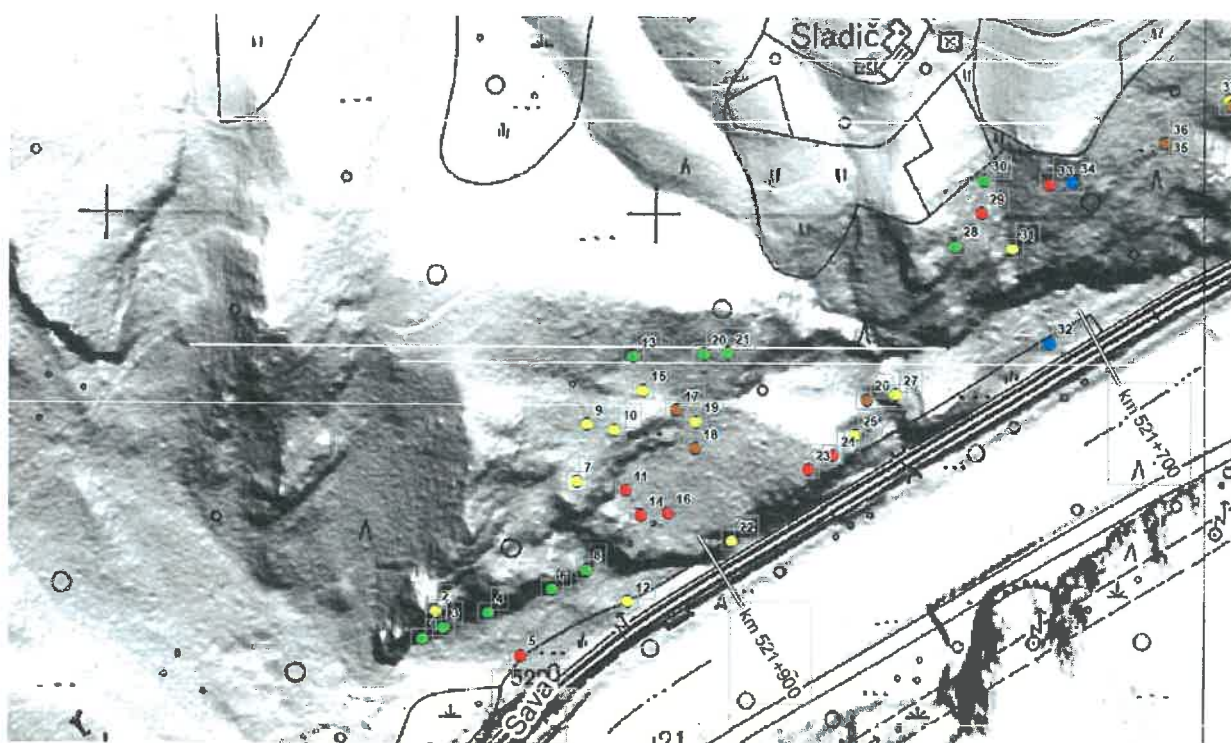


Ugotovljeno je, da so na širšem ogledanem območju skalnim podorom najbolj izpostavljeni trije daljši odseki (slika 15):

- med stacionažama km 521+200 in km 521+530 (330 m),
- med stacionažama km 521+580 in km 521+620 (40 m) in
- med stacionažama km 521+680 in km 521+920 (240 m).

Za potrebe izdelave tega elaborata smo se osredotočili na ugotovitve in kartirane pobočne labilnosti na območju km 522+000. Prikazane so na spodnji sliki.

**V poročilu se svetuje izvedbo analiz z merodajno velikostjo skalnega bloka do 3 m<sup>3</sup>.**



Slika 16: Kartirana žarišča (oštevilčena) – za ta elaborat so uporabna žarišča od 1 do 12

Zelo labilni skalni bloki (rdeče točke)	
Točka	Opis
5	Skalni blok prostornine 1,5 m <sup>3</sup>
11	3 skalni bloki prostornine 1,5 m <sup>3</sup>
Skalni bloki v preperini ali pobočnem grušču (rumene točke)	
2	Skalni blok prostornine 1,0 m <sup>3</sup>
7	Skalni blok prostornine 1,0 m <sup>3</sup>
9	Skalni blok prostornine 0,5 m <sup>3</sup>
10	Skalni blok prostornine 0,5 m <sup>3</sup>
12	Več skalnih blokov prostornine do 0,5 m <sup>3</sup>
Razpokana hribina s potencialno nestabilnimi bloki (zelene točke)	
1	Razpokana hribina, možnost izpada skalnih blokov prostornine do 1,5 m <sup>3</sup>
3	Razpokana hribina, možnost izpada skalnih blokov prostornine do 1,5 m <sup>3</sup>
4	Razpokana hribina, možnost izpada skalnih blokov prostornine do 0,5 m <sup>3</sup>
6	Razpokana hribina, možnost izpada skalnih blokov prostornine do 0,5 m <sup>3</sup>
8	Razpokana hribina, možnost izpada skalnih blokov prostornine do 1,0 m <sup>3</sup>



