

**АНАЛИЗА ТРОШКОВА И ВРЕМЕНА И МЈЕРЕ ЗАШТИТЕ ПРИ САНАЦИЈИ  
КЛИЗИШТА****COST AND TIME ANALYSIS AND PROTECTION MEASURES DURING LANDSLIDE  
REHABILITATION**

Биљана Маријановић, Владимир Мученски, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Један од основних елемената управљања пројектима јесте адекватна анализа трошкова и одређивање временског плана пројекта, узимајући у обзир да неадекватна анализа може негативно да утиче на успјешност реализације пројекта тако што неће бити остварен у задатом временском року, са одређеним квалитетом или у планираном буџету. Инфраструктурни пројекти у републици Њемачкој врше се на основу захтјева и услова инвеститора па је веома важно остварити квалитетно управљање пројектом, с обзиром да се ради о трошењу јавних финансијских средстава и о пројектима који имају значајну улогу у обезбјеђивању неометаног одвијања саобраћаја, животне средине и друштва.

**Кључне речи:** *Клизиште, санација клизишта, стабилизација тла, анкери, инфраструктурни пројекти.*

**Abstract** – *One of the basic elements of project management is an adequate analysis of costs and the determination of the project schedule, taking into account that an inadequate analysis can negatively affect the success of the project's implementation, as it will not be completed within the given time frame, with a certain quality or within the planned budget. Infrastructure projects in the Republic of Germany are carried out based on the requirements and conditions of investors, so it is very important to achieve quality project management, considering that it is about spending public financial resources and about projects that have a significant role in ensuring the smooth development of traffic, the environment and society.*

**Keywords:** *Landslides, Landslide rehabilitation, land stabilization, anchor, infrastructure projects.*

**1. УВОД**

Предмет овог мастер рада јесте анализа управљања пројектима који се баве заштитом косина од одроњавања. Дат је класични приједлог санација као и грађевинска механизација потребна да се овакви пројекти изведу на терену. Акцент је такође стављен на мјере заштите на раду приликом извођења радова на висинама.

**НАПОМЕНА:**

**Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драго Жарковић, доцент.**

Кроз читаву анализу рада могло се уочити да су кључне тачке у реализацији оваквих врста пројеката добра процјена адекватне заштите, логистика као и услови терена који диктирају брзину извођења радова као и адекватну механизацију. Оно што је карактеристично код оваквих пројеката јесте да је инвеститор скоро па увијек државни орган и да се у циљу безбједности људи на путевима или насељеном простору посвећује посебна пажња.

**2. МЕХАНИЗМИ ОДВАЈАЊА И ОТКАЗИВАЊА  
СТИЈЕНСКИХ МАСА**

Масовна кретања у суштини представљају самопомјерање чврсте или лабаве стјене низ падину, које се састоји од различитих механизма одвајања и кретања приказаних на сликама 1. и 2.

**3. ОКИДАЧИ МАСОВНИХ СТИЈЕНСКИХ  
ПОКРЕТАЊА**

Најважнији покретачи за масовна стијенска покретања су:

- Промјене у геометрији нагиба

Геометрије нагиба могу се мијењати и природним и антропогеним процесима. Природни процеси у којима долази до промјене геометрије падине узроковани су ерозијом стијена кроз водотоке.

- Повећања оптерећење

У чврстој стијени, силе смицања које се могу апсорбовати могу бити прекорачене додатним оптерећењима. У растреситим стијенама брза примјена оптерећења доводи до повећања притиска воде у порама, што такође доводи до смањења чврстоће на смицање.

- Ударци и вибрације

Удари и вибрације могу бити природног или антропогеног порјекла. Они су узроковани земљотресима, минирањем, саобраћајем, машинама и грађевинским радовима и могу имати вишеструки утицај на равнотежу сила на падини.

