
naročnik/ owner

BŠP d.o.o.,
Dunajska cesta 119
1000 Ljubljana



Projekt / project

BEŽIGRAJSKI ŠPORTNI PARK

št.projekta/ project no.

311100081

Del projekta / building segment

faza projekta/ project phase

IDZ

načrt/ plan

3/4 VAROVANJE GRADBENE JAME

št. načrta/ plan no.

311100081-VGJ

datum/ date

17.11.2010

15.04.2011 – dopolnitev

izvod/ issue

1 2 3 4 5 A

3/4



3/4.1.1

NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O NAČRTU

3/4 DRUGI GRADBENI NAČRTI - VAROVANJE GRADBENE JAME	
Investitor:	BŠP d.o.o., Dunajska cesta 119 1000 Ljubljana
Objekt:	BEŽIGRAJSKI ŠPORTNI PARK novogradnja
Vrsta projektne dokumentacije:	IDZ
Za gradnjo:	Novogradnja
Projektant:	ELEA iC d.o.o., Dunajska cesta 21, 1000 Ljubljana odgovorna oseba: Andrej Pogačnik, univ.dipl.inž.grad. Žig in podpis:
Odgovorni projektant:	Andrej Pogačnik, univ.dipl.inž.grad. G-0187 Žig in podpis:
Odgovorni vodja projekta:	Andrej Pogačnik, univ.dipl.inž.grad. G-0187 Žig in podpis:
Številka načrta:	311100081-VGJ
Številka projekta:	311100081
Številka izvoda:	1 2 3 4 5 A
Kraj izdelave projekta:	Ljubljana
Datum izdelave projekta:	April 2011



3/4.1.2

SEZNAM SODELAVCEV

Seznam sodelavcev:
Marko Žibert, univ.dipl.inž.grad.
Vanja Selan, univ.dipl.inž.grad.
Špela Drolc, dipl.inž.grad.
Peter Zupančič, dipl.inž.grad
Denis Klembas, abs.grad.



3/4.2

KAZALO VSEBINE NAČRTA

3/4.1	Naslovna stran z osnovnimi podatki o načrtu
3/4.2	Kazalo vsebine načrta
3/4.3	Tehnično poročilo
3/4.4	Risbe



3/4.3

TEHNIČNO POROČILO



3/4.4

RISBE

SIT-V-1	GRADBENA SITUACIJA	M 1:500
SIT-V-4	MERSKI PROFILI	M 1:500
DIS-V-1.1	PREREZ A1-A1 Faze izvedbe 1-17, 18-19	M 1:100
DIS-V-1.2	PREREZ A1-A1 Pogled na pilote	M 1:100
DIS-V-2.1	PREREZ A2-A2 Faze izvedbe 1-2, 3-4	M 1:100
DIS-V-2.2	PREREZ A2-A2, Faze izvedbe 5-8	M 1:100
DIS-V-2.3	PREREZ A2-A2, Faze izvedbe 9-17	M 1:100
DIS-V-2.4	PREREZ A2-A2, Faze izvedbe 18-27	M 1:100
DIS-V-3	PREREZ B1-B1, Faze izvedbe 1-15, 16-22	M 1:100
DIS-V-4.1	PREREZ B2-B2, Faze izvedbe 1-13	M 1:100
DIS-V-4.2	PREREZ B2-B2, Faze izvedbe 14-20	M 1:100
DIS-V-5	PREREZ B3-B3, Faze izvedbe 1-14, 15-20	M 1:100
DIS-V-6.1	PREREZ C1-C1, Faze izvedbe 1-14, 15-20	M 1:100
DIS-V-6.2	PREREZ C1-C1, Pogled na pilote in jet pilote	M 1:100



Kazalo vsebine

1	SPLOŠNO	2
2	PROJEKTNE OSNOVE	2
3	OPIS OBSTOJEČEGA STANJA	2
4	SESTAVA TAL	3
4.1	HIDROGEOLOŠKE RAZMERE	3
5	VAROVANJE GRADBENE JAME	4
5.1	GRADBENE FAZE	5
5.2	IZBRANA TEHNOLOGIJA IZVEDBE AB PILOTOV	5
5.3	SPREMLJAVA GRADNJE	6
5.4	VARNOSTNI UKREPI	7
6	IZRAČUNI	8
6.1	MATERIALNE KARAKTERISTIKE	8
6.2	OBTEŽBA	11
6.2.1	Stalni vplivi	11
6.2.2	Koristni vplivi	11
6.3	OPIS METODE IZRAČUNA	11
6.3.1	Lastnosti materiala	11
6.3.2	Računski in časovni koraki	12
6.3.3	Eksistenčne funkcije	12
6.3.4	Obtežne funkcije	12
6.3.5	Potek izračuna	13
6.4	MSU – mejno stanje uporabnosti	14
6.4.1	Prerez C1, B1, B3 5x sidrani AB piloti	15
6.4.2	Prerez A1 ob plezalni steni	16
6.4.3	Prerez B2 glorieta	17
6.4.4	Prerez A2 ob Koroški ulici	18
6.4.5	Omejitve iz EVROKOD STANDARDOV	20
6.4.6	Alternativen izračun prereza A2 ob Koroški ulici	21
6.5	GLOBALNA STABILNOST	23
6.5.1	Prerez C1	23
6.5.2	Prerez A2 razpiranje	24
6.5.3	Prerez A1 ob plezalni steni	25
6.5.4	Prerez B2 glorieta	26
7	UGOTOVITVE	27



1 SPLOŠNO

Investitor BŠP d.o.o. namerava na lokaciji obstoječega Bežigrskega stadiona zgraditi Bežigrski športni park. Sledeče poročilo obravnava varovanje gradbene jame za izvedbo objekta.

