

Zaštita kosina autoceste Zagreb – Macelj

Darko Štefanac, Bogdan Stanić & Nikola Popović
IGH, Zagreb

SAŽETAK: Pored sistematske zaštite kosina definirane izvedbenim projektima, na usjecima globalno stabilnih nagiba provodi se zaštita kosina od lokalnih utjecaja. Ovaj tip zaštite osigurava lokalnu stabilnost kosine, ali, dugotrajno gledano, sprječava mogućnost pojave problema stabilnosti u globalnom smislu. Zaštita se definira neposredno na terenu, uz suradnju nadzorne ekipe i projektanta. Osim prikaza primijenjenih zaštita od lokalnih utjecaja, definirana je i procedura provođenja zaštite. Izloženi su neki od problema pri definiranju zaštite, te su prikazane neke specifičnosti zaštite od lokalnih utjecaja autoceste Zagreb-Macelj.

Ključne riječi: zaštita kosina, lokalni utjecaji

ABSTRACT: Beside systematic slope protection defined through detailed designs, at cuts designed in globally stable inclination, slope protection against local influences is being applied. This type of protection ensures the local stability of the slope, and, in long-term meaning, prevents the possibility for development of instabilities in global scale. Protection is being defined directly on the site, for which the cooperation of supervision team and the designer is crucial. An overview of slope protection measures against local influences is given, as well as the procedure of slope protection definition along with several problems which may appear during that process. Some specific examples in slope protection against local influences on motorway Zagreb-Macelj are presented.

Key words: slope protection, local influences

1 UVOD

Trasa autoceste Zagreb-Macelj u svom sjevernom dijelu, od Krapine do Macelja, prolazi kroz vrlo složene geomorfološke, inženjerskogeološke, hidrogeološke te geomehaničke uvjete. Posljedica tih uvjeta je, pored potrebe za brojnim tunelima i objektima (mostovi, vijadukti), projektiranje velikog broja geotehničkih konstrukcija i geotehničkih zahvata.

U sklopu geotehničkih zahvata na trasi se pojavljuje značajan broj usjeka, visine često veće od 30 m. Njihova zaštita određena je geotehničkim projektima.

Izvedbenim geotehničkim projektima definirane su sistematske mjere zaštite pojedinih usjeka, dok se na ostalim, globalno stabilnim lokacijama, provode zaštite kosina od lokalnih utjecaja. Te zaštite određuju se neposredno na terenu, u fazi izvođenja radova, apliciranjem projektno definiranih tipskih rješenja putem geotehničkog nadzora uz suradnju s projektantom.

Provođenje efikasne zaštite kosina od lokalnih utjecaja prvenstveno osigurava lokalnu stabilnost usjeka, no dugotrajno gledano ona sprječava nastanak i širenje nestabilnosti koje mogu dovesti do pojave problema na globalnoj razini.

2 ZAŠTITA USJEKA OD LOKALNIH UTJECAJA

Zaštita usjeka od lokalnih utjecaja podrazumijeva zaštitu usjeka čija je globalna stabilnost osigurana izvođenjem globalno stabilnog nagiba. Ona je dio geotehničkih zahvata koji se izvode na temelju tipskih rješenja iz glavnog projekta. Specifičnosti i detalji nužni za uspješno provođenje ovih zahvata propisani su u okviru "Posebnih tehničkih uvjeta" glavnog projekta.

Posebni geotehnički uvjeti rješavaju se uz učešće geotehničara u fazi izvođenja, kroz II fazu projektiranja.

Iako se kosine usjeka globalno projektiraju u stabilnim nagibima, do potrebe za definiranjem zaštite usjeka od lokalnih utjecaja dolazi zbog mogućih širokih rasjednih zona, slučajnih pukotina, podložnosti materijala atmosferskih utjecajima itd. Obzirom na spomenutu složenost inženjerskogeoloških, hidrogeoloških te geomehaničkih uvjeta trase, bitno je kontinuirano provođenje ove zaštite tijekom izvođenja radova kako se lokalne potrebe zaštite ne bi reflektirale na globalnu razinu.

