

ИСТРАЖИВАЊЕ ТЕРЕНА ЗА ОЦЈЕНУ ПОВОЉНОСТИ КОД ИЗГРАДЊЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ОБЈЕКТА

Неђо Ђурић¹

e.mail. nedjo.djuric@anurs.org

1-Академија наука и умјетности Републике Српске, Босна и Херцеговина

Апстракт

Изградња објеката започела је од цивилизација које су одлучиле да изађу из пећина и природну средину прилагоде бољем начину живота. Објекти су се углавном градили искуствено у близини водених површина или узвишених планинских дијелова. Сигурност објекат се процјењивала и временом усавршавала, тако да и данас имамо објекте старих цивилизација који су препознатљиви, а неки и употребљиви.

Временом грађење објеката се интензивирало, посебно крајем деветнаестог и током двадесетог вијека. Поред објеката високоградње примјену налазе и објекти нискоградње, хидроградње и осталих, што захтијева детаљније планирање простора за те објекте као и повећану сигурност објеката. Веза објеката са геолошком средином све више има значај, те су и геолошка истраживања у овој области нашла своју примјену. Развијена су инжењерскогеолошка истраживања са задатком да изуче геолошке средине и дефинишу повољност терена у природним условима.

Изградњом објеката нарушава се природно равнотежно стање геолошке средине. Неопходно је успоставити интеракцију односно међусобни утицај објекта и терена у дијелу испод темеља различитих грађевинских објеката. Сложеност геолошке грађе, оптерећење вјештачке конструкције, честе сеизмичке активности захтијевају добру изученост статичке и динамичке интеракције терена и објекта.

Кључне ријечи: истраживање терена, геолошка средина, повољност терена, интеракција

Тема скупа: Геолошка истраживања и њихов значај у другим дјелатностима

Увод

Сви објекти на терену захтијевају добро познавање геолошких карактеристика терена. Различитост објеката, те сложеност геолошке грађе усмјеравају врсте истраживања за његово проучавање. За сваки терен неопходно је анализирати природну конструкцију и дати оцјену могућности постављања вјештачке конструкције.

Често су терени сложене геолошке грађе тако да је отежана или онемогућена изградња објеката, што се доказује добром истражености терена. Поред истражености терена у дијелу његове стабилности важно је и проучавање

стијена које изграђују терен у циљу оцјене њихових карактеристика са аспекта разарања стијена током њиховог привођења одређеној намјени.

Анализирањем терена као радне средине поред основних геолошких карактеристика захтијева познавање и геомеханичких карактеристика (Mitrović, 1997, Đurić, 2009). Све то захтијева значајна истраживања која се усмјеравају према карактеристикама терена и врсти објеката који ће се градити. Истраженост терена и његова изученост разврставају терен на одређен степен повољности код планирања вјештачких конструкција. Важно је констатовати да не постоје терени на којима се не може градити, али постоје други ограничавајући фактори, од којих су најчешће економски.

Преглед грађевинских објеката везаних за геолошке средине

Грађевинских објеката нема изван површине терена, сви су везани за површину или испод површине терена. Различитог су значаја и просторног положаја. Захтијевају планска истраживања сходно простору на којима се налазе објекти. Истраживања за објекте високограђе се разликују од објеката нискоградње, хидротехничких или подземних објеката (Rokić, Vujanić, 2001, Đurić, 2011). Правила струке а за поједине објекте и законски прописи су дефинисали минимални обим истраживања на терену, док су геомеханичка испитивања везана за врсту стијена на којима се планира изградња објеката, (Đukić, 2004).

Резултати изучавања геолошке средине отварају могућности и ограничења повезивања природне конструкције терена са вјештачком конструкцијом објекта која је различита:

- Објекти високоградње – стамбени, индустријски, аеродроми, спортско-рекреативни и остали објекти различите намјене на површини терена;
- Саобраћајнице – путеви и пруге;
- Објекти на траси саобраћајница – мостови, надвожњаци, подвожњаци, насипи, тунели, пратећи објекти;
- Хидротехнички објекти – бране, акумулације, тунели, канали различите намјене.

Наведени објекти су најчешће у сложеним геолошким срединама и имају своје посебне захтјеве код изградње. За неке објекте као и терене не могу се провести планирана истраживања, али се може дати довољна оцјена о погодности терена за изградњу. Фаза пројектовања и изградње захтијева детаљна инжењерскогеолошка истраживања ради утврђивања геотехничких услова изградње. Код подземних линијских објеката не може се постићи довољан степен истражености за фазу пројектовања, али се врше додатна истраживања

у фази изградње када се усмјеравају истраживања у правцу напредовања радова.