Varovanje gradbene jame se izvede z AB piloti. Vmesni del med AB uvrstanimi piloti je tesnjen z jet piloti. Piloti so v večini 5x sidrani po višini, na določenih delih pa razpirani.

Načrtovan objekt je razponov 290 m x 230 m. Globina izkopa je cca 20,0 m, kar predstavlja 6 kletnih etaž. Objekt je največje višine 75,6 m.

Oporna višinska točka, torej kota 0, za nadaljnje izvajanje je kota 301,6 m.n.v.

2 PROJEKTNE OSNOVE

Pri projektiranju smo za osnovo uporabili:

- Prečni prerez, tlorisi, situacija; GMP, november 2010.
- Geotehnično poročilo o pogojih izgradnje stadiona in objektov Jože Plečnik v Ljubljani, št. GP-01/05-08; UNIVERZA V MARIBORU LABORATORIJ ZA MEHANIKO TAL, maj 2008.
- Hidrološko mnenje o dopustni globini posega v vodonosnik zaradi izvedbe občinskega podrobnega prostorskega načrta za dele območij urejanja BR 1/1 Stadion, BS 1/2 Bežigrad in BS 1/4 Koroška (Plečnikov stadion) v Ljubljani, št. K-II-30d/c-1/1641, GeoZS, marec 2010.
- Hidrogeološko poročilo za potrebe ponikanja meteoritnih voda na območju Bežigrskega športnega parka, 2264-151/2010-07, Geologija d.o.o., januar 2011

3 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA

Zemljišče, predvideno za izgradnjo, na severu meji na Koroško ulico, na zahodu meji na Vodovodno cesto, na jugu na Samovo ulico in na vzhodu na Dunajsko cesto.

Pred pričetkom del je potrebno geodetsko posneti pomembne točke obstoječih objektov, ki bodo podvrženi pomikom zaradi izkopa gradbene jame. Morebitne poškodbe na konstrukcijah se fotografira in izmeri ter spremlja skozi celotno izvedbo novogradnje.

Obstoječa komunalna oprema je speljana pod vsemi štirimi cestami, ki obdajajo predvideno izgradnjo.

Pred izvedbo izkopa ob Koroški ulici bo potrebno prestaviti kanalizacijski kanal, ki poteka po severnem delu zemljišča, predvidenega za izgradnjo, kar je predmet drugega gradbenega dovoljenja.

Pred izvedbo izkopa gradbene jame je obvezno potrebno preveriti višinski potek vseh vodov in poskrbeti, da se jih med izvedbo ne poškoduje ali po potrebi prestavi.

Potrebno bo pridobiti soglasja od lastnikov cest in komunalnih vodov, zaradi izvedbe sidranja.

4 SESTAVA TAL

Podatke o sestavi tal povzamemo po Geotehničnem poročilu o pogojih izgradnje stadiona in objektov Jože Plečnik v Ljubljani, št. GP-01/05-08; UNIVERZA V MARIBORU LABORATORIJ ZA MEHANIKO TAL, maj 2008. Tla so preiskana do globine 30 m, sloji med seboj nekoliko varirajo po globinah in debelinah.

Sestava tal je podana na sliki 1

Sloj	Prostorninska teža γ (kN/m ³)	Modul elastičnosti E_{50} (MPa)	Modul elastičnosti $E_{ul,rel}$ (MPa)	Poissonov količnik ν (-)	Strižni kot φ (°)	Kohezija c (kPa)
Umetni nasip, lokalno do globine 6 m	18,5	10	50	0,35	20	20
Prodnopeščeni sloji do globine 12 m	19,5	30	100	0,30	30	0
Prodnopeščeni sloji z vložki konglomerata	20,0	50	200	0,25	35	0
Plasti kompaktnega konglomerata	22,0	50	200	0,25	35	100
Umetni nasip pod temeljno ploščo	20,5	40	100	0,30	35	0
Plasti gline	19,0	10	50	0,35	25	20
Hribinska osnova	25,0	100	200	0,20	45	1000

Slika 1: Materialne karakteristike slojev tal.

4.1 HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

Na podlagi hidrološkega mnenja, ki je del OPPN načrta, Hidrološko mnenje o dopustni globini posega v vodonosnik zaradi izvedbe občinskega podrobnega prostorskega načrta za dele območij urejanja BR 1/1 Stadion, BS 1/2 Bežigrad in BS 1/4 Koroška (Plečnikov stadion) v Ljubljani, št. K-II-30d/c-1/1641, GeoZS, marec 2010, upoštevamo v projektiranju varovanja gradbene jame maksimalni nivo podzemne vode na koti 279 m.n.v.

Posledično so omejujoče kote poseganja v vodonosnik, ki izhajajo iz Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja, 279 m za dno temeljenja, 280 m za dno ponikovalnic in 281 m za dno izkopa gradbene jame oziroma dno spodnje plošče objekta.

