

ODDELEK ZA GEOTEHNIKO IN PROMETNICE

Odsek za geotehniko

Ljubljana, 3. 9. 2019

ZAG

**ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE**

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

Dimičeva ulica 12
1000 Ljubljana
Slovenija

info@zag.si
www.zag.si

POROČILO

št. 810/18-710-7

o geotehničnih razmerah in pogojih pri utrditvi
stolpnice tipa A za potrebe projekta »Analiza
potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi
rešitve izboljšanja le-te«

Naročnik: **Mestna občina Ljubljana**
Mestni trg 1, 1000 Ljubljana

Naročilo: **pogodba št. C7560-18-210047 (ZAG št. 7862/18) z dne 14.08.2018 in**
dodatek št. 1 z dne 20.03.2019

Nosilec naloge: **Franci Smrtnik, univ. dipl. inž. grad.**

Vodja enote: **doc. dr. Karmen Fifer Bizjak, univ. dipl. inž. geol.**

Direktor: **doc. dr. Aleš Hnidarilj, univ. dipl. inž. grad.**

Rezultati preskušanja se nanašajo izključno na preskusne primerke. Poročilo se sme reproducirati samo v celoti.
Rok za reklamacije je 15 dni od izdaje poročila. Skupno število strani: 10; število prilog: 0; število dodatkov: 0.

Obr. P.S. 12-001-1/3

Vsebina

1. Uvod.....	3
2. Ukrepi za izboljšanje temeljenja stolpnice tipa A	4
2.1 Tip A-1: Stanovanjske stolpnice Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13 in Streliška ulica 37a	4
2.2 Tip A-2: Stanovanjske stolpnice Streliška ulica 1, 3 in 5	6
3. Zaključek.....	9

Kazalo slik

Slika 1: Razporeditev stolpnice z oznakami in fotografijami z osnovnimi podatki (vir: studiokrištof).....	4
Slika 2: Shema temeljenja ojačitve in utrditve temeljev tipa A (vir: ZAG).....	6
Slika 3: Razporeditev stolpnice z oznakami in fotografijami z osnovnimi podatki (vir: studiokrištof).....	7

1. Uvod

V okviru projekta projektu »Analiza potresne odpornosti zidanih (nearmiranih) stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-te« smo na posameznih lokacijah izvedli geološko-geomehanske preiskave in geomehanske preglede vseh objektov iz projektne naloge. Poleg tega smo pregledali in proučili arhivsko projektno dokumentacijo za posamezni objekt in pripravili geomehanska poročila o sestavi tal, izvedenem temeljenju ter ugotovitvah geomehanskega pregleda posameznega objekta za gest območij.

V nadaljevanju smo skupaj s sodelavci iz Odseka za potresno inženirstvo ZAG z vidika izvedene konstrukcije, predvidenih ukrepov in potresnih analiz obstoječih stolpnice, le te razvrstili v tri tipe in sicer A, B in C. Glede na posamezen tip, lokacijo in predviden ukrep za izboljšanje potresne varnosti stolpnice, so podani ukrepi za utrditev temeljenja objekta.

Skladno s SIST EN 1997-1 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – Del 1: Splošna pravila (EC7) spada objekt v geotehnično kategorijo 3. V geotehnično kategorijo 3 so vključeni objekti, ki ne sodijo v kategorijo 1 ali 2, torej geotehnično zahtevni objekti in objekti velikega tveganja.

Uporabljena dokumentacija:

- Poročilo ZAG št. 810/18-710-1 in št. 810/18-710-2, julij 2019;
- Poročilo ZAG št. 810/18-610-2, september 2019;
- Fotodokumentacija projektne dokumentacije preslikana na UE;
- Del poročila ZAG št. P904/11-610-2, pripravljenega v sklopu projekta POTROG;
- Potresna ogroženost nearmiranih stolpnice v Ljubljani, ZAG, Marjana Lutman, Ljubljana, 20. junij 2018;
- Stolpnice katalog popravljen.pdf, Studio Krištof arhitekti d.o.o., Celovita prenova 15 stolpnice v Ljubljani, 28.1.2019;
- Arhivska dokumentacija ZAG;
- Hlebnik Ljubo, Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja, Geologija 1971, Ljubljana;
- Mencej Zvone, Prodni zasipi pod jezerskimi sedimenti Ljubljanskega barja, Geologija 31, 32, 517-553 (1988/89), Ljubljana.

