

**ДРУШТВО ГЕОЛОШКИХ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ
КОМИТЕТ ЗА ИНЖЕЊЕРСКУ ГЕОЛОГИЈУ И ГЕОТЕХНИКУ**

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ЗА ГЕОТЕХНИКУ**

**XIV СИМПОЗИЈУМ ИЗ
ИНЖЕЊЕРСКЕ ГЕОЛОГИЈЕ И ГЕОТЕХНИКЕ**

ЗБОРНИК РАДОВА

Београд, 27-28. септембар 2012.

ЗБОРНИК РАДОВА XIV СИМПОЗИЈУМА ИНЖЕЊЕРСКЕ ГЕОЛОГИЈЕ И ГЕОТЕХНИКЕ

ИЗДАВАЧ : Друштво геолошких инжењера и техничара Србије
Комитет за инжењерску геологију и геотехнику,
Кнеза Милоша 9/4, 11000 Београд

За издавача:

Проф. др Адам Дангић, ред. проф. у пензији
Проф др Душко Сунарић, ред. проф. у пензији

ПРОГРАМСКИ ОДБОР СИМПОЗИЈУМА:

Проф. др Петар Локин, ред. проф. у пензији
Проф. др Душко Сунарић, ред. проф. у пензији
Проф. др Соња Цветковић – Мркић, ред. проф. у пензији
Проф. др Драгутин Јевремовић, ред. проф., Рударско-геолошки факултет
Проф. др Радојица Лапчевић, ред. проф., Рударско-геолошки факултет.
Мр. Владета Вујанић, директор Завода за Геотехнику, Институт за путеве
Мр. Мирко Лазић, дипл.инж.геол.

Едитори: Проф. др Душко Сунарић, ред. проф. у пензији
Проф. др Драгутин Јевремовић, ред. проф. Рударско-геолошки факултет

Технички уредник: Срђан Костић, дипл.инж.геол.
Лектура: Милена Костић, дипл.филол.

Радови за овај Зборник су прихваћени на основу рецензије резимеа, а штампани су у оригиналној верзији, достављеној од стране аутора саопштења. Сви радови су лектурисани.

СIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

550.8(082)
624.13(082)

СИМПОЗИЈУМ из инжењерске геологије и
геотехнике са међународним учешћем (14 : 2012
; Београд)

Зборник радова XIV симпозијума из
инжењерске геологије и геотехнике са
међународним учешћем, Београд, 27. и 28.
септембар, 2012. / едитори Душко Сунарић и
Драгутин Јевремовић. - Београд : Друштво
геолошких инжењера и техничара Србије, 2012
(Београд : Академска издања - принт). - [7].
614 стр. : илустр. ; 24 cm

Тираж 200. - Стр. [1-2]: Предговор / Душко
Сунарић. - Библиографија уз сваки рад. -
Summaries.

ISBN 978-86-89337-01-3

а) Геотехника - Зборници б) Инжењерска
геологија - Зборници
COBISS.SR-ID 193445132

ISBN 978-86-89337-01-3



9 788689 337013

САДРЖАЈ:

Драгутин Јевремовић, Душко Сунарић

**ПРИКАЗ РАЗЛИЧИТИХ ПОИМАЊА ТЕРМИНА ИНЖЕЊЕРСКА ГЕОЛОГИЈА,
ГЕОТЕХНИКА И ГЕОТЕХНОЛОГИЈА.....1-14**

**Тематска област 1. Образовање високостручних инжењера који треба да одговоре
савременим изазовима који се намећу пред струку и науку**

Драгослав Ракић, Биљана Аболмасов Гордана Хаџи-Никовић

**БОЛОЊСКИ ПРОЦЕС И СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ ГЕОТЕХНИКЕ НА
РУДАРСКО-ГЕЛОШКОМ ФАКУЛТЕТУ У БЕОГРАДУ.....15-26**

Драган Митровић, Цејетко Сандић

**СТАЊЕ И ПРАВЦИ РАЗВОЈА ИНЖЕЊЕРСКЕ ГЕОЛОГИЈЕ-ГЕОТЕХНИКЕ У
РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ.....27-34**

Ријад Шнишић, Драгослав Ракић, Златко Зафировски, Јован Папић

„ГЕОРЕКС“ – ИЗАЗОВ ЗА МЛАДЕ ИСТРАЖИВАЧЕ.....35-42

*Сњежана Михаљић Арбанас, Жељко Арбанас, Биљана Аболмасов, Матјаже Микошић,
Марко Комац*

**РЕГИОНАЛНА САРАДЊА У ОКВИРУ ЈАДРАНСКО-БАЛКАНСКЕ
ИСТРАЖИВАЧКЕ МРЕЖЕ ICL-a.....43-56**

**Тематска област 2. Методологија инжењерскогеолошких и геотехничких
истраживања за потребе пројектовања и изградње саобраћајница**

Владета Вујанић, Светозар Миленковић

**ЗНАЧАЈ ГЕОТЕХНИЧКЕ ЗА ПУТНО ИНЖЕЊЕРСТВО – ТУМАЧЕЊЕ, БАЛАСТ
ИЛИ ПОТРЕБА.....57-70**

Марија Веселиновић, Ивица Ивандић, Владимир Филиповић

**ГЕОТЕХНИЧКИ МОДЕЛ ТЕРЕНА-ПРИМЕНА ТЕРЕНСКОГ ОПИТА СРТУ ПРИ
ПРОЈЕКТОВАЊУ ЛИНИЈСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА.....71-80**

Светозар Миленковић, Зоран Жарковић, Бранко Јелисавић

**КЛАСИФИКАЦИЈЕ СТЕНСКИХ МАСА ЗА ПОТРЕБЕ ПРОЈЕКТОВАЊА
ТУНЕЛА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ СРБИЈЕ.....81-90**

*Петар Локин, Слободан Ђорић, Славица Радовановић, Ласло Чаки, Мате Петричевић,
Радојица Лапчевић, Снежана Зечевић*

ГЕОТЕХНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА ЗА МОСТ НА АДИ У БЕОГРАДУ.....91-106

