

Broj: 03-04-1660-2/2024
Sarajevo, 22.11.2024. godine

PARLAMENT FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE

Predstavnički dom

gosp. Sanel Kajan, poslanik ✓
gosp. Ivan Miličević, sekretar

Predmet: Odgovor na poslaničko pitanje

Bosna i Hercegovina
Federacija Bosne i Hercegovine
PARLAMENT FEDERACIJE
SARAJEVO

| Primljeno: 26-11-2024 | | | |
|-----------------------|--------|---------|------------|
| Org. jed. | Broj | Priloga | Vrijednost |
| 05/1 | - 02 - | 607 | 124 |

Poštovani,

U skladu sa odredbama člana 75. Poslovnika o radu Vlade Federacije Bosne i Hercegovine - Prečišćeni tekst ("Službene novine Federacije BiH", br. 6/10, 37/10, 62/10, 39/20 i 67/21), a u vezi sa članom 116. Poslovnika Predstavničkog doma Parlamenta Federacije Bosne i Hercegovine ("Službene novine Federacije BiH", br. 69/07, 2/08, 26/20 i 13/24), u prilogu Vam dostavljam akt Federalnog zavoda za geologiju, broj: 01-45-3-319-2/24 od 20.11.2024. godine, koji sadrži odgovor na poslaničko pitanje, koje je postavio poslanik Sanel Kajan.

S poštovanjem,

SEKRETAR VLADE
dr. sci. Edita Kalajdžić

Prilog: kao u tekstu

71930

BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE
Federalni zavod za geologiju
Sarajevo

BOSNIA AND HERZEGOVINA
FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA
Federal Institute for Geology
Sarajevo

Broj: 01-45-3-319-2/24
Datum: 20.11.2024. godine

BOSNA I HERCEGOVINA
FEDERACIJA BOSNE I HERCEGOVINE
V L A D A
Sarajevo

Bosna i Hercegovina
Federacija Bosne i Hercegovine
V L A D A
Hamdije Čemerlića br. 2
71 000 Sarajevo

| | | | |
|------------------------|-----------------------|------------|--------------|
| PRIMLJENO: 21.11.2024 | | | |
| Organizaciona jedinica | Klasifikaciona oznaka | Redni broj | Broj priloga |
| 03-04-1660-2/2024 | | | |

PREDMET: Odgovor na poslaničko pitanje, *dostavlja se*

Poštovani,

Vezano za Vaš akt broj: 03-04-1660-2/2024 od dana 15.11.2024. godine koji je zaprimljen u Federalnom zavodu za geologiju dana 19.11.2024. godine i zaveden pod brojem: 01-45-3-319/24 dostavljamo Vam Odgovor Federalnog zavoda za geologiju na poslaničko pitanje koje je postavio Sanel Kajan, poslanik u Predstavničkom domu Palamenta Federacije Bosne Hercegovine.

Također, u prilogu dostavljamo i Izvod iz preliminarog izvještaja Federalnog zavoda za geologiju koji se odnosi na debitni tok u Donjoj Jablanici, procjenu sigurnosnih uslova i mjerama za prevenciju i ublažavanje rizika.

S poštovanjem,



DIREKTOR

Maidazep

Mr. sci. Vedad Demir, dipl.ing.geol.

Prilozi:

- Odgovor Federalnog zavoda za geologiju na zastupničko pitanje
- Izvod iz preliminarog izvještaja Federalnog zavoda za geologiju koji se odnosi na debitni tok u Donjoj Jablanici, procjenu sigurnosnih uslova i mjerama za prevenciju i ublažavanje rizika

Dostaviti:

- Naslovu,
- Arhivi.

Broj: 01-45-3-319-2/24

Datum: 20.11.2024. godine

Bosna i Hercegovina
Federacija Bosne i Hercegovine
V L A D A
Hamdije Čemerlića br. 2
71 000 Sarajevo

PREDMET: Odgovor Federalnog zavoda za geologiju na zastupničko pitanje

Poštovani,

Federalni zavod za geologiju je u okviru svojih nadležnosti i stručnih kapaciteta proveo opsežno istraživanje sliva Donje Jablanice u kojem se aktivirao debradni tok. Na osnovu provedenih istraživanja, Zavod je izradio preliminarni izvještaj, koji je dostavljen relevantnim institucijama dana 8. novembra 2024. godine. Naknadno je Vladi Federacije Bosne i Hercegovine dostavljen i prijedlog zaključka na izjašnjenje, s ciljem usmjeravanja daljih aktivnosti ka smanjenju rizika i povećanju sigurnosti pogođenog područja.

U preliminarnom izvještaju Federalni zavod za geologiju obradio je kompleksan tok događaja, uključujući opis mjesta inicijacije debradnog toka, interakciju sa sekundarnim debradnim tokovima, kretanje kroz tranzitne geomorfološke forme, mobilizaciju tehnogenog materijala u zoni kamenoloma, te konačnu depoziciju pokrenutog materijala u distalnoj depozicionoj zoni – naselju Donja Jablanica.

Na osnovu prikupljenih podataka, Zavod je izradio kratkoročnu i dugoročnu procjenu sigurnosti naselja Donja Jablanica. Utvrđeno je da posljednji debradni tok nije povećao vjerovatnoću novih tokova, već ju je relativno smanjio kroz mehanizam "prirodnog čišćenja" erozionih kanala. Istovremeno, naglašeno je da debradni tokovi nisu jedinstvena pojava u ovom području, već su kroz geološko vrijeme redovno doprinosili formiranju geomorfoloških oblika, uključujući depoziciju lepezu na kojoj se naselje nalazi.

S obzirom na prirodne procese u geološkom vremenu, utvrđeno je da se slični događaji mogu očekivati i u budućnosti, iako njihova učestalost nije precizna. Rizik ostaje dugoročno prisutan, ali se može smanjiti na prihvatljiv nivo kroz implementaciju aktivnih i pasivnih mjera, koje su detaljno obrazložene u izvještaju. Bez provođenja ovih mjera, pogođeno područje dugoročno ostaje u zoni visokog rizika.

Utvrđeno je i da je izvorni materijal za posljednji debradni tok najvećim dijelom potekao iz dijela sliva pogođenog šumskim požarom prije tri godine. Deforestacija izazvana ovim požarom vjerovatno je doprinijela inicijaciji i magnitudi toka, iako su ovi tokovi dio prirodnih procesa koji su redovna pojava u geološkom vremenu.

S obzirom na trenutne uslove, konstatovano je da ne postoji neposredan rizik za aktivaciju novog debradnog toka, što isključuje potrebu za hitnim mjerama prevencije. Implementacija

mjera zaštite treba se provoditi sistematski, u skladu s relevantnim zakonskim propisima, uključujući Zakon o javnim nabavkama, Zakon o geološkim istraživanjima, Zakon o građenju i prostornom uređenju, te druge zakonske i podzakonske akte.

Po pitanju zatečenog stanja u zoni kamenoloma, Zavod je utvrdio da je određena količina materijala iz kamenoloma mobilizirana tokom toka i doprla do Donje Jablanice, što je precizno dokumentovano uz pomoć GPS tehnologije. Naglašavamo da Zavod nema nadležnost za izdavanje dozvola za rad kamenoloma niti vrši inspekcijski nadzor nad njihovim radom, te stoga ne može donositi zaključke o odgovornosti pravnih ili fizičkih lica koja upravljaju kamenolomima.

Napominjemo da je Kantonalno tužilaštvo HNK – Područno tužilaštvo Konjic formiralo predmet broj T 07 1 KTA 0010964 24 o okolnostima tragičnog događaja. Federalni zavod za geologiju aktivno saraduje s tužilaštvom, dostavljajući sve relevantne podatke iz svojih istraživačkih i analitičkih aktivnosti. Međutim, Zavod nije ovlašten da donosi zaključke o odgovornosti pravnih ili fizičkih lica.

U vezi s pitanjem oštećenja pruge, iako Zavod nije vršio detaljna istraživanja u susjednim slivovima, geološki procesi koji su doveli do oštećenja pruge vrlo su slični onima u slivu Donje Jablanice. Pružni nasip u ovom slučaju djelovao je kao barijera koja nije bila adekvatno projektovana za ovakve geomorfološke uvjete. Smatramo da bi sanacija pruge, ukoliko bi se izvršila vraćanjem u prethodno stanje, dugoročno bila neodrživa. Međutim, provođenje detaljnih inženjerskogeoloških istraživanja, geotehničkih ispitivanja i projektovanje adekvatnog rješenja izvan je okvira rada Federalnog zavoda za geologiju.

Uz ovaj odgovor, dostavljamo izvod iz preliminarnog izvještaja koji se odnosi na Donju Jablanicu.

S poštovanjem,



DIREKTOR

Vedad Demir

Mr. sci. Vedad Demir, dipl.ing.geol.

Prilog:

- Izvod iz preliminarnog izvještaja Federalnog zavoda za geologiju koji se odnosi na debradni tok u Donjoj Jablanici, procjenu sigurnosnih uslova i mjerama za prevenciju i ublažavanje rizika

Dostaviti:

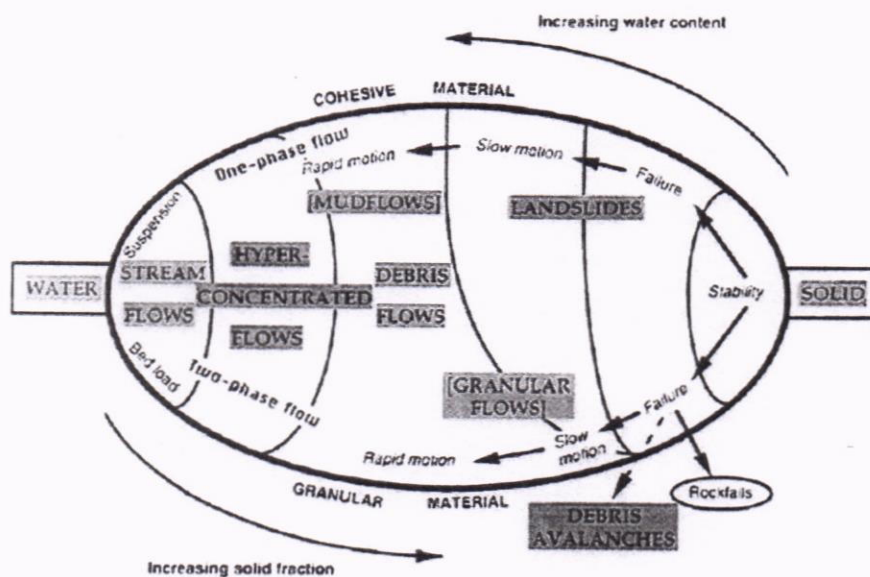
- Naslovu,
- Arhivi.