V posamezne tipe spadajo sledeči objekti in lokacije:

- Tip A: Stanovanjske stolpnice na naslovu: Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13, Streljška ulica 37a in Streljška ulica 1, 3 in 5, Ljubljana;
- Tip B: Stanovanjske stolpnice na naslovu: Gtefanova ulica 15, Hrvatski trg 2, Rozmanova ulica 2, Praňakova ulica 6 in Cigaletova ulica 8, Ljubljana;
- Tip C: Stanovanjske stolpnice na naslovu: Sketova ulica 6 in Grablovičeva ulica 32, Ljubljana.

2. Ukrepi za izboljšanje temeljenja stolpnice tipa A

2.1 Tip A-1: Stanovanjske stolpnice Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13 in Streljška ulica 37a

Povzetek splošnih podatkov in na'ina temeljenja

V l'asu projektiranja so bile stolpnice označene z »A« (Hudovernikova ul. 2), »B« (Hudovernikova ul. 13), »C« (Streljška ul. 37a), »D« (Hudovernikova ul. 8) in »E« (Hudovernikova ul. 4) in so bile grajene v letih 1959-1961. Stolpnici »D« in »E« sta izvedeni v dveh kletnih eta'ah (2K+P+10N+T), ostale tri pa imajo eno kletno eta'ho (K+P+10N+T). Vse stolpnice imajo nad pritli'jem še 10 nadstropji in teraso. V tlorisu so stolpnice pravokotne oblike dolžine 22,37 m in širine 14,30 m (16,10 m na mestih razširitev od 1. nadstropja navzgor). Po podatkih so nosilni zidovi kletnih eta' in pritli'ja izvedeni iz nearmiranega betona, medtem ko so nosilni zidovi v nadstropjih zidani iz polnih ope' nih zidakov.

V okviru tega projekta so se stolpnice označile na novo (slika 1) in sicer s sledečimi oznakami: »A1-1« Hudovernikova ulica 2; »A1-2« Hudovernikova ulica 4; »A1-3« Hudovernikova ulica 8; »A1-4« Hudovernikova ulica 13 in Streljška ulica 37a kot »A1-5«.

Stolpnice so različno temeljene. Po podatkih (iz tehničnega poročila) sta stolpnici A1-3 - »D« in A1-2 - »E« zgrajeni na območju zasute gramozne jame, zato je bila temeljna konstrukcija podprta z vodnjaki.

Ostale stolpnice so plitvo temeljenje na mreži nearmiranih betonskih pasovnih temeljev, ki segajo v dobro nosilno podlago iz peč' eno-meljnega do glinastega proda.



Slika 1: Razporeditev stolpnice z oznakami in fotografijami z osnovnimi podatki (vir: studiokrištof)

Utrditev temeljev

Zaradi nezadostne potresne varnosti stolpnic, so se analizirale različne variante za izboljšanje. V sklopu študij utrditve zgornje konstrukcije (pritličja in nadstropja) sta bili analizirani dve varianti utrditve:

- utrditev nosilnih zidov in nosilnih parapetov v vseh etažah (varianta I.),
- izvedba zunanje obodne konstrukcije iz AB sten (varianta II.).

Tretje variante (III.) ne gtejemo kot utrditev, ampak se predvideva nadomestna (nova) gradnja objektov, ki bo kot taka opisana v zaključku tega poročila.

I. Utrditev vseh nosilnih opešnih zidov in nosilnih opešnih parapetov

Objekte glede na analizo obstoječih podatkov in geomehanskega pregleda ocenjujemo kot stabilne v statičnih pogojih (napetosti pod temelji niso prekoračene) in brez večjih poškodb, ki bi kazale na neustrezno izbrano talno temeljenja ali slabo nosilna tla. Posedki so se v tem času pretežno razvili v celoti.

Za povečanje potresne odpornosti se po varianti I. na vseh nosilnih zidovih in parapetih izvedejo armirane obloge z obeh strani. Ker se takšne obloge izvedejo v vseh nadstropjih (od kleti do vrha), bo prišlo do povečanja obremenitev na temelje. Po podatkih so pasovni temelji nearmirani, nepovezani in kot taki ne prenesejo diferencialnega posadanja ali neenakomerne obtežbe.

