

# САНАЦИЈА УСЕКА И ЗАСЕКА НА МАГИСТРАЛНОМ ПУТУ САРАЈЕВО - МОСТАР

Љубомир Рокић,

Завод за геотехнику и финансирање, Сарајево, Б и Х

Владета Вујанић, Милован Јотић

Институт за путеве А.Д., Београд, Србија

**Резиме:** На магистралном путу Сарајево – Мостар, рејисироване су бројне појаве нестабилности у виду одроњавања и осипање стеновише материјала у усецима и засецима пута, које директно угрожавају безбедно одвијање саобраћаја. Из поменутог разлога, пре неколико година покренута је акција да се дуж ове саобраћајнице изврши идентификација свих потенцијално опасних места и да се за сваку локацију изврше потребна инжењерскогеолошка и геотехничка истраживања, те да се на основу добијених резултата ураде Главни пројекти санације.

**Кључне речи:** одрони, осулине, усеци, засеци, магистрални пут, санација.

## REHABILITATION OF CUTS AND BENCHING ON ARTERIAL ROAD SARAJEVO – MOSTAR

**Abstract:** Numerous appearances of instability in shapes of slump and dispersal of rock material in cuts and benching of road were recorded on arterial road Sarajevo – Mostar, which directly jeopardize traffic safety. Due to the mentioned reason, one took the action few years ago to identify all potential dangerous spots along this communication and carry out all necessary engineering – geological and geotechnical testing and prepare Final designs of rehabilitation on the basis of obtained results.

**Key words:** slumps, scree, cuts, benching, arterial road, rehabilitation

### 1. УВОД

Дуж пута Сарајево - Мостар, нарочито у кањонском делу реке Неретве, где је магистрални пут изведен у дубоким засецима и усецима извршено је идентификационо извиђање и утврђивање свих критичних места где постоји висок ниво ризика од одрона и угрожавања безбедног одвијања саобраћаја. На свим таквим местима, на бази постављеног пројектног задатка, извршена су адекватна инжењерскогеолошка и геотехничка истраживања у циљу изналажења оптимално најповољнијих санационих решења. Код дефинисања потребних геолошких истраживања и испитивања захтевало се, да одабир најприкладнијих метода заштите буде у складу са прецизним дефинисањем карактеристика стенског масива, те да се у складу с тим прилагоде и техничка решења. Посебно је апострофирано утврђивање узрока одроњавања и утицај климатских, егзогено - геолошких и техногених фактора, који кроз простор и време битно утичу на промену стања и својстава стенских маса.

## 2. ИЗВЕДЕНА ИСТРАЖИВАЊА

Концепција истраживања прилагођена је постављеним захтевима, да се на бази релевантних геолошких података изаберу таква техничка решења која ће обезбедити трајну стабилност на разматраним локацијама. Пошто су све локације засека изведене у геолошком субстрату - подлози, где се јасно запажају сви примарни елементи структурног склопа, основна метода истраживања сведена је на детаљно инжењерскогеолошко картирање и израду инжењерскогеолошких карата у размери 1 : 100 до 1:250, израду панорамских фотоснимка, сваке локације посебно и детаљних инжењерскогеолошких профила.

Задатак инжењерскогеолошког картирања на појединим локацијама био је, да се:

- утврди геолошка грађа терена, са јасно утврђеним суперпозиционим односима,
- раздвоје површински покривачи према генетском типу, материјалном саставу и дебљини,
- дефинише литофацијални састав и хроностратиграфска припадност геолошког субстрата,
- изврши масовно мерење елемената склопа у геолошком субстрату и дефинише просторни положај слојевитости, пукотина, раседа и разломних зона, у односу на диспозицију пута и утврди њихов значај на карактер и степен испуцалости стенских маса са аспекта стабилности засека и оцене ризика од одроњавања, као и других пратећих видова нестабилности,
- одреди значај учесталости појављивања пукотинских дисконтинуитета на степен испуцалости и блоковску издељеност и фрагментираност стенске масе,
- региструју сви егзогени - геолошки процеси и појаве који угрожавају стабилност засека: ерозиони процеси (плувијална, линијска, површинска и селективна ерозија), процеси пузања и течења материјала, појаве локалног откидања и клизања тла, одроњавање стеновитих блокова, активне осулине, карактер и степен карстификованости карбонатних стена и сл,
- утврде појаве извирања подземних вода у виду дифузног процеђивања, расквашавања тла или извора и сл.