- Падавине, планинске и подземне воде

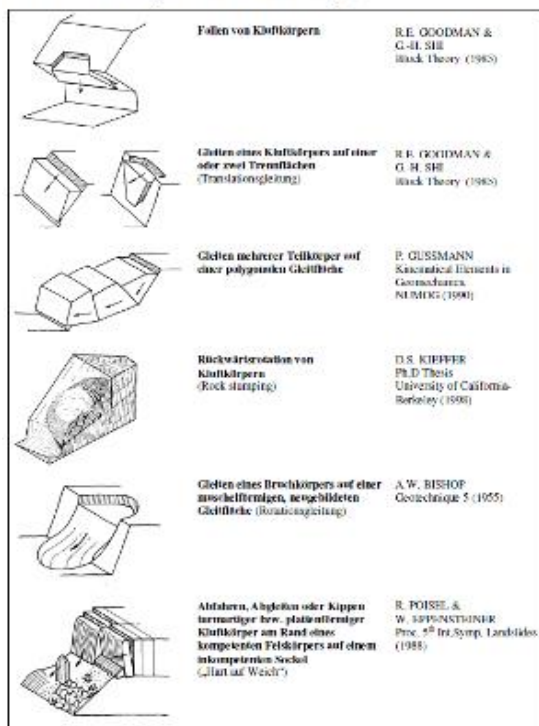
Вода је један од најчешћих фактора који изазивају масовна кретања. Продором у пукотине и поре, падавине и отопљене воде утичу и на ниво планинске воде у чврстој стијени и на ниво подземне воде у растреситим стенама. Као што се показало, брзо топљење снега и падавине у периодима када нема вегетације негативно утичу на стабилност падине.

Због смањења кохезије, вода у порама доводи до смањења отпора на смицање између компоненти материјала. Додатна оптерећења као и брзе промјене у

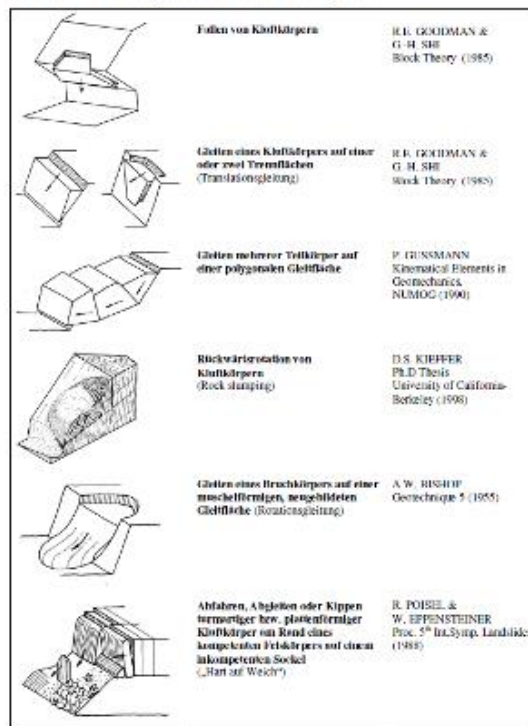
равнотежи воде или вибрације такође могу довести до повећаног притиска воде у порамма, што додатно смањује отпорност на смицање.

Ако материјал протиче, додатне силе отпора делују на компоненте, које додатно смањују стабилност.

2.1 Ablöse- und Versagensmechanismen im Festgestein



2.1 Ablöse- und Versagensmechanismen im Festgestein

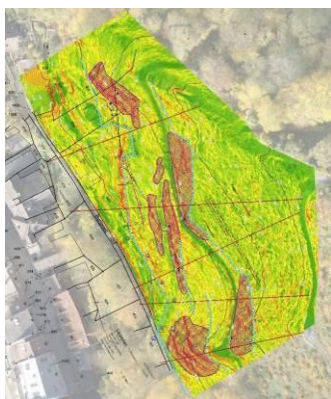


Слика 1 и 2: Механички модели механизма одроњавања са стијенских настипа

#### 4. ГЕОЛОШКА ИСПИТИВАЊА И ОДРЕЂИВАЊЕ СИГУРНОСНОГ КОНЦЕПТА

Ради лакшег и ефикаснијег планирања мјера заштите, прво се креће од прикупљања података из геолошких подлога (мапа) за то подручје.

Одмах након тога се врши испитивање тла (стијене) на лицу мјеста који омогућава геологу да изврши анализу стијенске масе како би се накнадно симулативно софтверским путем могло да процијени покретање и обрушавање најкритичнијих дијелова стијена.



Слика 3: 3Д топографски модел терена

На основу топографске карте (приказаној горе на слици), као и резултата које је геолог сакупио на терену у којима добија податке о структурним особинама стјенске масе, тј. о геолошким попречним

пресецима од којих су сачињене, ради се анализа у софтверском програму DIPS који графички показује у облику кугле могуће углове заклапања слојева од којих је стијенска маса сачињена.

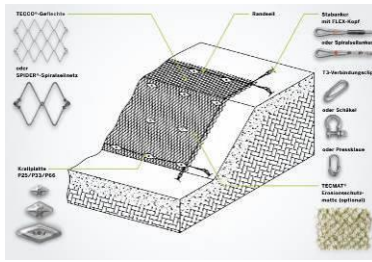
Након тога, уз помоћ софтверског програма „Rockfall“ вршимо симулације могућих исклизавања и обрушавања маса у облику блокова стијена на основу којих се даје приједлог коју врсту конструкције ћемо да изаберемо као мјеру заштите.