Za povečanje in izboljšanje odpornosti temeljenja se v kletni etaži izvede kampadno in sukcesivno povezovalno tla AB temeljno talno ploščo, ki bo medsebojno povezala vse obstoječe pasovne temelje. Preko sten se povezava izvede s preboji. Obstaja tudi možnost utrditve temeljev in torkretiranih sten z obbetoniranjem ali pa izvedba izboljšanja temeljnih tal z injektiranjem, jetiranjem ali utrditev (injektiranje) temeljnih tal s posebno smolo.

Problematično in tehnološko je vprašljiva izvedba obbetoniranja in podbetoniranja vodnjakov, ki so po podatkih izvedeni iz slabega in nearmiranega betona.

II. Izvedba zunanje obodne konstrukcije iz AB sten

V tem primeru bo potrebno izvesti tudi novo temeljenje nove obodne konstrukcije, ki bo zagotavljalo ustrezno togost in povečalo potresno odpornost stolpnice kot celote. Temeljenje nove konstrukcije bi bilo mogoče izvesti na dva načina in sicer:

- [i] S plitvim temeljenjem na enaki globini kot so temelji izvedeni do sedaj (velja za vse stolpnice razen »A1-2« in »A1-3«). Takšen način bi bil izvedljiv ob večjih in obsežnejših posegih v okolico objekta (obsežno in zahtevno varovanje gradbene jame s preostanki vseh komunalnih vodov v neposredni bližini objekta. V tem primeru je smiselno izvesti tudi celovito sanacijo vertikalne in horizontalne hidroizolacije (HI) kletnih sten in tlakov).
- [ii] Z globokim temeljenjem s kote sedanjega terena s kombiniranim sistemom »jet-groutinga« in izvedbo uvrtnih ali benotto pilotov pod AB pasovnimi temelji ali AB masivno temeljno talno ploščo; ter po obodu celotnega objekta (slika 2). Ta način je najbolj primeren predvsem za objekta »A1-2« in »A1-3«, ki sta globoko temeljenja na vodnjakih. Ocenjujemo, da je takšna izvedba in utrditev temeljenja najustreznejša.

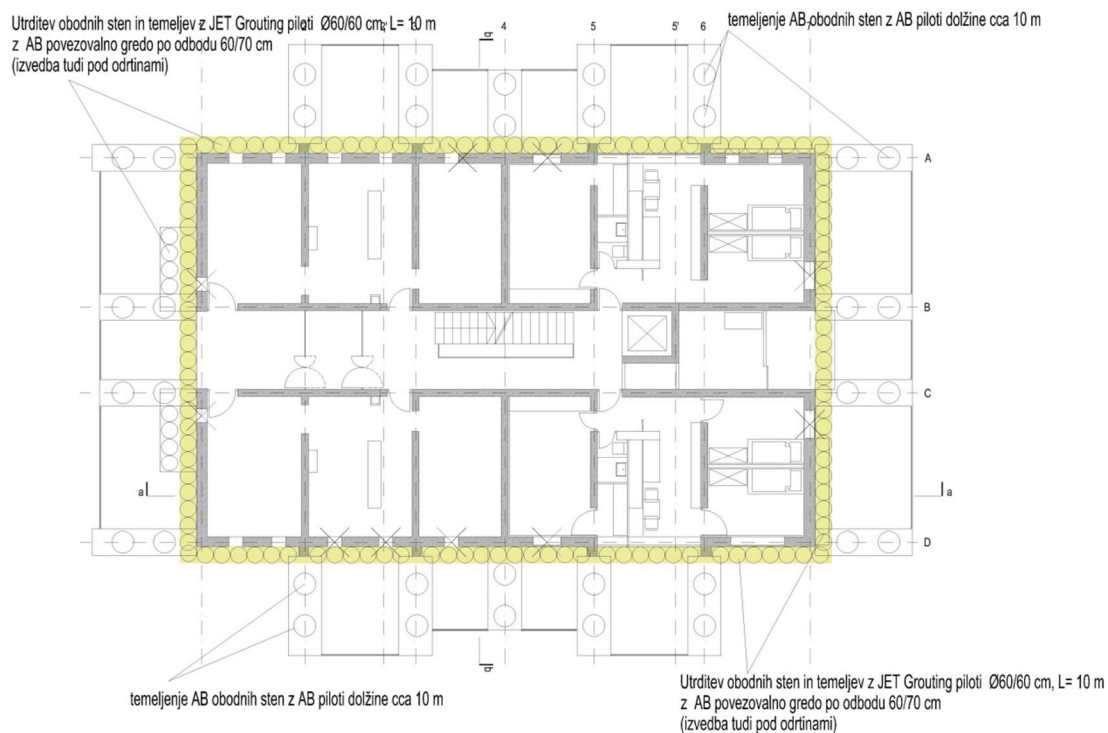
Z obema na! inoma je potrebno zagotoviti dovolj togo in masivno konstrukcijo temeljenja, ki bo sposobna prenesti potresno obte!bo tako zaradi dozidave kot celotnega obstoja! ega objekta. Upo!gtevati je potrebno tudi pogoj, da je temeljenje obodne konstrukcije tako, ki zagotavlja in prepre! uje diferen! ne posedke med obstoja! o in novo konstrukcijo. V nadaljnjih fazah na! rtovanja je treba optimizirati predlagano varianto temeljenja.