Владета Вујанић, Милован Јотић

РАЗВОЈ ГЕОТЕХНИКЕ У ПУТЕВИМА (1955 – 2012).....107-118

Вељко Малетић, Владимир Филиповић

**ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ФУНДИРАЊА НОВОГ МОСТ ПРЕКО ДУНАВА
(ЗЕМУН - БОРЧА).....119-126**

Владета Вујанић, Симо Тошовић, Бранко Росић, Светлана Јотић

**КАКО И ГДЕ ЈЕ МОГУЋА ПРИМЕНА ЕЛЕКТРОФИЛТЕРСКОГ ПЕПЕЛА ПРИ
ГРАДЊИ ПУТЕВА.....127-136**

Светлана Јотић, Бошко Убинарић, Сандра Манојловић, Јадранака Милић

**АЛТЕРАТИВНО РЕШЕЊЕ ИЗГРАДЊЕ ВИСОКИХ НАСИПА АУТОПУТА
ПРЕКО СЛАБОНОСИВОГ ТЛА.....137-146**

Срђан Спасојевић, Милован Јотић, Др Петар Митровић, Снежана Гојковић

**ГЕОТЕХНИЧКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ПРВА ИЗВЕДЕНА КОНСТРУКЦИЈА У
СРБИЈИ, СА УПОТРЕБОМ ЕПС-а.....147-154**

Владета Вујанић, Љубомир Рокић

УТИЦАЈ ПАДИНСКИХ ПРОЦЕСА НА ПУТНО ИНЖЕЊЕРСТВО.....155-168

Бранко Јелисавац, Светозар Миленковић, Зоран Жарковић

**ГЕОТЕХНИЧКИ МОНИТОРИНГ КЛИЗИШТА НА ПУТЕВИМА
СРБИЈЕ.....169-178**

**Тематска област 3. Методологија инжењерскогеолошких и геотехничких
истраживања за потребе пројектовања енергетских објеката и рударства**

Богдан Орлић

**ГЕОМЕХАНИЧКИ ЕФЕКТИ ЕКЦПЛОАТАЦИЈЕ ГАСА И ГЕОЛОШКОГ
СКЛАДИШТЕЊА УГЉЕН-ДИОКСИДА.....179-188**

Владимир Анђелковић, Дејан Дивац, Јелена Мајсторовић, Жарко Лазаревић

**ИСПИТИВАЊЕ ДЕФОРМАБИЛНОСТИ СТЕНСКЕ МАСЕ НА ПРЕГРАДНОМ
МЕСТУ ЗА БРАНУ КОМАРНИЦА.....189-196**

Владимир Анђелковић, Дејан Дивац, Јелена Мајсторовић, Жарко Лазаревић

**ИСПИТИВАЊЕ ЧВРСТОЋЕ НА СМИЦАЊЕ ПО ПУКОТИНАМА СТЕНСКЕ
МАСЕ НА ПРЕГРАДНОМ МЕСТУ ЗА БРАНУ КОМАРНИЦА.....197-204**

Чедо Калајић, Миодраг Симић

**ПРОЈЕКТОВАЊЕ ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖИВАЊА ЗА МАЛЕ
ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ НА ПРИМЈЕРУ МХЕ “ДОБРУН“ НА РИЈЕЦИ
РЗАВ.....205-212**

Миодраг Симић, Чедо Калајић

**ИГ ИСТРАЖИВАЊА ТЕРЕНА У КРЕДНОМ ФЛИШУ НА ПРОФИЛУ БРАНЕ ХЕ
“УЛОШКИ БУК“ НА РИЈЕЦИ НЕРЕТВИ.....213-224**

Радојица Лапчевић, Петар Локин, Богдан Војновић
**ПРИМЕР ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ РУДЕ УЗ ПОТПУНО ОСИГУРАЊЕ
СТАБИЛНОСТИ ПОДЗЕМНОГ ОТКОПА.....225-236**

Гордана Хаџи-Никовић, Слободан Ђорић, Јагош Гомилановић
**ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ УГЉА НА ПК ПОТРЛИЦА У
ПЉЕВЉИМА.....237-246**

Тематска област 4. Општа методологија истраживања и испитивања.

Весна Шијаковић, Аџа Удицки, мр Владета Вујанић
**ВАЛИДАЦИЈА ПРОЦЕСА ГЕОЛОШКИХ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ИСПИТИВАЊА -
усклађена са захтевима ISO стандарда.....247-256**

Драгослав Ракић, Ласло Чаки, Слободан Ђорић
**ПРИЛОГ ГЕОТЕХНИЧКОЈ КЛАСИФИКАЦИЈИ КОМУНАЛНОГ
ОТПАДА.....257-268**

Бранко Росић, Бранко Гојџић, Душан Панић
**МЕТОДОЛОГИЈА ИСПИТИВАЊА ГЕОТЕКСТИЛА У СЛУЖБИ ЗАШТИТЕ
ПРИРОДНИХ РЕСУРСА.....269-276**

Мато Уљаревић
**КРИТИЧКИ ПРИСТУП ИЗБОРУ КРИТЕРИЈА ЛОМА СТИЈЕНСКЕ МАСЕ У
ФУНКЦИЈИ РАЦИОНАЛНЕ ИЗРАДЕ ОБЈЕКТА.....277-284**

Симо Тошовић, Маријана Николић
**ИСПИТИВАЊЕ СВР-а ДИНАМИЧКИМ КОНУСНИМ ПЕНЕТРОМЕТРОМ ПРИ
РЕХАБИЛИТАЦИЈИ ПУТЕВА.....285-292**

Ирена Басарић
ПРОБАБИЛИСТИЧКА АНАЛИЗА СЛЕГАЊА ТЕМЕЉА.....293-298

Младомир Бегенишић, Чедо Калајџић
**МЕТОДЕ И РЕЗУЛТАТИ ОСМАТРАЊА КЛИЗИШТА “ТРБОСИЉЕ” У
АКУМУЛАЦИОНОМ БАЗЕНУ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ ВИШЕГРАД.....299-308**

