



BEGEOM INŽENJERING j. d. o. o.
Nova Ploščica 94, 43284 Hercegovac
IBAN: HR0823400091110552115; OIB: 24196917975
tel/faks: 043/525-050, mob.: 098/377-213
E-mail: mihael.benkovic@bj.t-com.hr

Naručitelj:

KOMUNALNO PODUZEĆE d.o.o.

Ulica Drage Grdenića 7, 48260 Križevci

**Geotehnički elaborat o provedenom geomehaničkom
ispitivanju tla u svrhu izgradnje uređaja za pročišćavanje
otpadnih voda Grada Križevci na lokaciji k.č.br. 391 k.o. Cubinec**

Izradio: mr. sc. Mihael Benković, dipl.inž.rud.
inž. građ.

Stručni suradnik: Bernarda Benković, mag.ing.geol.

Elaborat broj: E/045-2016

DIREKTOR:

Krunoslav Benković, bacc.ing.aedif.

Nova Ploščica, svibanj 2016.

REZULTATI LABORATORIJSKOG ISPITIVANJA TLA

1. Opis radova

1.1 Općenito

Naručitelj: KOMUNALNO PODUZEĆE d.o.o. Križevci

Vrsta radova: Geomehaničko ispitivanje tla

Lokacija ispitivanja: Cubinec, k.č.br. 391 k.o. Cubinec

Građevina: Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda

Broj i vrsta sondažnih mjesta: 2 sondažne bušotine dubine 15 m
2 sondažne bušotine dubine 12 m

Svrha ispitivanja: Određivanje vrste i geomehaničkih karakteristika tla u svrhu određenih geostatičkih proračuna

Način sondiranja: Strojnom bušačom garniturom za geomehaničko sondiranje tla

Terenski radovi: Terenska identifikacija i klasifikacija tla, uzimanje neporemećenih i poremećenih uzoraka tla, praćenje pojave podzemne vode (PPV)

Pojava podzemne vode: Označeno u sondažnim profilima

Laboratorijska ispitivanja:

Jedinična težina tla
Atterbergove granice plastičnosti tla
Prirodna vlažnost tla
Specifična gustoća tla
Izravni posmik
Edometarsko ispitivanje

2. Uvjeti temeljenja - komentar

2.1 Temeljne pretpostavke

U pogledu temeljenja podzemnih građevina (crpna stanica, bazen) pretpostavlja se iskop građevne jame do dna temelja (AB temeljna ploča) u uvjetima uz prisutnost podzemne vode na određenoj dubini u zoni iskopa ispod površine postojećeg terena. **Ispod određenih AB temeljnih ploča (bazeni) pretpostavlja se ugradnja odgovarajućeg zamjenskog kamenog materijala u debljini sloja min. 50 cm.**

Zatečeno stanje pojave podzemne vode (PPV) koje je registrirano za vrijeme sondiranja terena **ne može se smatrati i konačnim stanjem**, budući da ovisi tijekom vremena o hidrološkim prilikama (klimatski uvjeti u pogledu oborina). U svrhu definiranja najnepovoljnijeg stanja razine podzemne vode (RPV) **predlaže se ugraditi pijezometre u zoni izgradnje podzemnih građevina** za praćenje oscilacija razine podzemne vode u različitim hidrološkim uvjetima.

Moguće dodatno podizanje RPV, pa i slučaj potopljenog stanja, uslijed ekstremno nepovoljnih hidroloških uvjeta, ima za posljedicu **dodatno negativan utjecaj na stabilnost podzemnih građevina (uzgonsko djelovanje).**

Proračun dopuštenog opterećenja obzirom na slom temeljnog tla ispod podzemnih građevina, kao i proračun slijeganja uslijed dodatnog opterećenja **nema realne svrhe zbog uvjeta temeljenja kao i težine same građevine**, budući se procjenjuje da građevine zbog specifičnih uvjeta temeljenja ne rezultiraju dodatnim opterećenjem na temeljno tlo (naročito ispod crpne stanice), ili je djelovanje relativno malo (bazeni) u pogledu dodatnog opterećenja temeljnog tla (znatno rasterećenje uslijed iskopa tla). Uz pretpostavljeni **zamjenski kameni materijal ispod AB temeljnih ploča bazena u debljini sloja min. 50 cm**, a s obzirom na karakter građevina i uvjete temeljenja (AB ukopana građevina skoro u cijelosti ispod površine terena), predlaže se ipak **uzeti u obzir prosječno slijeganje reda veličine oko 3 cm** (potrebno voditi računa u pogledu fleksibilnosti spojeva strojarskih instalacija).