Pradlagana varianta

Kot so pokazale analize konstrukcije, utrjene po variantah I in II (poročilo ZAG 810/18-610-2), bi le varianta utrditve II omogočala zagotovitev predpisane potresne odpornosti.

V nadaljevanju shematsko prikazujemo nal' in utrditve temeljenja (Slika 2) za izbrano varianto utrditve stolpnice tipa A-1.

Shema temeljenja ojačitev in utrditve temeljev tip A:



Slika 2: Shema temeljenja ojačitev in utrditve temeljev tipa A (vir: ZAG)

2.2 Tip A-2: Stanovanjske stolpnice Streligka ulica 1, 3 in 5

Povzetek sploĝnih podatkov in na'ina temeljenja

V f'asu projektiranja so bile stolpnice označene s S1 (Streliška ul. 1), S2 (Streliška ul. 3) in S3 (Streliška ul. 5) in so bile grajene v letih 1961-1962. Vse tri stolpnice imajo enako arhitekturo in eno kletno etažo. Vse stolpnice imajo nad pritličjem še 10 nadstropij (K+P+10N). V tlorisu so stolpnice pravokotne oblike dolžine 22,38 m (22,63 m na mestih razširitev od 1. nadstropja navzgor) in širine 14,30 m (16,10 m na mestih razširitev od pritličja navzgor). Konstrukcija je enaka, kot je opisana v poglavju 2.1.

V okviru tega projekta so se stolpnice označile na novo (slika 3) in sicer s sledečimi oznakami: »A2-1« Strelška ulica 1; »A2-2« Strelška ulica 3 in »A2-3« Strelška ulica 5.



Slika 3: Razporeditev stolpnice z oznakami in fotografijami z osnovnimi podatki (vir: studiokrištof)

Vse stolpnice so globoko temeljenje na vodnjakih (na vrhu premera ũ 1,40 m in na dnu razširjeni do premera ũ 2,0 m), ki so izvedeni na stil' igl' ih vseh osi. Nad vodnjaki se nahajajo povezovalne grede (pasovni temelji). Vodnjaki po podatkih segajo do trdne podlage iz skrilavca in pegl' enjaka oz. meljevca in pegl' enjaka. Na območju stolpnice sta bili leta 2018 izvedeni dve geomehanski vrtini z oznakama VS-1 (ob stolpnici Strelška ulica 1) in VS-5 pred stolpnico Strelška ulica 5. Obe vrtini sta bili izvedeni z nivoja pritli' ja do trdne podlage iz temnosivega meljevca in pegl' enjaka (P/C- permokarbon). Podlaga se pri vrtini VS-1 pojavi na globini cca 6,7 m od sedanjega terena in pri vrtini VS-5 na globini 7,7 m. V zgornjih plasteh prevladuje umetni nasip in gru' l' nata ter prodnata zemljina. Iz statil' nega ra' una lahko razberemo, da dopustna obte' hba tal zna' a 6,0 kg/cm² ũ 600 kPa (trdna karbonska podlaga).