2.1 Tipovi zaštite

U cilju provođenja zaštite kosina od lokalnih utjecaja projektom se predviđaju slijedeći tipovi zaštite:

- zaštita kosina postavljanjem mreža za zaštitu od odrona;
- zaštita kosina mlaznim betonom;
- zaštita kosina mlaznim betonom, armaturnom mrežom i štapnim sidrima;

te modifikacije ovih tipova zaštite drugim materijalima (geomreže, geokompoziti, mreže protiv odrona pojačane sajlama), kao i mjere zaštite kosina predviđene općim tehničkim uvjetima (dreniranje tla bušenim i kopanim drenovima, kaptiranje izvorišnih zona, kamene zamjene, zidovi od lomljenog kamena, zidovi u cementnom mortu...)

Zaštita kosina postavljanjem mreža za zaštitu od odrona je uobičajena sistematska zaštita kosina u stijeni, koja sprječava padanja sitnog kamenja na prometnicu jer uslijed atmosferskih utjecaja, a pogotovo zbog ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja, s vremenom neminovno dolazi do fragmentiranja stijene na kosini. Mreže za zaštitu od odrona postavljaju se od vrha kosine s učvršćenjem na donjem kraju utezima od betona ili sidrima, ovisno da li zaštita dolazi do dna usjeka ili ne. Određivanje pozicija ovog tipa zaštite obavlja se nakon iskopa usjeka.

Na mjestima gdje se procjenjuje da će fragmentacija materijala biti presitna za ostajanje ispod mreža predviđena je lokalna primjena zaštite kosina mlaznim betonom, uz upotrebu mreža za zaštitu od odrona, preko kojih se nanosi zaštitni sloj od mlaznog betona debljine 3-5 cm. Kako se pojedini radovi na izvođenju ove zaštite otežano izvode na većim visinama etaža usjeka (na-

nošenje mlaznog betona), određivanje pozicija te izvođenje ovog tipa zaštite obavlja se tijekom iskopa i nakon iskopa usjeka.

Na mjestima gdje se u toku građenja uoči pojava labilnih blokova čije bi ispadanje poremetilo geometriju kosine ili ugrozilo sigurnost prometnice u funkciji, provodi se zaštita kosina mlaznim betonom, armaturnom mrežom i štapnim sidrima. Određivanje pozicija ovog tipa zaštite obavlja se tokom iskopa usjeka, putem projektantskog geotehničkog nadzora. Ovisno o veličini labilnih blokova i širini rasjednih zona primjenjuju se podtipovi zaštite s razlikama u duljini i rasteru sidara te debljini mlaznog betona.

Zaštite koje uključuju primjenu mlaznog betona obavezno sadržavaju i procjednice čija duljina i raster se određuju ovisno u uvjetima na terenu (vrsta materijala kosine, zone vlaženja...).

Da bi se na terenu odredio potreban tip zaštite usjeka, nužno je osigurati suradnju članova geotehničkog nadzornog tima, prvenstveno geotehničara i geologa, te projektantskog geotehničkog nadzora.

2.2 *Procedura provođenja zaštite tijekom izvođenja*

U cilju izvođenja sigurnih i racionalnih konstrukcija, kod radova koji se izvode fazno, provode se kontinuirana kartiranja te mjerenja tijekom radova odnosno po završetku pojedine faze. Na taj način, a uključenjem projektanta u cijeli proces, moguće je provoditi modifikacije rješenja te korigirati daljnje fazno izvođenje radova. Uzevši u obzir složenost geotehničkih uvjeta u kojima se provode geotehnički zahvati na trasi, uključivanje projektanta u proces II faze projektiranja ostvareno je putem tjednih sastanaka.

Preduvjet za kontrolirano i uspješno izvođenje geotehničkih konstrukcija, a time i uspješno provođenje II faze projektiranja, postojanje je specijalističke nadzorne ekipe (inženjerski geolog, kontrola miniranja, geotehničar) koja na temelju podataka dostavljenih od Izvođača vrši provjeru te verifikaciju istih, i u suradnji s projektantom definira zaštitu kosine.