U pogledu dopuštenog opterećenja obzirom na slom temeljnog tla ispod podzemnih građevina, procijenjeno **kontaktno opterećenje temeljnog tla** od građevina objektivno je **višestruko manje u odnosu na dopušteno opterećenje prema kriteriju sloma temeljnog tla** s obzirom na karakter građevina i uvjete temeljenja.

Za podzemne građevine za koje nije moguće izvršiti iskop građevne jame sa stabilnim privremenim pokosom u nagibu zbog uvjeta na terenu, provedeni su **geostatički proračuni stabilnosti potporne konstrukcije** zaštite građevne jame. **U svrhu dimenzioniranja AB stijenki** podzemnih građevina provedeni su **geostatički proračuni djelovanja rezultantne horizontalne sile tlaka mirovanja tla** na vertikalne stijenke podzemnih građevina.

U svrhu temeljenja pogonske zgrade, proveden je u okviru numeričkog modela GGU FOOTING **proračun dopuštenog opterećenja sa analizom slijeganja** temeljnog tla za varijantu temeljenja **preko temeljnih traka**.

2.2 Obrazloženje vezano uz geostatičke proračune

U prilogu su dati slijedeći geostatički proračuni:

- **Proračuni horizontalne rezultantne sile tlaka mirovanja tla (GEO5)** na vertikalne stijenke podzemnih građevina (crp. stanica, bazeni) za **pretpostavljene približne dubine iskopa** prema podacima iz projektnog rješenja (hidraulički profil).

- **Geostatički proračun stabilnosti sidrene potporne konstrukcije (GEO5)** za zaštitu građevne jame crpne stanice po fazama iskopa do dubine 8,4 m (čelične talpe tipa LARSEN, štapna sidra).
- **Analiza stabilnosti privremenog pokosa (GEO5)** iskopa građevne jame bazena do pretpostavljene dubine 7 m.
- **Geostatički proračun u pogledu dopuštenog opterećenja temeljnog tla (GGU FOOTING)** sa analizom slijeganja u svrhu temeljenja pogonske zgrade.

U geostatičkom proračunu osiguranja građevne jame CS sidrenom potpornom konstrukcijom (privremenog karaktera) te u **analizi stabilnosti privremenog pokosa** građevne jame bazena, **nije uzeto u obzir potresno djelovanje**.

U geostatičkim proračunima djelovanja horizontalne **rezultantne sile tlaka mirovanja tla na AB stijenke crpne stanice i bazena, RPV** je pretpostavljena **na dubini 1 m** ispod površine terena (za nepovoljnije hidrološke uvjete koji mogu nastati u vremenu korištenja građevina). U geostatičkim proračunima **primijenjeni su i određeni koeficijenti (k_h , k_v) u pogledu potresnog djelovanja** (Hrvatska seizmološka karta 2011 – 2012. za povratno razdoblje 475 g., područje Križevci - Cubinec). Na projektantu statičaru u konačnici je odabir određenih proračunskih parametara prema projektnom pristupu i stvarnim projektnim uvjetima.

Prema uvjetima na terenu pretpostavlja se **osiguranje stabilnosti građevne jame crpne stanice sidrenom potpornom konstrukcijom od čeličnih talpi**, sa iskopom nakon pobijanja talpi, i **sidrenjem štapnim sidrima** prema geometriji položaja sidara, kroz 4 faze iskopa i sidrenja do pretpostavljene dubine od 8,4 m (**napomena:** u geostatičkom proračunu je **sidrišna dionica aproksimativna** i ne utječe na izračun sila u sidrima, pa je treba posebno proračunati u okviru izvedbenog projekta zaštite građevne jame, odnosno prilikom dimenzioniranja).