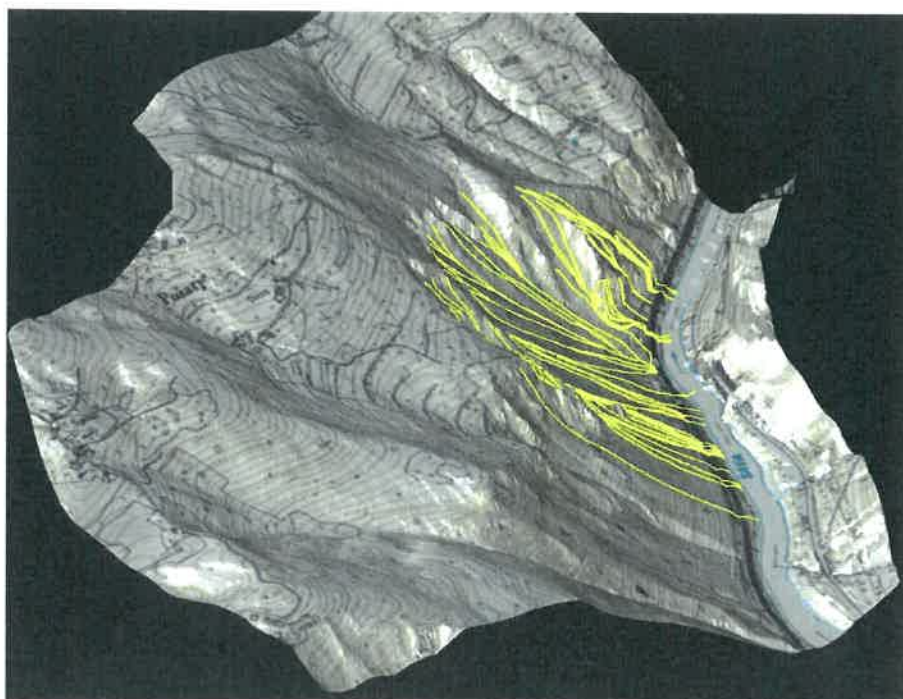
#### T.1.4 Opis metodologije in način analize poti padajočega kamenja

Za modeliranje poti padajočih skal je bil uporabljen 3D digitalni model terena, izdelan na osnovi LIDAR podatkov z izvedenjem terenskih točk (odstranitev vegetacije).

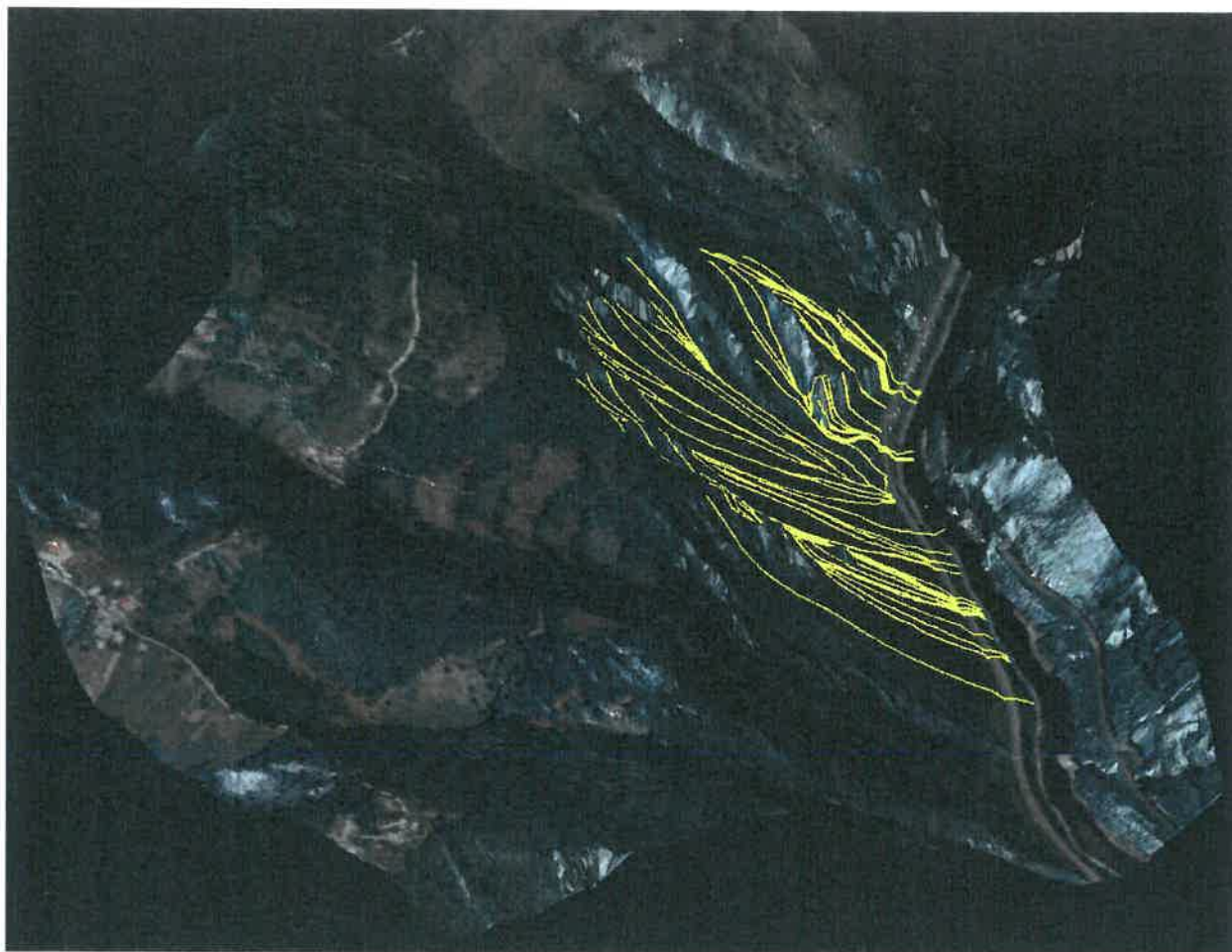


*Slika 17: 3D model terena s prikazom obravnavanega območja – lepo vidna višje ležeča skalna pobočja, ki tudi dejansko predstavljajo žarišča labilnih skalnih blokov*

Na osnovi digitalnega modela reliefa in vnosom kritičnih žarišč labilnih blokov so bile določene kritične poti padajočih skal – po metodi padnic z največjim naklonom glede na relief – in tako pridobljen vzdolžni profil dejanske poti kamna, sama analiza kritičnih profilov za določitev energij in potrebnih višin podajno lovilnih ograj pa opravljena z zadnjo verzijo programa ROCFALL 6.011 (Rocscience Kanada).