**IZVOD IZ PRELIMINARNOG IZVJESTAJA FEDERALNOG ZAVODA ZA GEOLOGIJU KOJI SE
ODNOSI NA DEBRITNI TOK U DONJOJ JABLANICI, PROCJENU SIGURNOSNIH USLOVA I
MJERAMA ZA PREVENCIJU I UBLAŽAVANJE RIZIKA**

Karakteristike debritnog toka

Rapidno kretanje mase na istočnim padinama Čvrstice složen je egzogeni geomorfološki proces koji, kroz niz geoloških procesa, rezultira formiranjem debritnog toka (*debris flow*). Na osnovu vrste pokrenutog materijala, granulacije, udjela vode i čvrstih čestica može se definirati kretanje mase (tla i stijena) na strmim padinama.

S povećanjem sadržaja vode u čvrstim materijalima (kohezivnom i granularnom) dolazi do narušavanja stabilnosti i pokretanja čvrstih masa (Slika 78). Kod nekoherentnih materijala to su odroni, osuline, stijenske lavine, dok kod koherentnih dolazi do aktiviranja klizišta. Daljim povećanjem sadržaja vode povećava se i brzina kretanja materijala pa klizišta prelaze u blatne tokove (*mudflow*) ili tokove sa sitnozrnim materijalom, dok granularni materijali formiraju debritne tokove ili tokove krupnozrnog materijala. S dodatnim rastom udjela vode, tokovi postaju hiperkoncentrisani s dvofaznom strukturom i tečnim ponašanjem, dok na samom kraju spektra visoki udio vode i mali udio čvrstih čestica karakterišu stabilne vodene tokove u klasičnim vodotocima.



Slika 78. Klasifikacija kretanja mase na strmim padinama kao funkcija čvrste frakcije i vrste materijala. (Coussot & Meunier 1996.)

Prijelazi između tipova tokova u dijagramu su konceptualni, a ne tačno definirani, jer se specifične karakteristike toka mogu razlikovati u zavisnosti od lokalnih uvjeta, kao što su nagib, svojstva materijala i brzina toka. S obzirom na složenost geološke i geomorfološke građe i antropogeni uticaj, geomorfološki proces na padinama iznad Donje Jablanice obuhvatao je većinu spomenutih formi kretanja, ali je debritni tok dominirao posmatrajuci događaj kroz sve faze, od inicijacije, preko tranzicije do depozicije materijala.

Dužina primarnog debritnog toka iznosi oko 2,2 km, od mjesta inicijacije do kraja depozicione lepeze, odnosno ušća u Neretvu. Primarni debritni tok ima tri pridružena sekundarna toka koja se s desne strane spajaju s njim, ukupne dužine 1,6 km. Nagibi terena u pravcu kretanja u gornjem dijelu toka i mjestu inicijacije uglavnom prelaze 20 stepeni, mjestimično dosežući preko 30 stepeni, dok u srednjem dijelu toka i zoni kamenoloma iznose između 10 i 20 stepeni, a u depozicionoj zoni padaju ispod 10 stepeni. Padinske strane su dosta strme sa padom i do 65 stepeni.

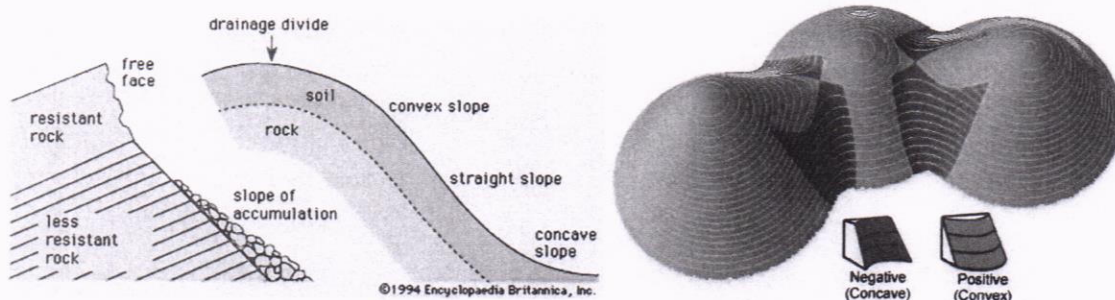
Prosječna širina gornjeg dijela depozicione lepeze je 50 metara. Širina depozicione lepeze iznosi 60 metara neposredno iznad naselja Donja Jablanica te se postepeno smanjuje prema prema graničnom dijelu gdje dominira erozija. U donjem dijelu depozicione lepeze izgrađeno je naselje Donja Jablanica sa pratećom infrastrukturom. Središnjim dijelom naselja prolazi pruga na nasipu koja povezuje Sarajevo i Ploče, a ukršta se s magistralnom cestom M17, koja prolazi ispod pruge kroz podvožnjak širine 9 metara. Magistralna cesta se provlači kroz depozicionu lepezu i naselje Donja Jablanica u obliku 'ispruženog S'. Prosječna nadmorska visina asfalta u podvožnjaku je 195,4 metra, dok se pruga iznad ceste nalazi na visini od 202,2 metra. Stambeni objekti i objekti infrastrukture značajno su uticali na tok debritnog materijala i njegovu distribuciju, pa širina depozicione lepeze uz prugu sa gornje strane iznosi 560 metara, dok je u dijelu ispod pruge smanjena na oko 300 metara. Pruga i cesta oblikovali su morfološke oblike depozicije i uticali na sortiranje materijala, pri čemu su u središnjem dijelu toka deponovani krupnozrnasti i blokovski materijali, dok su sitnozrni materijali, pretežno mulj, taloženi prema bokovima.

Širina toka u središnjem dijelu, gdje dolazi do spajanja sa pridruženim sekundarnim tokovima i gdje dominira erozija, značajno varira u zavisnosti od morfologije terena, dubine erozije i visine deponovanog tehnogenog materijala, te se kreće od 20 do 45 metara.

Širina gornjeg toka, gdje također dominira proces erozije, sporadico i akumulacije, varira u zavisnosti od geomorfoloških oblika, nagiba terena, dubine erozije te se kreće od 4 do 30 metara.

Geneza debritnog toka

Vršni padinski dijelovi sliva karakterišu se strmim terenima sa nagibom koji prelazi 30 stepeni. Trošenjem stijena, produkti raspadanja gravitacionim putem se transportuju u podnožje padine odnosno u njene dijelove koji imaju konkavni oblik tj, negativnu zakrivljenost po padu. Tu dolazi do formiranja akumulacije materijala, pretežno klastičnog granularanog koluvijskog materijala (poglavlje 5).



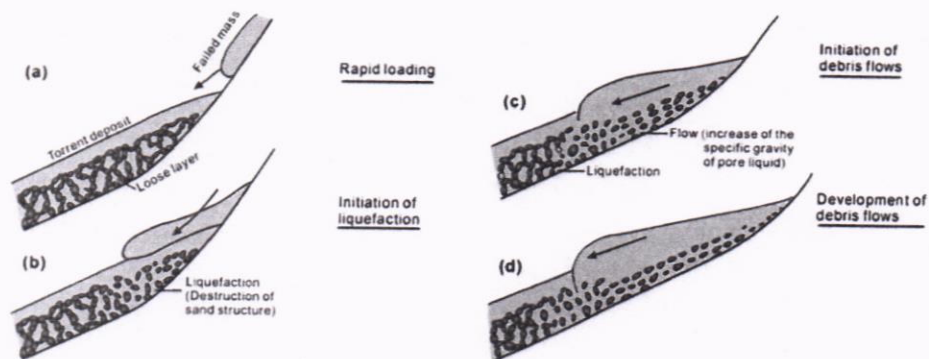
Slika 79 i 80. Akumulacija nekoherentnog materijala u zoni gdje padina poprima konkavan oblik (lijevo). Akumuliranje materijala se povećava kada postoji i negativna zakrivljenost u planu (slika desno).

Tokom intenzivnih padavina, voda se ne može u potpunosti infiltrirati u tlo, zbog čega počinje teći niz strme padine velikom brzinom. Ovaj površinski tok izaziva eroziju nagomilanog koluvijskog materijala, ali istovremeno zbog svoje visoke vodopropusnosti brzo upija vodu. Time se povećava porni pritisak u materijalu, smanjuje efektivni normalni napon i čvrstoća na smicanje, što dovodi do hidrauličkog sloma nekoherentnog materijala ili aktiviranja plitkih klizišta.



Slika 81. Mjesto iniciranja primarnog debritnog toka u koluvijalnom materijalu, 770 m.n.v.

Kako se klizna masa pokreće niz padinu, ubrzava i prolazi kroz proces dezintegracije, pri čemu se čestice usitnjavaju i odvajaju, gubeći prvobitnu strukturu. S vremenom, klizna masa dopijeva u prirodni drenažni kanal – padinsko korito – u kojem se već nalazi tekući vodeni tok. Ovo korito, pored vode, sadrži i akumulirane produkte raspadanja stijena koje su se pod uticajem gravitacije akumulirale na tom mjestu.



Slika 82. Ilustracija inicijacije debritnog toka zbog iznenadnog opterećenja i likvefakcije.

Kako klizna masa dolazi u kontakt s ovim zasićenim granuliranim materijalom u koritu, dolazi do dodatnog opterećenja nanosa kliznom masom i smičućim naponom. Ovaj dodani stres povećava pritisak u porama unutar nanosa, dok istovremeno ograničava odvođenje vode iz pora, stvarajući

uslove za likvefakciju. U ovom trenutku, zasićeni materijal u koritu više ne može zadržati svoju strukturu i počinje se ponašati poput tečnosti (Slika 82).