Prilikom izrade izvedbenog projekta zaštitne građevne jame crpne stanice potrebno je kod konačnog odabira sidara **usporediti** deklariranu od proizvođača **vlačnu čvrstoću sidra, odnosno dopušteno opterećenje čelika na vlak** od kojeg su izrađena štapna sidra, **sa računskim silama u sidrima prema geostatičkoj analizi** unutarnje stabilnosti (prilog).

U okviru izvedbenog projekta zaštite građevne jame CS potrebno je **izvršiti odgovarajuće dimenzioniranje sidara prema računskim silama u sidrima** iz geostatičkog proračuna unutarnje stabilnosti (odgovarajući promjer sidra, odgovarajući promjer sidrene bušotine, odgovarajući tlak injektiranja te odgovarajuća sidrena dionica u svrhu postizanja zadovoljavajuće adhezijske sile između tla i injekcijskog dijela). Predlaže se **izvršiti injektiranje sidrene bušotine od dna do polovine dužine sidrene bušotine uz odgovarajući pritisak injektiranja**.

Za građevnu jamu bazena pretpostavlja se izvesti **iskop** do dubine 7 m sa **pokosom maks. 40° i bermom širine 2 m** na polovini visine iskopa.

Uvjet za zadovoljenje stabilnosti prema proračunu **sidrene potporne konstrukcije** građevne jame crpne stanice je **sniženje razine podzemne vode (RPV) na maks. 3 m** ispod površine postojećeg terena.

U analizi stabilnosti privremenog pokosa iskopa građevne jame bazena **do dubine 7 m, uz maks. nagib pokosa iskopa 40°, sa bermom širine 2 m** u polovini visine iskopa te uz pretpostavljenu dubinu i **liniju RPV, počevši od dubine 5 m** ispod površine terena, **stabilnost pokosa je u stanju granične ravnoteže**.

Ovisno o vremenskim uvjetima za vrijeme izvođenja građevinskih radova, potrebno je eventualno prije iskopa građevnih jama **izvesti nekoliko drenažnih bunara za crpljenje vode u svrhu sniženja RPV u zoni iskopa na potrebne dubine** koje zadovoljavaju uvjete prema geostatičkim proračunima (RPV 3 m uvjet stabilnosti potporne konstrukcije CS, odnosno 5 m uvjet za graničnu stabilnost privremenog pokosa građevne jame bazena).

Geostatički proračuni u svrhu osiguranja stabilnosti građevnih jama podzemnih građevina te proračuni djelovanja horizontalne sile tlaka mirovanja tla na AB stijenke podzemnih građevina (CS, bazeni) **provedeni su za pretpostavljene približne dubine iskopa** za pojedine građevine, odnosno dubine ukapanja prema dimenzijama iz projektnog rješenja dobivenog od naručitelja (hidraulični profil).

U svrhu temeljenja pogonske zgrade preko temeljnih traka, u okviru numeričkog modela GGU FOOTING proveden je **geostatički proračun dopuštenog opterećenja sa analizom slijeganja** temeljnog tla. U proračunu je **pretpostavljeno opterećenje temeljnog tla** u intenzitetu **150 kN/m²**, **dubina temeljenja 1 m** ispod površine postojećeg terena te je pretpostavljena **RPV također 1 m** ispod površine terena.

Računske vrijednosti parametara posmične čvrstoće tla („c“ i „φ“) u geostatičkim proračunima određene su **na temelju laboratorijskog ispitivanja** tla (izravni posmik), kao i **iskustveno** na temelju terenske identifikacije tla, i procijenjenih karakterističnih vrijednosti parametara posmične čvrstoće za slične vrste tla.

Uz pretpostavljene uvjete temeljenja, a u pogledu analize slijeganja tla **za slučaj temeljenja pogonske zgrade, parametar stišljivosti tla („Ms“)** u geostatičkom proračunu određen je **na temelju rezultata laboratorijskog ispitivanja tla** (edometarsko ispitivanje), **uzimajući u obzir do utjecajne dubine stanje naprezanja u tlu** (uz pretpostavljeno dodatno opterećenje temeljnog tla) te je dodatno do utjecajne dubine procijenjen iskustveno na temelju terenske identifikacije tla.

3. Preporuke za temeljenje

Zbog specifičnih uvjeta temeljenja podzemnih građevina (značajan utjecaj podzemne vode), **predlaže se** u predviđenoj zoni izgradnje podzemnih građevina **izvesti nekoliko pijezometarskih bušotina** u svrhu praćenja oscilacija RPV kroz relativno duži vremenski period u različitim hidrološkim uvjetima (različiti klimatski uvjeti u pogledu oborina).