V poročilu Hidrogeološko poročilo za potrebe ponikanja meteornih voda na območju Bežigradskega športnega parka, 2264-151/2010-07, Geologija d.o.o. je izmerjen največji nivo vode na koti 277,93 m.n.v. Sestava tal je ločena na tri sloje, zgornji umetni nasip, prod s peskom, vložki in leče gline, srednji konglomerat in spodnji peščen prod. Peščen prod se nahaja pod koto 278 (276) m.n.v, kar je pod nivojem dovoljenim za ponikovalnice, zato vanj ne moremo ponikati, višji konglomerat je slabo vodoprepusten in sicer od $3,44 \cdot 10^{-6}$ do $5,45 \cdot 10^{-6}$ m/s, zato vanj ni smiselno ponikati. Ponikovalnice je potrebno izvesti v zgornjem sloju proda s peskom do kote 287 m.n.v., na koti 294 m.n.v. je povprečen koeficient vodoprepustnosti $k = 1,9 \cdot 10^{-4}$ m/s.

5 VAROVANJE GRADBENE JAME

Za potrebe izgradnje kletnih prostorov se bo izvedel izkop gradbene jame do relativne kote cca -20,0 m, kar je 281,6 m.n.v., na področju jeder ter stolpnice bo potreben nekoliko globlji izkop, največ do kote -20,6 m, kar je 281,0 m.n.v. Dno izkopa in temeljenje bosta izvedena tako, da bo kota dna izkopa 2 m nad nivojem podzemne vode.

Varovanje gradbene jame se izvede z AB uvrtnimi piloti $\phi 100\text{cm}$ / 160 cm, dolžine največ 22,6 m, do kote 279 m.n.v. Zaradi možnega pojava viseče podzemne vode v tleh, je potrebno varovanje gradbene jame izvesti vodotesno, kar se doseže z jet piloti $\phi 70\text{cm}$ / 160 cm, dolžine največ 20,6 m, do kote 281 m.n.v., izvedenimi med AB piloti. Tako je vmesni prostor med AB piloti tesnjen pred pričetkom odkopavanja.

AB pilote na treh straneh varovanja gradbene jame sidramo, na severu proti Koroški ulici pa razpiramo. Sidra ne segajo pod nivo 279 m.n.v.

Globina AB pilotov sega do kote 279 m.n.v., 2 m pod najglobljo koto izkopa, ker se na pilote naveže objekt in tako piloti predstavljajo del temeljenja objekta.

Horizontalne podpore AB pilotov predstavlja na treh straneh varovanja 5 vrst sider, na severni strani varovanja pa štiri nivoji razpor. Razpiramo z jeklenimi začasnimi razporami.

AB piloti so na vrhu povezani z AB gredo, dimenzij 120 x 100 cm. Greda ima predvsem povezovalno funkcijo, da se zagotovi skupno sodelovanje AB pilotov.

Predvidena so začasna prednapeta sidra različnih dolžin, vgrajena pod različnimi koti, prikazano na risbah PREREZ C1, B1, B2, B3 in A1. Sidra so petpramenska nazivnega preseka $1,5\text{ cm}^2$ (skupno $7,5\text{ cm}^2$) kvalitete fpv/fpu = 1570/1770 MPa, s silo zaklinjanja 480 kN in nosilnostjo 0,6Ptk = 797 kN.

Na severu proti Koroški ulici, PREREZ A2, bo potrebno pred izvedbo izkopa za gradbeno jamo objekta prestaviti kanalizacijski kanal fi 2400 mm na globini cca 7,9 m. Prestavitev kanala je predmet drugega gradbenega dovoljenja. Po prestavitvi kanalizacijske cevi sledi izkop gradbene jame proti Koroški ulici. Izkop se za izvedbo objekta do vključno osi VC izvede kot začasni široki izkop varovan z brizganim cementnim betonom C20/25 debeline do 10 cm in armaturno mrežo Q283 ter pasivnimi sidri dolžine 6 m. Po izgradnji kleti objekta do vključno z osjo VC do kote 0 se razpremo z jeklenimi razporami od AB pilotov na novo zgrajen objekt. Postopoma odstranimo začasen široki izkop ter dodamo jeklene razpore na nivojih plošč objekta. Jeklene razpore se izvede tako, da se jih ob izgradnji prednapne z silo 500 kN. Sledi izgradnja preostalega dela objekta po kletih s sprotno odstranitvijo jeklenih razpor.

Na jugu proti Samovi ulici bo v kletnih etažah objekta zgrajena plezalna stena. V končni fazi po popustitvi vseh začasnih sider bodo zemeljske pritiske nosile temeljna plošča, stropna plošča 1. kleti in stena kleti. Del stene kleti predstavljajo piloti. Na tem mestu bodo uvrtni v tla eden do drugega, torej v rastru na 1 m ter sidrani v 6 nivojih z zamikom tako kot je prikazano na risbah PREREZ A1 in POGLED NA PILOTE OB PLEZALNI STENI.

Na zahodu na delu obstoječe Gloriete je okrog Gloriete predviden odkop, zato se objekt s štirih strani varuje z AB piloti, sidranimi z ene strani na drugo, PREREZ B2.

Pred izvedbo varovanja, med izdelavo AB pilotov, med sidranjem, med izkopom, med razpiranjem in za čas izgradnje se morajo stalno izvajati geološke, geotehnične in kontrolne meritve, predvsem zaradi možnosti poškodb na obstoječih komunalnih vodih in na obstoječih objektih.