Снежана Зечевић, Владимир Шушић, Јелена Панџић, Верица Ерић
**ПРИМЕНА САВРЕМЕНИХ ГЕОДЕТСКИХ МЕТОДА СНИМАЊА КОСИНА У
ГЕОТЕХНИЦИ.....309-318**

Песидора Вукадиновић, Јелена Мајсторовић
**ПРИЛОГ ПОЗНАВАЊУ ОТПОРНО-ДЕФОРМАБИЛНИХ КАРАКТЕРИСТИКА
ЧВРСТИХ СТЕНА У БЕОГРАДУ.....319-328**

Радојица Лапчевић, Биљана Хочевац, Владан Јанковић

ИСПИТИВАЊА И РЕЗУЛТАТИ КОНТРОЛЕ КВАЛИТЕТА ПОДГРАДНОГ СИСТЕМА ОТКОПА РТ "Т" У ЈАМИ РББ.....329-340

Ј. Мајсторовић, М. Цветковић, И. Вукадиновић

ЛАБОРАТОРИЈСКО ИСПИТИВАЊЕ КОЕФИЦИЈЕНАТА АНИЗОТРОПИЈЕ ДИНАМИЧКИХ СВОЈСТАВА ЗА МОСТ "ВЕРИГЕ".....341-350

Тематска област 5. Истраживање и санација клизишта и других појава нестабилности.

Милован Јотић, Јадранка Милић, Бошко Убинарић, Дијана Милошевић

КЛИЗИШТА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА СРБИЈЕ.....351-360

Биљана Аболмасов, Светозар Миленковић

САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ МОНИТОРИНГА КЛИЗИШТА.....361-370

Срђан Спасојевић, Др Петар Митровић, Небојша Васковић

МОГУЋНОСТ УПОТРЕБЕ ПОСТУПКА „JET GROUTING“ ЗА САНАЦИЈУ ПЛИТКИХ КЛИЗИШТА.....371-380

Игор Пешевски, Милорад Јовановски, Јован Бр. Патић

АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ АНИЗОТРОПНИХ СТЕНСКИХ МАСА ПРИМЕНОМ ИНТЕРАКЦИОНИХ МАТРИЦА.....381-388

Петар Локин, Радмила Павловић, Бранислав Тривић, Мирко Лазвић

Катастар клизишта Београда.....389-404

Срђан Костић, Драгутин Јевремовић, Душко Сунарић, Небојша Васковић

НЕЛИНЕАРНА АНАЛИЗА ПРОСТОРНЕ ДИНАМИКЕ КРЕТАЊА КЛИЗИШТА „ТРБОСИЉЕ".....405-416

Бошко Убинарић, Срђан Спасојевић, Милован Јотић

ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ И НАЧИН САНИРАЊА КЛИЗИШТА „ВИДОВАЧА 1“ НА ПУТУ Р-223, km: 56+928.....417-426

Радојица Лапчевић, Богдан Војновић, Петар Локин

ОБЕЗБЕЂЕЊЕ СТАБИЛНОСТИ ИСКОПА ПРИМЕНОМ КОНСТРУКЦИЈЕ СА МИКРО ШИПОВИМА.....427-436

Милован Јотић, Др Петар Митровић, Ненад Басурић, Владан Влајковић

ОДРОН НА РЕГИОНАЛНОМ ПУТУ УШЋЕ – ИВАЊИЦА, У БЛИЗИНИ МАНАСТИРА СТУДЕНИЦА.....437-446

Ненад Марић, Срђан Костић

**УСЛОВЉЕНОСТ РАЗВОЈА ПРОЦЕСА КЛИЖЕЊА ПО ОБОДУ НЕОГЕНИХ
БАСЕНА ДЕЈСТВОМ ИЗДАНСКИХ ВОДА.....447-458**

Бранко Јелисавца, Петар Митровић, Светозар Миленковић

**ГЕОТЕХНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА И САНАЦИЈА КОСИНЕ
НА ПУТУ М-2, РОЖАЈЕ – К.МИТРОВИЦА, КОД ГРАНИЧНОГ ПРЕЛАЗА
„МЕХОВ КРШ“.....459-468**

Милош Марјановић, Урош Ђурић, Растко Петровић

**МОДЕЛОВАЊЕ ХАЗАРДА ОД КЛИЗИШТА РАЗЛИЧИТИМ МЕТОДАМА У ГИС-
У И ЊИХОВА ЕВАЛУАЦИЈА.....469-478**

Matej Maček, Matjaž Mikoš, Ana Petkovšek, Bojan Majes

INFLUENCE OF SOIL SUCTION ON STABILITY OF LANDSLIDE.....479-488

Бранко Јелисавца, Петар Митровић, Милован Јотић

**ГЕОТЕХНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА КЛИЗИШТА И МЕРЕ ЗАШТИТЕ МОСТА НА
РЕЦИ ПЕК.....489-498**

**Тематска област 6. Резултати актуелних регионалних и детаљних
инжењерскогеолошких и геотехничких истраживања.**

Зоран Радић, Мирјана Вукићевић, Славиша Илић, Драган Живојиновић

**ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ФУНДИРАЊА ОБЈЕКТА ЦЕНТРА ЗА ПРОМОЦИЈУ
И РАЗВОЈ НАУКЕ - Н.БЕОГРАД.....499-508**

Василије Радуловић

**ГЕОЛОШКЕ ПОДЛОГЕ У УРБАНИСТИЧКИМ И ПРОСТОРНИМ
ПЛАНОВИМА.....509-518**

Никола Чађеновић, Веселин Блечић, Милан Радуловић

**МОГУЋНОСТ САНАЦИЈЕ БИОГРАДСКОГ ЈЕЗЕРА ИЗВОЂЕЊЕМ
АНТИФИЛТРАЦИОНИХ РАДОВА.....519-528**

Неђо Ђурић, Анђа Ђујић, Снежана Тадић

**ТЕМЕЉЕЊЕ ПОДВОЖЊАКА НА ТРАСИ АУТО ПУТА КОРИДОР Vц,
ДИОНИЦА СВИЛАЈ – ВУКОСАВЉЕ, стац. km10+762,50-16+995,94.....529-538**

Бранко Јелисавца, Владета Вујанић, Петар Митровић

**ГЕО-ЕКОЛОШКИ АСПЕКТИ ПРОВОЂЕЊА АУТОПУТА Е-763 БЕОГРАД -
ЈУЖНИ ЈАДРАН ЛЕВОМ ИЛИ ДЕСНОМ ОБАЛОМ САВЕ.....539-546**

Милутин Пењатовић, Драгољуб Јарић

**УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРОВОЂЕЊА АУТОПУТА Е-763, БЕОГРАД- ЈУЖНИ
ЈАДРАН, ЛЕВОМ ИЛИ ДЕСНОМ ОБАЛОМ РЕКЕ САВЕ КОД
БЕОГРАДА.....547-556**

Тематска област 7. Актуелни проблеми из инжењерске сеизмологије.

