Primjer zaštite manje građevinske jame u nekoherentnom tlu ispod razine podzemne vode

Majer, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:983953

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

ZAVRŠNI RAD

ZAŠTITA MANJE GRAĐEVINSKE JAME U NEKOHERENTNOM TLU ISPOD RAZINE PODZEMNE VODE

Matea Majer

VARAŽDIN, srpanj 2016.

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Matea Majer | MATIČNI BROJ: 2273/601

DATUM: 1. 07. 2016. | KOLEGIJ: TEMELJENJE

NASLOV RADA: PRIMJER ZAŠTITE MANJE GRAĐEVINSKE JAME U NEKOHERENTNOM TLU ISPOD RAZINE PODZEMNE VODE

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: PROTECTING SMALL CONSTRUCTION PIT IN INCOHERENT SOIL BELOW WATER BOUNDRY

MENTOR: Dr. sc. Božo Soldo | ZVANJE: redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. dr.sc. Matija Orešković, predavač
2. Aleksej Aniskin, predavač
3. Željko Kos, predavač
4. dr.sc. Božo Soldo, red. prof.
5. Predrag Presečki, predavač

Zadatak završnog rada

BROJ: 263/GR/2016

OPIS

Pod temom Završnog rada: PRIMJERI ZAŠTITE GRAĐEVINSKIH JAMA U BLIZINI POSTOJEĆIH GRAĐEVINA, pristupnik će u radu obraditi ponuđenI primjer zaštite manje građevinskih jama u nekoherentnom tlu ispod razine podzemne vode i u blizini postojećih građevina koja se izvela u Varaždinu 2015. godine i to uz slijedeća poglavlja:

1.UVOD
2. OPĆENITO O PREDMETNOJ LOKACIJI
3. OPĆENITO O METODAMA ZAŠTITE GRAĐEVINSKIH JAMA
4. PRIMJER ZAŠTITE GRAĐEVINSKE JAME NA IZGRADNJI „HOTELA PARK" U VARAŽDINU
5. ZAKLJUČAK
LITERATURA

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 12.7.2016. | POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

ZAVRŠNI RAD

ZAŠTITA MANJE GRAĐEVINSKE JAME U NEKOHERENTNOM TLU ISPOD RAZINE PODZEMNE VODE

MENTOR:

dr. sc. Božo Soldo izv. prof.

STUDENT:

Matea Majer, 2273/601

VARAŽDIN, srpanj 2016.

SAŽETAK

Tema samog rada je zaštita manje građevinske jame u nekoherentnom tlu ispod razine podzemne vode, stoga se i čitav rad bazira na toj tematici. Kompletni rad je podijeljen na četiri glavna poglavlja, gdje se u prvom poglavlju govori općenito o terminu nekoherentnog tla kao i pojmu građevinskih jama zajedno s njihovim problemom vezanim uz djelovanje podzemne i oborinske vode.

Drugo poglavlje bavi se metodama zaštite građevinskih jama od metoda s dijafragmama od pilota pa do zaštite građevinske jame čeličnim žmurjem.

U trećem poglavlju data je problematika građevinske jame Hotela Park u Varaždinu, te je provedeno kompletno dimenzioniranje zaštite građevinske jame određivanjem tipa zaštite zidova jame, te rješavanje problema podzemnih voda.

U četvrtom poglavlju dat je osvrt na rezultate dobivene dimenzioniranjem građevinske jame.

ABSTRACT

The theme of the work is to protect the small construction pit in incoherent soil below the water table, so the whole work is based on that theme.

The complete work is divided into four major sections, where the first chapter speaks generally about the term incoherent soil as well as the concept of construction pits together with their problems related to the effect of groundwater and rainwater.

The second chapter deals with methods to protect construction pit method with the diaphragms of the pilots to the protection of the construction pit steel sheet piling.

In the third chapter, given the problems of the construction pit Park Hotel in Varazdin, and was conducted completely sizing protect construction pit by specifying the type of protection of the walls of the cave, and problem solving groundwater.

In the fourth chapter provides an overview of the results from the dimensioning of the construction pit.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
2. OPĆENITO O PREDMETNOJ LOKACIJI 2
2.1. POJAM NEKOHERENTNOG TLA 2
2.2. GRAĐEVINSKA JAMA 4
3. OPĆENITO O METODAMA ZAŠTITE GRAĐEVINSKIH JAMA 5
3.1. KONTINUIRANE METODE 6
3.1.1. ZAŠTITA JAME ARMIRANO BETONSKOM DIJAFRAGMOM 6
3.1.1.1. TOP DOWN METODA 7
3.1.2. ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME ŽMURJEM (TALPOM) 9
3.1.3. JET GROUTHING METODA 10
3.2. DISKONTINUIRANE METODE 12
3.2.1. ZAŠTITA JAME ARMIRANO-BETONSKIM PILOTIRANJEM 12
4. PRIMJER ZAŠTITE GRAĐEVINSKE JAME NA IZGRADNJI „HOTELA PARK“ U VARAŽDINU 15
4.1. OPĆI PODACI O ZGRADI HOTELA PARK 15
4.2. ULAZNI PODACI (GEOTEHNIČKA ISPITIVANJA) 16
4.3. PRORAČUNSKE ANALIZE 18
4.4. RJEŠENJE ANALIZE 29
5. ZAKLJUČAK 32
POPIS LITERATURE 33
6. POPIS SLIKA 34
7. POPIS TABLICA 35
8. PRILOZI 36

1. UVOD

Predmet rada kao i što sam naslov govori je pronalazak rješenja adekvatne zaštite manje građevinske jame uslijed utjecaja djelovanja podzemnih voda, u tlu visokog stupnja koherentnosti, tj. propusnosti. Također kroz rad je nužno i ukazati na problem djelovanja podzemnih a i oborinskih voda na građevinsku jamu kao i rješenja tih problema koji su ustaljeni na našim pretežito nizinskim sjeverozapadnim prostorima.

Cjelokupno rješenje građevinske jame prikazuje se na primjeru izgradnje Hotela Park u Varaždinu, gdje je zbog blizine rijeke Drave razina podzemnih voda vrlo visoka. Zbog ne tako velike dubine građevinske jame od 5,50 metara pretpostavka je da se kompletna zaštita jame obavlja zabijanjem čeličnog žmurja, stoga tijekom rada na temelju odabrane metode zaštite jame, potrebno je obaviti provjeru normalnih i posmičnih naprezanja na tijelo žmurja te odabrati optimalnu klasu žmurja.

Dubina građevinske jame jedan je od glavnih razlog zbog kojeg dolazi do pretpostavke korištenja čeličnog žmurja jer izrada betonske ili armiranobetonske dijafragme ili dubokih pilota kod malih građevinskih jama jednostavno nije optimalno rješenje, što zbog same brzine izvođenja što zbog ekonomičnosti radova. Pretpostavka dubine zabijanja čeličnog žmurja je do 2/3 visine žmurja. Na temelju kojeg se i izvode provjere stabilnosti žmurja, kao i provjere protoka podzemnih voda.

Nakon provjere stabilnosti zaštitnog zida te određivanje klase žmurja koja mora odolijevati u uvjetima djelovanja maksimalnih momenata te maksimalnih poprečnih sila, potrebno je i odrediti veličinu protoka, koji ulazi u prostor građevinske jame. Te na temelju izračunatih protoka ulaska oborinske vode u prostor jame dati rješenja koja će na pravilan način omogućiti skupljanje te vode i odvesti je do mjesta gdje se ona može sva prihvatiti te transportirati sa prostora građevinske jame tj. potrebno je osigurati dotok sve podzemne i oborinske vode do prihvatnih bunara, gdje ulogu crpljenja vode do obližnje kanalizacije preuzimaju pumpe. Rješenja položaja bunara, broj bunara, drenova, drenažnih cijevi unutar njih te vrstu ispune drena potrebno je prikazati u grafičkom obliku, gdje se jasno vide pozicija svih bunara, svih drenova sa svojim pripadajućim dubinama.

2. OPĆENITO O PREDMETNOJ LOKACIJI

2.1. POJAM NEKOHERENTNOG TLA

Nekoherentna tla su nevezana tla tj. šljunak, pijesak ili njihove mješavine, to su takva tla za koja vrijedi da sadrže više od 50% mase čvrstih čestica tj. čestica većih od 0,06 mm ili 0,074 mm.

U današnjoj terminologiji postoji različit spektar klasifikacije tala. Svrha klasifikacije je omogućiti da se pomoću jednostavnih metoda razvrstaju tala u klase. Glavna podjela je podjela najprije na koherentna i nekoherentna tj. krupnozrna tla.

Nekoherentna tla su sipka tla, kod kojih je kohezijska sila između čvrstih čestica zanemariva.