*Slika 18: Pogled na 3D modeliran teren in projekcijo TTN 5000 podloge, ter izvednotenimi potmi skalnih blokov glede na gradient terena*



*Slika 19: Pogled na 3D modeliran teren in projekcijo DOF5000 podloge, ter iz vrednotenimi potmi skalnih blokov glede na gradient terena*

Takšen pristop omogoča kompleksnejšo in precej točno določanje območja, kjer je pričakovati padajoče kamenje. To velja še posebej v primerih, ko so žarišča odlomov skal na večji oddaljenosti od infrastrukture, ki jo želimo varovati.

Na ta način se lahko optimizira porabo stroškov za ukrepe varovanja glede potrebne dolžine določenega ukrepa varovanja, seveda ob predhodni določitvi lokacijskih prioritet, ki se jih določi na osnovi zbranih in že znanih podatkov o preteklih dogodkih padlih kamnov in velikosti le-teh.

Ta metoda v Sloveniji še ni v praksi, se pa že uporablja v določenih državah, ki imajo bolj razvit sistem varovanja tako cestne kot železniške infrastrukture in tudi ostalih objektov (smučarska središča s plazovitimi pobočji,...).



#### ***T.1.4.1 Simulacija padajočega kamenja***

Simulacija padanja kamenja je narejena na podlagi vzdolžnega profila poti kamna oz. skale, pridobljene iz 3D modela terena, geološkega poročila in ocen preteklih dogodkov padanja kamenja. Karakteristični podatki terena so povzeti iz LIDAR izvrednotenega DMR, kar glede na kompleksnost pobočja in velikost območja predstavlja dovolj natančno osnovo za izvedbo analiz. Velikost potencialnega padajočega kamenja je bila povzeta na osnovi predhodno izdelanega elaborata kartiranja pobočnih nestabilnosti in podatkov o velikosti kamenja pridobljenega na terenskih ogledih.

Analize so bile narejene v kritičnih profilih, ki so prikazani v grafični prilogi G.101.3. Vsak posamezen prerez je razdeljen na odseke glede na tip površine:

- čista in trda skala,
- pobočni grušč,
- pobočje poraščeno z gozdom (3 razredi poraščenosti – redka, srednja in gosta).

Za posamezen tip površine so bili določeni parametri (kot trenja, kot lepljenja, dušenje tangentno in normalno na površino, odpor pri kotaljenju in hrapavost površine, ter dušenje zaradi poraščenosti z drevjem), ki jo najbolje opišejo.

Oblika kamenja je bila pri simulaciji vnesena raznoliko kot okrogla, romboidna, poligonalna (zadnja verzija softvera omogoča vnos poljubnih oblik).

S simulacijo pridobljene vrednosti so kolikor je mogoče realne, vendar je nemogoče določiti natančno vrednost energije posameznim blokom – predvsem zaradi predpostavke dušenja energije zaradi poraščenosti z gozdom, ki je na obravnavanem območju zelo gosta.

Dobljeni rezultati služijo dobri oceni potrebnih stroškov za izvedbo zavarovanja. Pomembno je poudariti tudi, da je padanje kamenja naravni proces in zato ne more biti izračunan povsem eksaktno (npr. odkloni smeri zaradi odbojev od stebel dreves). Kljub najmodernejšim simulacijskim metodam in vsem zajetim podatkom, so simulacije zgolj približek padanja kamenja v naravi, točnost rezultatov pa odvisna od natančnosti vhodnih podatkov in modelu padanja, ki ga uporablja softwer.

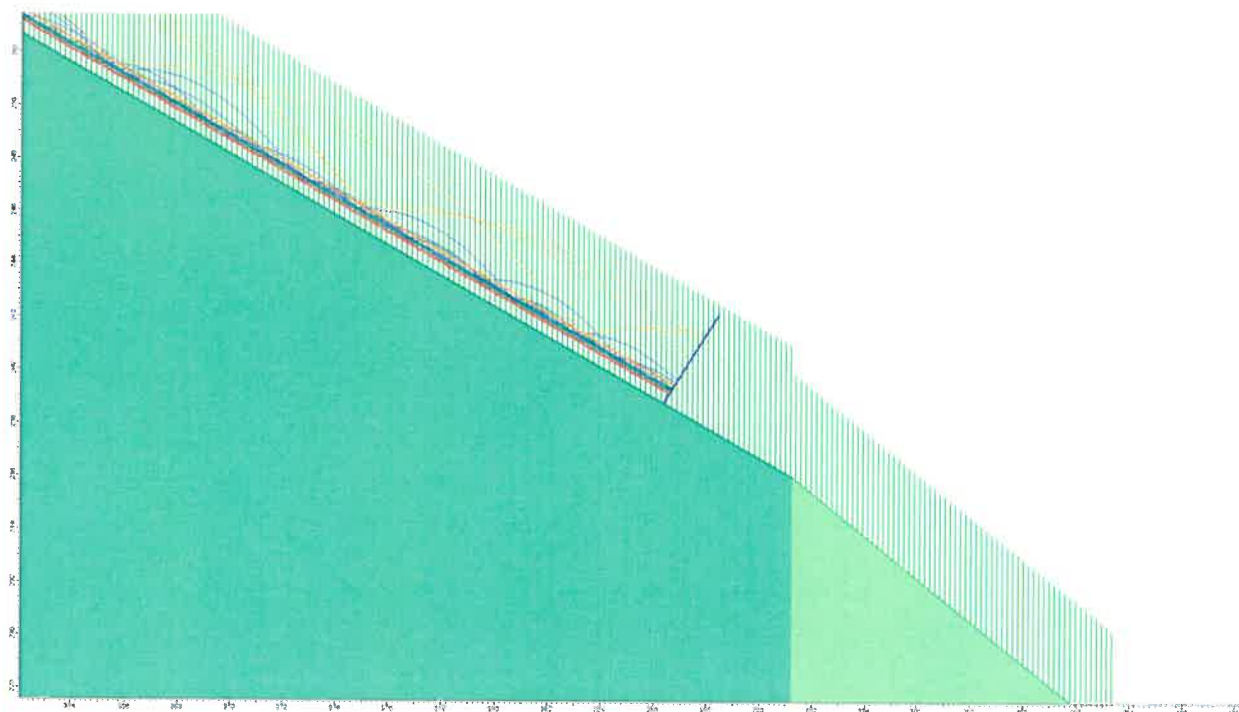
#### **Vhodni podatki in rezultat analize:**