Te aktivnosti Nadzorne službe obuhvaćaju preuzimanje geodetske snimke od Izvoditelja nakon obavljenog iskopa radne etaže, te provjeru izvedene geometrije kosine. Nakon toga vrši se kontrola provedenog geološkog kartiranja izvedenog iskopa, što je dokumentirano u geološkom izvještaju s prikazom geoloških elemenata bitnih za stabilnost kosine – te se isti uspoređuju sa stanjem pretpostavljenim u projektu. Pripremljene podloge o uvjetima u tlu projektno se prate na poprečnim profilima i pogledu. Na tim podlogama definira se rješenje zaštite koje se, uz suglasnost i/ili intervenciju projektanta geotehničara predaje Izvoditelju.

2.3 *Neki od problema koji se pojavljuju pri definiranju zaštite*

Problemi koji se javljaju tijekom izvođenja, a direktno utječu na zaštitu kosina mogu se vezati uz izvođača, vremenske prilike te geološko-mehaničke karakteristike materijala. Sve te utjecaje potrebno je razmotriti i uzeti u obzir prilikom planiranja i nadziranja radova, jer je njihova međusobna interakcija bitna za uspješno provođenje zaštite kosina.

Kako je proteklih godina veći dio cestogradnje bio vezan uz kraška područja, primjećuje se nedostatak iskustva kod Izvođača u radu sa materijalima podložnim atmosferskim utjecajima ili promjenama u hidrološkim uvjetima gradilišta. To se uglavnom očituje u nedovoljnoj ili neadekvatnoj pripremi i planiranju radova, ali i tijekom izvođenja radova.

Bitan faktor predstavlja i nedovoljna stručna osposobljenost izvođača, te zanemarivanje pravila struke radi kratkih rokova.

Učestala je „maskiranost kosine“ uslijed iskopa što povlači nemogućnost utvrđivanja karakteristika strukturnog sklopa a time i otežanu definiciju potrebnog tipa zaštite. Osim maskiranosti strukturnog sklopa iskopom, u površinskim zonama on nije niti prisutan. Ukoliko su prilike dozvoljavale, takve površinske zone rješavane su ublažavanjem gornjeg dijela usjeka te apliciranjem adekvatne zaštite ukoliko je to bilo potrebno – ovisno o izvedenom stupnju ublažavanja.

Zone izvora i procjeđivanja podzemne vode na površinu usjeka predstavljaju problem koji se često javlja na kontaktnim zonama materijala, kao i na kontaktima površinske trošne zone i stijene podloge.

Materijali na usjecima trase uglavnom su podložni erodiranju – pjeskoviti prahovi, siltitilapori, maceljski pješčenjaci različitih stupnjeva vezanosti. Iz tih razloga, nužna je primjena kontroliranog prikupljanja procjedne vode te njena evakuacija iz površinske zone kosine. Ovis-

no o lokalnim uvjetima, to se postiže ili ugradnjom bušenih procjednica na kosini, ili izradom kamenih zamjena – kopanih drenova. Složenost hidrološko-inženjerskogeoloških karakteristika ovog područja otežava definiranje tih pozicija obzirom da se tijekom nepovoljnog vremenskog perioda situacija na usjeku znala višestruko promijeniti u smislu položaja izvorišnih zona te zona procjeđivanja i vlaženja.

Površinske trošne zone nerijetko dostižu i 4-5 m debljine, dok je sam pripovršinski sloj potpuno rastrošen. U slučaju kada prilike na terenu nisu dozvoljavale primjenu osnovne mjere – ublažavanja kosina – mjestimično je primijenjena kombinirana zaštita mac-mat mrežama (trošna zona) te zaštita mrežama protiv odrona u nastavku kosine (slika1).



Slika 1. Kombinirana zaštita usjeka

Zaštita mlaznim betonom česta je na kosinama usjeka koji su stabilni u projektom nagibu (uglavnom 2:1) ali su materijali vrlo podložni vremenskim utjecajima, pri čemu, naročito uslijed ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja, dolazi do jakog fragmentiranja stijene na kosini te u rubnim zonama do erodiranje kosine uslijed oborinskih voda. Također, pojave područja sa izrazito fragmentiranim ili slabo vezanim materijalom nisu rijetkost. (Slika 2)

Rubnim zonama usjeka potrebno je posvetiti naročitu pažnju jer obzirom na složene geomorfološke karakteristike područja (strme padine, učestala stara klizišta te mjestimično debele naslage koherentnih materijala) moguća su intenzivna oštećenja u tim područjima ukoliko nisu adekvatno zaštićena.