Klasifikacija nekoherentnih tala radi se pomoći granulometrijskog sastava tla, najprije prema samoj veličini zrna i širini, te njegovoj pravilnosti zastupljenih frakcija. Razlog takove klasifikacije prema veličini zrna radi se zbog toga što je i ponašanje nekoherentnog tla uvjetovano najprije samom veličinom zrna, drugim riječima granulometrijskim sastavom. Samim time se i podjela nekoherentnih tala zasniva na granulometrijskom sastavu. Glavna i osnovna podjela nekoherentnih tala je na :

- šljunak (gravel - oznaka G)
- pijesak (sand - oznaka S)

Svaka ta skupina dalje ima svoje podjele u zavisnosti od stupnja graduiranosti. A njihova oznaka radi se kombinacijom oznake za šljunak i pijesak te ostalih oznaka sljedećih podjela :

- dobro graduirana (W),
- slabo graduirana (P),
- jednolično graduirana tla (U),
- slabo graduirana tla s većinskim postotkom prašinastih čestica (M ili Fs),
- slabo graduirana tla s mnogo glinovitih čestica (C ili Fc,),
- kombinacije tala ako je sitnih čestica između 5 i 12%. (SFc/SFs.),

Posebni se značaj pridodaje klasifikaciji tla jer svaka vrsta tla ima i drukčije, ponašanje, tome u prilog ide prisutnost sitnih čestica, koje mogu bitno utjecati na svojstva a samim time i na

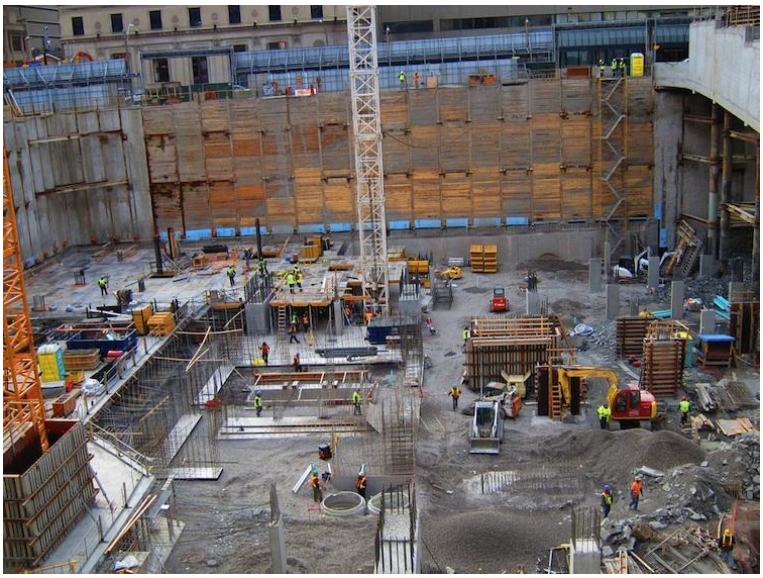
ponašanje nekoherentnog tla. Posebno je problem sitnih čestica u tlu jer o njihovoj zastupljenosti ovisi vrijednost čvrstoće, stišljivosti i propusnost tla.



Slika 1. Nekoherentno tlo.

2.2. GRAĐEVINSKA JAMA

Građevna jama je prostor unutar kojeg se izvodi temeljenje. Taj prostor mora biti siguran za rad i dostupan ljudima i strojevima. Kako će izgledati građevna jama i koje će sve privremeni i trajne mjere zaštite od raznih utjecaja sadržavati, ovisi o nizu čimbenika. *Nonveiller (1979.)*Građevinska jama je prostor nastao iskopom ispod razine terena za potrebe izvođenja temelja ili podzemne građevine. *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*



Slika 2. Građevinska jama.

Građevinska jama je područje unutar kojeg se nalazi prostora za izvođenje građevinskih radova u tlu. Zbog same svoje prirode jame, nailazi se često na problem vode kao i na problem samog zarušavanja tla, stoga se jama mora često zaštićivati betonskim, čeličnim ili nekim drugim zidom. Prostor unutar nje mora biti takav da ljudi nesmetano mogu obavljati zadane aktivnosti, te da prema pravilima Zaštite na radu nije ugrožena njihova sigurnost.

3. OPĆENITO O METODAMA ZAŠTITE GRAĐEVINSKIH JAMA

Problem vode u građevinskim jama je gotovo pa učestala pojava stoga je potrebno građevnu jamu na adekvatan način osigurati od podzemne i oborinske vode unutar jame.

Kod velikih građevinskih jama zbog utjecaja atmosferilija nužno je kako za vlastite tako i za vanjske vode izraditi analizu oborina. Temeljem takvih vrijednosti radi se dimenzioniranje uređaja (broj zdenaca i crpki koje će crpiti vodu) za zadanu građevinsku jamu te odvodnju oborinskih voda s prostora jame. Okolo cijele jame unutar nje rade se kanali u uzdužnom padu. A na najnižoj poziciji radi se bunar iz kojeg se pumpama crpi kišnica slijevana u taj bunar kroz kanal. Kod velikih gradilišnih jama s velikim tlocrtnim površina jako važan faktor je odvodnja vlastitih oborinskih voda. Glavna podloga za dimenzioniranje takvih veličina su hidrološke podloge. Uzima se najčešće 100 godišnji, 200 godišnji ili 500 godišnji povratni period za proračun oborinskog opterećenja. Odvodnja jame radi se još i tako da samo dno jame izrađuje u padu prema kanalima ili direktno prema zdencima.

Podzemna voda iz građevne jame ima puno veći utjecaj od oborinske vode stoga se njoj pridodaje najveća pažnja, sabirne kanale i drenove potrebno je voditi u padu, te ih usmjeravati na mjesta gdje će se voda crpiti dalje. Drenaža se izvodi u pravilu oko cijele građevinske jame te se zasipava debelim šljunkom (batudom). U uvjetima gdje ima dovoljno prostora mogu se izvesti i drenaže van obuhvata građevinske jame. U takove drenaže spadaju kanali za dreniranje otvoreno tipa, razni drenažni rovovi te vodoravne bušotine. Drenažni rovovi su dubine i do 8 m, Veće dubine takvih rovova nisu preporučljive.
Plići kanali za dreniranje mogu se izvesti i otvorenog tipa, te se oni mogu izvesti s pokosima, ako im dubina nije prevelika te ako ima dovoljno prostora za izvedbu pokosa.

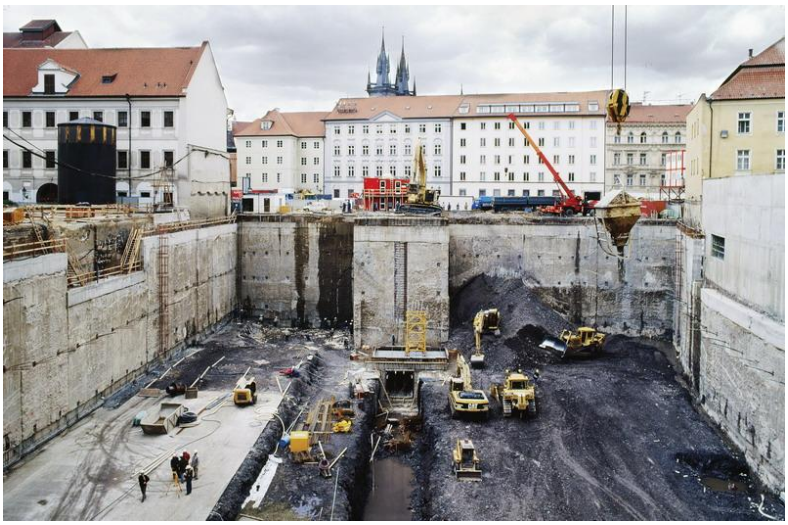
Tijekom godina razvile su se brojne metode zaštita i osiguranja građevinskih jama, koje su namijenjene za raznu uporabu od malih građevinskih jama od svega par metara pa sve do velikih tj. dubokih do preko 30 m. S tim razlogom javlja se podjela zaštite građevinskih jama na kontinuiranu zaštitu, te na zaštitu u diskontinuitetu.

3.1. KONTINUIRANE METODE

Kontinuirane metode podrazumijevaju izvođenje zaštite osiguranja građevinske jame u kontinuitetu tj. u obliku betonskog ili čeličnog zida koji stvara nepropusnu barijeru prodora vode u horizontalnom smjeru. Najuvaženije i najprimjenjivanije metode ovakve vrste su metoda armirano betonske dijafragme, pojam uz koji se nerijetko nadovezuje i pojam „TOP DOWN“, te metode zaštite čeličnim ili betonskim žmurjem, kao i metoda „JET GROUTHING“.

3.1.1. ZAŠTITA JAME ARMIRANO BETONSKOM DIJAFRAGMOM

Armirano-betonske dijafragme su betonski zidovi *(slika 3.)* koji okružuju građevinsku jamu sa svih strana i uvijek ostaju kao trajni dijelovi građevine. Te mogu služiti kao daljnja veza za povezivanjem s međukatnom konstrukcijom objekta. Armirano betonske dijafragme često se rade kao sidrene armirano betonske dijafragme koje mogu biti projektirane tako da stijenka ostaje trajna, a sidra privremena. Opterećenje koje u početku nose sidra, kasnije na sebe preuzima sama međukatna konstrukcija zgrade.



Slika 3. Prikaz dijafragma u građevinskoj jami.

Dijafragme izvedene u tlu trebaju biti tako izvedene da sigurno preuzmu aktivne tlakove tla, dok se Horizontalne sile nastale djelovanjem tla preuzimaju putem injektiranih zatega ili vodoravnih elementa koji se izvode u unutar prostora dijafragme.

Izvođenje dijafragmi započinje kopanjem žlijebnog kanala, u kojem se kasnije izvode rovovi za betoniranje stijena dijafragme. Iskop zida se radi isprekidano, u parnim segmentima, prilikom čega se neparni segmenti kopaju tek nakon što su parni segmenti u potpunosti izvedeni, nakon izvedbe iskopa pristupa se montaži armature i zalijevanju segmenta s betonom, kontraktor postupkom. Armatura se najčešće postavlja kod onih dijafragmi koje će kasnije biti sastavni dio objekta. Uz same rubove segmenta stijenke stavljaju se cijevi dimenzija jednakim ukupnoj debljini same dijafragme. Što osigurava kvalitetan i „ čist“ spoj kasnije s neparnim segmentom koji se kopa i betonira nakon izvođenja parnog segmenta. Nakon izvođenja armirano betonske dijafragme žlijebni kanal se može ispuniti betonom i imati ulogu armirano betonske grede koja povezuje zidove dijafragme te preuzimati na sebe momente savijanja tla.

Armirano betonske dijafragme se koriste u dubokim jamama jer mogu sezati i do dubine veće od 30 metara, što je zabijanjem klasičnih talpi i zagata teško ostvarivo.