U okviru projekta potrebno je **predvidjeti odgovarajuće osiguranje stabilnosti stijenki iskopa građevnih jama podzemnih građevina** od zarušavanja, kako prilikom iskopa, tako i za sve vrijeme odvijanja građevinskih radova u građevnoj jami (n.pr. odgovarajuća zaštita iskopa čeličnim talpama, ili formiranje stabilnih privremenih pokosa građevnih jama za vrijeme odvijanja građevinskih radova u jamama, ako to dozvoljavaju uvjeti na terenu s obzirom na postojeće objekte, postojeće podzemne instalacije, prometne površine.....).

Na temelju provedenih analiza, **za osiguranje stabilnosti stijenki iskopa građevne jame crpne stanice (kao najdublje), predlaže se izvesti sidrenu potpurnu konstrukciju** od čeličnih talpi (n.pr. tipa LARSEN) sidrenu štapnim sidrima (prema geostatičkom proračunu, odnosno **prema posebnom projektu osiguranja stabilnosti građevnih jama** podzemnih građevina (CS, bazeni).

Također je potrebno **predvidjeti u okviru projekta i prethodno odgovarajuće osiguranje stabilnosti eventualnih postojećih objekata na kritičnoj udaljenosti od ruba građevne jame** (n.pr. postojeći uređaj za pročišćavanje, postojeći cjevovodi odvodnje.....) za vrijeme iskopa građevne jame, odnosno za sve vrijeme odvijanja građevinskih radova u građevnoj jami.

Zbog registrirane pojave podzemne vode u zoni iskopa građevnih jama podzemnih građevina, potrebno je **predvidjeti odgovarajuću kontroliranu odvodnju** iz građevnih jama za vrijeme odvijanja radova na iskopu, kao i za vrijeme odvijanja radova u građevnim jamama.

U pogledu temeljenja bazena kao podzemnih građevina, odnosno **temeljenja pogonske zgrade, predlaže se izvršiti ugradnju odgovarajućeg zamjenskog kamenog materijala** ispod AB temeljnih ploča bazena, odnosno ispod temelja pogonske zgrade **u debljini sloja min. 50 cm** uz odgovarajuće sabijanje (min. 50 MPa), i na prethodno odgovarajuće stabiliziranu podlogu (n.pr. geotekstil). Zbog ugradnje zamjenskog kamenog materijala potrebno je uzeti u obzir i odgovarajuće **dodatno proširenje iskopa za ugradnju zamjenskog materijala**.

Općenito, kod dimenzioniranja i oblikovanja temelja, **potrebno se rukovoditi uvjetom da opterećenje temeljnog tla ne prekorači dopušteno opterećenje obzirom na slom temeljnog tla, odnosno granično opterećenje u pogledu dopuštenog slijeganja tla** (maks. 5 cm u koherentnom tlu, odnosno maks. 2,5 cm u nekoherentnom tlu).

Opterećenje na temeljno tlo koje rezultira slijeganjem u dopuštenim granicama (do maks. 5 cm u koherentnom glinovito-prašinstom tlu, odnosno maks. 2,5 cm u nekoherentnom tlu) uzima se i kao dopušteno opterećenje temeljnog tla prema kriteriju dopuštenog slijeganja tla.

Prilikom izrade statičkog proračuna, odnosno dimenzioniranja AB temeljne ploče i stijenki bazena, potrebno je **dodatno izvršiti geostatičku analizu u pogledu slijeganja tla ispod bazena na temelju stvarnih projektnih djelovanja na temeljno tlo**, odnosno prema stvarnim uvjetima temeljenja (stvarno projektno opterećenje temeljnog tla od građevine, dubina temeljenja, temeljna podloga, oblik temelja).

Također, **prilikom dimenzioniranja i oblikovanja temelja pogonske zgrade** potrebno je izvršiti **kontrolu proračuna dopuštenog opterećenja** obzirom na slom temeljnog tla **sa analizom slijeganja** prema stvarnim (projektnim) djelovanjima na temeljno tlo (stvarno opterećenje tla, oblik temelja, dimenzije temelja, temeljna podloga, dubina temeljenja).