У оквиру геолошких истраживања, није се указала потреба извођења било каквих теренских истражних радова пошто су све локације биле откривене и довољно илустративне за добивање релевантних података за оцену стања и степена оштећености стенског масива и избор оптималних метода санације. Ради лакшег сналажења на инжењерскогеолошкој карти, мерени елементи склопа (слојевитост, фолијација, пукотине) су графички приказани у складу са светским стандардима и нормативима, тако да се у сваком делу стенског масива јасно види просторни положај пукотина и слојевитости, што је за оцену степена ризика од одроњавања изузетно важно. У циљу јаснијег препознавања појединих детаља на разматраним засецима, свака локација је фотографисана и приложена уз инжењерскогеолошку карту. У припреми израде пројектне документације, извршено је фотографско и детаљно геодетско снимање и израда геодетске ситуације за сваку појединачну локалност.

Дуж магистралног пута Сарајево – Мостар издвојено је 210 локација које су детаљно истражене и за које су урађени главни пројекти санације, а извођење санационих радова врши се према рејтингу приоритета угрожености на најкритичнијим местима.

## 2.1. Инжењерскогеолошке карактеристике терена

Саобраћајница Сарајево – Мостар има углавном неповољне морфолошке елементе због брдско - планинског терена, услед чега је траса пута, углавном прилагођавања облицима рељефа. Из поменутог разлога дуж овог правца постоје бројне кривине малог радијуса које ограничавају брзину кретања, а велики дио пута налази се у стрмим засецима и усецима, где долази до осипања, откидања и одроњавања каменог материјала и блокова стенске масе на пут.

Геолошка грађа терена дуж поменутог пута је изузетно сложена, због тога што су на релативно малом простору заступљене све хроностратиграфске јединице мезозојске старости, Унутрашњих и Спољашњих Динарида. Тектонски односи су такође врло комплексни са неколико структурно фацијалних целина које су међусобно навучене једна преко друге, што читавом простору даје врло сложен тектонски склоп.

Са инжењерскогеолошког аспекта, према литогенетским карактеристикама издвојено је неколико посебних јединица које се међусобно разликују, како по материјалном саставу, тако и по квалитативно - квантитативним својствима. Изведена истраживања изведена су углавном у: палеозоику босанских шкриљавих планина, доње тријаским кластитима и карбонатима, базичним магматским стенама, габровима и карбонатним стенама кречњаца и доломитима тријаске, јурске и кредне старости.

*Палеозоик* (<sup>1</sup>Pz), је издвојен на делу пута од Хацића до Брадине. Представљен је кристаластим шкриљцима ниског степена кристалинитета: хлоритско - мусковитским и кварц - серицитским шкриљцима, аргилофилитима, филитима и лидитима. Шкриљаве су текстуре и лепидобластичне структуре. У површинским деловима терена обично су деколорисани и површински распаднути са врло променљивим физичко - механичким својствима. Фолијација представља главни елемент склопа са врло честим променама елемената пада, због интензивне убраности у наборе метарских димензија и плисажног типа са јасно израженим кливажом аксијалне површине, велике учесталости појављивања. Поред кливажа са Еп. 282/50, у стијенској маси су изражени пукотински системи са Еп. 18/60, 134/72 и 46/32. На пресеку фолијације и кливажа јавља се карактеристична табличаста и ивераста дробинска распадина помешана са песковитим глинама. Дуж равни фолијације долази до љускања шкриљаца и откидања већих стеновитих блокова

У хидрогеолошком смислу, према структури порозности и општој водопрпусности шкриљави комплекс представља практично водонепропусну средину, односно хидрогеолошку баријеру.

*Доњи тријас* (Т<sub>1</sub>), лежи конкордантно преко палеозоика. Откривен је у класичном алпском развоју, на простору између Брадине и Подорашца. То је литолошки хетерогени комплекс, пешчара, лапораца глинаца и кречњака, танко слојевите до слојевите текстуре, псамитске до пелитске и криптокристаласте структуре. Комплекс је површински распаднут, тектонски поломљен, у којем дуж слојевитости и коњугованог система пукотина долази до стварања плочасте и иверасте распадине и повремених откидања и одроњавања материјала на коловозну конструкцију.

На подручју Јабланичког језера, доњи тријас има специфичан развој, пошто се поред кластичног комплекса јављају у највећој мери и шкриљави кречњаци, калкшифери. Комплекс има кристаласту до криптокристаласту структуру и јасно изражену шкриљаву, плочасту и танко слојевиту текстуру, са моноклиналним падом Еп. 30/42. Поред кречњака, у стенском масиву се налазе и мање интерстратификоване секвенце шкриљавих глинаца и кварц - серицитских шкриљаца. Доминантну заступљеност имају калкшифери, док се шкриљци и глинци јављају у танким прослојцима. Услед

тектонских процеса калкшифери су значајно испуцали и површински распаднути, а дебљина коре распадања износи 3,0 - 7,5 m. Пукотине имају планпаралелан распоред у масиву и велику учесталост појављивања, са Еп. 162/54 и 284/70, услед чега у површинским деловима долази до уситњавања стене у табличасту до плочасту и блоковску распадину, са променљивим процентуалним учешћем глиновите компоненте. Дуж система пукотина са Еп. 98/56, долази до повремених одроњавања каменитог материјала. Процеси нестабилности манифестују се у повременим осипању, откидању и одроњавању продуката површинског распадања, дробине и мањих стеновитих блокова. Узроци ових појава су тектонска оштећеност стенског масива, неадекватно засецање падине које није прилагођено степену распаднутости стенског масива и климатске промене нарочито, мразно - динамички процеси.