Na lokaciji smo opravili analizo pridobljenih podatkov iz posameznih simulacij padanja kamenja po več profilih. Na ogledu terena je bilo opaziti močno preteklo aktivnost na celotnem obravnavanem odseku.

Kamene je ob progi je predvsem manjših dimenzij, posamezni skalni bloki višje na pobočju pa so dimenzij do 1,5 m<sup>3</sup> in ponekod tudi več.

Podatke smo nadgradili tudi s podatki iz geološkega poročila in zato privzeli za največji možen skalni blok s prostornino 3 m<sup>3</sup> (masa 7.500 kg).

V simulaciji je kot način sprožitve kamenja določeno kotaljenje; število sproženih skal v eni simulaciji je od 20 do 50 kosov, ob čemer je program za vsako skalo preračunal delno spremenjeno hrapavost terena (sprememba lokacij neravnin).



**Slika 20: Primer analize poti, odboja in mesta trkov v podajno lovilno ograjo**

Simulacija je pokazala, da se ob sprožitvi predvidenih skalnih blokov na območju predvidene postavitve podajno lovilnega sistema (PLS)

**Tabela 1: Rezultati analize in izbrane vrste podajno lovilnih sistemov**

Analizira poti skal						
Oznaka profila	Max. energija udarca skale [kJ]	Višina udarca v ograjo [m]	Opomba	Oznaka PLS	Izbrana energijska sposobnost zadrževanja [kJ]	Izbrana višina PLS [m]
PLS1-0	2483	4,7	Profil se nahaja na območju pod previsom - naročnik mora čimprej pristopiti k reševanju odseka med km 521+600 in km 521+950 (skladno s poročilom GeoZS)	PLS 1	2000	5
PLS1-1	1996	2,1				
PLS1-2	1110	2,6				
PLS1-3	1736	3,5				
PLS2-1	468	1,3		PLS 2	500	3
PLS2-2	444	1,2				
PLS2-3	211	1,1				
PLS2-4	148	1,2				
PLS3-1	717	1,7		PLS 3	1000	4
PLS3-2	585	1,4				