Душко Сунарић, Слободан Недељковић, Недељко Стојнић
СЕЗМОЛОШКА КАРТА, ЗЕМЉОТРЕСНА ПОБУДА И ПРОПИСИ ЕВРОКОД - ЕЦ8.....557-570

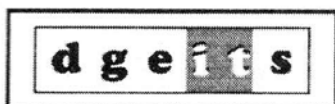
Драго Тркуља, Душко Сунарић
НЕКИ АСПЕКТИ СЕИЗМИЧКЕ МИКРОРЕЈОНИЗАЦИЈЕ У ЦИЉУ ЗАШТИТЕ ОД ЗЕМЉОТРЕСА.....571-584

Стеван Дорошков, Срђан Костић
ПРИМЕНА НОВЕ МАКРОСЕИЗМОЛОШКЕ СКАЛЕ ЕSI-2007 НА ПОДРУЧЈУ ЛИСТА ОIГК ПРИЈЕПОЉЕ 1:100000.....585-594

Тематска област 8. Закони, прописи и стандарди из области инжењерске геологије – геотехнике.

Велизар Николић, Драгутин Јевремовић, Мирко Лазић, Срђан Миленковић
ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКА – ГЕОТЕХНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА У ВАЖЕЋОЈ ЗАКОНСКОЈ РЕГУЛАТИВИ.....595-602

Мирко Лазић, Драгутин Јевремовић, Добрица Дамњанови, Велизар Николић Саша Цупаћ
ПРИКАЗ ПРИМЕНЕ ПРАВИЛНИКА ЗА ИЗРАДУ ОIГК 1:100000 НА ПРИМЕРУ ЛИСТА НИШ.....603-614



Ненад Марих¹, Срђан Костић²

УСЛОВЉЕНОСТ РАЗВОЈА ПРОЦЕСА КЛИЖЕЊА ПО ОБОДУ НЕОГЕНИХ БАСЕНА ДЕЈСТВОМ ИЗДАНСКИХ ВОДА

Резиме: У овом раду разматра се утицај физички слободних подземних вода на развој процеса клижења за карактеристичну конструкцију терена по ободу неогених басена са лесоликим седиментима/елувијално-делувијалним материјалом на површини, чија је подина представљена сменом песковитих и глиновито-лапоровитих стенских маса, са три различита случаја клижења. Закључено је да највећи утицај на формирање клизишта у овим инжењерскогеолошким срединама има положај нивоа подземних вода у односу на падину, међусобни однос водоносних структура, као и тип издани.

Кључне речи: клизна површ, ниво подземне воде, издан.

EFFECTS OF GROUNDWATER ON LANDSLIDE TRIGGERING AT THE EDGE OF NEOGENE BASIN

Summary: In this paper we consider the influence of the groundwater on the sliding process for the characteristic terrain construction at the edge of Neogene basins, with loess/elluvium-delluvium sediments on the surface, beneath which lie sands and clayey-marl rock masses, with three possible cases of landsliding. The analysis showed that there are three most dominant factors which influence the activation of sliding process: the position of groundwater table, the relationship among different hydrogeological structures, as well as the type of the aquifer zone.

Keywords: sliding surface, groundwater table, aquifer

¹ истраживач-сарадник, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, nesha_maric@yahoo.com

² истраживач-докторант, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, srdjan.kostic@rgf.rs

1. УВОД

Развој падинских процеса представља један од најважнијих фактора који утиче на стабилност и безбедност грађевинских објеката. То се пре свега односи на формирање клизишта у градским насељима, са директним утицајем на услове живота, као и на развој клизишта и одрона у косинама засека и усека, када ови процеси и њихове последице директно угрожавају безбедност саобраћајнице. У нашој земљи је негде око 20% територије захваћено процесима клижења [1]. Клизишта се пре свега развијају у глиновито-лапоровитим стенским масама по ободу неогених басена, потом на долинским странама великих река, у оквиру дебеле коре распадања дијабаз-ројачних формације и флиша, као и профилисаним андезитима и кори распадања кристаличних шкриљаца нижег кристалинитета. У овим инжењерскогеолошким срединама клизишта могу бити изазвана различитим узроцима: повећањем порног притиска услед инфилтрације интензивних и дуготрајних падавина, променом геометрије падине услед засецања ножичног дела (радом флувијалног процеса или за потребе изградње објеката), смањењем чврстоће на смицање падине услед активности процеса површинског распадања или сечом шума или деловањем земљотреса у сеизмички активним подручјима [2].

Дејство подземних вода на терен као природну конструкцију представља један од најважнијих аспеката изучавања савремених егзогеодинамичких процеса и њихових појава у оквиру инжењерскогеолошких истраживања [3-8]. С обзиром на различит изобилјавање вода у Земљиној кори, различит ће бити и њихов утицај на терен уопште, већ је уже посматрано, на активирање клизишта. Bronnimann [8] издваја неколико главних хидрогеолошких фактора који утичу на активирање клизишта, и то: 1) смањење површинског напона, што доводи до смањења ефективног напона, а самим тим и чврстоће на смицање; 2) повећање порног притиска, што опет смањује ефективни напон у тлу; 3) филтрациона сила, која узрокује повећање порног притиска и смањење укупног напона у тлу; 4) појава механичке суфозије; 5) ликвефакција; 6) деловање издани под притиском, 5) као и утицај воде на промену физичко-механичких својстава, нарочито код високо пластичних тла. Коматина [6], међу бројним хидрогеолошким факторима који утичу на формирање и развој клизишта, као најважније издваја: хидрогеолошка својства стенских маса, начин и дубину залегања изданских вода, хидростатички и хидродинамички притисак, смер кретања и карактер пражњења, као и својства режима подземних вода – промене нивоа, протицаја, температурни и хемијски састав.