V naslednjih fazah projekta bo potrebno izdelati geološke prereze tal po obodu gradbene jame. Pri izvedbi AB pilotov bo potrebno spremljati sestavo tal in ob morebitnem odstopanju sestave tal od predvidene se obvesti projektanta, ki bo predpisal potrebne dodatne ukrepe za varovanje gradbene jame. Predvsem je možen pojav leč glin nad konglomeratom. V takem primeru bo potrebno izvesti dodatne izračune in preveriti predpisane podporne ukrepe.



5.1 GRADBENE FAZE

Faze izvedbe del so pri vsakem prerezu drugačne in so navedene pri posameznih prerezih.

Globalno potek del sledi pri prerezih s sidranjem, torej pri prerezih A1, B1, B2, B3, C1 po sledečem vrstnem redu:

- Izkop in izdelava začasnega platoja za izvedbo pilotov.
- Izvedba pilotov in jet pilotov.
- Izkop za izvedbo AB povezovalne grede.
- Izvedba AB povezovalne grede, odvisno od nivoja sledi že 1. nivo sider, nekje pa je prvi nivo sider izveden nižje na začasni jekleni gredi.
- Sledijo si postopno odkopi do naslednjega nivoja sider in izvedba sider.
- Končni odkop do kote največ -20,6 m.
- Sledi izgradnja objekta po fazah, ter odstranitev glav sider, ki so na začasnih jeklenih gredah ter odstranitev začasnih jeklenih gred.

Pri prerezu A2, kjer varujemo dokončen izkop z začasnimi jeklenimi razporami, je potek del sledeč:

- Izkop in izdelava začasnega platoja za izvedbo pilotov ter postavitve protihrupne ograje.
- Izvedba pilotov in jet pilotov.
- Izkop za izvedbo AB povezovalne grede.
- Izvedba AB povezovalne grede.
- Sledi izvedba prostega odkopa gradbene jame do osi VC po korakih s ščitenjem brežine s pasivnimi sidri in brizganim betonom.
- Izgradnja vseh kleti objekta vključno z osjo VC.
- Postopno izvedba začasnih prednapetih jeklenih razpor med AB piloti in zgrajenimi kletmi objekta ter odkop pod razporami do nivoja naslednjih razpor.
- Končni odkop do kote največ -20,6 m.
- Sledi izgradnja preostalega dela objekta po fazah, ter po fazah odstranitev začasnih jeklenih razpor.

5.2 IZBRANA TEHNOLOGIJA IZVEDBE AB PILOTOV

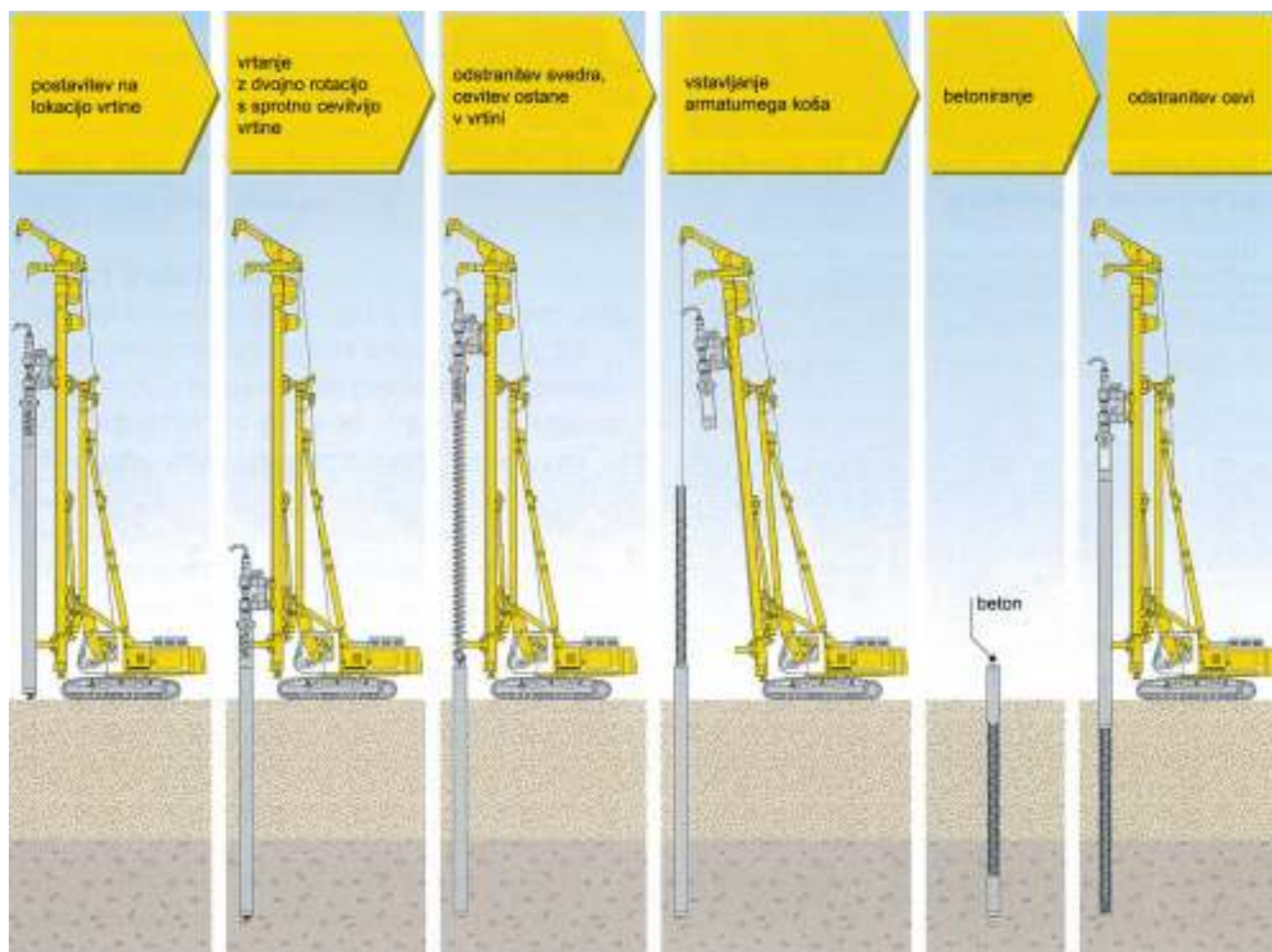
Za izvedbo AB pilotov smo izbrali tehnologijo vrtanja z dvojno rotacijo.