3.1.1.1. TOP DOWN METODA

Saniranje starih objekata u gradskim područjima i na tom istom mjestu izgradnja novih s dubokim podrumima, podzemnim garažama i velikim brojem etaža ispod zemlje dovela je do razvoja metode zvane „TOP DOWN“ Glavni problem izvođenja duboke građevinske jame uz podzemnu vodu su pomaci tla te samim time i pomicanje dijafragme, što u prostoru između zgrada, oko jame znači „strašan“ ishod, zbog pucanja i oštećenja okolnih objekata.

Metoda top down se sastoji od betonske dijafragme i međukatne konstrukcije koje imaju zadaću razupore te su s tim razlogom deformacije znatno smanjene.

Najpoznatija demonstracija metode TOP DOWN u Hrvatskoj izvedena je u Zagrebu na izgradnji „Cvjetnog trga“

Mnoge su prednosti metode TOP DOWN, najprije na utjecaj na susjedne zgrade, te na elimininiranje sidara koje su izvođenjem standardne armirano betonske dijafragme neophodne, te što dijafragma kasnije ima funkciju nosivog zida.

Postupak izvođenja metode „TOP DOWN“:

Postupak kreće izvođenjem zidova dijafragme okolo objekta. Zidovi armirano betonske dijafragme se rade na način izrade klasične dijafragme. Posebna pažnja tijekom izvođenja zidova dijafragme se mora posvetiti njihovoj kvaliteti jer zidovi dijafragme ostaju nosivi zidovi zgrade.

Nakon izvođenja zidova dijafragme pristupa se iskopu građevinske jame. Iskop se vrši do dubine prve etaže, nakon čega slijedi izrada armirano betonskih pilota koji kasnije imaju ulogu stupova u objektu te koji kasnije služe kao nosivi elementi konstrukcije.

Nakon ugradnje pilota tj. stupova izvodi se stropna ploča, poslije koje se kopanje unutar jame nastavlja *(primjer slika 4.)* te se postupak ponavlja do samog dna jame.

Tek nakon završetka gornje ploče pristupa se iskopu donjih dijelova

Primjer metode TOP DOWN u Hrvatskoj se nalazi na Zagrebačkom cvjetnom trgu gdje zgrada ima 6 etaža pod zemljom a ukupna dubina je 30 m pod zemljom, olakšavajuća činjenica tijekom izgradnje trga je sastav tla jame koje se sastoji od visokoplastične gline koja onemogućava utjecanje vode u građevinsku jamu, te samim time znatno olakšava izvedbu iste.



Slika 4. Iskop rova metodom „TOP DOWN“

3.1.2. ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME ŽMURJEM (TALPOM)

Žmurje, uski, dugi i vitki profilirani elementi od čelika koji se upotrebljavaju za osiguranje građevne jame od tlaka tla ili vode. *Institut za hrvatski jezik i znakovlje.*

Žmurje ili u narodu Talpa je zagatni zid sastavljen od pojedinačnih segmenata, koji međusobnim spajanjem čini barijeru za prolaz vode te omogućava zaštitu od zarušavanja građevinske jame. Ugrađuju se zabijanjem u tlo. Glavna namjena žmurja je preuzimanje tlak vode i tla kod izrade građevinskih jama. Žmurje su elementi razmjerno uskog i dugog profila, a njihova postavka se vrši nabijanjem batovima ili tzv. Makarama. Važno je da se postavljaju jedna uz drugu ,kontinuirano, jedan panel do drugog tako da ostanu kontinuirano međusobno brtveni. Prilikom postavke žmurja važno je paziti na poziciju i na vertikalnost svakog pojedinog elementa. Zabijanje se izvodi u dvije faze u prvoj fazi do pola pa u drugoj do projektirane dubine. Nakon vađenja materijala tj. iskopa unutar rova važno je razuprijeti žmurje.



Slika 5. Zaštita građevinske jame žmurjem.

Metodom zaštite građevinske jame žmurjem se izvodi izrada relativno plitkih građevinskih jama. Koristi se u prisutnosti vode s i bez prisutnosti podzemnih voda. Prednost žmurja je što se može koristiti za razliku od dijafragme više puta.

Postoji nekoliko osnovnih tipova žmurja:

Čelična žmurja čije je uporaba najčešća od kojih je najpoznatiji tip Larssen sastoji se čeličnih komada, debljine do 1 cm, međusobno povezani spojnicama. Dubina uporabe im je najveća do i više od 20 metara. Problem kod njih je tijekom zabijanja pojava čvrste kamene stijena, koja otežava zabijanje žmurja. Jako je efikasna kod malih tlocrtno ali dubljih jama, zbog svoje mogućnosti jednostavne postavke. To je vrsta jedna od najkorištenijih i najprimjenjivanijih zbog brzine postavke i mogućnosti ponovnog korištenja

Armiranobetonsko žmurje zbog svoje „krhkosti“ najčešće ostaje u građevinskoj jami gdje služi kao zaštita od erodiranja, a može i služiti u vidu zaštite sprečavanja prolaza vodi. Problem sa armiranobetonskim žmurjem je baš u armiranom betonu zbog čega prilikom nabijanja makarama nerijetko dolazi do raspucavanja te vrste žmurja.

Drvena žmurja praktički se danas i ne upotrebljavaju a koriste se za privremenu zaštite građevne jame. Problem drvenog žmurja je ograničenje visine od 8 metara.

3.1.3. JET GROUTHING METODA

Mlazno injektiranje ili jet grouthing je postupak poboljšanja kvalitete tla kojim se određeni obujam tla pretvara se u zemljani mort utiskivanjem pod velikim tlakom mlaza tekućine. Ta metoda ima vrlo širok spektar primjene u geotehnici. Primjenjuje se za poboljšanje mehaničkih svojstava tala, osiguravanje nepropusnosti vododrživim zavjesama kao i brtvljenje dna građevinske jame, Mlazno injektiranje je pogodno za razne vrste tla a može se i koristiti u glini te organske slojevima. Također koristiti se i u stjenovitom tlu.

Mana metode je složeno stane naprezanja koje nastaje interakcijom mlazno injektiranog medija i okolnog tla, za izradu proračunskog modela. Stoga se prilikom dimenzioniranja često ne raspolaže s dovoljno pouzdanim ulaznim parametrima te se projektiranje provodi u uvjetima rizika.

Kod metode dolazi do miješanja čestice tla s cementnom suspenzijom te zapunjavanjem zahvaćenog volumena. Dijametar djelovanja utiskivajućeg mlaza u tlu ide do 5,0 m u zavisnosti od načinu izvođenja, korištenoj tekućini i vrste tla.

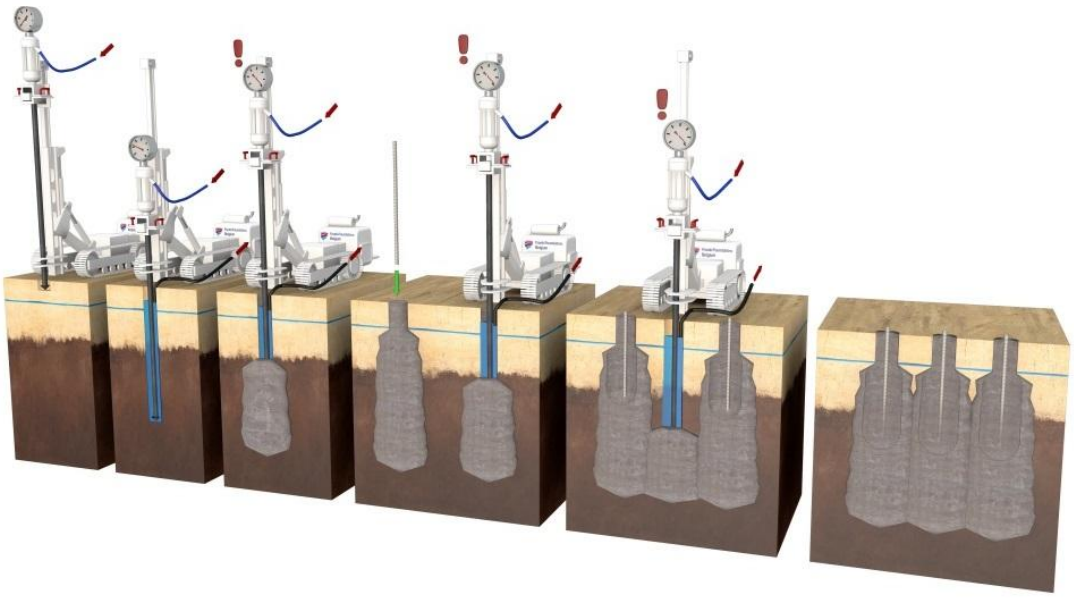
Primjena Jet grouthinga ili mlaznog injektiranja dijeli se na tri glavne kategorije:

podupiranje te zaštita iskopa,

stabilizacija mekih tala,

sprječavanje prolaska podzemne vode,

Proces izvođenja mlaznog injektiranja *(slika 6.)* radi se u nekoliko faza: bušenje rupe s mlaznicom, rezanje, injektiranje i proširenje. Bušenje tla vrši se bušaćim šipkama s nosačem mlaznica i bušaćom krunom. U pravilu mlaz injekcijske smjese podupire sam postupak i održava stijenke bušotine oko šipki radi lakšeg povrata suspenzije za bušenje. Za bušenje kroz betonske i armiranobetonske zidove te druge tvrde materijale koriste se specijalne bušaće krune.



Slika 6. Redoslijed metode“ Jet Grouthing“ ili metode mlaznog injektiranja.