Развоју процеса клижења у неогеним глиновито-лапоровитим стенским масама у првом реду доприноси удружено деловање атмосферских и изданских вода. Наиме, инфилтрацијом значајне количине атмосферских вода долази до појачане филтрације постојећих подземних или до наглог zasiћења стенских маса у оквиру потенцијално нестабилне падине, што може повећати активне силе знатно изнад чврстоће на смицање стенских маса дуж потенцијалне клизне површи. Такође, при извођењу различитих ископа у терену, за потребе саобраћајница, извођења темељних јама и др., долази до промене режима изданских вода, што се може негативно одразити на стабилност падине. С друге стране, свака инжењерскогеолошка јединица у конструкцији терена одликује се различитим хидрогеолошким својствима, у првом реду типом порозности, типовима

и одговарајућом хидрогеолошком функцијом, што у значајној мери одређује комплексност изучавања дејства подземних вода на активирање падинских процеса.

У овом раду врши се разматрање утицаја следећих хидрогеолошких фактора:

- међусобни просторни однос хидрогеолошких колектора и изолатора;
- положај хидрогеолошких структура у односу на падину;
- положај фреатских и артеских изданских вода у односу потенцијалну клизну површ.

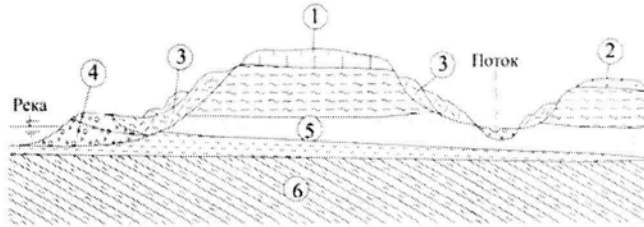
Разматрања ових хидрогеолошких фактора извршена су за конструкцију терена по ободу неогених басена са лесним наслагама/елувијално-делувијалним материјалом на површини, у чијој се подини јавља смена песковитих и глиновито-лапоровитих стенских маса. За овако изабрани модел терена дат је детаљан опис инжењерскогеолошких и хидрогеолошких својстава, као и разматрање утицаја наведених хидрогеолошких фактора на развој процеса клижења.

Рад се састоји из следећих поглавља. У првом делу дата је инжењерскогеолошка карактеризација усвојених модела терена. У другом делу дефинисане су хидрогеолошке карактеристике одговарајућих инжењерскогеолошких јединица. У трећем делу рада извршена је оцена дејства положаја водоносних структура у односу на падину и потенцијалну клизну површ, као и међусобни просторни однос хидрогеолошких структура на развој процеса клижења у оквиру изабране конструкције терена. У четвртном делу дат је критички осврт на презентована разматрања са предлогом даљих истраживања.

2. ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ УСЛОВИ ФОРМИРАЊА КЛИЗИШТА ПО ОБОДУ НЕОГЕНИХ БАСЕНА

Глинци и лапорци, као и њихови полуvezани варијетети (глине и лапори) покривају око 20% територије Србије [9]. Притом значајан удео ових седимената чини основу слатководних неогених басена у нашој земљи (Чачанско-Краљевачки, Сењско-Ресавски, Врањски, Нишки, Тимочки, Поповички, Алексиначки и Јужноморавски басен). Падине које су развијене по ободу ових басена погодују развоју процеса клижења (Јовац код Владичиног Хана, Бербатово код Ниша, Костолац, Белушић, Бачина код Варварина, Мрамор код Ниша и др.). На основу типизације терена према подобности за развој процеса клижења [10] падине у неогеном седиментном комплексу хетерогеног састава представљају терене са претежно знатном развијеношћу процеса клижења. Опште посматрано, клизишта у полуvezаним неогеним седиментима представљају плитка, асеквентна или консеквентна клижења са карактеристичним истребушавањем и мноштвом упадљивих деформација по површини терена. У погледу петрографског састава, неогени седиментни стенски комплекс је променљиве литолошке грађе, са често неповољним односима литолошки различитих врста стена, променљивих физичко-механичких својстава, као и сложених, често неповољних хидрогеолошких и инжењерскогеолошких одлика стенских маса. У грађи овог комплекса најчешће учествују глине и пескови, који се међусобно смењују, а глине су у површинској зони знатно

деградиране. Преко неогених седимената често леже квартарне насlage, и то слyвијално-делувијални и лесни седименти који су такође често захваћени клижењем (слика 1).

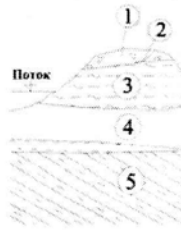


Слика 1. Модел терена неогеног басена, са шематским приказом нестабилности наоко [10, упрошћено]. Легенда: 1. лес, 2. елувијално-делувијални седименти, 3. тело клизишта, 4. алувијални седименти, 5. неогени глиновито-лапоровити седименти са прослојцима песка, 6. старији седиментни комплекс.

Figure 1. Model of Neogene basin, with schematic view of unstable slopes [10, simplified]. Legend: 1. loess; 2. elluvial-delluvial sediments; 3. landslide; 4. alluvial sediments; 5. Neogene clay-marl sediments with interlayers of sand; 6. older sedimentary complex.