Vrtanje z dvojno rotacijo združuje dve vrsti vrtanja in sicer vrtanje s svedrom brez cevovte ter vrtanje z vrtalno cevjo. Vrtanje poteka tako, da se hkratno ločeno vrta z obema, z notranjim svedrom in z zunanjo vrtalno cevjo. Notranji sveder se vrta v nasprotni smeri kot se vrta zunanja vrtalna cev. Sveder lahko vrta do 500 mm globlje glede na vrtalno cev ali pa vrta do 500 mm višje, odvisno od sestave tal. Vrtalna cev vrta pred svedrom takrat, ko obstaja možnost zaruševanja vrtine. Sveder in vrtalna cev sta v enem kosu skozi celotno vrtino, zato je izvedba vrtanja hitrejša.

Prednosti izbrane tehnologije:

- Na račun sprotnega cevljenja vrtine je možna izvedba vrtanja v skoraj vseh zemljinah.
- Hitra izvedba del na račun večje učinkovitosti.
- Vrtanje se lahko izvaja brez vode.
- Visoka natančnost vrtanja na račun nasproti vrtečega se vrtalnega orodja.
- Nizke emisije hrupa na račun konstantnega rezanja tal s svedrom.

Postopek izdelave pilota je nazorno prikazan na spodnji shemi, slika 2.



Slika 2: Postopek izdelave AB pilotov.

5.3 SPREMLJAVA GRADNJE

Med izvedbo platoja, med izvedbo pilotov, izkopa po kletnih etažah, med izgradnjo objekta se morajo stalno izvajati geološke, geotehnične in kontrolne meritve. Predvidene so naslednje meritve:

- Geodetske meritve
- Vgradnja inklinometrov
- Vgradnja ekstenziometrov
- Geološka spremljava
- Kontrola homogenosti betona AB uvrtnih pilotov
- Kontrolne meritve s strani neodvisnih inštitucij

Geološka spremljava se izvaja v skladu s predhodno predpisanim programom.

Geodetske meritve ali monitoring se izvajajo skladno s predhodno predpisanim monitoringom, ki naj bo v naslednjem obsegu:

- Izvedba in opazovanje 9 inklinometrov.
- Izvedba in opazovanje 6 ekstenziometrov
- Geodetsko opazovanje 66 geodetskih točk za izvedbo 3D meritev.
- Geodetsko opazovanje 39 posedalnih reperjev

Meritve se izvedejo:

- Ničelna ali začetna meritev takoj po izvedbi geodetske točke oziroma inklinometra oziroma ekstenziometra.
- Pred začetkom izkopa.



- Med izvedbo AB pilotov in jet grouting slopov za varovanje gradbene jame. Za vsak merski profil takrat, ko je izvedeno varovanje gradbene jame na mestu merskega profila.
- 5x oziroma 6x med prostim izkopom, na vsakem nivoju za izvedbo sider.
- Po izvedenem končnem izkopu.
- 4x med izgradnjo objekta.
- Takoj po vsaki odstranitvi začasnih sider.
- Na območju razpiranja se izvede dodatne meritve 4 meritve po vsakem izkopu za izvedbo razpore ter 1 meritev po končnem odkopu pod zadnjo razpore in med izgradnjo 4 meritve po vsaki odstranitvi razpore.

V primeru, da pride do neobičajnih premikov, se pogostost meritev ustrezno poveča.

Izvajalec monitoringa mora za vsako izvedeno meritev navesti stanje novogradnje v času izvedene meritve.

Pred pričetkom gradnje je potrebno izvesti komisijski pregled vseh okoliških objektov ter komunalne infrastrukture, s katerim se ugotovi dejansko stanje objektov, ter se izdela kataster poškodb in po potrebi vgradijo merske točke. Komisijski pregled mora izvesti pristojna inštitucija. Morebitne poškodbe na objektih je potrebno spremljati med gradnjo.

Spremembo pozicije merskih točk ter pogostost meritev mora potrditi projektant.