Predviđena svojstva tj. tehničke karakteristike tla stalno se kontroliraju. Te se dodaje takva cementna mješavina gustoće od 1400 pa sve do 1900 kg/m3, koja se pod tlakom na mjestu rada optimalno miješa sa okolnim tlom. Što nakon očvršćivanja utisnutog morta rezultira pojačavanjem mehaničkih svojstava temeljnog tla.



Slika 7. Izgled građevinske jame nakon metode mlaznog injektiranja.

3.2. DISKONTINUIRANE METODE

Diskontinuirane metode podrazumijevaju izvođenje zaštite osiguranja građevinske jame pomoću stijene izvedene od pojedini segmenata, u dva ili više redova koje u cjelini čine nepropusnu barijeru najpoznatija metoda ove vrste je zaštita građevinske jame pilotnom stjenkom tj. pilotiranjem.

3.2.1. ZAŠTITA JAME ARMIRANO-BETONSKIM PILOTIRANJEM

Glavna ideja ove metode zasniva se na izvođenju pilota najčešće manjih promjera od armiranog betona. koji se izvode na gradilištu rotacionim postupkom bušenja, ili direktnim zabijanjem bez proizvodnje nepovoljnih vibracija za okolne objekte zbog male sile koja je potrebna za utiskivanje istih.



Slika 8. Armirano betonski piloti.

Kod rotacionog postupka ugradnje pilota postoje mnoge prednosti : mogućnost odabira pilota velikih promjera i nosivosti, stvaranje malih vibracija, kao i tihi rad, dok je problem takve metode rada u uvjetima ispod razine podzemne vode zbog problema koji se javljaju tijekom izvedbe iskopa za pilot.

Nakon iskopa i ugradnje armature izvodi se betoniranje kontraktor postupkom. U kojem je pravilo da cijev uvijek mora biti 1 m u svježem betonu, što je od velikog značaja za kvalitetu izvedbe pilota. Izvedba takvih pilota vrši se u više redova čineći tako nepropusnu barijeru dok se na samom vrhu može izvesti greda koja spaja pilote te tako povezuje pilote u cjelinu.

Zaštiti od vanjske i vlastite oborinske vode predstavlja nezanemariv problema za stabilnost građevinske jame, stoga je kod zaštite građevinske jame od vode izvan prostora jame potrebno spriječiti dotok vode u jamu, izvedbom odvodnih jaraka ili zečjih nasipa okolo građevinske jame koja se kasnije odvodi u kanalizaciju



Slika 9. Odvodni jarak.

Odvodnju unutarnje građevne jame moguće je izvesti pomoću sustava kanala u padu prema mjestu predviđenom za sabiranjem vode te ispumpavanje van gabarita građevinske jame.
Kod većih količina dotoka vode i prolaska podzemne vode potrebno je osigurati pumpu koja omogućuje trajno crpljenje vode iz jame, kao i kvalitetan sustav bunara i drenažnih kanala izveden unutar građevinske jame.

4. PRIMJER ZAŠTITE GRAĐEVINSKE JAME NA IZGRADNJI „HOTELA PARK“ U VARAŽDINU

4.1. OPĆI PODACI O ZGRADI HOTELA PARK

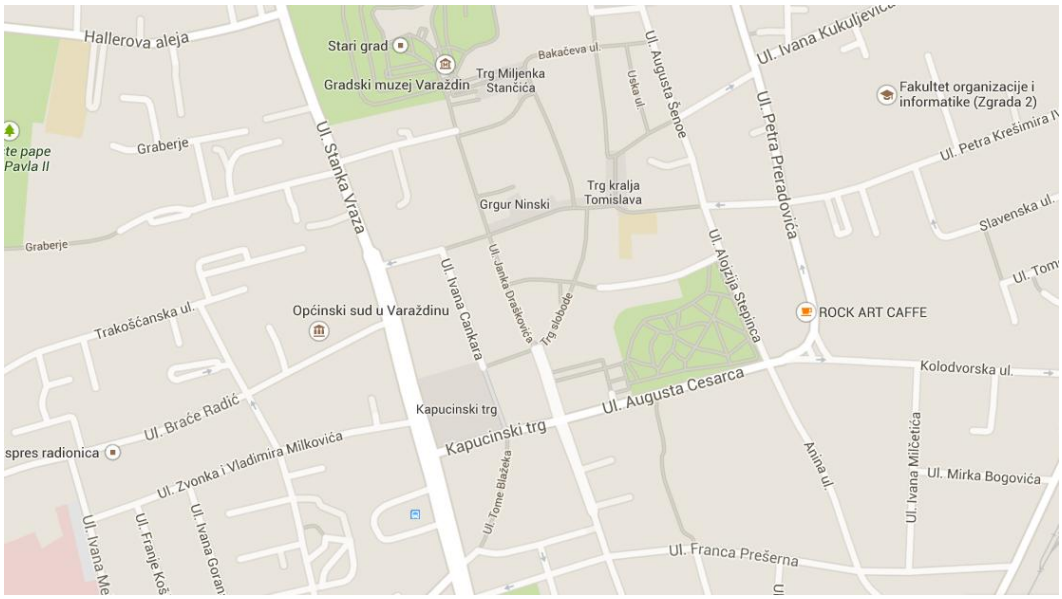


Slika 10. Hotel Park u Varaždinu

Radovi na izvođenju predmetne građevine započeli su 17.11.2014. rušenjem postojećih građevina. Lokacija objekta nalazi se u gradu Varaždinu te je njena namjena za ugostiteljske svrhe. Objekt se nalazi u urbanom naselju, te se dosta pažnje prilikom same njezine izgradnje treba posvetiti na smanjenju buke i vibracija.

Obod zgrade kreira pravokutni oblik, što je olakšavajuća okolnost za postavu čeličnog žmurja te za izvođenje bunara za odvodnju podzemne vode.

Zgrada je gabarita 27 x 35 metara što stvara površinu unutar nje nešto manje od 1000 m2 Kota temeljenja građevine nalazi se na 1 m ispod razine podzemne vode.



Slika 11. Lokacija Hotela Park Varaždin

Razinu podzemne vode utvrdili su izvođači koji su konstatirali da je trenutna razina podzemne vode, utvrđena probnim iskopima, na koti cca 167.90 m n. m. Prema geomehaničkom elaboratu iz 2006. g. visina podzemne vode je niža te se nalazi na koti 167.01 m n. m., zbog evidentiranog porasta razine podzemne vode javlja se potreba za izvođenje zaštite građevinske jame.

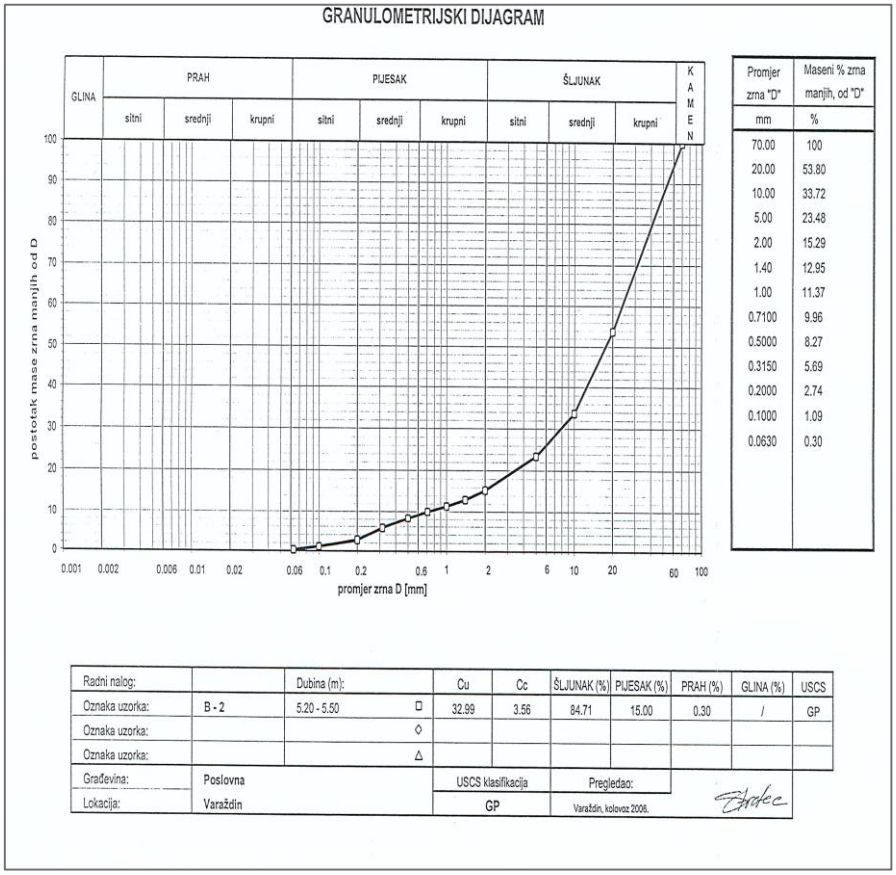
4.2. ULAZNI PODACI (GEOTEHNIČKA ISPITIVANJA)

Prilikom izbora metode proračuna jedna od najvažnijih stvari je kvaliteta podataka s kojim se ulazi u proračun, o valjanosti tih podataka ovisi i valjanost samih rezultata proračuna.