Ovaj proces vodi ka konačnom slomu strukture čestica i formiranju debritnog toka. Debritni tok se sada sastoji od klizne mase, nanosa iz korita i vode, koji se zajedno kreću niz padinu velikom brzinom, noseći sa sobom rastresite i razgrađene stijene i tlo. Rezultat je brz i destruktivan tok visoke gustoće, koji počinje vrsiti snažnu eroziju niz korito.

3. Procesi u tokovima i interakcije

Nakon inicijacije, debritni tok brzo napreduje niz padinu, slijedeći prirodno formirano korito. Tok nailazi na različite vrste otpora koji utiču na njegovo kretanje i ponašanje. U skladu sa Voellmyjevim zakonom trenja, otpor kretanju debritnog toka sastoji se od osnovnog suhog trenja, koje djeluje kao stalna sila otpora, i turbulentnog otpora, koji raste proporcionalno kvadratu brzine toka. Ove komponente trenja zajedno utiču na brzinu, smjer i stabilnost toka dok se kreće niz padinu, omogućavajući mu da zadrži dovoljno energije za nastavak kretanja kroz kanal.

Uprkos ovom otporu, tok je dovoljno snažan da vrši intenzivnu eroziju duž svog puta. Na proširenim i blago zaravnjenim dijelovima korita, tok se djelimično usporava, dopuštajući akumulaciju dijela materijala na bokovima. Međutim, kako tok ulazi u strmije i uže dijelove, njegova erozivna moć se pojačava, često do te mjere da uklanja sav sediment sve do čvrstog supstrata. Tok ovdje uključuje sve veće količine materijala, uključujući krupne blokove dolomita, krečnjaka i breče, što dodatno povećava njegov volumen i snagu.



Slika 83. Gornja zona debritnog toka.

Pored erozivnih efekata, tok često nailazi na prepreke kao što su stabla, koja su izvaljena zajedno sa korijenjem i uključena u tok. Ovi dodaci doprinose razornom kapacitetu toka, jer drveće, zajedno sa kamenim blokovima, pojačava masu toka i omogućava mu da se kreće snažnije i dublje kroz erozivne dijelove korita. Tok postaje sve destruktivniji dok se približava zoni kamenoloma, gdje geomorfološke karakteristike dodatno utiču na njegov intenzitet i sposobnost nošenja velikih količina materijala.

Uz opisane procese erozije i akumulacije, snaga debritnog toka postepeno se povećava kroz interakciju sa manjim sekundarnim tokovima. Dok se debritni tok kreće niz padinu, a u nekim trenucima sustiže ranije aktivirane sekundarne tokove, dok u drugim situacijama oni mu se pridružuju. Ova stalna dinamika spajanja povećava volumen i energiju glavnog toka, omogućavajući mu da akumulira dodatnu masu i poveća svoju destruktivnu sposobnost.



Slika 84. Spajanje debitnih tokova u gornjem dijelu sliva

Tokom trajanja događaja, dodatna plitka i brza klizišta aktiviraju se na strmim bokovima korita, zajedno sa odronima, čiji materijal dopijeva u glavni tok i biva mobilizovan unutar njega. Ovi novi prilivi materijala, uključujući tlo, stijene, krupnije blokove, dodatno pojačavaju eroziju i omogućavaju toku da se širi kroz korito s još većom snagom, povećavajući svoj razorni učinak na okolinu kroz koju prolazi.

Događaji u zoni kamenoloma

Kako se primarni debitni tok visokog intenziteta približava zoni kamenoloma, dolazi do spajanja sa prvim (većim) sekundarnim tokom (SDF-1) koji se pridružuje sa desne strane. Ovo područje već predstavlja zonu s intenzivnim antropogenim aktivnostima (slika 87). Sredinom korita formiran je put koji vodi ka višim dijelovima padine, prateći tok korita, dok je tačno na mjestu spajanja tokova formirana svojevrsna čvorišna tačka – raskrsnica pristupnih puteva za obje strane korita. Pristupni put na zapadnoj strani korita korišten je za pristup gornjim etažama kamenoloma.

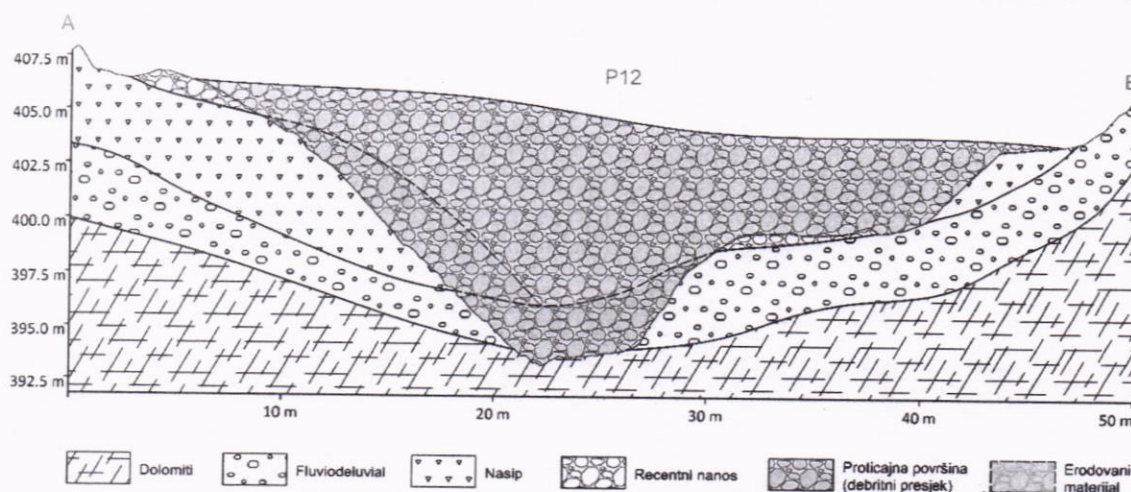


Slika 85. Spajanje primarnog i prvog sekundarnog debitnog toka i formiranje konfluentnog klina u deflekcijskoj zoni

Ovaj prvi sekundarni tok takođe je debitni tok visokog intenziteta, ali manjeg u odnosu na primarni. Iniciran na sličnoj nadmorskoj visini i u bliskom vremenskom okviru, on se spaja sa primarnim tokom vjerovatno u fazi maksimalnog intenziteta. Prisustvo rezistentnog konfluentnog klina u deflekcijskoj zoni upućuje na to da je došlo do sinhronog spajanja tokova.

Rezistentni klin u defleksijskoj zoni formiran je zahvaljujući specifičnim hidrodinamičkim uslovima pri sinhronom susretu tokova, pri čemu je prirodni teren (staro korito) ostao stabilan i otporan na eroziju. Ova stabilnost omogućena je time što su se tokovi susreli skoro istovremeno, čime su se međusobno uravnotežili i smanjili erozivnu snagu u ovoj zoni. Na taj način, defleksijska zona funkcioniše kao oblast smanjene erozije, što omogućava očuvanje prirodnog terena.

Nakon spajanja primarnog toka sa prvim sekundarnim tokom, dolazi do povećanja ukupnog volumena i mase, što vjerovatno dovodi do privremenog usporavanja usljed prilagođavanja novoj konfiguraciji i dodatnom materijalu unutar korita. Međutim, zbog strmog nagiba terena u ovoj zoni, akumulacija materijala dešava se samo na krajnjim bokovima korita, dok dominantan proces ostaje erozija. Profil snimljen neposredno nakon spajanja tokova pokazuje da je proticajna površina debitnog toka na ovom presjeku u određenom trenutku iznosila oko 220 m², pri čemu razlike u koti plavljenja na krajevima profila ukazuju na turbulentan i relativno brz tok, karakterističan za viskozne debitne tokove (Slika 86).



Slika 86. Poprečni profil korita u zoni spajanja primarnog i sekundarnog debitnog toka. Prikazani su slojevi dolomita, fluviodeluvijalnih naslaga, nasutog materijala, recentnih nanosa, te erodovanog materijala. Proticajna površina debitnog toka označena je plavom bojom, dok erodovani materijal pokazuje intenzitet bočne i vertikalne erozije unutar korita.

Tok na ovom dijelu profila vrši intenzivnu bočnu eroziju nasutog (tehnogenog) materijala, uklanjajući dijelove koji formiraju rubove korita, dok je centralni dio toka usmjeren na eroziju sedimenta unutar korita. Ovaj proces rezultira mobilizacijom dodatnog materijala u tok, čime se povećava volumen i masa toka. Erozijska supstrata prisutna je u manjoj mjeri, ali doprinosi širenju proticajne površine i povećanju destruktivnog potencijala. S obzirom na povećanu brzinu i snagu, tok zadržava viskozna svojstva i nastavlja svoj put prema kamenolomu, gdje će interakcija sa novim geološkim i antropogenim elementima dodatno pojačati njegov erozivni uticaj.

Alternativna interpretacija mogla bi biti da se primarni i sekundarni debitni tokovi nisu spojili potpuno sinhrono, već su se spojili uz vremenski pomak, dok se oba tokova kretala velikom brzinom niz strmu padinu. Primarni tok, koji dolazi sa sjevera prema jugu, na ovoj tački blago skreće prema jugoistoku, dok sekundarni tok dolazi sa zapada prema istoku i takođe mora promijeniti pravac kretanja prema jugoistoku pri ulasku u primarni tok.

Pri ovom susretu, oba toka zadržavaju inerciju svojih početnih pravaca kretanja. To dovodi do toga da se tokovi, pri pokušaju stabilizacije, privremeno "penju" na suprotne obale kanala, jer svaki tok djeluje na obalu nasuprot svom pravcu dolaska. Ovaj fenomen može rezultirati prividnim povećanjem širine

proticajnog profila u zoni spajanja, jer se oba toka šire prema rubovima korita u nastojanju da zadrže svoje početne pravce kretanja. Ova hipoteza se temelji na principima hidraulike i dinamike viskoznih fluida, pri čemu zadržavanje inercije i promjena pravca kretanja u ograničenom prostoru dovode do bočnog širenja. S obzirom da tokovi privremeno usmjeravaju energiju prema suprotnim obalama, rezultat može biti lokalno povećanje proticajne površine. Nakon stabilizacije pravca kretanja i uravnoteženja u centralnom dijelu korita, tok se ponovo sužava jer oba toka "pronalaze" zajednički smjer kretanja prema jugoistoku.