Притом су у инжењерскогеолошкој конструкцији терена могућа три случаја:

- 1 случај: елувијално-делувијални седименти, периодично засићени, леже преко матичне стенске масе. Ови седименти представљају хетерогену инжењерскогеолошку средину, претежно песковито-глиновитог састава, са променљивим учешћем дробинске фракције, што је условљено врстом матичне стене. Врло често по ободу неогених басена овај материјал води порекло од леса, прелазећи у лесолике седименте, и у емени је са лесом. Лес по ободу неогених басена није веће дебљине (до 2 m) и углавном је површински измењен, тако да се у њему не могу јавити клизишта карактеристична за веће лесне платое (попут Земунског лесног платоа). У овом случају клижењем је захваћен делувијум који се покреће преко матичне стене, као круте и слабије водопропусне подлоге. Овај тип клизишта ограничен је на распаднуту делувијалну зону и припада плитким површинским клизиштима (слика 2);



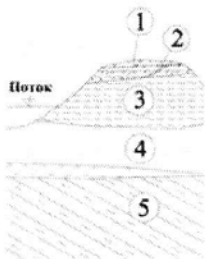
Легенда:

1. елувијално-делувијални седименти,
2. потенцијална клизна површ,
3. неогени глиновито-лапоровити седименти,
4. неогени песковити седименти,
5. старији седиментни комплекс.

Слика 2. Конструкција терена са потенцијалном површином клижења на контакту делувијума и неогених глиновито-лапоровитих седимената.

Figure 2. Terrain construction with potential sliding surface at the contact of delluvium and Neogene clay-marl sediments.

- **II случај:** клижењем је захваћен делувијум, као и распаднута или механички јаче дезинтегрисана зона матичне стене, са формирањем претежно дубоких клизишта, када захвата и измењене неогене глиновито-лапоровите седimente. У овом случају заједно са делувијалним материјалом клизе и глиновито-лапоровити седименти неогена, површински физичко-хемијски измењени (слика 3);



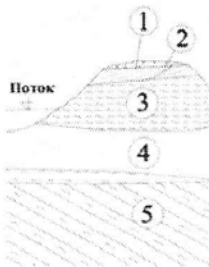
Легенда:

1. елувијално-делувијални седименти,
2. потенцијална клизна површ,
3. неогени глиновито-лапоровити седименти,
4. неогени песковити седименти,
5. старији седиментни комплекс.

Слика 3. Конструкција терена са инсеквентним типом клижења, које заједно са делувијалним материјалом захвата и подинске глиновито-лапоровите седimente.

Figure 3. Terrain construction with potential sliding surface at the contact of the complex of delluvium and weathered clays and rocks and Neogene unaltered clay-rock sediments

- **III случај:** неvezани седименти у повлати везаних неокамењених или окамењених стена – у овом случају пескови, ређе песковити шљункови као водопрпуснији клизе преко глиновито-лапоровите подлоге, а јављају се као веће масе или прослојавање (слика 4);



Легенда:

1. елувијално-делувијални седименти,
2. потенцијална клизна површ (неогени пескови),
3. неогени глиновито-лапоровити седименти,
4. неогени песковити седименти,
5. старији седиментни комплекс.

Слика 4. Конструкција терена са потенцијалном површином клижења на контакту неvezаних песковито-шљунковитих седимената и глиновито-лапоровите подине.

Figure 4. Terrain construction with potential sliding surface at the contact of cohesionless sand-gravel sediments and clay-marl underburden.

3. ХИДРОГЕОЛОШКА СВОЈСТВА СТЕНСКИХ МАСА У ИЗДВОЈЕНИМ ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИМ МОДЕЛИМА

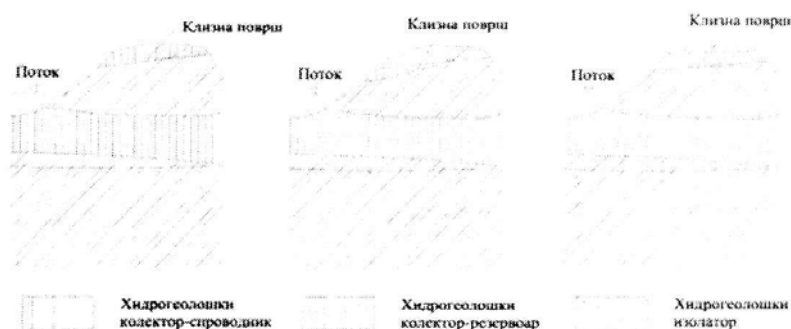
Хидрогеолошка својства стенских маса примарно одређују развој процеса клижења. То се пре свега односи на тип порозности и типове издани у оквиру постојећих инжењерскогеолошких јединица, а пре свега на хидрогеолошку функцију стенских маса у посматраној конструкцији терена. Bronnimann [8] наводи да је садржај воде у незезаним седиментима и њиховој подини кључан за различите хемијске, физичке и механичке процесе који утичу на стабилност падина, посебно када је реч о глиновитим стенским масама. Ипак, неопходно је нагласити да је обично више процеса укључено у активирање процеса клижења, што веома тешким или често немогућим чини издвајање појединачних процеса.

Издвојене инжењерскогеолошке јединице, у хидрогеолошком погледу, генерално карактерише међузрнски тип порозности и збијени тип издани као доминантни. Изузетак чине неогени глиновито-лапоровити седименти који су и поред присутног међузрнског типа порозности водонепоропусни. Лес и лесолике седименте, који су често присутни по ободима неогених басена, поред међузрнске, карактерише и цреваста порозност. Издани формиране у овим седиментима не обилују подземним водама, док се слободни ниво издани често налази знатно испод површине терена. Елувијално-делувијалне седименте карактерише изразита несортираност и незаобљеност материјала са међузрнским типом порозности као доминантним. Издани формиране у овим наслагама збијеног су типа са слободним нивоом. Њихов квантитативни режим је доста неуравнотежен пошто се прихрањују искључиво инфилтрацијом атмосферских падавина. Неогене глиновито-лапоровите седименте првенствено карактеришу изразито лоше филтрационе карактеристике, што има за последицу њихову водонепропусност. Ово је последица специфичних хидрогеолошких својстава глине која и поред јако велике укупне порозности (просечно 35 - 40%) нема ефективну порозност, што глиновито-лапоровите седименте чини хидрогеолошким изолатором. У појединим случајевима ови седименти у приповршинској зони могу бити значајно измењени - деградирани различитим физичким и хемијским процесима. Ову кору распадања карактерише већа водопрпусност у односу на неизмењену стену, што је може учинити предиспонираним правцем кретања подземних вода и хидрогеолошким колектором - резервоаром. Укупна порозност пескова (у овом случају се разматрају неогени) износи у просеку око 35%, при чему спадају у седименте са највећом ефективном порозношћу (до 30%). Ово је последица равномерног распореда пора, њиховог приближно подједнаког облика и вишеструке међусобне повезаности. Све ово чини песковите седименте стенских маса са израженим колекторским својствима, са могућношћу акумулирања значајних количина изданских вода.