Nepovoljni vremenski uvjeti u kojima tempo gradilišta diktira potrebu nastavljanja radova također su razlog za intervenciju geotehničara. Moguća je potreba primjene privremenih zaštita na kosinama (pokrivanje plastičnim folijama) kako bi se spriječile moguće štete do trenutka izvođenja predviđene zaštite, ili npr. definiranje iskopa s dužinskim ograničenjima – u kampadama.



Slika 2. Gotovo nevezan materijal u iskopu na kosini usjeka

Loši vremenski periodi znatno mogu utjecati na efikasnost izvođenja zaštite iskopanog usjeka. U materijalima loših karakteristika, nužno je ostvariti zaštitu kosina neposredno nakon iskopa. U slučaju dužeg perioda lošeg vremena nakon provedenog iskopa usjeka, nemogućnost provođenja zaštite (a ovisno je i o planiranju radova od strane izvođača) – može dovesti do oštećenja kosine (slika 3).



Slika 3. Oštećenja kosine izazvana nepravovremenim izvođenjem zaštite

Također, za efikasnu trajnu zaštitu kosina usjeka od lokalnih utjecaja nužno je i projektiranje obodnih kanala, obzirom da je osim veličina slivnih područja bitan i utjecaj materijala kosine tj. njegova podložnost erodiranju uslijed oborinskih voda.

3 PROVJERA USPJEŠNOSTI PREDVIĐENIH GEOTEHNIČKIH ZAHVATA

Provjera uspješnosti predviđenih geotehničkih zahvata dijelom je obuhvaćena s već spomenutom pripremom podataka koja se provodi kroz proceduru definiranja zaštite prilikom izvođenja usjeka, dok se dio provjere uspješnosti svodi na aktivnosti tijekom ili nakon izvođenja zaštite.

Kako bi se provjerila uspješnost predviđenih geotehničkih zahvata u sklopu zaštite kosina od lokalnih utjecaja, provode se slijedeće aktivnosti:

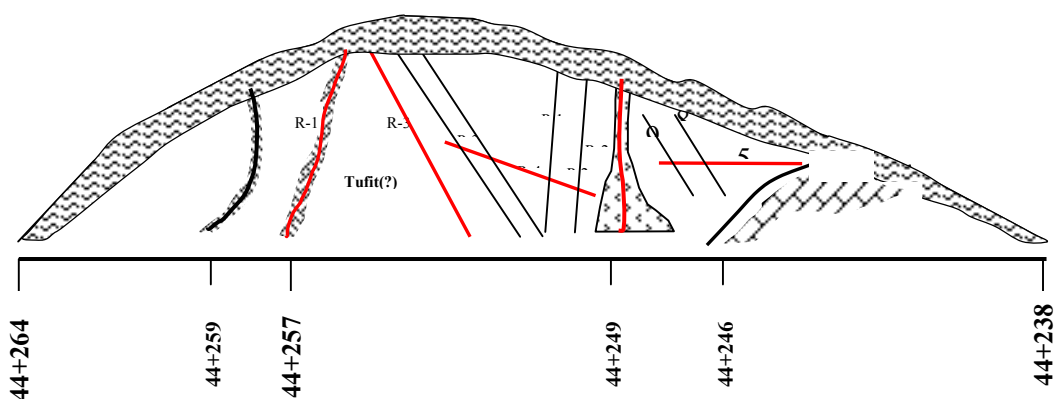
- IG kartiranje iskopa s geotehničkim opisom stijenske mase - ustanovljavanje stanja stijenske mase na kosini nakon završenog iskopa svake od radnih etaža
- Mjerenje prostornih pomaka repernih točaka na kosini geodetskim metodama (po potrebi)
- verifikacija projektnog rješenja te prema potrebi definiranje dopunskih mjera stabilizacije usjeka – obavlja se u okviru projektantskog geotehničkog nadzora na temelju analize informacija prikupljenih od strane nadzorne ekipe.
- Kontrola kvalitete pojedinih elemenata osiguranja (mlazni beton, armaturne mreže, štapa sidra).