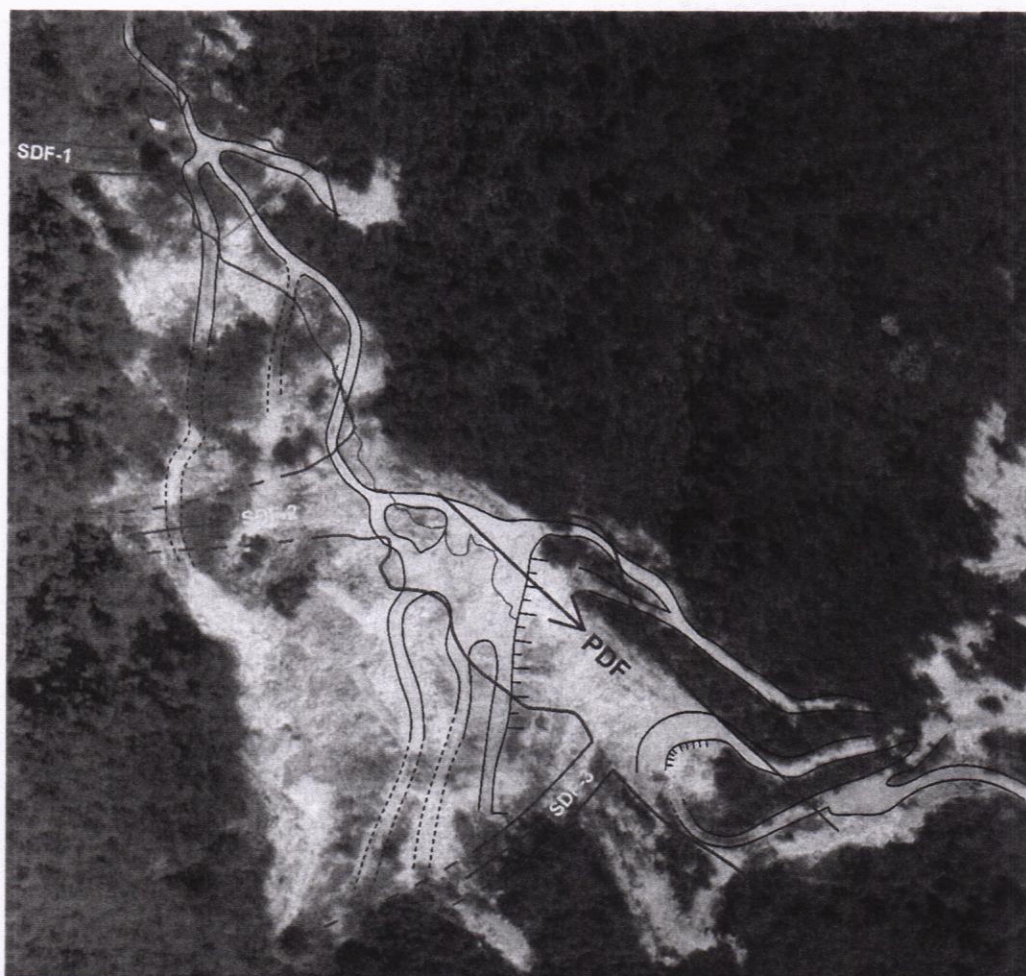
Nakon što primarni debitni tok visokog intenziteta ulazi u neposrednu zonu kamenoloma, nailazi na radni plato, zaravnjen zbog izgradnje pristupnih puteva i radnog platoa. Radni plato je izveden tako da se jednim dijelom naslanja na prirodni siparišni materijal, dok je drugi dio naslonjen na suprotnu padinu, kojom se dolazi pristupnim putem iz pravca Donje Jablanice. Na taj način prirodno korito primarnog debitnog toka ovdje je zatrpano krupnim blokovima dolomita, koji su korišćeni pri formiranju platoa.

S obzirom na smanjenje hidrauličkog gradijenta u ovoj zoni, dolazi do disipacije energije unutar primarnog toka, koji privremeno usporava dok nosi značajne količine materijala iz mjesta inicijacije, kao i erodovanog materijala uključenog u debitni tok tokom njegovog toka niz padinu.

U ovoj zoni kamenoloma javlja se kompleksan proces zbog geomorfoloških i antropogenih faktora. Primarna eksploataciona zona u kamenolomu, ograničena dvjema erozionim jarugama, predstavlja prirodni kanalizator za debitne tokove. Jedna jaruga, pružena u smjeru istok-zapad i s padom prema istoku, ograničava kamenolom sa sjeverne strane, dok druga, orijentirana jugozapad-sjeveroistok s padom ka sjeveroistoku, ograničava kamenolom s južne strane. Obje ove erozije jaruge pretrpjele su debitne tokove označene kao SDF-2 i SDF-3 na karti (Slika 87). Budući da su hipsometrijski niže pozicionirane na padini i bliže kamenolomu, vjerojatno su ranije djelovale u zoni kamenoloma i ušle u korito primarnog toka prije nego što je sam primarni debitni tok stigao.

Drugi sekundarni debitni tok (SDF-2), koji ograničava kamenolom sa sjeverne strane, u svom donjem dijelu ispunjen je prirodno deponovanim naslagama sipara, formiranim gravitacionim procesima tokom geološkog vremena. Radni plato kamenoloma kasnije je formiran na ovom siparu, čiji se dio nalazi ispod platoa. U danu aktiviranja debitnih tokova, eroziona jaruga koja odvodi vodu s padine dovela je velike količine padavinske vode (323 l/m^2) u sipar. Voda se filtrirala kroz sipar zahvaljujući visokoj vodopropusnosti materijala, stvarajući značajne porne pritiske koji su smanjili efektivno naprezanje i uzrokovali strujanje ispod platoa. Ovo je dovelo do hidrauličkog sloma sipara, pojačanog dodatnim opterećenjem materijala koji je dolazio iz jaruge kao dio debitnog toka SDF-2, pokrenutog plitkim klizištima na višim dijelovima padine.

Slom sipara dogodio se ispod dijela platoa na kojem je bio parkiran bager (Slika 88). Kao rezultat toga, mašina je djelomično zatrpana i poplavljena, dok je i veći dio platoa poplavljen i oslabljen. Zbog hidrauličkog sloma, naslage materijala iz sipara formirale su privremenu barijeru za nailazeći primarni debitni tok, dok je dodatna akumulacija vode dovela do saturacije platoa, smanjujući njegovu stabilnost. S obzirom na to da je plato izgrađen od vrlo poroznog i vodopropusnog materijala, povećani porni pritisak i uzgon dodatno su smanjili efektivno naprezanje unutar nasutog kamenog materijala.



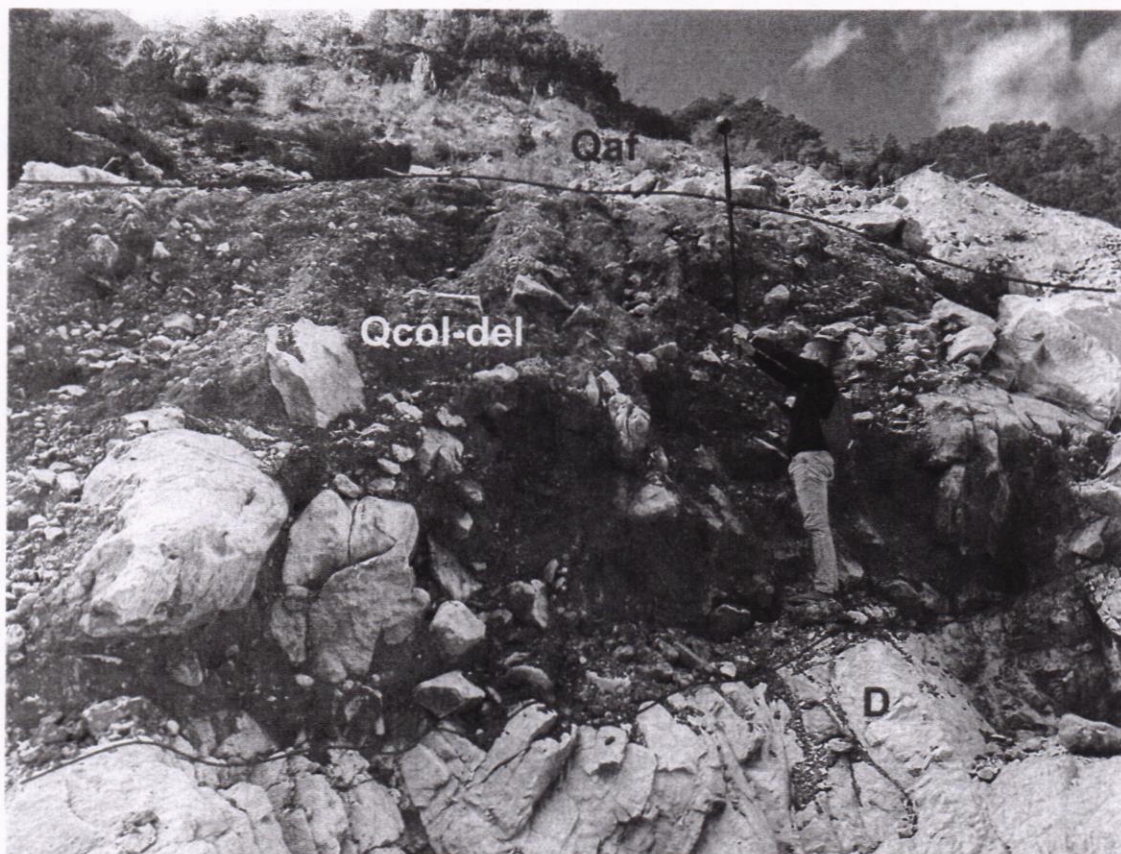
Slika 87. Mapa debrinnih tokova u zoni kamenoloma (PDF i SDF-1, SDF-2, SDF-3) i pristupnih puteva prema snimku s platforme BING. Napomena: Snimak možda ne odražava posljednje stanje terena prije katastrofe



Slika 88. Hidraulički slom sipara na mjestu spajanja primarnog debrinog toka (PDF) i drugog sekundarnog debrinog toka SDF-2

Otpriblike u isto vrijeme aktivan je i treći debradni tok (SDF-3), koji dolazi iz južne erozione jaruge kamenoloma. On dodatno erodira nožicu kosine radnog platoa, čime plato dodatno gubi oslonac. Ova situacija je dodatno pogoršana nestabilnošću jalovinskog materijala koji je deponovan preko debljih naslaga kolvijalno-deluvijalnog materijala, koji je u ovakvim uslovima nestabilan.