Методологија истраживања

Избор метода истраживања везан је за карактеристике терена, при чему су поједина истраживања, првенствено теренска везана за све терене. Остале методе комбинују се сходно карактеристикама терена, литолошком саставу и намјени терена. Резултати истраживања су подлога за пројектовање, грађење и осматрање објеката у времену њихове експлоатације.

Методика геолошких истраживања обухвата:

- Изучавање геолошке средине у природним условима и садејству са објектима и грађевинским радовима;
- Све геолошке информације неопходне за рјешавање пројектантско-грађевинских задатака и развојних планова;
- Истраживање грађевинских материјала у непосредној близини објекта, уколико су неопходни за њихово грађење.

Сложеност геолошке грађе је различита, тако да се неки терени не могу са сигурношћу истражити за цјелокупно познавање њихових карактеристика. Због тога се изучавају законитости настанка терена на основу чега се заснивају одређени принципи истраживања.

Истраживање терена се изводе фазно, а свака сљедећа фаза повећава обим и квалитет истраживања, заокружујући једну цјелину која даје комплетна сазнања о терену неопходна за фазу израде главног пројекта. Инжењерскогеолошка истраживања терена се дијеле на основна и детаљна.

Основна инжењерскогеолошка истраживања обухватају:

- Инжењерскогеолошко картирање терена са израдом инжењерскогеолошке карте;
- Утврђивање основних карактеристика стијенских маса;
- Оцјену погодности терена за његово кориштење у одређене сврхе;
- Заштиту и унапређење животне средине у циљу трајног уравнотежења простора.

Реализација истраживања врши се према програму инжењерскогеолошких истраживања.

Детаљна инжењерскогеолошка истраживања везана су за простор планиран за грађење објеката а дефинишу:

Округли сто: Рударство као прилика за привредни развој и еколошки изазови, Приједор, 2024.

- Услове грађења на планираном простору;
- Услове евентуалног побољшања терена;
- Заштиту објеката од утицаја савремених инжењерскогеолошких и геолошких процеса;
- Могућност кориштења грађевинских материјала као подлоге током изградње објеката.

Реализација истраживања планира се према пројекту детаљних инжењерскогеолошких истраживања. Изводе се за потребе идејних и главних пројеката различитих објеката. Примјењују се следеће врсте истраживања:

- Анализа резултата претходних истраживања;
- Даљинска детекција;
- Инжењерскогеолошко рекогносцирање терена;
- Инжењерскогеолошко картирање терена;
- Геофизичка испитивања на терену и по потреби у бушотинама;
- Истражно бушење и испитивања у бушотинама;
- Извођење радова копањем;
- Теренски опити пенетрације;
- Теренски опити испитивања деформабилности чврстих стијена.

Код тумачења података неопходно је одвојити податке добијене истраживањима од интерпретације. Резултати истраживања приказују се у одвојеним поглављима у почетном дијелу извјештаја, а интерпретација у завршним поглављима.

Основна и детаљна инжењерскогеолошка истраживања обухватају и геомеханичка испитивања, односно одређивање физичко-механичких карактеристика стијена. Графичко приказивање резултата истраживања и испитивања врши се на картама и профилима крупније размјере.

Очекивани резултати истраживања

Планирана истраживања према одређеној врсти објеката и терена увијек су у мјери максимално могуће њихове примјене на терену. Сложеност геолошке грађе посматрано у цјелини не даје могућност реализације свих истраживања. Увијек један дио остане недовршен, али не толико значајан да се не може дати квалитетна оцјена о истражености терена. Истраживачи терена на научним скуповима отварају расправу који је проценат истраживања од планираног довољан да би се дала оцјена о степену истражености терена. Није могуће дати такву оцјену обзиром на врсту истраживања и терена на којима се проводе. Важно је провести максимално могућа истраживања, посебно она којима је дат приоритет у пројекту детаљних геолошких истраживања. Искуства у свијету се крећу од 75 – 85%.

Округли сто: Рударство као прилика за привредни развој и еколошки изазови,
Приједор, 2024.

Реализована истраживања дају карактеристике терена у дијелу њихове стабилности, односно повољности за изградњу планираних објеката. Добра изученост природних карактеристика терена даје могућност оцјене понашања терена као радне средине и у времену експлоатације објекта. Сложеност геолошке грађе понекад је таква да се не могу извести сва потребна истраживања или су економски неисплатива или се изградња таквих објеката уводи у скупе радове. Ипак полази се од тога да нема терена који се не могу истражити и на којима није могуће изградити планиране објекте.