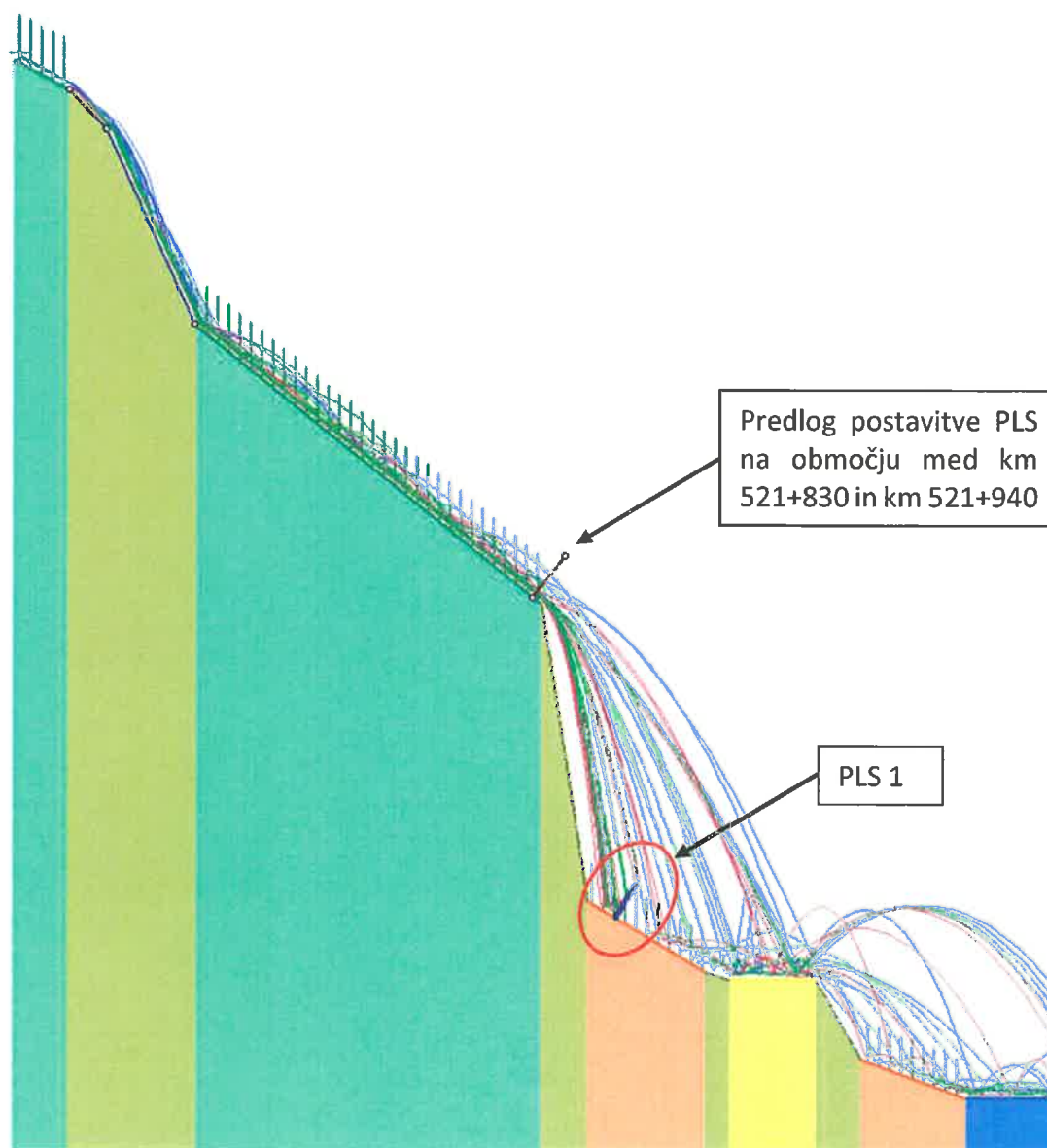


Na osnovi prejetih elaboratov Geološkega zavoda Slovenije (Poročilo o interventnem terenskem ogledu odseka železnice med Renkami in Zagorjem s predlogi nujnih ukrepov in Kartiranje pobočnih nestabilnosti na odseku železnice od km 521+200 do km 522+00) je namreč **med najbolj kritičnimi odseki navedene železniške proge izpostavljen odsek med km 521+680 in km 521+920**, postavitve PLS pa bi bila potrebna na zgornjem robu vertikalne stene ob progi.

Analiziran profil PLS1-0 se nahaja v območju km 521+930, kjer se **PLS 1** prične, in se nahaja pod to previsno steno, zato podajno lovilna ograja ne zadrži vseh možnih skalnih blokov, prav tako obstaja velika verjetnost, da bodo na tem mestu skale preskočile podajno lovilno ograjo (glej sliko 21).

**Naročnik naj pristopi k čimprejšnji rešitvi odseka med km 521+830 in km 521+940 z umestitvijo PLS na zgornji rob vertikalne stene.**

V nadaljevanju vsi analizirani profili PLS 1 pokažejo, da zadošča vgradnja podajno lovilne ograje s sposobnostjo zadrževanja 2.000 kJ in višine 5 m.



*Slika 21: PLS 1 in pričakovane trajektorije padajočega kamena na začetnem delu predvidene postavitve s predlogom postavitve PLS med km 521+830 in km 521+940*

**Na osnovi podanih ugotovitev in poročil predhodnih raziskav naročniku svetujemo, da čim prej pristopi k reševanju odsekov, ki so že opisani v navedenih poročilih Geološkega zavoda Slovenije.**

Analizirani profili PLS 2 pokažejo, da zadošča postavitve podajno lovilne ograje s sposobnostjo zadrževanja 500 kJ in višine 3 m. PLS 2 se nahaja na višje ležečem delu pobočja, ki ima nekoliko manjši naklon in zato relativno ugodne pogoje za postavitve ograje in pričakovano nižjo sposobnostjo energije zadrževanja.

Analizirani profili PLS 3 pokažejo, da je potrebna vgradnja podajno lovilne ograje s sposobnostjo zadrževanja 1.000 kJ in višine 4 m, saj je pričakovati, da bo žarišče skalnih blokov precej višje.

Rezultati računalniških simulacij vseh analiziranih profilov v prilogah tega poročila.



### T.1.5 Projektne rešitve

#### T.1.5.1 Predlog sanacijskih ukrepov za zavarovanje pobočja

Glede na terenski ogled, geološke osnove in razpoložljive podatke o preteklih dogodkih je mogoče sklepati, da je več kot 95 % padlega kamenja premera do 150 cm oz prostornine do 3 m<sup>3</sup>, večji skalni bloki pa spadajo v kategorijo izjemnih dogodkov in so izvzeti iz analize. Iz navedenega razloga jih pri računu energijskih razredov varovalnih ukrepov ni racionalno upoštevati. Takšni dogodki so izjemno redki (1 dogodek na več 10 let oz celo 100 let), potrebni varovalni ukrepi pa bi za takšne primere cenovno presežlo 10–kratnik običajno potrebnih ukrepov.

Bolj smiselno in upravičeno je predvideti izvedbo ukrepov, ki zmorejo zadržati 95 % padlih kamnov in skal na večji dolžini, kot pa ukrepe, ki zmore zadržati še preostalih 5 % skal večjih dimenzij in visokih hitrosti na majhni razdalji ob progi. To velja še posebej v obravnavanem primeru, kjer je žarišče zelo visoko nad progo in zato veliko možnost odklona trajektorij poti skal od odlomnega mesta do železniške proge – torej bolje izvesti ukrep na večji dolžini.