Visokoenergetski primarni debradni tok u ovom oslabljenom stanju zatiče plato, pristupne puteve i debeli kvartarni pokrivač ispod njih. Tok svojim značajnim opterećenjem i prirastom smičućeg napona prevazilazi smičuću otpornost jalovine i kvarternog materijala. Na kraju dolazi do konačnog sloma platoa, pri čemu ogromne količine materijala postaju dio primarnog debradnog toka koji se nastavlja prema depozicionoj lepezi s još većim destruktivnim potencijalom.



Slika 89. Erozioni profil u nožici kosine radnog platoa kamenoloma. D – matična stijena, Qcol-del – prirodni pokrivač, Qaf – nasuti materijal.

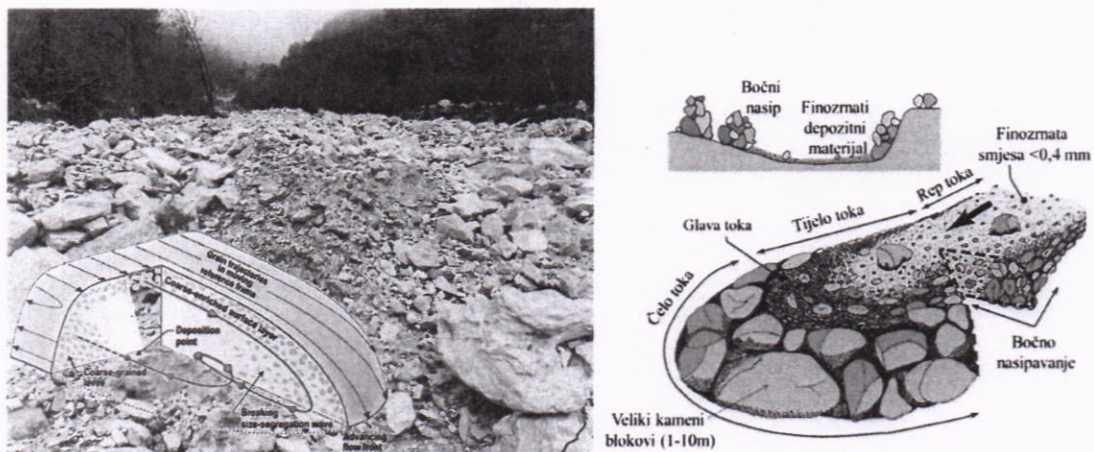
Ulazak primarnog debradnog toka u proksimalnu depozicionu zonu

Nakon što je primarni debradni tok prošao kroz zonu kamenoloma, nastavlja se kretati ka elongiranoj proksimalnoj depozicionoj zoni, koja se proteže duž glavnog kanala. Na samom ulazu u ovu zonu, tok nailazi na manju deponiju tehnogenog materijala, vjerovatno nasutu ranije, koja sadrži mješavinu stijena i sitnijeg otpada. Iako nije jasno da li ovaj materijal potiče direktno i isključivo iz kamenoloma, vidljivo je da je dio ove naslage mobiliziran tokom prolaska toka, što doprinosi ukupnoj masi debradnog toka.



Slika 90. Nasip tehnogenog materijala na početku elongirane depozicione zone. Ovaj materijal je djelimično mobiliziran debrtnim tokom.

U ovoj elongiranoj zoni dolazi do izraženog procesa segregacije materijala, karakterističnog za debrtne tokove visokog intenziteta. Zbog promjenljivih hidrauličkih uslova unutar toka, dolazi do prostornog odvajanja čestica različite granulacije. Naime, krupniji fragmenti stijena i blokovi stijena, koji imaju veću masu i nižu pokretljivost u odnosu na sitnije čestice, na kraju se akumuliraju duž bočnih dijelova kanala, gdje usljed brzine protoka i nagiba podloge dolazi do njihove depozicije. Tokom ovog procesa, sitniji sediment i čestice niske gustine ostaju pri dnu ili centralnom dijelu toka, ali se također talože u bočnim dijelovima, formirajući slojeve manje gustine.



Slika 91. Fenomen segregacije i formiranje prirodnih barijera („levee” naslaga)

Tokom prolaska kroz elongiranu zonu, razvija se fenomen poznat kao „breaking size-segregation” talas. Krupniji fragmenti, zbog svoje mase i smanjenja brzine prednjeg dijela toka, polako se pomjeraju prema rubovima kanala, gdje zbog gubitka hidrauličke energije zaostaju za središnjim dijelom toka. Ova dinamička pojava uzrokuje formiranje tzv. „levee” naslaga duž ivica toka, gdje su krupnije frakcije koncentrisane. Na taj način nastaju prirodne barijere ili ivice toka, koje su produkt visokointenzivnih epizoda protoka i predstavljaju karakteristične depozite krupnog materijala. (Slika 91)

Ovakva distribucija frakcija tokom ovog specifičnog događaja jasno ukazuje na složene procese separacije i selektivne depozicije unutar toka, gdje se čestice različitih veličina pozicioniraju na osnovu svojih specifičnih osobina. Veće frakcije se talože bočno, dok sitnije čestice ostaju centralizovane. Ovaj proces je ključan za razumijevanje kako se materijal kreće i taloži u kanalu tokom jedne epizode debrinog toka.

Geološka perspektiva, horizonti prethodnih tokova

Elongirana depoziciona zona nije bila izložena uticaju debrinog toka samo tokom ovog događaja, već su kroz geološku historiju ovim kanalom periodično prolazili debrinog tokovi različitih energetske karakteristika. Tokom ovih epizoda, tokovi su nosili i taložili materijal različitih granulacija, što je rezultiralo očiglednim stratigrafskim horizontima u naslagama kanala. Tokovi visoke energije, koji su imali dovoljnu snagu da transportuju krupne blokove dolomita, taložili su te fragmente bliže zonama gdje dolazi do naglog smanjenja brzine protoka i hidrauličkog gradijenta. Ovi slojevi krupnijeg materijala ukazuju na intenzivne epizode protoka, kada su debrinog tokovi visoke energije donijeli i odložili najgrublje frakcije.



Slika 92. Stratigrafski profil prikazuje slojeve različitih debrinog tokova kroz geološku historiju, s razlikama u granulaciji između visokih i niskih energetske faza. Erozivnim djelovanjem, recentni tok je 'otkrio' ove slojeve, omogućujući uvid u prethodne tokove koji su periodično prolazili kroz kanal

Nasuprot tome, tokom epizoda niže energije, tokovi nisu bili u stanju da transportuju krupne fragmente na veću udaljenost, pa su deponovali sitnije čestice i formirali slojeve sa finijim sedimentom, često formirajući specifične stratifikacije koje upućuju na duže periode taloženja tokom kojih nije dolazilo do značajnih protoka visokog intenziteta. Stratifikacija ovih naslaga na različitim visinama i dubinama kanala jasno ukazuje na povremene, ali intenzivne epizode erozije i depozicije koje su se odvijale tokom geološkog vremena (Slika 92).

U donjem dijelu elongirane depozicione zone, kako tok napreduje prema širem dijelu doline, dolazi do primjenog smanjenja nagiba kanala i početka širenja profila. Ova geomorfološka promjena uzrokuje smanjenje hidrauličkog gradijenta i gubitak energije toka, što rezultira taloženjem krupnijih blokova dolomita i drugih stijenskih fragmenata. U ovom segmentu toka, depozicioni procesi počinju dominirati nad erozionim, a intenzitet transporta krupnog materijala se smanjuje zbog usporavanja protoka.

Iako dolazi do usporavanja, tok zadržava pulsirajući karakter, pri čemu se hidrodinamički udari u talasima nastavljaju, prenoseći krupnozrni materijal kroz kanal. Ovaj pulsirajući tok nastavlja da akumulira krupne fragmente u donjem dijelu elongirane zone, stvarajući slojeve sa karakterističnim naslagama koje sadrže kako prirodni tako i tehneni materijal.

Na samom prelazu u lepezastu zonu, širina toka dostiže oko 60 metara, dok je visina toka u ovoj fazi iznosila približno 3 metra. Ova dimenzija predstavlja prelazni profil toka između elongirane i lepezaste depozicione zone, gdje će se procesi dodatne disipacije energije nastaviti kako tok ulazi u širi dio doline i lepezastu zonu.



Slika 93. Zona tranzicije iz elongirane depozicione zone u glavnu depozicionu lepezu, pogled uz tok.



Slika 94. Zona tranzicije iz elongirane depozicione zone u glavnu depozicionu lepezu, pogled ka lepezi.

Distribucija tehnogenih blokova

Tokom istraživanja evidentiran je značajan broj tehnogenih blokova dolomita sa jasnim tragovima obrade, poput rezanja i bušenja. Pored dolomita, prisutni su i blokovi gabra, stijene koja prirodno nije prisutna u zoni kamenoloma, koja je tu dovezena vjerovatno radi obrade. Ovi blokovi, potekli iz kamenoloma, raspoređeni su duž elongirane depozicione zone, gdje su precizno snimljeni GPS uređajem na više od 500 tačaka (Slika 95).