Za provođenje navedenih aktivnosti u sklopu provjere uspješnosti predviđenih geotehničkih zahvata potrebno je uključiti većinu sudionika građevnog projekta, od projektanta, preko nadzorne službe pa do izvođača.

4 REALIZACIJA PROVOĐENJA ZAŠTITE

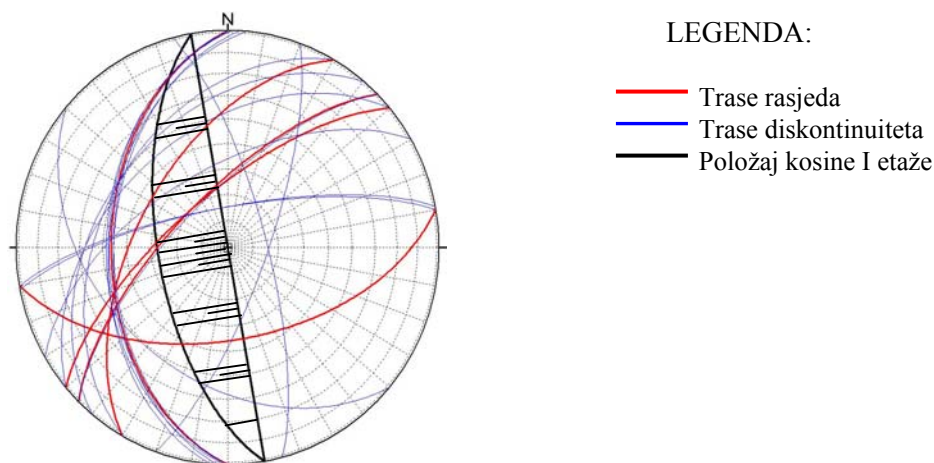
Pri geološkom kartiranju usjeka potrebno je definirati te prikazati kompletnu inženjerskogeološku situaciju izvedene kosine na adekvatan način. U nastavku je primjer geoloških kartiranja. Njihov prikaz je na pogledu etaže, sa označenim bitnim elementima, opisom zatečenog materijala te pregledom diskontinuiteta u strukturnom dijagramu za stijensku masu usjeka. Vidljiva je složenost geološke građe gdje je samo u zoni kosine duljine cca 25 m geološkom prospekcijom definirana podjela na 3 različite zone te je utvrđeno 5 rasjeda odnosno rasjednih zona.

„Straža jug – etaža I - Geološkom prospekcijom konstatirana je intenzivna tektonizacija lito-loški heterogene stijenske mase zastupljene najvećim dijelom tufitom svijetle sivozelenkaste boje i vapnencom, vjerojatno silicificiranim (?), tamnosive boje. Zbog jake tektonike intenzivno je raspucan kratkim pukotinama zijeva >10mm, koje su ispunjene pjeskovitim prahom i pijeskom uslijed čega su blokovi i fragmenti osnovne stijene mjestimično slabo povezani. Stijenska masa I etaže podijeljena je u 3 bloka (od I do III) različitih inženjerskogeoloških značajki...“ (Ženko, 2005.)



Slika 4. Pogled na etažu usjeka sa prikazom geološke prospekcije

Točkasti podaci o diskontinuitetima prikazani su dijagramom trasa diskontinuiteta



Slika 5. Dijagram trasa diskontinuiteta (Ženko, 2005.)

Usjek „Straža sjever“ primjer je usjeka gdje je uslijed složenosti geološke građe terena te utvrđene razlike u stanju stijenske mase u iskopu spram prognoziranog stanja putem uključivanja projektantskog nadzora u definiranje zaštite usjeka redefiniran nagib etaža, te su kao posljedica stanja na terenu ublažene sve etaža usjeka. U nastavku slijedi dio opisa zatečene stijenske mase.