#### 5. СИСТЕМИ ЗАШТИТЕ ЗА СТАБИЛИЗАЦИЈУ ТЛА

Постоји више могућих начина стабилизације тла. У склопу овог пројекта коришћен је систем ТЕССО који производи фирма Geobrugg из Швајцарске.

Оно што сачињава један ТЕССО систем јесте (Слика 9):

- Мрежа која налијеже на косину
- Опционално ерозивна мата (за слабо везана тла тј. нестјеновита тла)
- Крајње ободне сајле које држе мрежу
- Анкери (Сидра) за које је сајла причвршћена за тло
- Ромбоидне плате које долазе на главу анкера које у унутрашњости држе мрежу фиксном
- Пратећи елементи за повезивање



Слика 4: *TECCO систем заштите*

Сидра (анкери) су преднапрегнута ужад или штапни елементи који могу пренијети велика оптерећења и минимизирати хоризонталне деформације.

За подјелу система анкера, посебно је корисна разлика према врсти употребе привремених анкера (на примјер за зидове јаме за ископавање) и трајних анкера (на примјер за потпорне зидове).

Постоје два система сидрења доступна широм света:

- преднапрегнута сидра од нити и
- штапни анкери

Сидра са нитима се састоје од неколико нити (обично између 3 и 15 комада). Сидра од шипке се састоје од чврстих челичних шипки са намотаним бесконачним навојем пречника између 18 и 63 мм. Предности анкера са нитима су у томе што се посебно лако постављају у веома дубоке рупе за сидрење због флексибилности нити и флексибилности у погледу промјенљивих дужина анкера.

Такође је погодан за уградњу у скученим условима. Шипке се обично накнадно ињектирају цементним малтером или се, након што се бушотина напуни цементним малтером, утискује ротационом ударном бушилицом.



Слика 5: *Анкер и такозвани „самобушени“ анкер [3]*

Друга врста анкера који се користи у специјалној нискоградњи јесу такозвани микрошпиви „TITAN“ њемачке фирме „Ischebeck“ приказани на слици десно. Као што се на слици види, ради се о анкерима којима је носиви елемент челична цијев са профилем, која подједнако служи као трајна бушилица, ињекциона цијев и шипка за ојачање.

Дакле, овакав профил (отвор) у цијеви омогућава једноставну суспензију цементне масе без да се претходно урадило додатно бушење. То нам указује на прву предност овога система јер се кораци и временски период приликом трајања бушења штеде.

## 6. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗВОЂЕЊА РАДОВА САНАЦИЈЕ КЛИЗИШТА

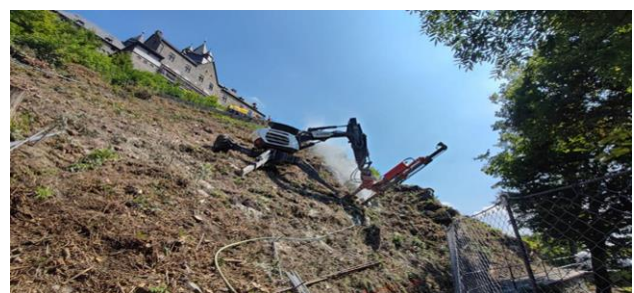
Сидра се углавном уграђују помоћу двије различите методе рада:

Помоћу опреме за ручно бушење: због стрмине терена, често је случај да се сидра морају поставити помоћу опреме за ручно бушење. Овај начин уградње је веома физички и временски захтјеван. Велика предност је што због мале тежине уређаја не долази до оштећења масе која се налази испод уређаја. У овом случају се користе покретне лафете које функционишу на пнеуматски или хидраулички систем рада.

Машинским путем - као на примјер ходајући багер са опремом за бушење (Слика 18). Уколико услови терена на градилишту то дозвољавају, темељна сидра на планинској страни се уграђују багером за бушење. Овде се могу постићи релативно велики дневни резултати и на тај начин се може покрити знатно већа површина у истом временском периоду. Проблем са овим начином рада је што ови ходајући багери са опремом за бушење имају радну тежину од 8-12 тона и стога се не може избјећи оштећење тла у пројектном подручју.

У склопу овог пројекта, санације тврђаве „Алтена“ коришћени су различити системи за бушење. Наиме, у дијеловима терена у коме је приступ паук багера био могућ, уз лафете различитих произвођача као што су „Lumesa“, „Böhler“, „Morath“ вршено је машинско бушење стијенске масе, као припрема за уградњу геотехничких сидара.