Истраживања терена дају одговор о стабилности терена у природним условима гдје се издваја повољност терена за изградњу, уважавајући:

- Морфолошке карактеристике терена (нагиб терена у %);
- Литолошки састав (до дубине утицаја објекта);
- Савремене геолошке процесе;
- Хидрогеолошке карактеристике;
- Геомеханичке карактеристике стијена.

Резултати истраживања природних карактеристика терена и стијена дају могућност за оцјену:

- Савремених инжењерскогеолошких процеса и појава:
 - о Клизашта, сипари, одрони, разне врсте ерозије;
 - о Плављење терена;
 - о Сеизмичност терена (MCS – MSK 98 скала или ЕС 8).
- Геотехничка својства стијена:
 - о Стабилност;
 - о Дозвољено оптерећења kPa ;
 - о Отпор при раду (коэффициент Протођакона „f“).
- Хидрогеолошка својства:
 - о Водопропусност (cm/min);
 - о Максимална дубина до нивоа издани (m).

Природне и геотехничке карактеристике терена издвајају терене по степену повољности на четири категорије:

- I – Оптимално повољни терен;
- II – Повољан терен;
- III – Условно повољан терен;
- IV – Неповољан терен.

Истраживање природних и геотехничких карактеристика терена ће дефинисати којој категорији терени припадају према условима повољности за изградњу, табела 1.

Повољност терена посебно код изградње насеља поред наведених карактеристика обухвата и климатске, еколошке, економске, социјалне, саобраћајне и друге карактеристике за одређено подручје (Ђујић, 2000, Hadži-Nikolić, Abolmasov, 2009). Категоризацијом терена по степену повољности уз додатне наведене карактеристике врши се општа категоризација, гдје се издвајају терени који најбоље одговарају одређеним намјенама.

Дискусија

Истраживање терена за упознавање његових карактеристика са аспекта стабилности и могућности кориштења за изградњу одређених објеката или планирања простора захтијева детаљна инжењерскогеолошка истраживања. Њихова примјена започиње почетком двадесетог вијека, а интензивна примјена карактерише другу половину истог вијека. Избор метода везан је за карактеристике терена, при чему су поједина истраживања, првенствено теренска иста или приближно иста за све терене. Остале методе комбинују се сходно карактеристикама терена, литолошком сатаву и врсти објеката који ће се градити (Јанјић, 1985, Олуић, 2001, Ђурић, 2011).

Инжењерскогеолошка истраживања за потребе изградње објеката дефинишу својства геолошке средине до дубине интеракције објекта и терена. Интеракција подразумијева међусобни утицај објекта и терена који се испољава у одговарајућој зони стијенских маса, односно геолошкој средини испод темеља разноврсних грађевинских објеката. Дубине до којих се испољавају промјене природних напона и одговарајућих деформација су промјенљиве. Поред интеракције у статичким условима као резултат оптерећења од објекта, могуће је и присуство интеракције у динамичким условима првенствено усљед дјеловања сеизмичких сила које настају у епицентралним зонама јаких земљотреса.

Природна средина је аналогна вјештачкој конструкцији, због чега је уведен термин конструкција терена, табела 2. Појам конструкције терена подразумијева распоред природних средина различитих физичко-механичких особина које се у статичком смислу понашају као цјелина. Терен изграђен од елемената који се називају теренским срединама представљају основни конструктивни елемент терена као природне конструкције.

Резултати изучавања геолошке средине отварају могућности повезивања природне конструкције терена са вјештачком конструкцијом објекта, али и ограничења уколико постоје разлике између природне и вјештачке конструкције.

Теренска средина је агрегат стијенске масе, воде и ваздуха. Састоји се од стијенских маса истих или сличних инжењерскогеолошких својстава, која се у

**Округли сто: Рударство као прилика за привредни развој и еколошки изазови,
Приједор, 2024.**

механичком смислу понашају као једна цјелина. Ако постоји разлика у механичким особинама онда су то различите средине.

Табела 1. Повољност терена у зависности од геолошких и геотехничких карактеристика

Степен повољности	Геоморфолошке	Геолошка грађа	Хидрогеолошке карактеристике		Геодинамичке карактеристике Појаве		MCS ⁽⁰⁾	Геотехничке карактеристике		
	Нагиб терена (%)	Литолошки састав	Водопропусност	Мак. дубина до	Клизишта, сплара одрона и	Плавањња	Сеизмичнос	Дозвољено	Стабилност	Коефицијент Протођаконов
I.	1 – 5	Камените стијенске масе и шљунковито пјесковити седименти Шљунков	> 0,25	> 12	Без појаве	Без појаве	< 5	> 1000	Изузетно стабилан	0,5 – 2
II.	5 – 10	пјесковити седименти, слабо заглињени	0,05 – 0,2	3 – 12	Врло ријетке појаве	Врло ријетке појаве	5 – 6	200 – 1000	Стабилан	2 – 8
III.	10 – 20	Глине и глиновити седименти	0,025 – 0,05	1,2 – 3	Веће ријетке и бројне мање појаве	Ријетке појаве	6 – 9	50 – 200	Лабилан	8 – 20
IV.	> 20	Лако растворљиве стијене, тресетишта, слабо консолидовани насипи	< 0,025	< 1,2	Честе и велике појаве	Честе појаве	> 9	< 50	Нестабилан	> 20