5.4 VARNOSTNI UKREPI

Vsa dela je potrebno opravljati v skladu s projektom in pod stalnim geomehanskim nadzorom. Stalno mora biti prisoten vodja gradbišča, ki mora imeti ustrezno izobrazbo.

Izvajalec predvidi izdelavo delavnih platojev za delovne stroje.

Gradbeno območje mora biti ustrezno zavarovano in zaščiteno. Meje morajo biti ustrezno zaščitene z ograjami in opozorilnimi tablam.



6 IZRAČUNI

Izvedemo 4 izračune, prvi izračun za prereze C1, B1 in B3 5x sidrani AB piloti, drugi izračun za prerez A1 sidrani AB piloti ob plezalni steni, tretji izračun za prerez B2 pod Glorieto in četrti izračun za prerez A2 4x razpirani AB piloti.

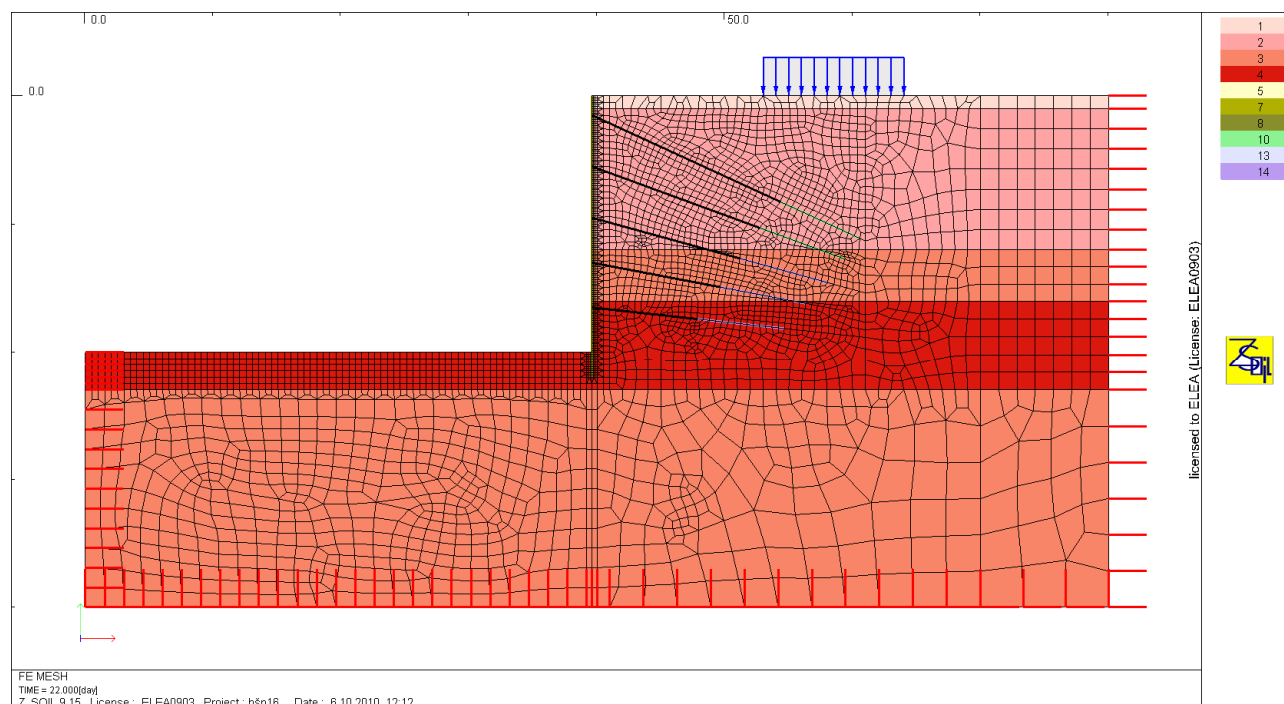
Pri analizi so bili uporabljeni sledeči standardi:

- SIST EN 1991-1-1
- SIST EN 1991-2
- SIST EN 1997-1
- SIST EN 1997-2

6.1 MATERIALNE KARAKTERISTIKE

V izračunih, prvi izračun za prereze C1, B1 in B3 5x sidrani AB piloti, drugi izračun za prerez A1 sidrani AB piloti ob plezalni steni, tretji izračun za prerez B2 pod Glorieto, upoštevamo sledeče karakteristike za sloje zemljin:

globina	zemljina	E_{ur}^{ref}	m	ν_{ur}	γ	E_{50}^{ref}	ϕ	ψ	c	k_0	št. sloja
m		kN/m^2			kN/m^3	kN/m^2	°	°	kN/m^2		
0,0-1,0	nasip	50000	0,5	0,35	19	10000	20	0	20	0,66	1
1,0-12,0	GC/GF ₂ /GF ₅	100000	0,5	0,3	20	30000	30	0	0	0,50	2
12,0-16,0	GC/GF ₂ /GF ₅	200000	0,5	0,25	20	50000	35	5	0	0,43	3
16,0-23,0	konglomerat	200000	0,5	0,25	22	50000	35	5	100	0,43	4
23,0-40,0	GC/GF ₂ /GF ₅	200000	0,5	0,25	20	50000	35	5	0	0,43	3



Slika 3: Model končnih elementov za prereze C1, B1, B3, 5x sidrani AB piloti.