Под нормалним условима багер паук може да буде у функцији уколико нагиб терена није већи од 45°. Уколико је терен неприступачан, као што је случај овдје био, коришћени су преносиви уређаји за мобилну употребу од фирме „Lumesa“ као и „Morath“ са носећим лафетама за бушење.



Слика 6: *Машинска опрема за бушење*

## 7. УПРАВЉАЊЕ ГРАЂЕВИНСКИМ ПРОЈЕКТОМ

Реализација грађевинских пројеката представља редослијед остваривања сложеног скупа активности од стране учесника у тој реализацији, при чему се као учесници у пројекту наводе: инвеститор, консултант, пројектант, извођач радова, стручни надзор и утицајне организације.



У склопу овог пројекта инвеститор је уједно и један од државних органа, тј. покрајински секретаријат „Märkischer Kreis“.

80% пројекта је инвестирао покрајински секретаријат док је остатак, 20% преузела њемачка компанија „Телеком“ с обзиром да граничи територијом која је била обухваћена пројектом за заштиту од могућег обрушавања.

Пројектант на конкретном пројекту је била фирма „Ahlenberg Ingenieure GmbH“ која је урадила геолошке анализе, предмјере као и статичке прорачуне и извођачке планове система заштите. Извођач радова била је фирма „Салмен“ која је сертификована за све радове из области специјалне нискоградње.

Стручни надзор је, уговором дефинисаним са оба инвеститора, предвиђено да обавља пројектантска фирма.

### 7.1. Одређивање временског плана

Гантограм је уобичајен алат за графичко приказивање информација о временском плану пројекта.

У склопу овог пројекта одрађен је временски план за двије фазе рада. Прва фаза односи се на извођење заштите у доњем дијелу косина како би се створила адекватна заштита радника за извођење друге фазе заштите.

Прва фаза заштите косина трајала је укупно 61 дан, од чега је најдуже трајало постављање и уградња заштитне ограде која је послје имала улогу заштите радника у другој фази и трајала је 48 дана. Логичан исход је да је наведена активност трајала дуго због отежаних услова рада, тј. комплетно бушење и уградња је обављена ручно без машинских уређаја.

Друга, односно главна фаза уградње заштите трајала је укупно 220 дана од чега је најдуже трајала уградња мреже за заштиту косина са свим пропратним елементима (бушење, уградња, пресовање анкера итд.). Овакве врсте радова захтијевају високо квалификовану радну снагу и адекватну машинску опрему.

Проблем код процјене трајања као и коштања активности јавља се такође због тешко предвидивих околности на терену. Нпр. може да се деси да стијенска маса има клизне површине у дубини која се буши па се дужина уградње анкера мора продужити или се наилази на чврсту стијенску масу коју је тешко бушити механизацијом која је на располагању у том тренутку. Приказ реалног гантограма за овај пројекат дат је у Прилогу 5 овог мастер рада.

У склопу обрађеног пројекта, с обзиром на топографију терена и неповољне услове за извођење радова, одрађена је процјена трошкова у случају када би се радови радили ручно, односно механички помоћу грађевинске механизације.

Јасно је, да је механички процес рада бржи и захтијева мањи капацитет радне снаге што уједно и представља јефтинију варијанту извођења, међутим избор извођења радова у највећој мјери одлучују услови терена, који су у овом случају екстремни, што је захтјевало да извођење траје дуже и из угла коштања буде скупље.

## 8. ЗАШТИТА НА РАДУ ПРИЛИКОМ ИЗВОЂЕЊА РАДОВА НА ВИСИНАМА

Пројекти који се баве заштитом и стабилности падина и косина захтјевају посебан акценат на заштити радника на градилишту. Као такви, ради максималне заштите радне снаге, имају тачно дефинисане прописе у оквиру квалификације радника.

Наиме, сва радна снага мора да буде високо квалификована и имају доказ за похађањем курса на намјених за руковање механизацијом, кретање на терену као и мјере спасавања у случају незгода на терену. Овакве обуке неопходно је похађати и обновљати на годишњем нивоу.

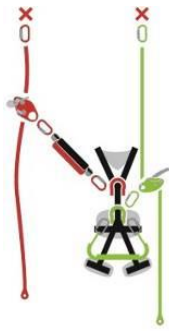
Како би се лакше организовала подјела радника на оваквим пројектима, степен заштите и обучавања радне снаге подијељена је у више категорија.