Utrditev temeljev

Zaradi nezadostne potresne varnosti stolpnice, so se analizirale razli' ne variante za izboljšanje. V sklopu študij utrditve zgornje konstrukcije (pritli' ja in nadstropja) sta bili analizirani dve varianti utrditve:

- utrditev nosilnih zidov in nosilnih parapetov v vseh eta' hah (varianta I.),
- izvedba zunanje ű obodne konstrukcije iz AB sten (varianta II.).

Tretje variante (III.) ne gtejemo kot utrditev, ampak se predvideva nadomestna (nova) gradnja objektov, ki bo kot taka opisana v zaklju' ku tega poro' ila.

I. Utrditev vseh nosilnih opel' nih zidov in nosilnih opel' nih parapetov

Objekte glede na analizo obstoje' ih podatkov in geomehanskega pregleda ocenjujemo kot stabilne v statil' nih pogojih (napetosti pod temelji niso prekora' ene) in brez vel' jih po'gkodb, ki bi kazale na neustrezno izbran na' in temeljenja ali slabo nosilna tla. Posedki so se v tem l'asu ne razvili v celoti oz. glede na izvedeno globoko temeljenje do trdne podlage, vel' jih posedkov po na'gi oceni tudi ni bilo. V tem primeru se na vseh nosilnih zidovih in parapetih izvedejo armirane obloge z obeh strani. Ker se tak'ne obloge izvedejo v vseh nadstropjih (od kleti do vrha) bo pri'glo do pove' anja obremenitev na povezovalne grede (pasovne temelje) in tudi na vodnjake in s tem pove' anje kontaktnih napetosti temelj-temeljna tla. Kontaktna napetost ($5,6 \text{ kg/cm}^2$; stalna obte'ba) vodnjak-temeljna tla je blizu dopustne ($\approx 93 \%$ izkori' enost).

Vsi pasovni temelji so po podatkih slabo armirani in kot taki ne prenesajo diferen' nega posedanja ali izrazito neenakomerne obte'be.

V kolikor bi se izvedla varianta I. bo potrebno temelje oja' ati (obbetonirati in podbetonirati). Tehnolo'ko je vpra'ljiva izvedba obbetoniranja in podbetoniranja vodnjakov, ki so po podatkih izvedeni iz slabega in nearmiranega betona. Pred morebitno izvedbo in na' rtovanjem sanacije bi bilo potrebno pregledati obstoje' e temelje (s prevrtavanjem ali izvedbo sonda' nih ja'kov z varovanjem po obodu) in pripraviti na' rt sanacije ter prera' un le teh skladno z EC7.

II. Izvedba zunanje n' obodne konstrukcije iz AB sten

V tem primeru bo potrebno izvesti tudi novo temeljenje nove obodne konstrukcije, ki bo zagotavljajo ustrezno togost in pove' alo potresno odpornost stolpnice kot celote. Temeljenje nove konstrukcije bi bilo mo'no izvesti le na en na' in:

Z globokim temeljenjem s kote sedanjega terena s kombiniranim sistemom »jet-groutinga« in izvedbo uvrtnih ali benotto pilotov pod AB pasovnimi temelji ali AB masivno temeljno talno plo' o; ter po obodu celotnega objekta (Slika 2). Ocenjujemo, da je tak'na izvedba in utrditev temeljenja najustreznej'a.

Potrebno bo zagotoviti dovolj togo in masivno konstrukcijo temeljenja, ki bo sposobna prenesti potresno obte'bo tako zaradi dozidave kot celotnega obstoje' ega objekta. Upo'tevati je potrebno tudi pogoj, da je temeljenje obodne konstrukcije tako, ki zagotavlja in prepre' uje diferen' ne posedke med obstoje' o in novo konstrukcijo. V nadaljnjih fazah na' rtovanja je treba optimizirati predlagano varianto temeljenja.

Pradlagana varianta

Kot so pokazale analize konstrukcije, utrjene po variantah I in II (poro' ilo ZAG 810/18-610-2), bi le varianta utrditve II omogo' ala zagotovitev predpisane potresne odpornosti.

Shematski prikaz na' ina utrditve temeljenja za izbrano varianto utrditve stolpnice tipa A-2 je prikazan na sliki - Slika 2.