Zbog registrirane **pojave podzemne vode (PPV)** za vrijeme sondiranja tla u zoni iskopa građevnih jama podzemnih građevina (crpna stanica, bazeni) te kasnije dodatno podignute razine podzemne vode (RPV) u bušotinama na dubinu oko 2 m ispod površine postojećeg terena, potrebno je **prilikom projektiranja** podzemnih građevina **uzeti u obzir i moguće štetno uzgonsko djelovanje na temeljne ploče** podzemnih građevina, kao i na **mogući hidraulički slom tla** pri dnu iskopa. U tu svrhu predlaže se **u okviru projekta predvidjeti način snižavanja razine podzemne vode (RPV) drenažnim bunarima** za crpljenje vode u zoni izgradnje podzemnih građevina. Također je potrebno **predvidjeti odvodnju iz građevnih jama** kako za vrijeme iskopa, tako i za vrijeme odvijanja radova u građevnim jamama.

Drenažni bunari za crpljenje vode mogu kasnije **za vrijeme korištenja podzemnih građevina** služiti **u svrhu kontrole RPV** te eventualno u nepovoljnim hidrološkim uvjetima za **smanjenje hidrauličkog potencijala** crpljenjem vode u svrhu **sniženja RPV** u zoni mogućeg štetnog utjecaja na podzemnu građevinu (**smanjenje uzgonskog djelovanja**).

Prilikom vršenja iskopa za temeljenje, u slučaju nailaska na dubini temeljenja na tlo loših geotehničkih osobina kao što je **organsko tlo, ili neki lošiji nasipni materijal**, ili istovrsno tlo bitno **veće stišljivosti**, potrebno ga je dodatno **iskopati do nosivog tla**, i po prethodno odgovarajuće stabiliziranoj podlozi **izvršiti zamjenu dodatno iskopanog neodgovarajućeg tla odgovarajućim zamjenskim kamenim materijalom, vodeći računa o pravilnoj ugradnji zamjenskog materijala**. Iz tog razloga potrebno je prilikom vršenja iskopa za temeljenje pozvati dodatno za vizualnu kontrolu temeljnog tla i novih uvjeta temeljenja geomehaničara kako bi se definirale eventualne dodatne kritične zone u tlu nepovoljnih fizičko-mehaničkih osobina, budući su dobiveni podatci na temelju geomehaničkog ispitivanja ipak okvirni i točkastog su karaktera, a koji se pretpostavljaju kao reprezentativni na području temeljenja.

Nova Ploščica, svibanj 2016.

Obradio:
mr.sc.Mihael Benković, dipl.inž.rud.
inž.građ.

SADRŽAJ

Naslovna stranica

Sadržaj

Izvod iz sudskog registra

1. Opis radova

1.1 Općenito

2. Uvjeti temeljenja - komentar

2.1 Temeljne pretpostavke

2.2 Obrazloženje vezano uz geostatičke proračune

3. Preporuke za temeljenje

Geostatički proračuni

Sondažni profili

Rezultati laboratorijskog ispitivanja tla

Grafički prilozi

SONDAŽNI PROFILI

GEOSTATIČKI PRORAČUN REZULTANTNE SILE TLAKA MIROVANJA TLA
NA AB STIJENKE CRPNE STANICE (H = 8,4 m)
I BAZENA (H = 6,5 m)

GEOSTATIČKI PRORAČUN SIDRENE POTPORNE KONSTRUKCIJE
GRAĐEVNE JAME CRPNE STANICE OD ČELIČNIH TALPI TIPA „LARSEN 605“

ANALIZA STABILNOSTI PRIVREMENOG POKOSA ISKOPA
GRAĐEVNE JAME BAZENA
(dubina iskopa 7 m, nagib pokosa maks. 40°, širina berme 2 m,
RPV pretpostavljeno na dubini 5 m)

GEOSTATIČKI PRORAČUN DOPUŠTENOG OPTEREĆENJA TEMELJNOG TLA
SA ANALIZOM SLIJEGANJA U SVRHU TEMELJENJA POGONSKE ZGRADE
(temeljenje u prirodnom tlu, za varijante temeljne trake i temeljne stope)