Постоји 3 степена радне обуке за рад у специјалној нискоградњи. Како се на пројектима који као задатак имају заштиту косина обављају уз помоћ специјалних ужади (сајли), како би радна снага имала бар једну чврсту тачку ослањања дефинисано је експлицитно кретање радне снаге.

Списак опреме (примјер) [6]:

<b>Сигурносни систем</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Сајла 11 мм полустатична у црвеној боји</li><li>-Сигурносни уређај</li><li>-Амортизер у случају пада</li><li>-У Амортизер у случају пада</li><li>-Појас за сједење</li><li>-Петље / Материјал за фиксирање и стабилизацију</li></ul>	<b>Носиви систем</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Сајла 11 мм полустатична у бијелој боји</li><li>-Уређај за спуштање са сајле</li><li>-Даска за сједење</li><li>-Појас за сједење</li><li>-Петље / Материјал за фиксирање и стабилизацију</li></ul>
<b>Спашавање</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Сајле за спашавање</li><li>-Пакет за прву помоћ</li><li>-Нож</li></ul>	<b>Заштита на раду</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Шљем (са заштитом око браде)</li><li>-Визир</li><li>-Рукавице</li><li>-Радне ципеле S3</li><li>-Заштита на уши против буке</li></ul>
<b>Додаци</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Додатна кратка сигурност</li><li>-Точак за обтање</li><li>-Стезачка за ужад</li><li>-Петље разних величина</li><li>-Гајтан</li><li>-Празна карабина</li></ul>	

Према слици 7 и према одредбама TRBS 2121/T3 и DGUV-I 212-001 може се уочити да се цијели систем састоји од сигурносног система (на слици приказано лијево црвеном бојом) и носећег система (на слици приказано десно зеленом бојом).



Слика 7: Системи заштитне опреме

## 9. ЗАКЉУЧАК

У овом пројекту анализиран је процес управљања пројектима који се баве заштитом косина од одроњавања. Дат је класични приједлог санација као и грађевинска механизација потребна да се овакви пројекти изведу на терену.

Оно што је карактеристично код оваквих пројеката јесте да је инвеститор скоро па увијек државни орган и да се у циљу безбједности људи на путевима или насељеном простору посвећује посебна пажња. С тим у вези, на годишњем нивоу се издвајају више милиони еура у сврху заштите одрона, поготово у областима које су у томе географски подложне.

С обзиром да није ријеч о пројектима у коме је инвеститор приватно лице или фирма и сврха пројекта није стамбено-пословни објекат, акценат није на времену потребном за реализацију пројекта већ на сигурносном систему саобраћајне везе која мора да се неометано одвија као и до анализе потребне адекватне заштите која ће бити минимално у наредних 20 година употребљива.

Анализа трошкова коштања такође је од великог значаја с обзиром да је јако пуно дионица који се морају осигурати на годишњем нивоу. Кроз читаву анализу рада могло се уочити да су кључне тачке у реализацији оваквих врста пројеката добра процјена адекватне заштите, логистика као и услови терена који диктирају брзину извођења радова као и адекватну механизацију.

## 10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.geobrugg.com/>
- [2] <https://www.ischebeck.de/>
- [3] Bauverfahren des Spezialtiefbaus, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
- [4] Monitoring von Massenbewegungen, Masterthesis, Martin Rapp
- [5] „Vulnerabilität von Straßen gegenüber flachgründigen Rutschungen - Konzepte und eine Anwendung in Waidhofen an der Ybbs“, Bakk. rer. nat. Péter Salgó
- [6] <https://www.geoalpin.org/>, Lehrgang Höhenarbeitende Fels Level 1
- [7] [https://www.kaiser.li/fileadmin/user\\_upload/products/gallery/S10/KAISER\\_Produktfolder\\_S10\\_S12\\_DE\\_170111.pdf](https://www.kaiser.li/fileadmin/user_upload/products/gallery/S10/KAISER_Produktfolder_S10_S12_DE_170111.pdf)
- [8] Управљање пројектом, Радослав Авлијаш, Горан Авлијаш

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из анализе пројекта у коме је приказан процес управљања пројектима који се бави заштитом косина од одроњавања стијенских маса на подручју републике Њемачке. Све одредбе и правилници како у избору технологије извођења радова, до анализа трошкова коштања па све до мјера заштите на раду на висинама важе искључиво за републику Њемачку.

### Кратка биографија:



**Биљана Маријановић**, рођена у Рогатици, 1991. год. Јуна 2015. год. стиче звање дипломираног инжењера грађевинарства. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства– Организација и технологија грађења одбранила је 2023. године.