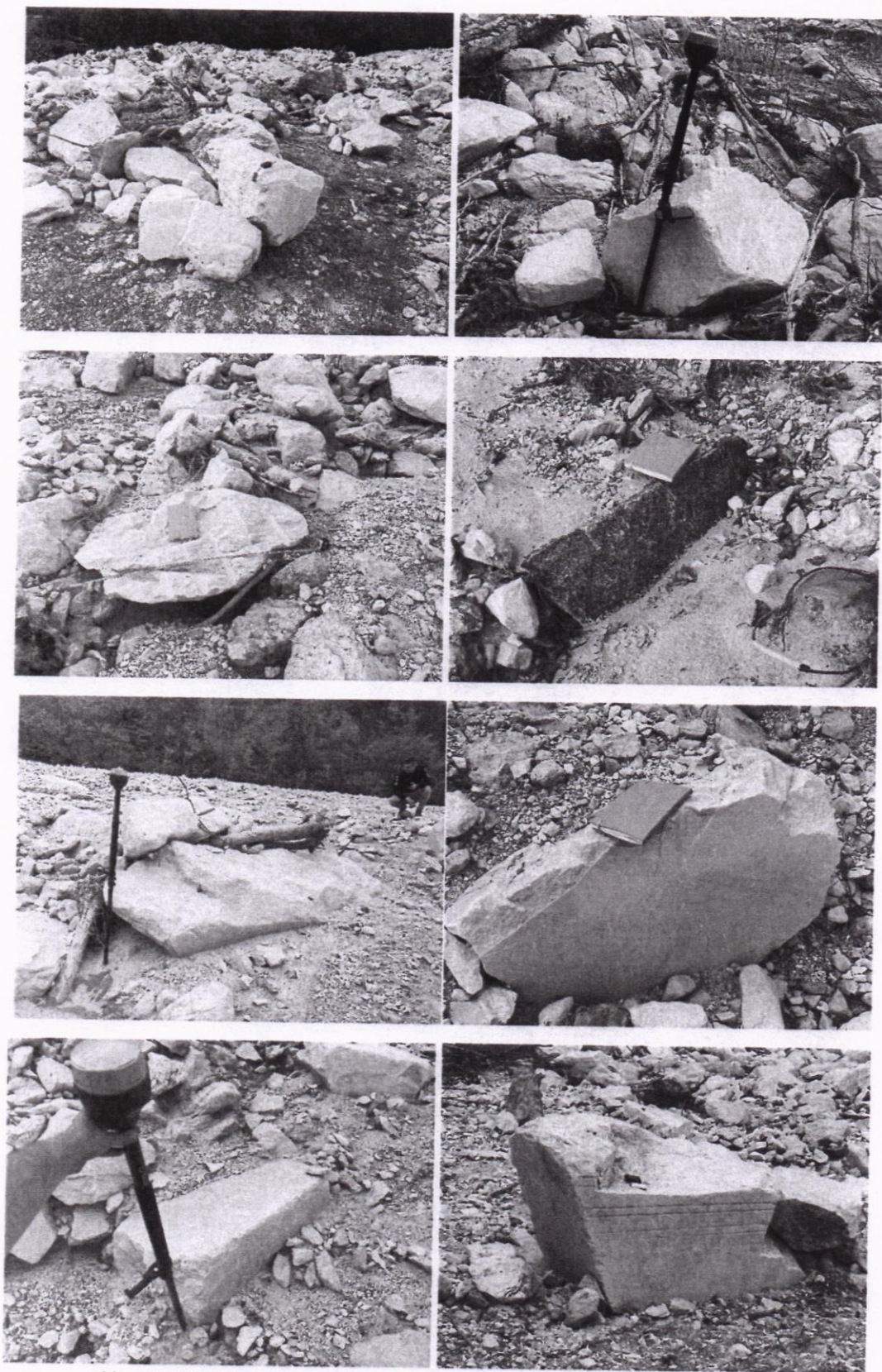
Važno je napomenuti da pozicije ovih obrađenih blokova nisu sistematski snimane, već su evidentirane kako bi se prikazala njihova opšta distribucija. Stoga, ovo nije konačan broj ovakvih blokova, jer su neki ostali neotkriveni, dok su drugi zatrpani u sedimentnim nanosima i nedostupni za promatranje. Jedan dio blokova ili fragmenata koji pripadaju jalovini ne može biti detektovan jer nemaju jasne tragove obrade. Ova distribucija omogućava praćenje prisustva tehnogenog materijala kroz prirodni kanal debrinog toka. Iako bez dodatnih geodetskih istraživanja nije moguće precizno procijeniti udio tehnogenog materijala u ukupnoj mobilizovanoj masi, očigledno je da kamenolom doprinosi prisutnosti specifičnih frakcija koje, kroz eroziju i transport, završavaju taložene duž kanala sve do donjih depozicionih zona, uključujući i naselje Donja Jablanica." U vrijeme kartiranja debrinog toka, odvijali su se intenzivni radovi na čišćenju samog naselja pa tu nije vršeno snimanje.



Slika 95. Prikaz distribucije tehnogenih blokova duž elongirane depozicione zone, označenih crvenim tačkama, koji su transportovani tokom kretanja recentnog debrinog toka. Ova mapa jasno pokazuje kako su blokovi, porijeklom iz kamenoloma, premješteni i deponovani duž toka sve do naselja.



Slika 96 i 97. Primjeri obrađenih blokova u zoni porušenih objekata

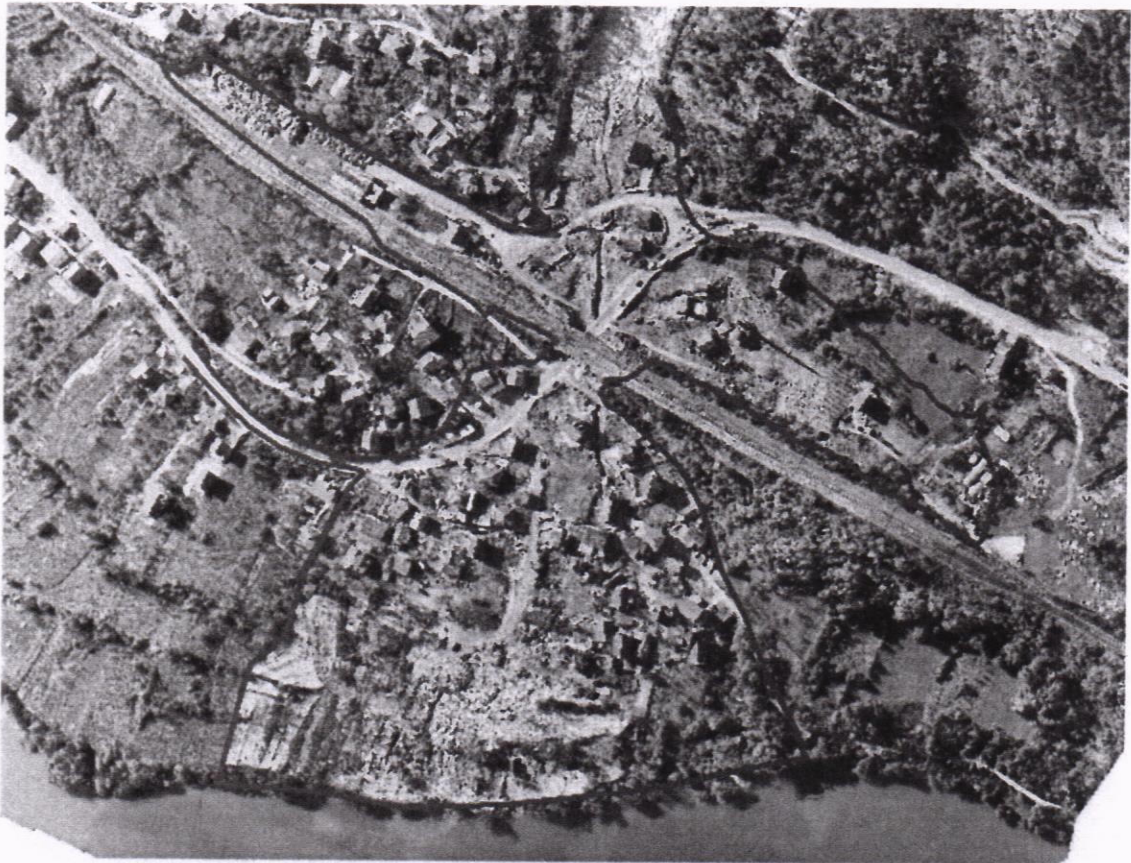


Slike 98-105. Primjeri tehnogenih blokova koji jasno pokazuju tragove obrađivanja.

Distalna depoziciona zona, naselje Donja Jablanica

Nakon prolaska kroz elongiranu depozicionu zonu, primarni debritni tok ulazi u lepezastu depozicionu zonu, odnosno naselje Donja Jablanica, gdje se dolina značajno širi i nagib terena opada. Ova promjena geomorfoloških karakteristika kanala omogućava dalju disipaciju energije toka, ali on i dalje zadržava dovoljan nivo energije da prouzrokuje velike štete na objektima i infrastrukturi u naselju Donja Jablanica.

U ovom segmentu dolazi do usporavanja toka i dominacije depozicionih procesa nad erozionim. Lepezasta depoziciona zona ima dvostepenu formu (slika 106), pri čemu prvi segment obuhvata prostor iznad pruge, dok drugi segment predstavlja lepezu koja se širi od pruge prema rijeci Neretvi. Središnji dio lepezaste depozicione zone prolazi kroz naselje, a krupniji blokovi dolomita i drugih stijena počinju se deponovati već u početnim dijelovima lepezaste zone, gdje su se prvi udari toka susreli s infrastrukturom naselja, naročito s prugom i magistralnom cestom. Pruga, koja prolazi na nasipu iznad nivoa terena, djelovala je kao barijera, kanalizirajući tok prema podvožnjaku ispod pruge kroz koji prolazi magistralna cesta M17. Širina ovog podvožnjaka je 9 metara, što je uzrokovalo koncentraciju i ubrzanje toka kroz uski prolaz.