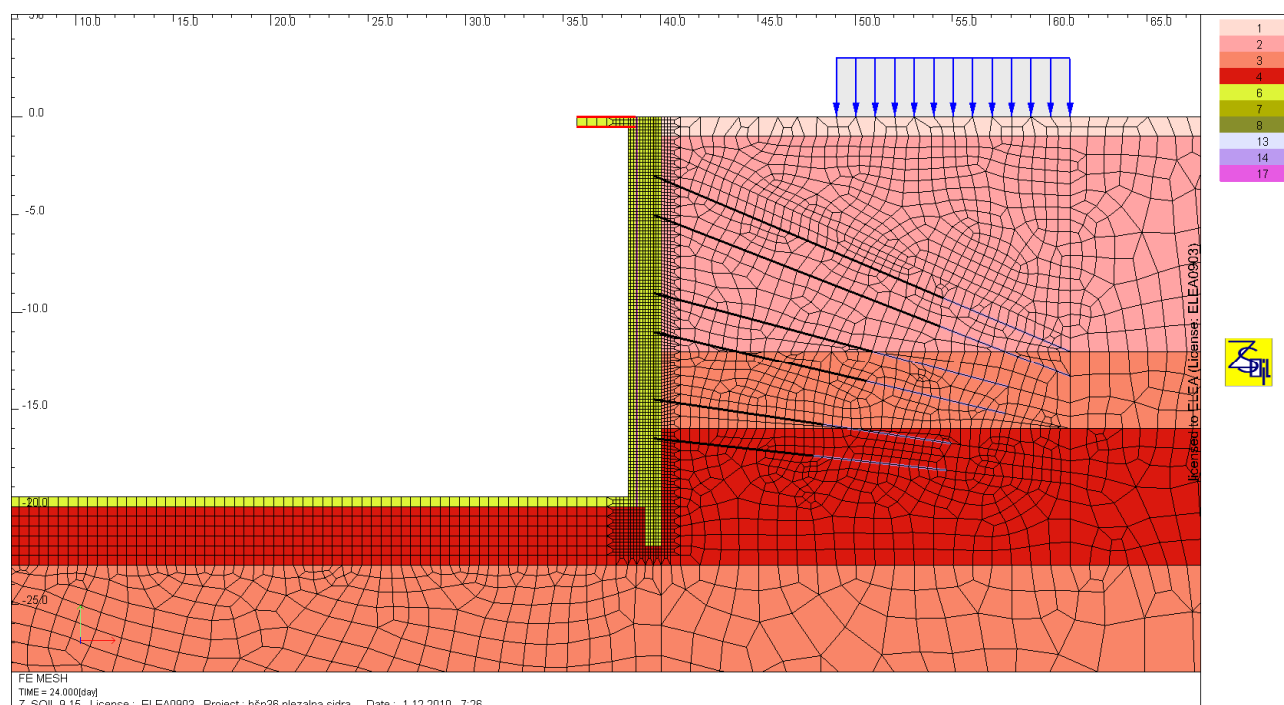


V izračunu; četrti izračun za prerez A2 4x razpirani AB piloti, upoštevamo karakteristike za sloje podane v spodnji tabeli. Na podlagi vrtine V-3 iz poročila Geotehnično poročilo o pogojih izgradnje stadiona in objektov Jože Plečnik v Ljubljani, št. GP-01/05-08; UNIVERZA V MARIBORU LABORATORIJ ZA MEHANIKO TAL, maj 2008, smo povzeli debeline slojev ter na podlagi bližnjih presiometerskih testov določili izboljšane karakteristike za konglomerat:

globina	zemljina	E_{ur}^{ref}	m	ν_{ur}	γ	E_{50}^{ref}	φ	ψ	c	k_0	št. sloja
m		kN/m ²			kN/m ³	kN/m ²	°	°	kN/m ²		
0,0-1,0	nasip	50000	0,5	0,35	19	10000	20	0	20	0,66	1
1,0-7,0	GC/GF _d /GF _s	100000	0,5	0,3	20	30000	30	0	0	0,50	2
7,0-16,0	GC/GF _d /GF _s	200000	0,5	0,25	20	50000	35	5	0	0,43	3
16,0-23,0	konglomerat	600000	0,5	0,25	22	200000	40	10	50	0,36	4
23,0-40,0	GC/GF _d /GF _s	200000	0,5	0,25	20	50000	35	5	0	0,43	3

Glede na hidrološko mnenje je kota vode določena na globini 279 m.n.v, kar je -2,0 m pod nivojem najglobljega odkopa, zato je v izračunih ne upoštevamo.

Če se med izkopavanjem izkaže, da so lastnosti tal bistveno drugačne od uporabljenih, je potrebno obvezno obvestiti projektanta.



Slika 4: Model končnih elementov za prerez A1 ob plezalni steni, preden popustijo začasna sidra.