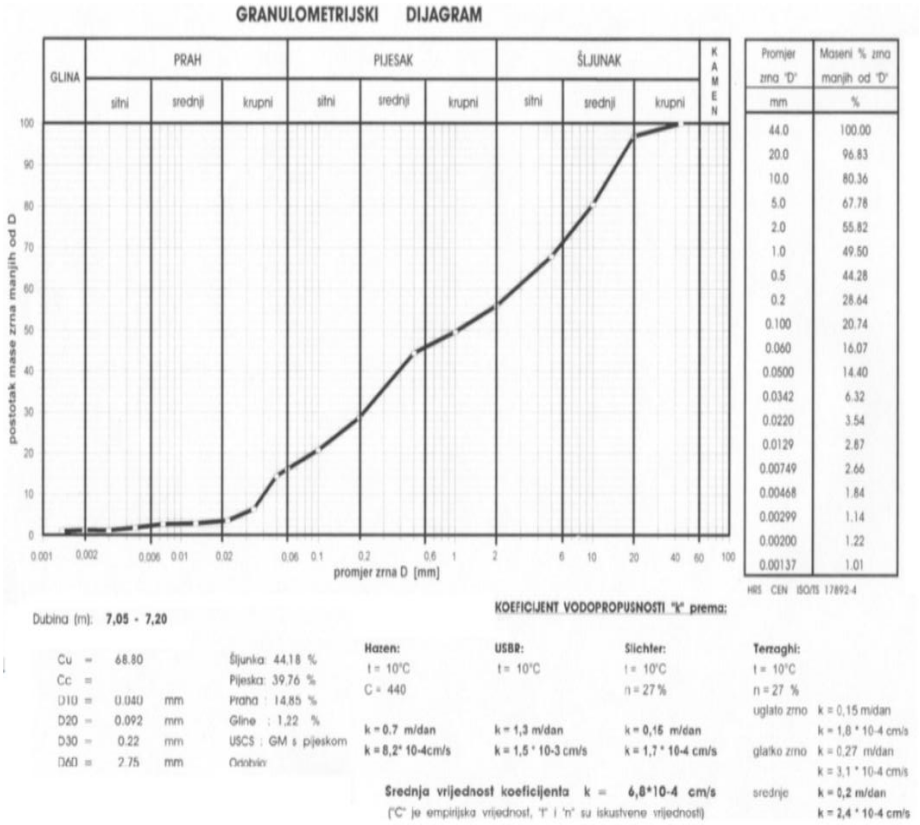
Kao podloga za proračun te dimenzioniranje građevinske jame predmetnog projekta korišteni su podaci na osnovi Geotehničkog elaborata za potrebe temeljenje rekonstrukcije restorana Hotel Park u Varaždinu, izrađen 2006. godine od Geolab, d.o.o. Varaždin i dodatnog ispitivanja 2014. Godine od Ureda ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, Gdje je ustanovljeno da se kota podzemne vode nalazi na 167.90 m n. m. a sastav tla sačinjen od nekoliko klasa nekoherentnog tla dobiven ispitivanjem do dubine 5.50 metara sastoji pretežito od šljunka čije je zastupljenost najveća i iznosi 84,71 % te pijeska kojeg ima 15,00% i praha od 0.30 % *(slika 12. Dijagram granulometrijskog sastava tla.)*,

Dok je dodatnim ispitivanjem *(slika 13. Dijagram granulometrijskog sastava tla.)* utvrđeno da je količina šljunka jednaka 44.18 % , pijeska 39,76% a praha i gline 14,85 % i 1,22%

Na temelju novog mjerenje uzet je prema Terzaghiu koeficijent prolaska vode kroz tlo k od 2.4 x 10-4 cm/s



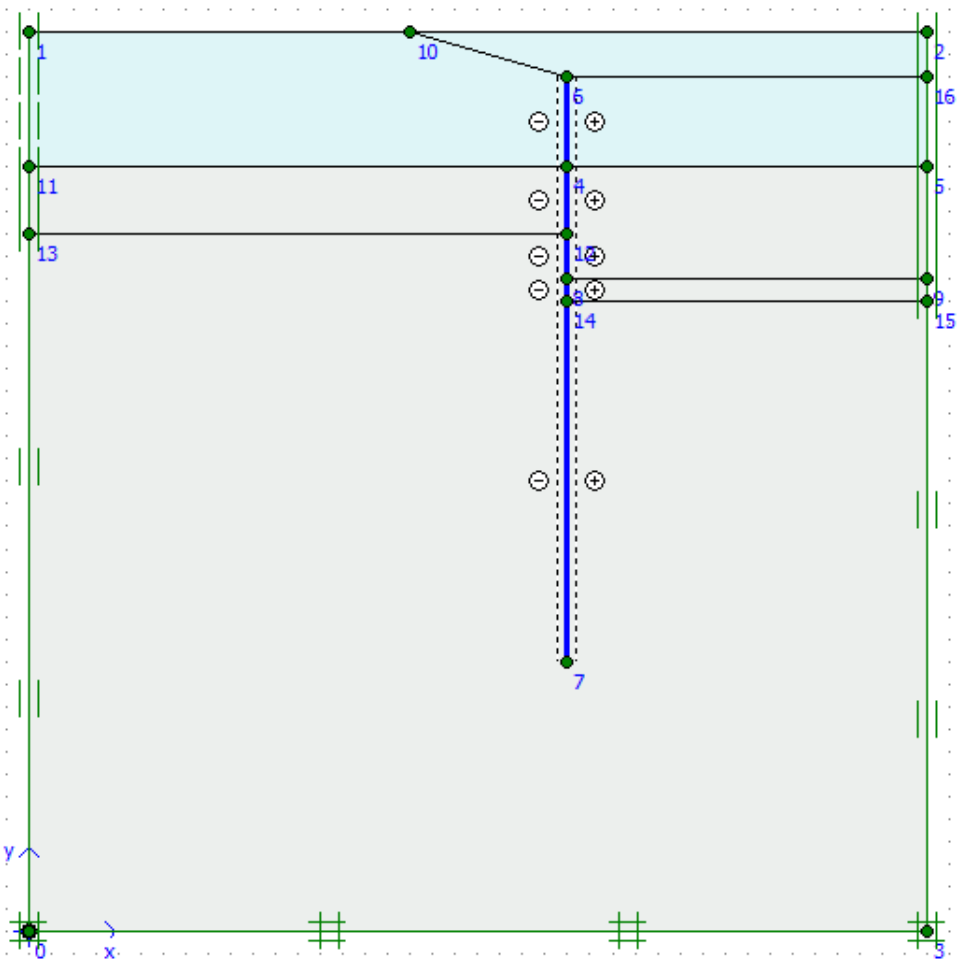
Slika 12. Dijagram granulometrijskog sastava tla.



Slika 13. Dijagram granulometrijskog sastava tla.

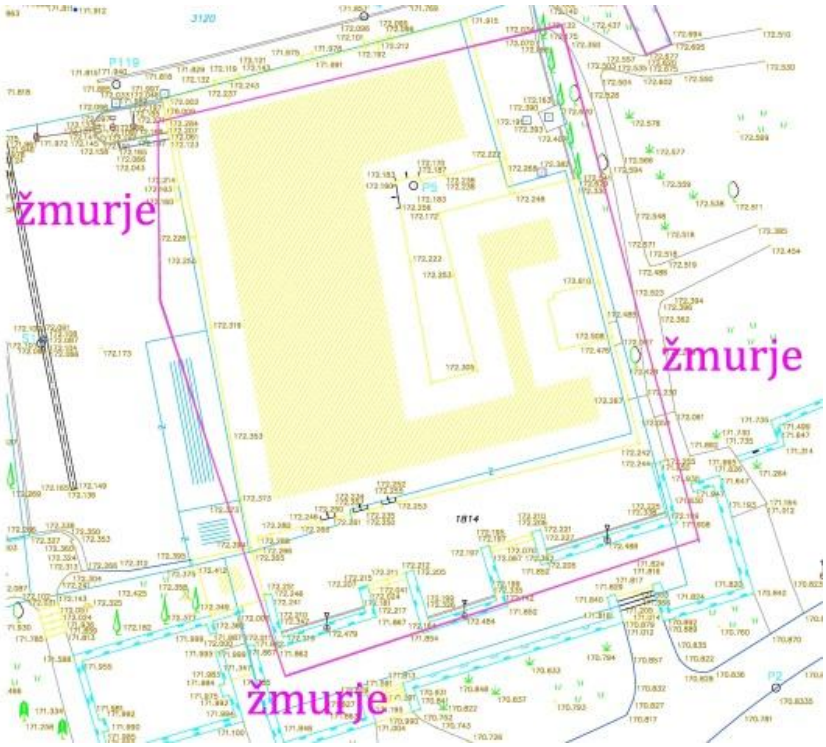
4.3. PRORAČUNSKE ANALIZE

Složeni postupak izračuna sila na žmurje, određivanje momenata, poprečnih sila, deformacija okolnog tla je praktički nezamisliv u današnje vrijeme bez softverskih paketa koji to uvelike olakšavaju. Jedini najveći problem svakog izračuna je kvaliteta ulaznog podatka te o valjanosti ulaznih podataka ovisi rezultat proračuna. Za izračun sila i deformacija žmurja na objektu Hotela park korišten je programski paket „ Plaxis“.



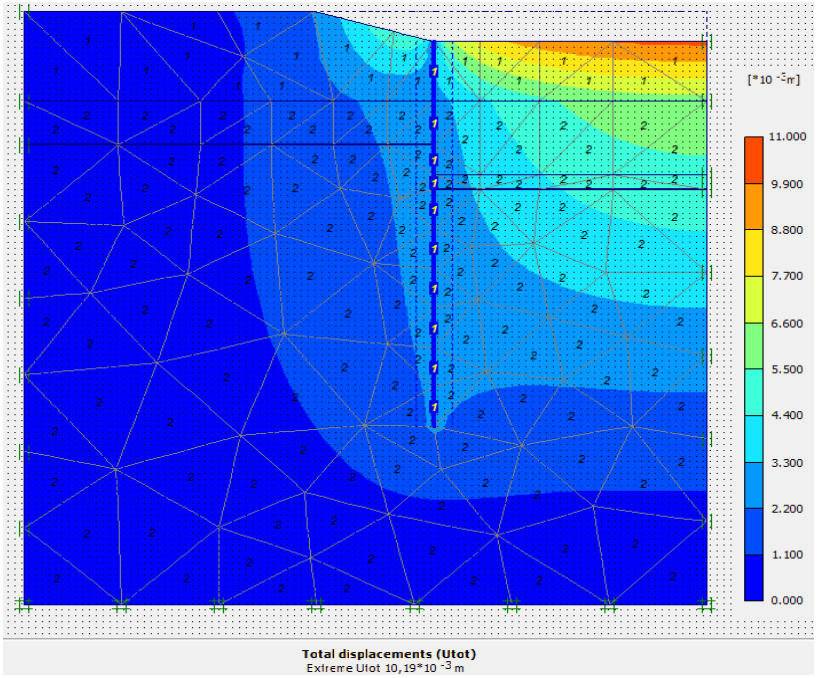
Slika 14. Model proračuna.