У хидрогеолошком смислу седиментне стене доњег тријаса према материјалном саставу, степену испуцалости, структури порозности и општој водопрпусности, у површинском делу терена, спадају у слабоводопрпусне средине са пукотинском порозношћу, а у дубљим деловима геолошког профила, у водонепропусну средину..

*Габрови*, су откривени на простору Јабланичког габро масива. То су базичне магматске стене изграђене од плагиокласа и пироксена, хипидиоморфне до алотриоморфне зрнасте структуре и масивне текстуре. У свјежем стању то су чврсте компактне и жилаве стене, велике тврдине са монооксијалном чврстоћом преко 200 МПа. и високим вредностима физичко - механичких својстава. Услед сложених тектонских односа у овом делу Динарида, габрови су пукотинским дисконтинуитетима блоковски издељени и у већој или мањој мери грусирани, односно претворени у пјесковиту фракцију. Процес распадања габра је врло специфичан због тога, што овдје не долази до хемијског процеса распадања фелдспата као битног минерала, (каолинизације), како се то до сада сматрало, већ до њиховог механичког распадања, у фази релаксације напонских стања у површинским условима, након довођења габра у данашњи положај. Због тога се дуж пукотинских дисконтинуитета на контакту појединачних блокова свеже стене обавезно налази грус, док у поодмаклом стадијуму распадања преовађује грус са сферичним и кугластим блоковима свеже стене који "пливају" у грусу. Овде је изражено кугласто распадање, при чему облик блока обавезно зависи од просторног размештаја пукотинских система. Испирањем груса на стрмо засеченим падинама долази до ослобађања појединих блокова и њиховог одроњавања на пут. Захваљујући овим специфичностима унутар габро масива Јабланице, јасно се може пратити зонарност распадања. У свежијим партијама масива јасно се запажају три системна пукотина, на чијим пресециштима се ствара карактеристична правилна паралелопипедна дјелјивост стијенске масе. До појаве одрона на овом потезу долази због неповољне просторне оријентације пукотина у односу на диспозицију саобраћајнице (када се азимут пада пукотина поклапа са правцем пада засека и падине, а падни угао је блажи од нагиба засека.) На појединим деловима пута где је наглашено ерозионо испирање груса и одроњавање блокова, подигнути су потпорни зидови недовољне висине ради заштите од одроњавања, али недовољне висине, тако да се покренути материјал преко ових зидова повремени акумулира на пут.

У хидрогеолошком смислу габрови, према структури порозности и општој водопрпусности представљају водонепропусну средину, хидрогеолошки изолатор, а грусирани партије представљене песковитом фракцијом, слабоводопрпусне средине, хидрогеолошки колектор спроводник. Захваљујући томе, највећи део оборинских вода површински отиче док се само мањи део инфилтрационо процеђује у кору површинског распадања. Због мале водопрпусности у грусираним партијама габра изражени су ерозиони процеси, плувијална, линијска и површинска ерозија.

*Карбонатне стене тријаске*, јурске и кредне старости имају највећу заступљеност у кањину реке Неретве. Представљене су кречњацима и доломитима. Кречњаци су светлосиве боје, слојевите, банковите и ређе масивне текстуре и кристаласте до криптокристаласте структуре. Тектонски су поломљени и пукотинским дисконтинуитетима блоковски издељени и углавном карстификовани са проширеним пукотинским каналима и мањим кавернама, најчешће запуњеним глиновитим материјалом. У стенском масиву је регистровано неколико система пукотина са ЕП. 285/54, 98/80, 28/76 и 346/62. Пукотине са Еп. 98/80, са елементима пада према путу, су посебно значајне за стабилност засека, пошто се одроњавање стеновитих блокова врши управо дуж овог система. Оне имају храпаве зидове, без икакве испуне и тешко се уочавају због тога што им је пружање паралелно са пружањем падине, а падни углови су нешто блажи од нагиба засека. У вишим деловима терена изнад засека, на стеновитим литицамаи видљиви су трагови одроњавања стеновитих блокова. Услед велике тектонске оштећености на падинским деловима налазе се бројни лабилни блокови који у стрмим засјецима представљају велику опасност од одроњавања. Поред тога овдје се свакодневно дешавају појаве осипања и откидања мањих стеновитих блокова који угрожавају безбедно одвијање саобраћаја.