Оптимално повољан терен (Терени који немају ограничења за изградњу, било које врсте);
 II Повољни терени (Терени са мањим ограничењима, која се могу ријешити без већих тешкоћа);
 III Условно повољни терени (Терени са већим тешкоћама, које се економично могу ријешити);
 IV Неповољни терени (Терени са врло великим тешкоћама, који захтјевају велике и скупе техничке захвате).

Табела 2. Конструкција терена и објекта

Конструкција	
Природна (PK)	Вјештачка(VK)
Терен (Т)	Објекат (О)
Средина (S)	Материјал (M)
Напонско стање (NS)	Напонско стање (NS)

Проведена истраживања и испитивања у односу на планирана представљају степен истражености терена (Јанјић, 1985, Ђурић, 2013). Карактеристике терена их разврставају у неку од категорија повољности терена. Код изградње подземних објеката степен истражености терена за фазу пројектовања веома је низак. Током извођења радова континуирано се прате карактеристике стијена, издвајају средине према степену повољности и врше санације оштећених зона за наставак даљих радова.

Умјесто закључака

Грађевински објекти према врсти су у широком распону, а терени на којима се граде су различити. Захтијевају планска истраживања која су прилагођена терену и објекту који се гради. Правила струке и законски прописи дефинисали су минимални обим истраживања на терену, остављајући простор да се теренска истраживања заједно са геомеханичким испитивањима стијена сложе у једну цјелину довољну за изучавање терена и његову оцјену према степену повољности.

Степен истражности терена је увијек недовољан, али и никад довољно реализован у односу на пројектовани. Сматра се да је степен истражености задовољавајући уколико су истраживања реализована преко 70%. Овако мишљење није прихватљиво из разлога које врсте истраживања су проведене, тако да се проценат укупних истраживања не може генерализовати.

Истраживање терена вршити до дубине интеракције терена и објекта, односно проучавања геолошке средине испод објекта гдје се јављају промјене природних напона услед дјеловања вјештачке конструкције. Поред статичке интеракције у појединим дијеловима терена склониим сеизмичкој активности присутна је и динамичка интеракција.

Референце/Литература

Petar Mitrović, 1997. *Teren kao sredina za građenje objekata*. Institut za puteve, Beograd.

**Округли сто: Рударство као прилика за привредни развој и еколошки изазови,
Приједор, 2024.**

- Neđo Đurić, 2009. *Osnove geologije i inženjerske geologije*. Univerziteti Budimpešta, Novi Sad, Beograd, Građevinski fakulteti Budimpešta, Subotica, Beograd.
- Ljubodrag Rokić, Vladeta Vujanić, 2000. *Padine, Proučavanje padinskih procesa za potrebe planiranja, projektovanja i izgradnje građevinskih objekata*, Institut za puteva, Beograd.
- Neđo Đurić, 2011. *Hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja*. Univerzitet Novi Sad, Građevinski fakultet Subotica.
- Dražen Djukic, 2004. *Geotechnical classifications for surface works in mining and construction*. Tuzla. Tuzla Mining Institute.
- Anđa Đujić, Ljubodrag Rokić, 2000. *Značaj poznavanja stabilnosti terena za potrebe izrade planskih dokumenata*. Zbornik radova naučnog skupa o Strategiji razvoja gradova i saobraćaja, Teslić.
- Gordana Hadzi-Niković, Biljana Abolmasov, 2009. *Geotehnička istraživanja u očuvanju ekološke bezbednosti urbanog područja*. Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Milosav Janjić, 1985. *Inženjerska geologija sa osnovama geologije*. Naučna knjiga, Beograd.
- Marinko Oluć, 2001. *Snimanje i istraživanje zemlje iz svemira*. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti Geosat, Zagreb.
- Neđo Đurić, 2013. *Stepen istraženosti terena za Termoelektranu 2 x 200 MW, Ugljevik 3 – nivo Idejnog projekta*. IV simpozijum sa međunarodnim učešćem „Rudarstvo 2013“ Planovi razvoja i unapređenje rudarstva. Veliko Gradište, Srebrno jezero, Srbija. Zbornik radova str. 82-89.