#### **UKREP – VAROVANJE S PODAJNO LOVILNIMI SISTEMI**

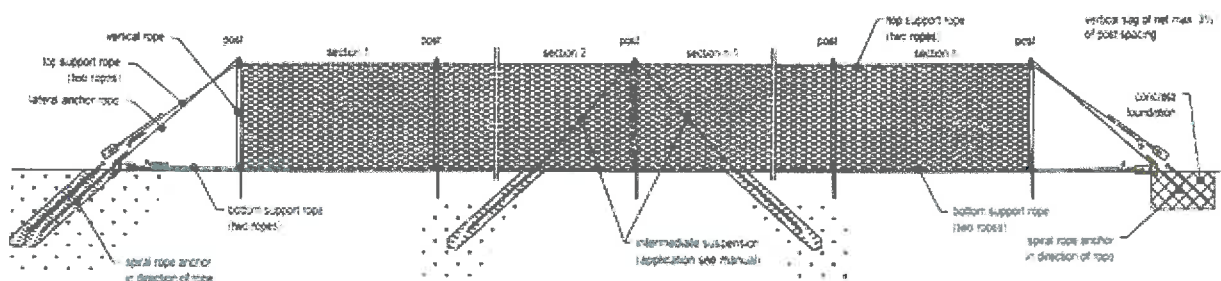
Postavitev treh (3) podajno lovilnih mreže med km 521+930 in km 522+170, s sposobnostjo zaustavitve skal s kinetično energijo od 500 kJ do 2.000 kJ.

*Tabela 2: Projektirani podajno lovilni sistemi (PLS):*

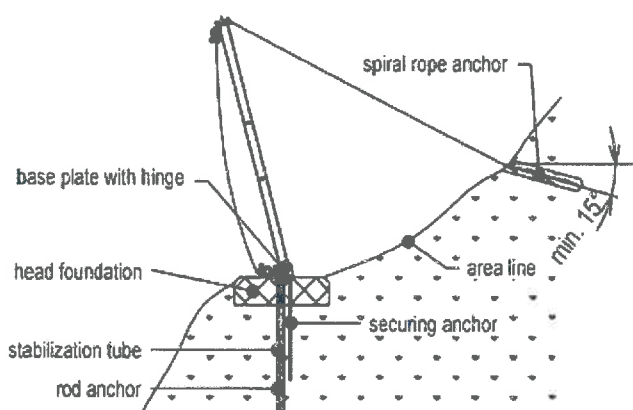
Podajno lovilne ograje na odseku 521+950 do km 522+150			
Oznaka	Višina sistema [m]	Dolžina sistema [m]	Energijska sposobnost zadrževanja [kJ]
PLS 1	5,00	90	2000
PLS 2	3,00	100	500
PLS 3	4,00	90	1000

#### **KOT DODATEN PREDLOG NAROČNIKU:**

Odstranitev EAN naprave in namestitev modernih **Impact Sentinel** javljalnikov, namenjenih monitoringu kritičnih udarcev kamenja, skal in drevja v sistem. Alarmni sistem omogoča sporočanje dogodkov odgovorni osebi preko GSM omrežja.



Slika 22: Shematski prikaz podajno lovilnega sistema



Slika 23: Karakteristični prerez podajno lovilnega sistema

#### T.1.5.2 Tehnične značilnosti predvidenega varovalnega sistema

Varovalni sistemi morajo biti kot celota preizkušeni na projektirano obremenitev v naravni velikosti in imeti pridobljeno Evropsko tehnično soglasje (ETA) in biti kot proizvod označeni z oznako CE. Pred izvedbo mora izvajalec predložiti evropsko tehnično soglasje ETAG 027 (sklopi proizvodov za varovanje pred padajočimi skalami) in upoštevati vsa navodila izbranega proizvajalca lovilnega sistema glede vgrajevanja nosilcev, vrvene mreže, ojačitvenih in sidrnih vrvi, zavor in sidrišč. Upoštevati je potrebno tudi sidranje in napenjanje zaključnih stebrov.

Izvajalec mora, glede na izbranega proizvajalca sistema, zagotoviti ustrezno sidranje sistemov (dolžino vgrajenih vrvnih in paličnih sider). Zaradi velikih količin pričakovanega odkrušenega materiala, morajo biti vsi vgrajeni sistemi uvrščeni v MEL kategorijo A. Proizvajalec sistema mora med celotno gradnjo zagotoviti prisotnost usposobljenega inženirja, ki po končani vgradnji tudi pregleda ustreznost izvedbe.

Vsi vgrajeni materiali morajo biti zaradi zagotavljanja ustrezne kakovosti opremljeni z izjavo o skladnosti s certifikatom EN 10204 – 2.2 in izdelani v proizvodnji, ki je skladna z ISO9001.

Dolžina polja sistema mora biti zaradi razgibanega terena prilagodljiva med 8-12 m, sistemi pa morajo zagotavljati tudi možnost vertikalnih (do 2 m) in horizontalnih lomov v liniji (do 40°). Za sidranje zalednih, sidrnih in stranskih vrvi je predvideno sidranje z vravnimi sidri dolžine 4-6 m, ki jih je potrebno vpeti v kvalitetno podlago. V skladu z ugotovljenimi talnimi pogoji med vrtnanjem,



je potrebno dolžino sider ustrezno prilagoditi. Izvajalec mora, glede na izbranega proizvajalca sistema, zagotoviti ustrezno sidranje sistema (dolžino vgrajenih vravnih in paličnih sider).

Proizvajalec sistema mora med celotno gradnjo zagotoviti prisotnost usposobljenega inženirja, ki po končani gradnji tudi pregleda ustreznost izvedbe. Dela se morajo izvajati ob ustreznem projektantskem nadzoru, ki bo na podlagi dejanskega stanja, ugotovljenega med izvajanjem, podal navodila za nadaljnje delo.