Slika 106. Prikazana je dvostepena lepezasta depoziciona zona debritnog toka u naselju Donja Jablanica. Prvi segment lepeze nalazi se iznad željezničke pruge, sa maksimalnom širinom od 560 metara. Željeznička pruga na nasipu djeluje kao fizička barijera i usmjerava tok prema podvožnjaku koji se nalazi tačno na centralnoj liniji toka, omogućavajući prolaz ispod pruge za magistralnu cestu M17. Drugi segment lepezaste zone počinje ispod podvožnjaka, gdje se tok ponovo širi i formira sekundarnu lepezu koja se proteže prema rijeci Neretvi, dostižući približno 350 metara širine na mjestu prelaska u rijeku.

Nakon što tok prođe kroz podvožnjak, širina se naglo povećava – sa 9 metara u podvožnjaku na približno 350 metara u donjem dijelu lepezaste zone, gdje se prelijeva u rijeku Neretvu. Sa gornje strane pruge, širina lepezaste depozicione zone doseže maksimalnih 560 metara. Ovaj prelazak kroz podvožnjak uzrokovao je formiranje sekundarne lepeze ispod pruge, u kojoj dolazi do daljnjeg širenja i taloženja materijala.

Zbog fizičkog ograničenja podvožnjaka, dio materijala nije mogao proći kroz prolaz, te se počeo širiti duž pruge, formirajući depoziciona „krila“ s obje strane nasipa. Ova krila uglavnom se sastoje od sitnozrnog, muljevitog materijala, dok se krupnije frakcije talože u središnjem dijelu toka.

U donjim dijelovima lepezaste zone, tok se dodatno širi i ulazi u fazu konačnog taloženja, pri čemu se značajne količine materijala prelijevaju preko krajnjeg dijela lepeze u rijeku Neretvu. Tok je u ovoj fazi izgubio većinu svoje energije, ali je zadržao dovoljno snage da prouzrokuje ozbiljne štete u naselju, uključujući djelimično ili potpuno uništenje stambenih objekata i infrastrukture. U ovom području stradalo je ukupno 18 ljudi, od čega 14 iznad pruge i 4 ispod nje.

Ova lepezasta depoziciona zona svjedoči o destruktivnom potencijalu debritnog toka i predstavlja složen depozicioni sistem gdje se materijal različitih granulometrijskih karakteristika taloži u zavisnosti od lokalnih geomorfoloških i infrastrukturnih uslova. Zbog ograničenog pristupa i radova na raščišćavanju terena tokom izvođenja inženjerskogeološkog kartiranja, nije vršeno detaljno istraživanje karakteristika samog toka u ovoj zoni, a procjena pričinjenih šteta nije predmet ovog izvještaja.



Slika 107. Krajnji segment lepezaste depozicione zone, gdje se završni materijal prelijeva u rijeku Neretvu. Ovaj distalni dio lepeze sadrži krupne blokove i sediment, taložene tokom završne faze debritnog toka, karakteristične za fanastičnu formu taloženja u ovakvim događajima

Procjena stabilnosti terena i sigurnosnih uslova u naselju Donja Jablanica nakon debrinog toka

Nakon posljednjeg događaja debrinog toka, procjena stabilnosti terena i sigurnosnih uslova u naselju Donja Jablanica ukazuje na niz kratkoročnih i dugoročnih promjena koje su relevantne za razumijevanje aktuelnog stanja i budućih prijetnji. Analiza obuhvata uticaj oslobađanja erozionih kanala, promjene u stabilnosti padina te faktore koji bi mogli doprinosti reaktivaciji debrinog toka u dugoročnom periodu.

Kratkoročna procjena stabilnosti

Tokom prolaska debrinog toka, erozivni procesi su djelovali kao prirodni mehanizam "čišćenja" najnestabilnijih segmenata u izvornoj zoni, oslobađajući kanale (korita, vododerine, točila, jaruge) od akumuliranih sedimenata i uklanjajući nestabilne dijelove taloženog materijala. Oslobođeni kanali sada se nalaze uglavnom u stabilnijem stanju jer su eksponirani do čvrstog supstrata, što smanjuje vjerovatnoću ponovne mobilizacije materijala u kratkom vremenskom periodu. Zona kamenoloma, gdje su se značajne količine tehnogenih naslaga nalazile unutar prirodnog korita, također je u značajnoj mjeri "očišćena", uglavnom do osnovne stijene, što umanjuje rizik od ponovnog formiranja debrinog toka u toj zoni.

Proksimalna depoziciona zona, koja je karakteristična po blažem nagibu, sada sadrži veće akumulacije deponovanog materijala, ali zbog slabih uslova za aktivaciju, ne predstavlja izvor visokog rizika. Na kritičnim lokacijama u distalnoj depozicionoj lepezi, gdje su neki objekti prethodno bili izloženi uticaju toka, došlo je do njihovog uništenja, čime je smanjena osjetljivost naselja na buduće tokove. Ovo predstavlja relativno smanjenje rizika za imovinu u odnosu na period prije katastrofe.

Dugoročna procjena prijetnji i potencijal za reaktivaciju

Uprkos kratkoročnoj stabilizaciji kanala, dugoročna stabilnost terena ostaje upitna zbog različitih geomorfoloških i antropogenih faktora. Padine jugozapadne strane sliva, koje su bile pogođene šumskim požarom prije tri godine, sada su u fazi oslabljene kohezije tla. Požar je prouzrokovao razgradnju korijenskih sistema vegetacije, proces koji traje u prosjeku 2-5 godina, smanjujući kapacitet padina za stabilizaciju tla i povećavajući mogućnost erozije tokom intenzivnih kišnih perioda. Upravo iz ovih područja su se aktivirali svi debrinog toka tokom posljednjeg događaja.

U kamenolomu su formirane nove strme kosine uslijed sloma platoa i usijecanja korita u deponovanom materijalu radom posljednjeg debrinog toka. Ove kosine sada predstavljaju geomehanički rizične zone koje će, u procesu stabilizacije, nastaviti da se prilagođavaju kroz periodične osipe i mikrokližišta. To bi moglo rezultirati nakupljanjem novog materijala u erozionim kanalima, pripremajući teren za potencijalnu reaktivaciju debrinog toka u budućnosti.

Ukratko, trenutni sigurnosni uslovi u naselju Donja Jablanica su relativno stabilniji nakon oslobađanja najnestabilnijih naslaga, uz značajno smanjenje rizika za imovinu u najizloženijim zonama. No, dugoročni rizici ostaju prisutni, posebno na jugozapadnim padinama (dijelovima) sliva koje su pogođene požarom, kao i na strmim kosinama u zoni kamenoloma, koje će tokom vremena vjerovatno pretrpjeti dodatne erozione procese.

Preporuke za trajnu prevenciju i ublažavanje posljedica debritnih tokova

U ovom poglavlju predstavljene su preporuke za prevenciju i ublažavanje posljedica debritnih tokova, sa fokusom na mjere koje se mogu implementirati kako bi se smanjili rizici povezani s ovim specifičnim geomorfološkim procesima. Strategije zaštite od debritnih tokova mogu se općenito podijeliti na *aktivne* i *pasivne* mjere.

Aktivne mjere zaštite usmjerene su na sprječavanje nastanka i razvoja debritnih tokova ili na kontrolu njihovog intenziteta, brzine i pravca kretanja. Cilj im je smanjenje opterećenja koje tok nosi, kao i smanjenje štetnih uticaja na infrastrukturu, naselja i okoliš. S druge strane, pasivne mjere se provode s ciljem smanjenja posljedica debritnih tokova kada se oni već dogode, fokusirajući se na zaštitu ljudi, infrastrukture i prirodnih resursa kroz planiranje, zoniranje, i mjere ranog upozorenja.

Aktivne mjere zaštite

Aktivne mjere zaštite od debritnih tokova mogu se grupisati prema različitim ciljevima i zadacima koji se odnose na upravljanje otjecanjem, smanjenje erozije, povećanje stabilnosti padina i upravljanje događajima. Detaljan pregled ovih mjera je sljedeći:

1. Smanjenje otjecanja:

- Smanjenje vršnog protoka:
 - Šumarske mjere
 - Upravljanje slivom
 - Preusmjeravanje otjecanja prema drugim slivovima

2. Smanjenje erozije:

- Smanjenje površinske erozije uzrokovane površinskim otjecanjem:
 - Šumarske mjere i biotehnički zahvati
 - Upravljanje slivom
 - Odvodnja
- Povećanje stabilnosti padina:
 - Šumarske mjere i biotehnički zahvati
 - Promjena terena (nivelacija)
 - Kontrola odvodnje
 - Stabilizacija nožice padine (potporne konstrukcije)
- Smanjenje vertikalne i bočne erozije u koritu:
 - Proširenje korita
 - Stabilizacija korita
 - Poprečne strukture (pragovi, rampe, pregradne brane)
 - Uzdužne konstrukcije
 - Biotehnički zahvati
- Smanjenje vodnog protoka na visoko erodibilnim dionicama kanala:
 - Preusmjeravanje otjecanja prema drugim slivovima
 - Bypass

3. Upravljanje događajem:

- Kontrola otpuštanja:
 - Smanjenje vršnog protoka kako bi se spriječila šteta:
 - Akumulacija vode
 - Proširenje kanala
 - Proširenje poprečnog presjeka na prijelazima kanala (npr., mostovi)
- Kontrola debritnog toka:
 - Transformacija procesa:
 - Lomilice za debritni tok (*Debris flow breakers*)
 - Taloženje debritnog materijala pod kontroliranim uvjetima:
 - Stalna deponija za debrit
 - Privremena deponija za debrit
 - Preusmjeravanje debritnog toka prema susjednim područjima:
 - Preusmjeravanje prema područjima niske vrijednosti
 - Filtracija organskog materijala:
 - Rešetka za organski materijal

Ove aktivne mjere zaštite predstavljaju ključne komponente strategije za smanjenje štetnih utjecaja debritnih tokova. Pravilna primjena i redovno održavanje ovih mjera od suštinskog su značaja za njihovu dugoročnu efikasnost i zaštitu ugroženih područja.