3.1. МЕЋУСОБНИ ПРОСТОРНИ ОДНОС ХИДРОГЕОЛОШКИХ КОЛЕКТОРА И ИЗОЛАТОРА

С обзиром на претходно дефинисане инжењерскогеолошке моделе процеса клижења по ободу неогених басена, извршена је схематизација терена по хидрогеолошкој функцији стенских маса (слика 5).

I случај: елувијално-делувијални седименти са функцијом хидрогеолошког колектора-резервоара налазе се у повлати неогених глиновито-лапоровитих седимената (хидрогеолошки изолатор). Основна карактеристика издани са слободним нивоом у оквиру елувијално-делувијалних седимената јесу значајне осцилације квантитативног режима, с обзиром да основни извор прихрањивања представљају атмосферске падавине. Због присуства леса и лесоликих седимената додатно је олакшана вертикална инфилтрација атмосферских падавина ка водонепропусној подини. У периоду интензивнијих падавина долази до пораста нивоа подземних вода, што за последицу има повећање притиска и смањење чврстоће на смецање дуж контакта са подинским стенским масама - хидрогеолошким изолатором. Као последица овога долази до активирања клижења елувијално-делувијалних седимената преко слабије пропусне подине.



Слика 5. Схематизација терена по ободу неогених басена према хидрогеолошкој функцији стенских маса.

Figure 5. Terrain schematization at the edge of Neogene basin according to hydrogeological function of rock masses.

II случај: у грађи терена поред елувијално-делувијалних и неогених седимената учествује и измењена - дезинтегрисана зона која се јавља између њих. С обзиром на то да је контакт између поменутих стенских маса ретко оштар, ова прелазна зона се доста често јавља и представља привилеговани правац кретања подземних вода. Као хипсометријски најнижа водонепропусна средина ова зона има улогу хидрогеолошког колектора - резервоара у којој долази до формирања издани. Са друге стране, елувијално-делувијални седименти постају хидрогеолошки колектор - спроводник, чија је примарна улога прихрањивање поменуте издани путем инфилтрације атмосферских падавина. При повећаној засићености повлатних стенских маса долази до клижења дуж контакта између дезинтегрисане зоне и неизмењене водонепропусне стенске масе

(глиновито-лапоровитих седимената). Клижењем су поред дезинтегрисане зоне захваћени и елувијално-делувијални седименти, чиме се ствара основа за настанак дубљих клизишта.

III случај: неогени пескови представљају хидрогеолошки колектор – резервоар, у коме долази до формирања издани. Њихову повлату чине елувијално-делувијални седименти (хидрогеолошки колектор - спроводник), док су им глиновито-лапоровити седименти (хидрогеолошки изолатор) у подини. Као и у претходним случајевима, падавине се инфилтрирају до хидрогеолошке баријере изнад које долази до формирања издани. У оквиру засићене зоне подземне воде се крећу паралелно са падом падине у правцу ножице клизишта. При интензивнијим падавинама долази до пораста засићења и тежине неогених пескова, што доводи до смањења чврстоће на смањење дуж контакта са водонепропусном подином и формирања клизне површи.

Оно што се може истаћи као генерална законитост јесте да дренарање колектора само по себи представља позитиван процес, његово дејство у зони контакта између стенских маса може имати изразито негативан ефекат на стабилност падине. Са друге стране, заједничко за сва три наведена случаја јесте постојање неогених песковитих седимената као хидрогеолошког колектора - резервоара у подини глиновито-лапоровитих седимента. Услед прекривености водонепропусном повлатом формирана издан може бити артеског типа. У зависности од међусобног односа са површинским водама, ова издан се може прихрањивати, али и дренирати управо преко површинских токова. Други потенцијални вид дренарања представља истицање у повлатне седименте, што може довести до слабљења физичко-механичких својстава стенских маса. Значајна улога наведена издани се огледа у томе да вода под притиском преноси притиске на повлатне издани, што може негативно утицати на стабилност падине. Поред претходно приказаног међусобног просторног односа, и разлика у водопропусности стенских маса које чине конструкцију терена има важну улогу у процесу настанка клижења. Овде је битно нагласити да апсолутна (појединачна) водопропусност стенских маса које изграђују терен нема већи утицај на активирање процеса клижења. Уместо тога релативна (упоредна) водопропусност стенских маса које учествују у конструкцији терена биће од пресудног значаја. С обзиром на то да седиментне стене имају јако изражено хоризонтално распрострањење, управо се вертикална разлика у водопропусности стенских маса може сматрати доминантним фактором утицаја. Разлика у водопропусности од два реда величине (или већа) која се јавља на мање од метар растојања у вертикалном пресеку може се сматрати значајном [11,12]. С друге стране, у зависности од степена засићености, слој стенске масе може представљати извор или дрен изданских вода, чиме значајно утиче на стабилност одређеног терена. У разматраном случају повлатни хидрогеолошки колектор се може сматрати засићеним за разлику од незасићеног подинског хидрогеолошког изолатора. Степен засићености колектора зависиће од интензитета падавина и степена инфилтрације. Управо због зависности од интензитета падавина, засићеност стенских маса је променљива у времену. Ово има за последицу то да ће падавине различитог интензитета имати различит утицај на активирање процеса клижења. На дубока клизишта више утицаја

имаће дуготрајне падавине, за разлику од плићих клизишта, осетљивих на краткотрајне олујне падавине [8].