Slika 6. Izgled stijenske mase, usjek „Straža sjever“

„Geološkom prospekcijom konstatirana je vrlo jaka tektonizacija litološki relativno homogene stijenske mase - vapnenca. Osnovnu stijensku masu izgrađuje izuzetno tektonizirani kristalinični vapnenac a intenzivnom tektonikom, i procesima trošenja, stijena je dezintegrirana do te mjere da nije moguće izdvojiti pukotinske sustave i slojevitost. Fragmenti i manji blokovi stijene u potpu-

nosti su međusobno odvojeni pijeskom, prahom a mjestimično i glinom smeđe boje. Stijena se lako kopa čekićem - vade se fragmenti, koji su pojedinačno vrlo čvrsti. Prisutne su pukotine zijeva i većeg od 1 cm.“ (Ženko, 2005.)

Na usjecima sa učestalim izmjenama materijala pretežito loših karakteristika, uz koje su vezane i izvorišne zone, a obzirom na projektne nagibe od 2:1, pojavljuje se potreba primjene zaštite kosine od lokalnih utjecaja sidrima, armaturnim mrežama i mlaznim betonom (Slika 7).



Slika 7. Zaštita kosine sidrima, mrežama i mlaznim betonom, u fazi izvođenja

U izvorišnim zonama na kosini, te u područjima intenzivnog vlaženja radi procjeđivanja podzemnih voda, izvedene su kamene zamjene radi stabilizacije kosine i/ili kaptiranja podzemnih voda.



Slika 8. Kamena zamjena u zoni vlaženja kosine

U uvjetima kada to prilike dozvoljavaju, zaštitu je moguće provoditi i po završetku iskopa usjeka, što zahtjeva specijalnu opremu od izvođača. Iako teže za izvođenje, dinamika gradilišta ponekad opravdava zahtjeve za ovakvim provođenjem zaštite.



Slika 9. Izvođenje zaštite kosine sidrima na nepristupačnim zonama usjeka

Zaključak

Zaštita kosina od lokalnih utjecaja, iako po definiciji ostvaruje lokalnu stabilnost, bitna je u smislu sprječavanja širenja nestabilnosti na globalnu razinu a time i osiguranja trajne stabilnosti usjeka.

Tijekom izvođenja projektiranih tehničkih zahvata često nastupaju okolnosti koje pri projektiranju nisu bile poznate ili predvidive. U takvim slučajevima, odluke je potrebno donositi na licu mjesta i u kratkom vremenskom periodu. Kako bi se uspješno ostvarila projektom predviđena zaštita, radi toga je tijekom izvođenja radova potreban kontinuiran nadzor na gradilištu, što osim potrebnih intervencija podrazumijeva i neposrednu suradnju s projektantom. Uključivanjem projektanta u proces definiranja zaštite na terenu ostvaruje se bolja interakcija projektiranje – izvođenje u cilju postizanja efikasne, optimalne zaštite.

Prilikom definiranja zaštite usjeka i nadziranja radova na izvođenju potrebno je razmotriti te uzeti u obzir sve utjecaje - izvođača, vremenske prilike – hidrološke karakteristike područja te geološko-mehaničke karakteristike materijala, jer je njihova međusobna interakcija bitna za uspješno provođenje zaštite kosina.

LITERATURA

- Stanić, B., 2000. Autocesta: Zagreb – Macelj, dionica: Krapina – Macelj, Geotehnički projekt, trasa od 41+668,15 do km 51+849,57, knjiga 6225/49/1.5 dio 1.5.1., IGH Zagreb, Zavod za geotehniku, studeni 2000.
- Stanić, B., 2000. Autocesta: Zagreb – Macelj, dionica: Krapina – Macelj, Geotehnički projekt, trasa od 41+668,15 do km 51+849,57, knjiga 6225/49/1.5 dio 1.5.2., IGH Zagreb, Zavod za geotehniku, studeni 2000.
- Ženko, T., 2005. Izvještaj o geološkoj prospekciji zasjeka “Straža jug” stacionaža 44+210-44+272, I i II etaža, IGH Zagreb, siječanj 2005.
- Ženko, T., 2005. Izvještaj o geološkoj prospekciji zasjeka “Straža sjever” stacionaža 44+479-44+560, I etaža, IGH Zagreb, siječanj 2005.