3. Zaključek

V okviru projekta »Analiza potresne odpornosti zidanih (nearniranih) stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-te« smo na posameznih lokacijah izvedli osnovne geološko-geomehanske preiskave in geomehanske preglede vseh objektov iz projektne naloge.

Iz razpoložljive projektne dokumentacije za obravnavane stolpnice je možno razbrati, da so geotehniki že v fazi izvedbe geomehanskih preiskav na obravnavanih območjih opozarjali na veliko potresno ogroženost predvidene izgradnje zidanih stolpnice.

Skupaj s sodelavci iz Odseka za potresno inženirstvo ZAG smo z vidika izvedene konstrukcije, možnih ukrepov in potresnih analiz obstoječih stolpnice, le-te razvrstili v tri tipe in sicer A, B in C. V nadaljevanju smo za posamezen tip, lokacijo objekta in predviden ukrep, podali možne variante za izboljšanje oz. utrditev temeljev, da bi le ti bili sposobni prenesti dejansko stalno in koristno kot tudi predpisano potresno obtežbo.

Na podlagi analiz zgornje konstrukcije je za posamezen tip stolpnice podan optimalen in zadosten način utrditve. Glede na to za posamezen tip in utrditev zgornje konstrukcije podajamo in predlagamo rešitev tudi za ojačitev in utrditev temeljev ter temeljnih tal. Pri tem je potrebno poudariti, da je v vsakem primeru potrebno zagotoviti takšen način ojačitve temeljev in izboljšanja temeljnih tal, ki bo v vseh primerih preprečil nastanek diferencialnega posedanja med obstoječo in novo konstrukcijo objekta.

Pri stolpnice tipa A ocenjujemo, da bi ustrezno utrditev konstrukcije lahko dosegli z izvedbo zunanje in obodne AB konstrukcije. V tem primeru ocenjujemo, da bo potrebno izvesti globoko temeljenje zunanje obodne konstrukcije z uvrtnimi in jet-grouting piloti, izvedbo AB povezovalne grede okoli objekta ter globoko temeljiti zunanje obodne stene. Vmesni del med obodnimi piloti in kletnimi stenami se poinjektira. Temeljna tla v vmesnem delu obstoječega objekta se ustrezno izboljša in utrdi z injektiranjem (injekcijske mase ali z ustrezno smolo). V primeru, da bi se obodna konstrukcija izvedla z 1 oziroma 2 etažama kleti bo potrebno varovanje gradbene jame do spodnjega nivoja kletne etaže.

Za potrebe nadomestne gradnje (novogradenj stolpnice) posameznih objektov bo glede na mikrolokacije potrebno v nadaljnjih fazah obdelav opraviti dodatne geološke-geomehanske raziskave terena (dodatne vrtnice) in v skladu z EC7 izdelati ustrezna poročila oz. elaborate. V le-teh bo glede na konstrukcijsko zasnovo, sestavo in karakteristike temeljnih tal ter nivoja podtalnice, možno opredeliti način in pogoje temeljenja tako za MSN, MSU kot potresno obtežbo.

Glede na predhodno izvedene geološko-geomehanske raziskave in ostale arhivske podatke, ki so nam na razpolago, lahko za posamezno območje zgolj ocenimo možen način temeljenja novogradenj:

- Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13, Streliška ulica 37a: V kolikor bi ostalo na enakih gabaritih objekta bi na tem območju predlagali globoko temeljenje na uvrtnih AB pilotih.
- Streliška ulica 1, 3 in 5: V kolikor bi ostalo na enakih gabaritih objekta bi na tem območju predlagali globoko temeljenje na uvrtnih AB pilotih. V kolikor je potrebno izvesti tudi dodatno drugo etažo kleti, bi bilo možno izvesti tudi plitvo temeljenje na AB togi temeljni talni plošči.

Za nadaljnje faze in morebitno projektiranje ukrepov za zagotovitev ustrezne potresne varnosti bo potrebno izvesti bolj podrobne geološko-geomehanske preiskave obstoječega temeljenja in izvesti ustrezne analize skladno z EC 7 in EC 8.

Poročilo pripravila:

Franci Smrtnik, univ. dipl. inžen. grad.

Barbara Likar, univ. dipl. inžen. grad.