3.2. ПОЛОЖАЈ ХИДРОГЕОЛОШКИХ СТРУКТУРА У ОДНОСУ НА ПАДИНУ

Овде се могу разликовати два карактеристична случаја:

- a. различите хидрогеолошке структуре оријентисане су ка падини, тј. падају у стенску масу. Овај случај не погодује развоју процеса клижења и до њега једино може доћи у екстремним условима великих количина падавина које би заситиле површински растресити покривач и довеле до повећања филтрационих сила до критичне вредности;
- b. различите хидрогеолошке структуре пружају се паралелно падини (субхоризонтално). У овим случајевима су регистроване појаве клизишта, али су оне онда најчешће условљене неким другим, а не хидрогеолошким чиниоцима (засецањем ножичног дела падине, повећањем оптерећења на и при врху падине и др.);
- c. хидрогеолошки колектори и изолатори искошени низ падину и под углом који је сличан или нешто блажи од нагиба падине – ово је најнеповољнији случај, тј. услов који навише погодује клижењу.

3.3. ПОЛОЖАЈ ФРЕАТСКИХ И АРТЕСКИХ ИЗДАНСКИХ ВОДА У ОДНОСУ НА ПОТЕНЦИЈАЛНУ КЛИЗНУ ПОВРШ

Посебно је интересантна анализа могућности настанка клизишта у случају терена на које делују изданске воде под притиском. Акумулирање таквих вода најчешће је регистровано у слојевима песка који се налазе у оквиру комплекса неогених пескова, глина и лапора. Најважније дејство вода под притиском састоји се у томе да оне преносе притиске на околни простор, а пре свега повлатне изолаторе, при чему ти притисци могу премашивати и 1300 kN/m^2 (клизиште у Ритопеку, [7]). Под њиховим дејством може доћи до додатних механичких оштећења у повлатним наслагама, чиме се такође утиче на нарушавање стабилности у падини. При томе се разликују два различита случаја - први, када се издан под притиском налази испод најдубљих потенцијалних површина клижења, и други, када она прожима потенцијалну нестабилну зону терена.

4. ЗАКЉУЧАК:

У овом раду извршена је анализа утицаја изданских вода на формирање клизишта по ободу неогених басена за три карактеристична случаја клижења: са потенцијалном површином клижења на контакту делувијума и неогених глиновито-лапоровитих седимената, затим на контакту зоне физичко-хемијског распадања глиновито-лапоровитих стенских маса и њихове подине, као и са потенцијалном површином клижења на контакту невезаних песковито-шљунковитих седимената и глиновито-лапоровитих стенских маса. Посебно су анализирани утицаји неколико фактора:

хидрогеолошке функције стенских маса, као и међусобног односа водоносних структура и њиховог положаја у односу на падину и клизну површ, при чему изданске воде могу бити са слободним нивоом или под притиском. Изведена анализа показала је да се процес клижења најчешће активира у случају постојања хидрогеолошких колектора – спроводника и резервоара на површини терена, и хидрогеолошких изолатора у њиховој подини. Притом, у погледу положаја, развоју клижења највише погодују хидрогеолошке структуре оријентисане низ падину, са могућношћу дренарања и расквашавања нижих делова падине. У случају постојања издани под притиском, њен највећи утицај на формирање процеса клижења огледа се у слабењу физичко-механичких својстава стенских маса дуж потенцијалне површи клижења.

Наведена разматрања имају преваходно теоријски карактер и неопходно их је поткрепити примерима из праксе. У том смислу, наредна истраживања обухватила би анализу карактеристичних случајева клижења у различитим хидрогеолошким срединама, узимајући у обзир и квантитативне податке (физичко-механичка својства стенских маса, коефицијенти филтрације, дубина до нивоа подземне воде, порозност, водопрпусност). На тај начин би у потпуности био валоризован утицај изданских вода на формирање клизишта у типичним инжењерскогеолошким срединама по ободу неогених басена.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] *Клизишта и животна средина* /Вујанић, В., Цмиљанић, С., Владиковић, В. Зборник радова Другог симпозијума „Истраживање и санација клизишта“, Доња Милановац, 1995, 537-542.
- [2] *Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River basin, Eastern Pyrenees, Spain* /Corominas, J., Moya, J.// *Geomorphology* 30, 1999, 79–93.
- [3] *Изучавање утицаја изданских вода на формирање клизишта* /Цветковић-Мрсић, С., Сунарић, Д.// Зборник радова 5. Југословенског симпозијума о хидрогеологији и инжењерској геологији, 1978, 11-17.
- [4] *Sensitivity of stability analysis to groundwater data* /Iverson, R.M.// *Proceedings of the 6th international symposium on landslides*, 10–14 Feb 1992. Balkema, Rotterdam.
- [5] *On the influence of pore pressure on land deformation of a landslide* /Kawabe, H.// *Proceedings of the 6th international symposium on landslides*, 10–14 Feb 1992. Balkema, Rotterdam.
- [6] *Методe хидрогеолошких истраживања и санирања клизишта* /Коматина, М.// Зборник радова Другог симпозијума „Истраживање и санација клизишта“, Доња Милановац, 1995, 121-126.
- [7] *Генеза и својства клизишта у неогеним седиментима јужног обода Панонске басена* /Јањић, И.// магистарски рад, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, 1996.

- [3] *Effect of groundwater on landslide triggering* /Bronnimann, C.S./ PhD thesis. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Switzerland. 2011.
- [9] *Инжењерско-геолошке одлике терена НР Србије* / Јањић, М./ Завод за геолошка и геофизичка истраживања. Посебна издања, књига 12, 1962.
- [10] *Геолошке законитости настанка и развоја процеса клижења на територији Србије (без Покрајина)* /Лазић, М./ магистарски рад. Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, 1991.
- [11] *Mechanisms of shallow translational landsliding during summer rainstorm. North Island, New Zeland* /Rogers, N., Selby, M./ *Geografiska Annaler*, Volume 62A (1-2), 1980, 11-21.
- [12] *Landslides in Rio de Janeiro: The role played by variations in soil hydraulic conductivity* /Carvalho Vieira, B., Ferreira Fernandes, N./ *Hydrological Processes*, Volume 18, 2004, 791-805.