Prije samog postavljanja modela više parametra se treba podesiti,od vrste tla, od dubine zabijanja talpe preko visina podzemnih voda pa do razine samog dna jame. U Proračun se ušlo sa pretpostavljenom visinom žmurja *(slika 20.)* od 10 metara te se poznatim kotama visina podzemnih voda. Dubina zabijanja žmurja uzima se iskustveno tj. nepisano je pravilo da se 2/3 dužine talpe nalazi u zemlji. Na temelju ulaznih parametara programski paket određuje maksimalne sile u samom žmurju na temelju kojeg se dimenzionira klasa žmurja

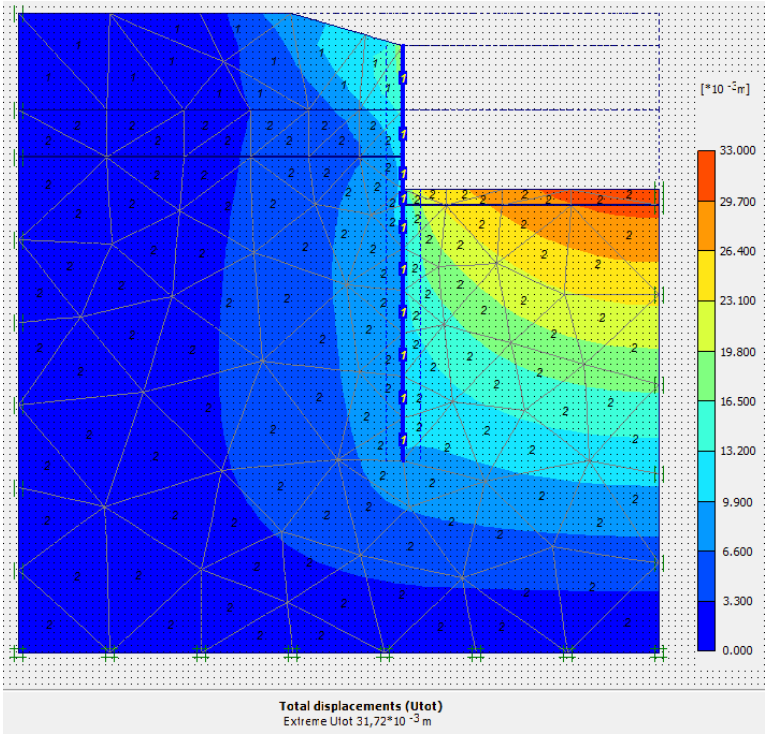


Slika 15. Prikaz obuhvata građevinske jame žmurjem.

Na temelju programskog paketa vidi se grafički prikaz deformacija tla okolo zabijenog žmurja u stanju neposredno prije samog iskopa i u stanju nakon izvođenja građevinske jame, iz čega se jasno zaključuje da su najveće deformacije tla baš na samom dnu građevinske jame.

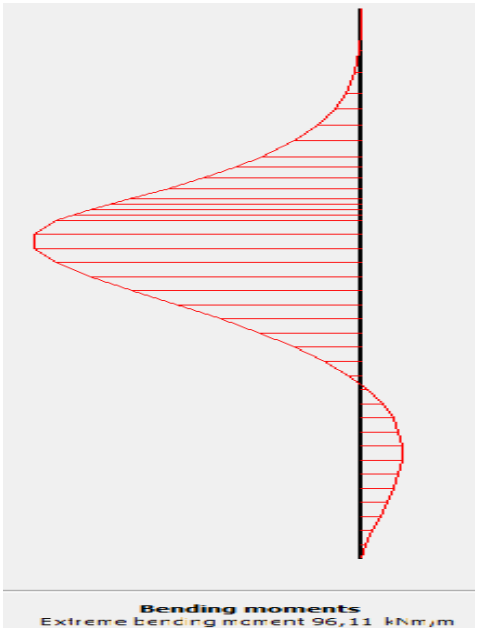


Slika 16. Pomaci tla nakon manjeg iskopa i zabijanja žmurja

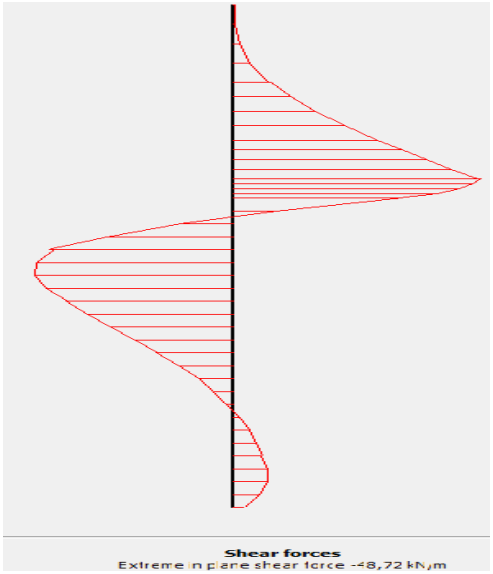


Slika 17. Pomaci tla nakon konačnog iskopa.

Programskim paketom Praxis izračunata je vrijednost maksimalnog momenta u stanju završetka iskopa građevinske jame, te je njegova vrijednost 96,11 kNm/m što i prikazuje *(slika 18.)* kao i vrijednost maksimalne poprečne sile *(Slika 19.)* nakon dovršetka iskopa jame koja iznosi 48,72 kN/m, za daljnje proračune i dimenzioniranje žmurja uzima se maksimalni moment od Mmax = 100 kNm/m te vrijednost poprečne sile Q = 50 Kn/m.



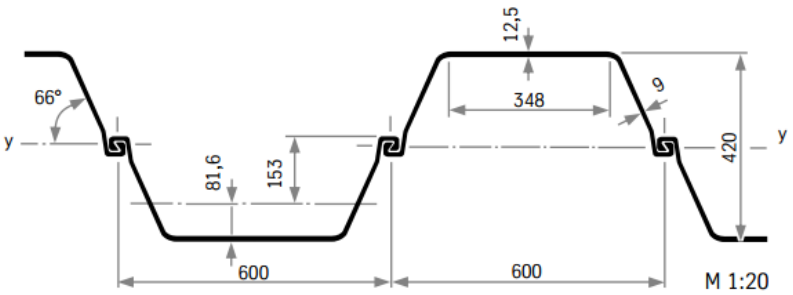
Slika 18. Prikaz momentnog dijagrama s maksimalnim momentom od 96,11kNm/m



Slika 19. Prikaz poprečne sile sa maksimalnom silom od 48,72kN/m

LARSSEN 605

		Einheit	je m Wand	Einzelbohle	Doppelbohle	Dreifachbohle
				E	D	Dr
Elastisches Widerstandsmoment[1]	W_y	cm³	**2020**	520	2420	2790
	W_z	cm³	–	1420	–	–
Plastisches Widerstandsmoment[1]	W_y	cm³	2340	–	–	–
Eigenlast		kg/m	**139,2**	83,5	167,0	250,5
Querschnittsfläche		cm²	177,3	106,4	212,8	319,2
Umfang[2]		cm	290	200	374	548
Beschichtungsfläche[3]		m²/m	2,90	1,88	3,62	5,36
Statisches Moment	S_y	cm³	1170	–	–	–
Flächenträgheitsmoment	I_y	cm⁴	**42420**	7910	50900	70510
	I_z	cm⁴	–	45350	–	–
Trägheitsradius	i_y	cm	15,47	8,62	15,47	14,86



Tablica 1. Prikaz svojstava žmurja Larssen 605.

Moment inercije

$$I_Y = 4240\ cm^4 \quad (1.)$$

Moment otpora

$$W_Y = 2020\ cm^3 \quad (2.)$$

Površina presjeka žmurja /m

$$A = 177{,}3\ cm^2 \quad (3.)$$

Kontrola normalnih naprezanja:

$$\sigma_{dop} = 160\ MPa \quad (1.)$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_y} = \frac{100}{0{,}00202} = 50\ MPa \quad (2.)$$