У хидрогеолошком смислу кречњаци, према структури порозности и општој водопрпусности представља водопрпусну средину, хидрогеолошки колектор са пукотинско - кавернозном порозношћу. Захваљујући томе, површинске воде се релативно брзо инфилтрационо процјеђују у дубље дијелове стенског масива, а затим гравитационо отичу према локалном ерозионом базису. У току картирања нигдје нису констатоване појаве извирања подземних вода.

Доломити и доломитични кречњаци, јављају се заједно са кречњацима. На подручју Коњица и делимично поред Јабланичког језера, а затим код Прењских Врата, у долини реке Неретве, доломити су беле до светлосиве боје, интензивно тектонизирани, блоковски издељени и у највећој мери грусирани, односно претворени у песковиту фракцију, доломитски грус или пржину. Доломити имају слојевиту до масивну текстуру и кристаласту, сахароидну структуру, али због интензивне тектонизираности и распаднутости, елементи склопа се тешко уочавају. У свежијим партијама присутна је блоковска издељеност стенске масе пукотинама различитог генетског порекла и просторне оријентације. На основи извршених мерења, највећу учесталост појављивања имају пукотине са Еп. 8/62, 118/64, 290/80 и 210/86. Најнеповољније су пукотине са ЕП. 210/86 (пад према путу), јер се дуж овог система и пукотина са Еп. 150/60 и 96/60, врши најчешће откидање и одроњавање камених блокова на пут. Физичко - механичка својства, доломита су врло повољна, мада су она значајно девалвирана процесима распадања и варирају у широким границама. Блокови стенске масе у површинским условима налазе се у лабилном стању, услед чега под утицајем кишних оборина, мразног бубрења, или бубрења глиновите материје у испуни пукотина, долази до појаве честог одроњавања, сталног осипања и ерозионог спирања груса и ситнозрне камене дробине. У вишим дијеловима падина изнад засека, терен је стабилан.

У хидрогеолошком смислу доломитски грус према структури порозности и општој водопрпусности представљају водопрпусне средине са интергрануларном порозношћу, док свеже партије стене, у слабопрпусне средине са пукотинском порозношћу. С обзиром на карактер и степен површинске распаднутости субстрата, за вријеме кишних оборина врло је наглашена плувијална, линијска и површинска ерозија при чему се врши значајно разарања и одношење површинског слоја. У комбинацији са ерозионим, јављају се и процеси осипања и повремених обрушавања каменитог материјала.

### 3. САНАЦИОНЕ МЕРЕ

При изградњи магистралног пута, у току извођења радова на пробијању трасе, очито није вођено рачуна о степену испуцалости и распаднутости стенских маса, па су косине усека и засека биле *субвертикалне или њој најибом 5:1 до 10:1*. Услед тога на овом путном правцу, нарочито после обилнијих обора долазило је до застоја у саобраћају због неконтролисаног откидања и одроњавања стенстеновитог материјала на коловозну конструкцију. У последње време те су појаве све учесталије због чега се приступило озбиљнијем решавању овог проблема.

На бази резултата изведених истраживања урађени су главни пројекти санације за сваку локацију појединачно при чему су предложене следеће санионе мере:

- Израда потпорних конструкција или габионских зидова у циљу обезбеђења стабилности косина усека и засека и заустављања покренутог материјала код активних осулина и ерозионог спирања материјала.
- Код интензивно испуцалих стенских масива примењено је покривање засека и усека челичним мрежама у комбинацији са торкретирањем.
- Врло често је примењено ублажавање нагиба косина усека и засека.
- надвишавање постојећих потпорних и габионских зидова ради спречавања гравитационог премештања каменог материјала на пут.
- У испуцалим стенским масама, у засецима и изнад њих извршено је каваче лабилних блокова.
- Постављање заштитних челичних мрежа преко засеченог дела падине са затегама ради спречавања акумулирања одроњеног дробинског материјал на пут.
- Код јако високих засека извршена је израда берми на половини засека ради заустављања распаднутог материјала.
- Чишћења акумулираног материјала иза постојећих зидова.

#### РЕФЕРЕНЦЕ:

1. Основни геолошки лист Сарајево, 1 : 100.000, са пратећим Тумачем
2. Основни геолошки лист Прозор, 1 : 100.000, са пратећим Тумачем
3. Основни геолошки лист Мостар, 1 : 100.000, са пратећим Тумачем
4. Елаборати о изведеним инжењерскогеолошким и геотехничким истраживањима на магистралном путу Сарајево - Мостар, Сопех, Мостар 2003 – 2004 год.