**a) Sestavni deli PLS 1 - 2.000 kJ, višina 5,0 m**

Prevzem energije:	min. 2.000 kJ
Dolžina:	90 m v eni liniji
Višina:	5 m
Razdalja med stebri:	8 - 12 m
Stebri:	HEA s temeljno ploščo (vključeno mesto za kritičen prelom)
Mreža:	jeklena žična mreža iz žic visoke natezne trdnosti z diamantno obliko odprtini; notranji obodni krog 130 mm (+/- 3 %), premer žice: 8,6 mm, natezna trdnost žice: min. 1770 N/mm <sup>2</sup>
Nosilne vrvi:	Ø 20 mm, s stranskimi zavorami U-300 Vrvi so obešena na tekalna kolesa za optimalen prenos obremenitve
Stranske vrvi:	Ø 18,5 mm, brez zavornih elementov
Verikalne vrvi:	Ø 22 mm
Zaledne vrvi:	Ø 18,5 mm, brez zavornih elementov (2 vrvi na steber)
Sidranje:	temeljna plošča z 2 sidri GEWI Ø 32/20 mm, dolžine 4,0 m stranske vrvi z vravnimi sidri Ø 18.5 mm, dolžine 5,0 m zaledne vrvi z vravnimi sidri Ø 18.5 mm, dolžine 5,0 m
Dodatna oprema:	sponke morajo ustrezati standardu EN 13411-5
Protikorozijska zaščita:	Vsa nadzemna konstrukcija razen stebrov in temeljnih plošč biti zaščiten s protikorozijsko zaščito 95% Zn, 5% Al

**b) Sestavni deli PLS<sup>2</sup> - 500 kJ, višina 3,0 m**

Prevzem energije:	min. 500 kJ
Dolžina:	100 m v eni liniji
Višina:	3 m
Razdalja med stebri:	6 - 12 m
Stebri:	HEA s temeljno ploščo (vključeno mesto za kritičen prelom)
Mreža:	jeklena žična mreža iz žic visoke natezne trdnosti z diamantno obliko odprtini; notranji obodni krog 80 mm (+/- 3 %), premer žice: 4,0 mm, natezna trdnost žice: min. 1770 N/mm <sup>2</sup>
Nosilne vrvi:	Ø 18,5 mm, s stranskimi zavorami U-300

	Vrvi so obešena na tekalna kolesa za optimalen prenos obremenitve
Stranske vrvi:	Ø 14 mm, brez zavornih elementov
Verikalne vrvi:	Ø 18,5 mm
Zaledne vrvi:	Ø 14 mm, brez zavornih elementov (2 vrvi na steber)
Sidranje:	temeljna plošča z 2 sidri GEWI Ø 32/20 mm, dolžine 4,0 m stranske vrvi z vrvnimi sidri Ø 14 mm, dolžine 5,0 m zaledne vrvi z vrvnimi sidri Ø 14 mm, dolžine 5,0 m
Dodatna oprema:	sponke morajo ustrezati standardu EN 13411-5
Protikorozijska zaščita:	Vsa nadzemna konstrukcija razen stebrov in temeljnih plošč biti zaščiten s protikorozijsko zaščito 95% Zn, 5% Al

**c) Sestavni deli PLS <sup>3</sup>~~1~~ – 1.000 kJ, višina 3,0 m**

Prevzem energije:	min. 1.000 kJ
Dolžina:	90 m v eni liniji
Višina:	4 m
Razdalja med stebri:	6 - 12 m
Stebri:	HEA s temeljno ploščo (vključeno mesto za kritičen prelom)
Mreža:	jeklena žična mreža iz žic visoke natezne trdnosti z diamantno obliko odprtin; notranji obodni krog 80 mm (+/- 3 %), premer žice: 4,0 mm, natezna trdnost žice: min. 1770 N/mm <sup>2</sup>
Nosilne vrvi:	Ø 20 mm, s stranskimi zavorami U-300 Vrvi so obešena na tekalna kolesa za optimalen prenos obremenitve
Stranske vrvi:	Ø 14 mm, brez zavornih elementov
Verikalne vrvi:	Ø 20 mm
Zaledne vrvi:	Ø 14 mm, brez zavornih elementov (2 vrvi na steber)
Sidranje:	temeljna plošča z 2 sidri GEWI Ø 32/20 mm, dolžine 4,0 m stranske vrvi z vrvnimi sidri Ø 14 mm, dolžine 5,0 m zaledne vrvi z vrvnimi sidri Ø 14 mm, dolžine 5,0 m
Dodatna oprema:	sponke morajo ustrezati standardu EN 13411-5
Protikorozijska zaščita:	Vsa nadzemna konstrukcija razen stebrov in temeljnih plošč biti zaščiten s protikorozijsko zaščito 95% Zn, 5% Al



### **T.1.6 Ureditev prometa med gradnjo in tehnologija gradnje**

Ureditev železniškega prometa v fazi gradnje ni predmet tega elaborata, za to poskrbi naročnik/investitor – pristojne službe Slovenskih železnic.

Izvajalec del je dolžan poskrbeti za ustrezno zaščito gradbišča in predvideti ustrezne ukrepe za preprečevanje padanja kamenja in ostalega materiala na železniško progo v fazi gradnje.

Izvajalec del bo moral predhodno očistiti teren (rastje) za potrebe izvedbe dostopov ter v liniji predvidene postavitve vseh podajno lovilnih sistemov. Prav tako predlagamo izvedbo predhodnega čiščenja obstoječega pobočnega grušča, ki se nahaja v pasu cca 20 m nad predvideno linijo postavitve podajno lovilnega ukrepa.