$$50\ MPa < \sigma_{dop} = 160\ MPa \text{ ZADOVOLJAVA} \quad (3.)$$

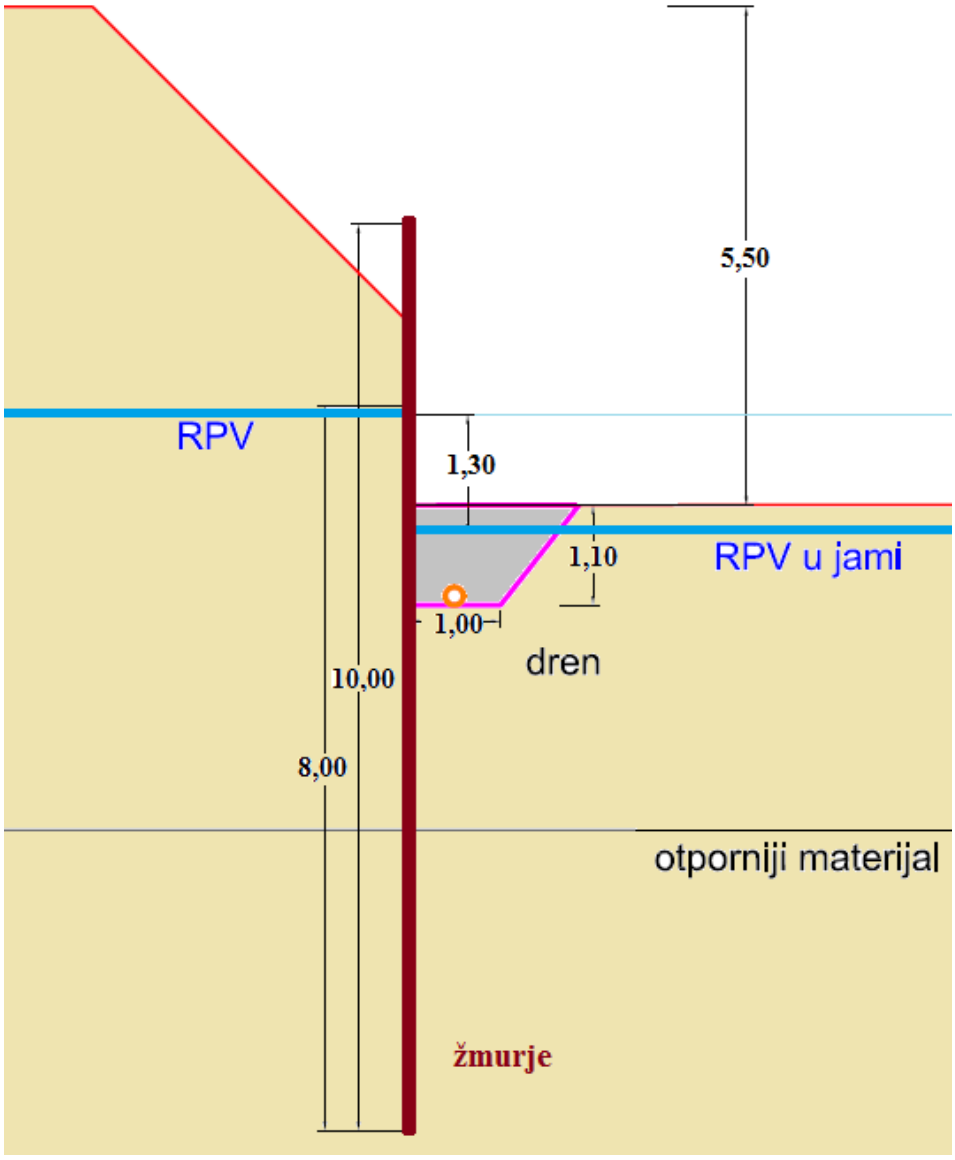
Kontrola Posmičnih naprezanja:

$$\tau_{dop} = 90\ MPa \quad (1.)$$

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{A} = \frac{50}{0{,}0177} = 2{,}8\ MPa \quad (2.)$$

$$2{,}8\ MPa < \tau_{max} = 90\ MPa \text{ ZADOVOLJAVA} \quad (3.)$$

Kontrolom posmičnog i normalnog naprezanja utvrđeno je da čelično žmurje Tipa Larssen 605 zadovoljava.



Slika 20. Prikaz zabijenog žmurja sa drenom.



Slika 21. Zatrpavanje građevisnke jame batudom.

.

Provjeravanjem svojstava žmurja prelazi se na izračun protoka vode u jamu, gdje se najprije određuje brzina protjecanja vode kroz tlo pa Darcyevoj formuli ;

$$v = k \times i \qquad (1.)$$

gdje je:

v- brzina strujanja vode kroz tlo

i – hidraulički gradijent dan preko izraza:

$$i = \frac{\Delta h}{L} \qquad (2.)$$

Δh - razlika potencijala

L – duljina prolaska puta vode kroz tlo

k – koeficijent propusnosti tla. Do njega se dolazi eksperimentalni putem. Vrijednost koeficijenta ovisi o svojstvima samog tla tj. sastavu karakteru tekućine temperaturi i ostalim čimbenicima.

Primjer empirijskih izraza za izračun koeficijenta

Postoje i empirijski izrazi za njegov izračun **Hazen**

$$k = C \times D_{10}^2 \quad (1.)$$

C – konstanta (1< C< 1000)

D_{10}– promjer efektivnog zrna

Terzaghi

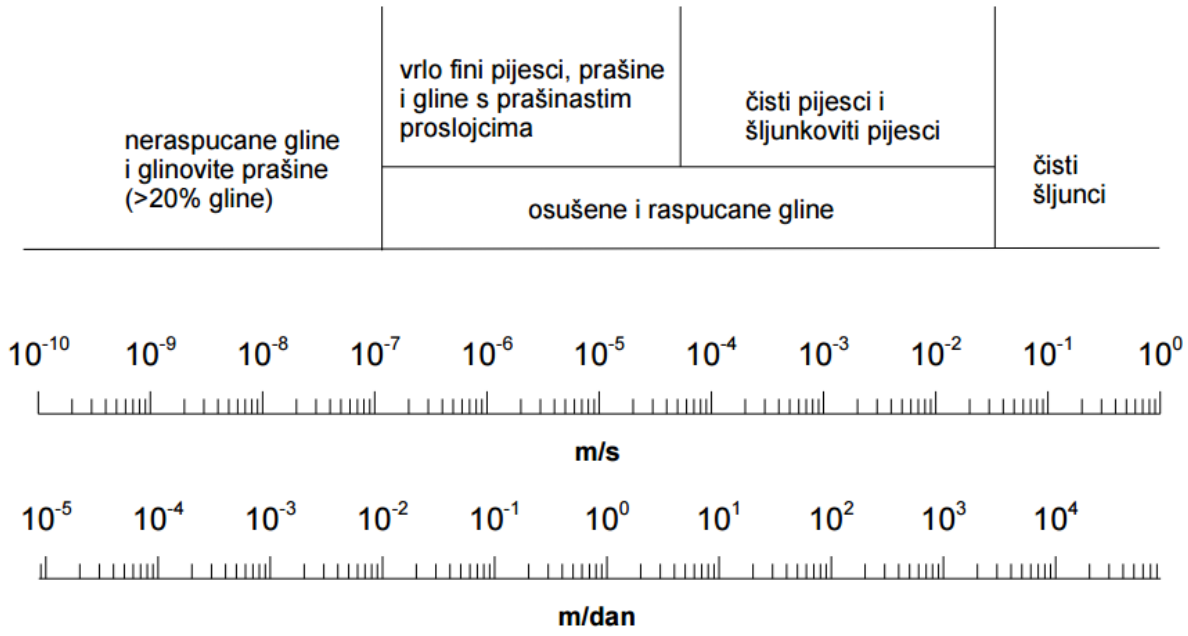
$$k = \gamma_w \times m_v \times c_v \quad (1.)$$

$$c_v = \frac{T_v \times H^2}{t} \quad (2.)$$

m_v – koeficijent promjene obujma

c_v – koeficijent konsolidacije

T_v – bezdimenzionalni vremenski koeficijent



Tablica 2. Okvirne veličine koeficijenta propusnosti (Craig 1997, Mayne).

Na osnovi geotehničkog elaborata izrađenog 2006. Godine, te na osnovi dodatnog ispitivanja iz 2014 godine, kao i dosadašnjih ispitivanja na obližnjim lokacijama i izgradnja građevina slične problematike.

Određen je koeficijent vodonepropusnosti materijala od:

$k = 2 \cdot 10^{-4}\ m/s$

Razlog ovako velikog koeficijenta propusnosti je njegov sastav koji se sastoji od sljedećih omjera

Šljunak 44.18 %

pijesak 39,76%

prah 14,85 %

glina 1,22%

Hidraulički gradijent

$$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1{,}3}{14{,}7} = 0.0884 \qquad (1.)$$

Brzina procjeđivanja vode $v = k \cdot i$ (2.)

$$v = 2 \times 10^{-4} \times 0{,}0884 = 1{,}768 \times 10^{-5} m/s \qquad (3.)$$

Količina dotoka vode u jamu $Q = v \cdot A$ (4.)

Površina građevinske jame koja se štiti žmurjem približno je jednaka površini : A=1000 m^2.

$$Q = 1{,}768 \times 10^{-5} \times 1000 = 0{,}01768\ m^3/s \qquad (5.)$$

$$Q = 17{,}68\ litara/sekundi \qquad (6.)$$

Odabrana količina crpljenja vode jednaka je

$$Q = 18\ litara/sekundi$$

4.4. RJEŠENJE ANALIZE

Analizirajući problem vrste žmurja i protoka dolaska podzemne vode u jamu od 18 litara/sekunda dolazi se do problema sakupljanja podzemne vode te odvodnje iste iz područja građevinske jame, kao rješenje problema sakupljanje vode dana je izgradnja drena okolo cijelog područja unutar građevinske jame, koje je omeđeno žmurjem, dubina drenaže je 110 centimetara te se unutar nje nalazi perforirana cijev, a kompletni rov je zasut debelim šljunkom (batudom) zbog sprječavanja zamuljivanja drenažne cijevi.



Slika 22. Prikaz drena i bunara.

Drenovi su rađeni u padu sve do lokacije bunara iz koje se voda crpi pumpama i ispusta u kanalizaciju.