S obzirom na karakteristike sliva, predložene mjere trebaju biti prilagođene specifičnostima terena. Na osnovu trenutnih saznanja o terenu i pristupačnosti, provođenje aktivnih mjera u gornjem dijelu sliva nije praktično zbog otežanog pristupa i visokog nagiba. U takvim uslovima, jedina održiva mjera u gornjem dijelu sliva je pošumljavanje požarom devastiranih šumskih područja, što je veoma poželjno s obzirom na njegovu funkciju u stabilizaciji tla, smanjenju površinskog oticanja i prevenciji erozije. Pošumljavanje bi u ovom kontekstu moglo doprinijeti smanjenju rizika od pokretanja manjih sekundarnih debritnih tokova, kao i stabilizaciji tla u erozivnim zonama. Svi debritni tokovi generisani su upravo u ovom području.

Aktivne mjere zaštite u zoni kamenoloma i proksimalnoj depozicionoj zoni

S obzirom na prirodu terena i prisutnost kamenoloma, aktivne mjere zaštite treba usmjeriti prema dvije glavne zone: zoni kamenoloma, gdje je došlo do destabilizacije kosina usljed eksploatacijskih radova i erozivnih procesa, te proksimalnoj depozicionoj zoni, koja se nalazi nizvodno od kamenoloma i predstavlja pristupačniji dio sliva.

1. **Zona kamenoloma:** Kamenolom je podložan dodatnim erozivnim procesima zbog prisutnosti nestabilnih kosina i sekundarnih kanala nastalih tokom djelovanja debritnog toka. Ove kosine su pretrpjele slom i dodatno su erodirane utjecajem debritnih tokova, čime predstavljaju rizik za dalje urušavanje i zapunjavanje korita. Stoga je u zoni kamenoloma potrebno provesti stabilizaciju nestabilnih kosina kako bi se spriječila dalja erozija i urušavanje.

U cilju kontrolisanja protoka vode i sprečavanja plavljenja preostalih dijelova kamenoloma, potrebno je urediti sekundarne kanale unutar područja kamenoloma. Ovi kanali će

omogućiti kontrolisan protok vode, smanjujući opasnost od daljeg plavljenja platoa i narušavanje njegove stabilnosti.

2. **Proksimalna depoziciona zona:** Ova zona predstavlja idealno mjesto za primjenu zaštitnih mjera jer ima povoljne karakteristike u smislu pristupačnosti, relativno blagog nagiba i lakog održavanja zaštitnih struktura. Proksimalna depoziciona zona može efikasno djelovati kao prva linija obrane protiv debrithnih tokova, zadržavajući krupni sediment i omogućavajući kontrolisanu odvodnju vode i sitnozrnog i suspendovanog materijala. Implementacijom zaštitnih mjera u ovoj zoni mogu se efikasno kontrolisati ne samo primarni debrithni tokovi, već i potencijalni sekundarni tokovi generisani iz manjih slivova unutar glavnog sliva. Na ovaj način, proksimalna depoziciona zona može funkcionisati kao filter za krupni materijal, dok se voda sa finijim sedimentom dalje odvodi kontrolisanim putem. Neke od mogućih mjera uključuju:

1. **Dvostepene rešetkaste barijere (*lattice barriers*):** Ove barijere sastoje se od prvog sloja rešetki koje zadržavaju veće fragmente stijena, dok drugi sloj omogućava prolaz vode i sitnijih čestica. Dvostepene rešetkaste barijere smanjuju pritisak krupnog materijala na niže dijelove sliva, čime dodatno doprinosi stabilizaciji terena. Pravilnim postavljanjem ove barijere, proksimalna depoziciona zona može funkcionisati kao efikasan filter za krupni sediment, dok voda sa sitnijim sedimentom kontrolisano prolazi kroz strukturu.
2. **Sekvencijalne slit barijere:** Postavljanjem slit barijera sa različitim prorezima, može se postići višestepeno zadržavanje materijala prema veličini čestica. Prvi red slit barijera zadržava veće fragmente sedimenta, dok se u narednim redovima omogućava filtracija manjeg sedimenta i vode. Na ovaj način, može se dodatno smanjiti količina krupnog materijala koji dopijeva u niže dijelove sliva, dok voda i sitnije čestice slobodno prolaze.
3. **Debrithne rešetke sa integrisanom kontrolom vode (*debris-flow grills*):** Debrithne rešetke dizajnirane su da omoguće zadržavanje većeg dijela krupnog sedimenta, dok omogućavaju kontrolisan protok vode kroz specijalizirane kanale. Ove rešetke, postavljene u proksimalnoj depozicionoj zoni, obavljaju dvostruku funkciju - zadržavaju krupni materijal dok voda sa finijim sedimentom nastavlja svoj tok kroz sistem, smanjujući opasnost od taloženja krupnog sedimenta u nižim zonama.
4. **Barijere sa drenažnim otvorima (*drainage slit barriers*):** Ove barijere imaju specifične otvore za drenažu, koji omogućavaju prolaz vode dok zadržavaju krupni materijal. Njihova uloga je regulisanje protoka vode i sitnijeg sedimenta u nižim dijelovima proksimalne depozicione zone, čime se smanjuje opasnost od poplava i taloženja krupnog sedimenta u pristupačnijim dijelovima sliva.

Implementacija ovih mjera u proksimalnoj depozicionoj zoni osigurava dugoročno smanjenje rizika od poplava i taloženja krupnog sedimenta u nižim dijelovima sliva, depozicionoj lepezi Donje Jablanice, dok se voda sa sitnijim sedimentom kontrolisano odvodi. Na ovaj način, smanjuje se rizik od šteta na infrastrukturi, naselju i okolišu.

Ove predložene mjere predstavljaju inicijalne preporuke koje treba dalje analizirati kroz odgovarajuću projektnu dokumentaciju. Njihova implementacija zahtijeva precizno inženjersko planiranje i usklađenost sa zakonskim propisima kako bi se osigurao dugoročan efekat i smanjenje rizika za lokalnu infrastrukturu i naselje.

Pasivne mjere zaštite

Pasivne mjere zaštite usmjerene su na minimiziranje posljedica debrinarnih tokova kroz dugoročno planiranje, nadzor i pripremu za moguće događaje. Za razliku od aktivnih mjera koje direktno djeluju na tok ili sedimentni materijal, pasivne mjere se fokusiraju na prilagođavanje prostora i postupaka kako bi se smanjili rizici za ljude, infrastrukturu i okoliš. Pasivne mjere su ključne u pristupu upravljanja rizikom jer omogućavaju dugoročnu otpornost na potencijalne katastrofe i efikasnije reagovanje kada se one dogode. U nastavku su navedene glavne pasivne mjere zaštite koje se preporučuju za područja pogođena debrinarnim tokovima.

1. Zoniranje i prostorno planiranje

Zoniranje i prostorno planiranje predstavljaju osnovne pasivne mjere za smanjenje rizika od debrinarnih tokova. Uspostavljanje zona visokog, srednjeg i niskog rizika u skladu s procjenama vjerovatnoće i intenziteta debrinarnih tokova omogućava donošenje odgovarajućih odluka o korišćenju zemljišta i planiranju infrastrukture. U zonama visokog rizika trebalo bi strogo ograničiti nove izgradnje, dok u zonama srednjeg rizika treba primjenjivati tehničke mjere za smanjenje rizika na prihvatljiv nivo. Prostorno planiranje može uključivati mjere kao što su:

- **Ograničenje razvoja infrastrukture i građevinskih objekata** u zonama podložnim debrinarnim tokovima.
- **Tehnička zaštita postojećih objekata**
- **Uključivanje u planove prostornog uređenja** jasnih smjernica i standarda za izgradnju i aktivnosti u područjima rizika, uz uzimanje u obzir dugoročnih klimatskih promjena i njihovih uticaja na učestalost i intenzitet debrinarnih tokova.

2. Sistemi ranog upozoravanja

Rani sistemi upozoravanja predstavljaju ključnu komponentu pasivnih mjera zaštite jer omogućavaju pravovremeno obavješćavanje ugroženih stanovnika i nadležnih službi o nadolazećem debrinarnom toku. Ovi sistemi funkcionišu kroz prikupljanje podataka u realnom vremenu, analizu rizika i emitovanje upozorenja u slučaju prekoračenja zadatih pragova za aktiviranje alarma. Korišćenjem ranih sistema upozoravanja moguće je značajno smanjiti rizik po ljudske živote i štete na imovini jer omogućavaju pravovremenu evakuaciju i aktiviranje dodatnih mjera zaštite.

3. Dokumentacija i monitoring

Dokumentacija i monitoring su sastavni dio pasivnih mjera zaštite koji omogućavaju prikupljanje, evidentiranje i analizu podataka o prošlim i potencijalnim budućim događajima debrinarnih tokova. Ovi procesi omogućavaju procjenu učinkovitosti postojećih mjera, identifikaciju slabih tačaka u zaštitnom sistemu i pružaju osnove za planiranje dodatnih mjera. Monitoring i dokumentacija uključuju sljedeće aktivnosti:

- **Redovni pregledi stanja vodotokova i struktura** (barijere, rešetke, kanali) kako bi se identifikovale promjene koje bi mogle uticati na stabilnost terena ili protok debrinarnog toka.
- **Evidentiranje podataka o svakom incidentu debrinarnog toka**, uključujući obim, intenzitet, uticaj na teren i infrastrukturu, što omogućava analizu i predviđanje budućih događaja.

- **Geološko i geomorfološko kartiranje područja** kako bi se identifikovale zone visoke osjetljivosti i razumjele karakteristike toka i sedimenta.
- **Korišćenje LiDAR podataka i satelitskih snimaka** za dugoročno praćenje promjena u topografiji, što omogućava identifikaciju novih potencijalnih tačaka pokretanja debrinarnih tokova.

Uvođenjem i primjenom ovih pasivnih mjera, može se značajno unaprijediti upravljanje rizikom od debrinarnih tokova na nivou cijelog sliva. Svaka od ovih mjera zahtijeva odgovarajuće planiranje, tehničku podršku i usklađenost sa zakonskim okvirima. Kroz kombinaciju aktivnih i pasivnih mjera, moguće je postići trajnu zaštitu i efikasno smanjenje rizika po ljude, infrastrukturu i okoliš u pogođenim područjima.