**Mikrozakoličbo postavitve vseh predvidenih ukrepov se mora opraviti skupaj s projektantom!**

#### **IZVEDBA DEL**

Pred začetkom izvedbe je potrebno izvesti pripravljala dela, ki obsegajo vzpostavitev delovišča, začasno zavarovanje objektov in delovišča, izgradnja dostopnih poti do mest montaže zavarovalnega sistema.

Vsa dela se bodo izvajala na strmem pobočju nad železniško progo. Trasa linije se določi naknadno z izvajalcem del.

Za izvedbo zavarovalnih del je potrebno uporabiti ustrezno vrtalno garnituro, primerno za delo na zahtevnem terenu. Globina vrtin za sidra varovalnih objektov je predvidena 4 - 6 m, premer vrtine pa 90 mm.

V fazi vrtanja je za prenos potrebne opreme in gibanje do in po gradbišču potrebno izdelati dostopno peš pot in sicer v minimalnem potrebnem obsegu tako, da bo poseg v prostor zanemarljiv. Vse morebitne poškodbe je potrebno sproti sanirati in protierozijsko zavarovati. V vrtine se sproti vstavlja sidra. Vrtine je potrebno zalivati z injekcijsko maso (za zalivanje je obvezna uporaba specialne injekcijske naprave), ki ustreza zahtevanim standardom. Izvajalec mora skozi ves čas izvedbe vrtanja voditi zapisnik o vrtanju, ki je sestavni del izvedbene dokumentacije.

#### **KVALITETA MATERIALA**

Izvajalec mora predložiti a-testno dokumentacijo s strani proizvajalca za vse bistvene nosilne elemente in a-testno dokumentacijo za sistemsko polje varovalne ograje kot celote. Predložiti je potrebno navodila za temeljenje, sidranje in montažo objektov, terminski plan ter plan spremljanja tekoče kakovosti del (protokol sidranja, preizkus sider). Kontrolo kvalitete in končno poročilo bo izdelala usposobljena pooblaščenca institucija v Sloveniji (ZAG, ...).

#### **Protokol sidranja:**

Za vsako vrtino je potrebno voditi zapisnik o globini in strukturi materiala v vrtini voditi je potrebno zapisnik o času vstavitve sidra, času zalivanja z injekcijsko maso in količini porabljene mase. Izvajalec je dolžan pri izvedbi sidranja vzeti potrebno vzorce injekcijske mase pri vsakem zalivanju in testirati pri pooblaščen organizaciji. Naključno izbrana sidra je potrebno testirati na izvlek ter preizkusiti glede zahtevane trdnosti in protikorozijske zaščite po zahtevanih normativih.

## OSTALO

Konstrukcija sistemov, postavitve in način sidranje omogoča preprosto vgradnjo, kljub temu, da se večina sistemov postavlja v težkih, strmih terenih. Materiali, patentirana tehnologija in dobra tehnična pomoč so osnova za primerno varovanje objektov. Zato je pomembno, da se vgrajuje le originalne, primerno testirane sisteme, ki so vgrajeni s strokovnim nadzorom in v skladu z zahtevami proizvajalca.

Stopnja varnosti, ki jo zagotavljajo projektirani varovalni sistemi, se lahko zmanjša zaradi posledic naravnih nesreč; sprememb dejavnikov/parametrov, uporabljenih v postopkih dimenzioniranja; napakah na posameznih elementih oz. varovalnega sistema kot celote; in/ali zaradi korozije materiala (povzročene zaradi onesnaženja ali neugodnih okoljskih razmer, zaradi človeškega vpliva ali kakšnih drugih zunanjih vplivov). Reden nadzor ter redno in po potrebi pravočasno izredno vzdrževanje varovalnih sistemov je nujna zahteva za zagotavljanje projektiranega nivoja varnosti.

Konstrukcija varovalnih lovilno podajnih sistemov je sestavljena iz petih bistvenih sestavnih elementov:

- temeljna plošča sidrišča
- vrvna sidra
- stebri, spojni sistemi in osnovne plošče
- nosilne, zaledne in stranske vrvi
- mrežni obroči ali lovilna mreža

Podajno lovilni sistemi (ograje) so sestavljeni iz gibljivih jeklenih nosilcev, ki so členkasto povezani s temeljnimi sidri, v zgornjem delu pa sidrani z jeklenimi pletenicami, ki imajo lahko vgrajene posebne dinamične zavore. Tako zasnovana konstrukcija prenese s svojim nihanjem precejšen del dinamičnih obremenitev, ki jih povzročajo padajoče skale. Za vsak element je predpisana ustrezna trdnost. Uporabljeni deli v varovalnih objektih za zaščito pred padajočim kamenjem v načelu ne zahtevajo posebnega vzdrževanja, dokler ne prileti vanj skala ali če ni posebej intenzivne korozije, ki bi ogrožala pričakovano uporabno dobo. Teoretična trajnost celotnega sistema je okoli 100 let. Stebri, spojni sistemi in temeljne plošče so običajno protikorozijsko zaščiteni. Vrvna sidra sestavljajo protikorozijsko zaščitene jeklene žice in dodatno protikorozijsko zaščitena cevna zanka oz. lamelna zavora. Vsa sidra so zalita z alkalno injekcijsko maso in nimajo stika z zrakom, zato ne morejo korodirati.

Za dolgo življenjsko dobo in pravilno funkcioniranje sistemov je potrebno izvajati redno vzdrževanje. V to je vključeno tudi redno pregledovanje in dosledno upoštevanje kriterijev za zamenjavo posameznih dotrajanih ali poškodovanih sestavnih delov sistemov.

Za vse vgrajene varovalne sisteme mora investitor zahtevati ustrezna dokazila o kvaliteti materiala.