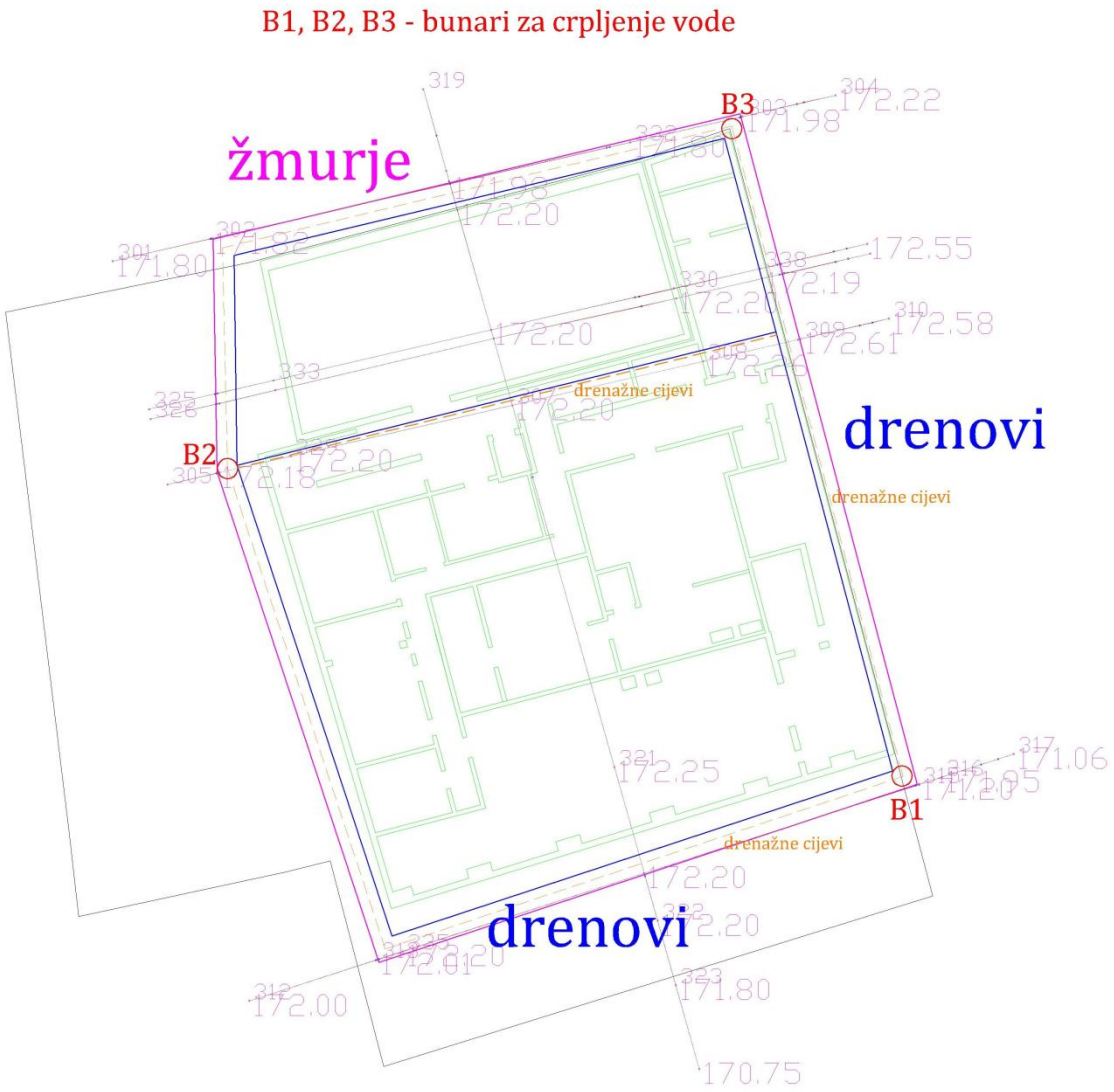


Slika 23. Građevinska jama nakon uređenih drenova

U građevinskoj jami su projektirana tri bunara u koje voda iz drenova u padu dolazi do njih, te se crpkama prepumpava izvan prostora jame.



Slika 23 b)Zatrpavanje građevisnke jame batudom



Slika 24. Tlocrt bunara te rasporeda drenova.

5. ZAKLJUČAK

Tijekom rada prikazani su primjeri mnogih metoda za zaštitu podzemnih voda, kao i primjeri odvodnje kako oborinske tako i podzemne vode s gradilišta. Za zaštitu malih građevinskih jama kao što je građevinska jama Hotela Park sasvim je opravdana zaštita čeličnim žmurjem. Zbog svoje brzine postavljanja, vanjskog utjecaja na okolne objekte kao i zbog same ekonomičnosti.

Zaštita male građevinske jame je problem koji se ne može, ne uzeti u obzir tijekom izgradnje objekta, tako je i u slučaju izgradnje Hotela Park u Varaždinu. Za odabir zaštite zidova građevinske jame odabrano je čelično žmurje visine 10 metara koje je svoje 2/3 visine zabijeno u zemlju. Za proračun žmurja obavljena su ispitivanja 2006 te novija ispitivanja 2014 na temelju kojih je i odabran tip čeličnog žmurja. Proračunom je dokazano da Larsen žmurje tipa 605 zadovoljava u pogledima normalnih i posmičnih naprezanja, te se ono kao takvo odabire za zaštitu građevinske jame.

Svojstva samog tla koja se sastoje većinom od pijeska i šljunka dovela su do visokog koeficijenta propusnosti tla, te na temelju tog koeficijenta izračunata je vrijednost protoka podzemne vode koji nadire u prostor građevinske jame, veličinom od 18 litara u sekundi. A kao rješenje skupljanja podzemne vode projektirano je izvođenje drenova od rovova unutar kojeg se nalaze drenažne cijevi oko cijele građevinske jame, koje vode vodu do tri bunara, od kojih se dalje voda odvodi pumpama do kanalizacijskih otvora.

POPIS LITERATURE

B. Soldo : Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame na hotelu Park Varaždin, Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

D.Wurth, S Zlatović ; Construction of piles and diaphragm walls with self – compacting concrete, Geo-expo 2014, *Br. 8.* Mostar, *Prosinac 2014.*

I. Arapov, M.Cvetković ; Mlazno injektiranje – Projektiranje u uvjetima nesigurnosti, Građevinski fakultet Zagreb, *Zagreb 2007.*

K. Bolanča, T Ivšić, Z. Varga ; Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu, Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu Institut IGH d.d., *Zagreb 2012.*

M. Prskalo, Vedran Nižić ; Zaštita građevne jame pilotnom stjenkom, br.4. prosinac 2012.

M Orešković. K. Ivandić, Ž. Lebo ;Zaštita duboke građevne jame u složenim uvjetima urbane sredine, Tehnički glasnik, Vol.4 No.1-2 Prosinac 2010.

P. Kvasnička, D. Domitrović ;Mehanika tla – interna skripta,Rudarsko geološko naftni fakultet, Zagreb 2007.

S. Jović: Uvod u Mehaniku tla, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.

6. POPIS SLIKA

Slika 1. Nekoherento tlo. *http://it.depositphotos.com/53482851/stock-photo-brown-earth-fragment.html* *02.07.2016.*

*Slika 2. Građevinska jama*http://urbantoronto.ca/news/2012/01/aura-residences-college-park-iii-canderel-75s-gc-1 *05.07.2016.*

*Slika 3. Prikaz dijafragma u građevinskoj jami.*http://www.zakladani.cz/en/ground-anchors *03.07.2016.*

Slika 4. Iskop rova metodom „TOP DOWN“ *http://minemag.ir/category* *05.07.2016.*

Slika 5. Zaštita građevinske jame Žmurjem. *http://www.china-steelpiling.com/projects.html* *05.07.2016.*

Slika 6. Redoslijed metode Jet Grouthing ili metode mlaznog injektiranja. *http://www.ffgb.be/Business-Units/Bored---Micro-Piles/Jet-grouting.aspx?lang=en-US* *06.07.2016.*

Slika 7. Izgled zida jame metodom mlaznog injektiranja. *https://helicaldrilling.com/expertise/grouting/* *05.07.2016.*

Slika 8. Armirano betonski piloti. http://www.keller-geotehnika.rs/download/Keller_20-01RS.pdf *01.07.2016.*

Slika 9. Odvodni jarak.

Slika 10. Hotel Park u Varaždinu.

Slika 11. Lokacija Hotela Park. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin ,Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 12. Dijagram granulometrijskog sastava tla. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin , Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 13. Dijagram granulometrijskog sastava tla. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin ,Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 14. Model proračuna. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin , Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 15. Prikaz obuhvata građevinske jame žmurjem. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin , Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.
Slika 16. Pomaci tla nakon manjeg iskopa i zabijanja žmurja . Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin , Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 17. Pomaci tla nakon konačng iskopa. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin , Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 18. Prikaz momentnog dijagrama sa maksimalnim momentom od 96,11kNm/m. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin ,Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 19. Prikaz poprečne sile sa maksimalnom silom od 48,72kN/m. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin ,Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

Slika 20. Prikaz zabijenog žmurja sa drenom.

Slika 21. Zatrpavanje građevisnke jame batudom.

Slika 22. Prikaz drena i bunara.

Slika 23. Građevinska jama nakon uređenih drenova

Slika 24. Tlocrt bunara te rasporeda drenova. Glavni i Izvedbeni projekt zaštite građevinske jame, na hotelu Park Varaždin ,Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

7. POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz svojstava žmurja Larssen 605. ThyssenKrupp; (Spunwandhandbuch 4. Auflage)

Tablica 2. Okvirne veličine koeficijenta propusnosti (Craig 1997, Mayne).

8. PRILOZI

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, **Matea Majer** pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autorica završnog rada pod naslovom **Zaštita manje građevinske jame u nekoherentnom tlu ispod razine podzemne vode** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Studentica:

Matea Majer

Matea Majer

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, **Matea Majer** neopozivo izjavljujem da sam suglasana s javnom objavom završnog rada pod naslovom **Zaštita menje građevinske jame u nekoherentnom tlu ispod razine podzemne vode** čiji sam autorica.

Studentica:

Matea Majer

Matea Majer

(VLASTORUČNI POTPIS)