Piloti, sidra, razpore:

ELEMENT	E (MPa)	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	a(m)	geometrija	vrsta elem.	št. elem.
Sosednji objekt	30000	60	-	-	kontinuum elas.	6
AB Piloti	30000	25	1,6	D = 1,0 m	beam	7
Sidra	210000	/	1,6/3,2/2,0	A=0,00075 m ²	sidro	5/13
Gredni el. sider	30000	/	1,6/3,2/2,0	A = 0,07 m ² I = 3,98*10 ⁻¹² m ⁴	beam	10/14
Nov objekt	30000	4	-	-	kontinuum elas.	16
Brizgan beton	15000	25	1,0	b = 1,0 m, h = 0,08 m	beam	17
pasivna sidra	210000	/	2,5/5,0	A = 0,0007 m ²	sidro	18
Jeklana razpora	210000	77	6,4	D = 0,6m, th = 0,03m	beam	20
CFA Piloti	30000	25	1,2	D = 0,6 m	beam	21
AB Razpore	30000	25	6,0	b = 0,4 m h = 0,6 m	beam	22
AB piloti ob plezalni steni	30000	25	1,0	b = 1,0 m, h = 0,8 m	kontinuum elas.	6
AB stena objekta ob plezalni steni	30000	25	1,0	b = 1,0 m, h = 0,9 m	kontinuum elas.	6
Sile v AB pilotih ob plezalni steni	0,003	0	1,0	b = 1,0 m, h = 0,8 m	beam	17
Sile v steni objekta ob plezalni steni	0,003	0	1,0	b = 1,0 m, h = 0,9 m	beam	7



6.2 OBTEŽBA

6.2.1 Stalni vplivi

- Aktivni pritiski zemljine.
- Pasivni pritiski zemljine.
- Vplivi razpor so za čas varovanja stalni.

6.2.2 Koristni vplivi

- Prometna obtežba, privzamemo $q = 15 \text{ kN/m}^2$.
- Upoštevamo, da so objekti ob Koroški ulici podkleteni na koti -2,0 m ter obtežbo objektov 60 kN/m^2 .
- Upoštevamo težo novozgrajenega notranjega dela objekta 72 kN/m^2 .
- Upoštevamo obtežbo gloriote 50 kN/m^2 .

6.3 OPIS METODE IZRAČUNA

Statična in stabilnostna analiza problema je izvedena z uporabo računalniškega programa na osnovi metode ravninskih končnih elementov Z_Soil 9.15.

V izračunu so upoštevane debeline slojev iz Geotehničnega poročila.

Vode ne upoštevamo.

6.3.1 Lastnosti materiala

Uporabljena sta dva tipa končnih elementov:

- kontinuum
- konstrukcijski element (gredni element)

Zemljina je modelirana z uporabo štirivozliščnih, štiristranih elementov tipa kontinuum HS-small strain stiffness, ki upošteva različne elastične module zemljine pri obremenitvi in pri razbremenitvi. Razbremenitveni elastični modul je približno trikrat do petkrat večji od obremenilnega. Funkcije small strain stiffnes pa nimamo vklopljene, ker nimamo podatkov o majhnih deformacijah.

AB piloti, brizgan beton, razpore so modelirani z grednimi elementi.

Razporam so modelirani členki na mestu pritrditev, da se ne prenaša moment.

Kontakti med AB piloti in zemljino ter zagatno steno in zemljino so modelirani s kontaktnimi elementi.

Prednapeta geotehnična sidra so modelirana z elementi za sidra, ki predstavljajo prosti del sidra, in se jim poda prednapetje ter z grednim elementom, ki predstavlja vezni del sidra, in ima prilagojen I, da ne prevzema nase momentov, A ima pravilen, da so osne sile pravilne.

Pasivna sidra so modelirana z elementi za sidra.

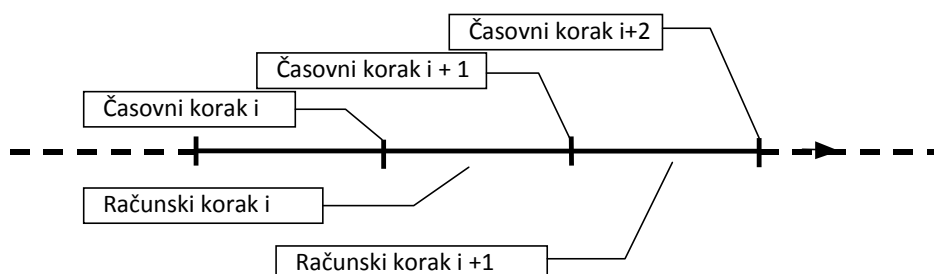
Objekti ob Koroški ulici so modelirani z uporabo štirivozliščnih, štiristranih elementov tipa kontinuum Elastic ter grednih elementov z minimalnim elastičnim modulom zaradi lažje interpretacije pomikov.

Pri računu prereza ob plezalni steni so AB piloti modelirani z uporabo štirivozliščnih, štiristranih elementov tipa kontinuum Elastic ter grednih elementov z minimalnim elastičnim modulom zaradi lažje interpretacije rezultatov. Poleg AB pilotov je modelirana stena objekta prav tako z uporabo štirivozliščnih, štiristranih elementov tipa kontinuum Elastic ter grednih elementov z minimalnim elastičnim modulom zaradi lažje interpretacije rezultatov.



6.3.2 Računski in časovni koraki

Analiza po metodi končnih elementov se izvaja v časovnih računskih korakih (slika 5). V vsakem časovnem koraku se model s končnimi elementi spremeni glede na fazo izgradnje. Iterativni račun napetosti in deformacij sledi v ustreznem računskem koraku in če je doseženo ravnotežje, se izvaja naslednji računski korak. Rezultati predhodnega računskega koraka se lahko razberejo iz naslednjega časovnega koraka.



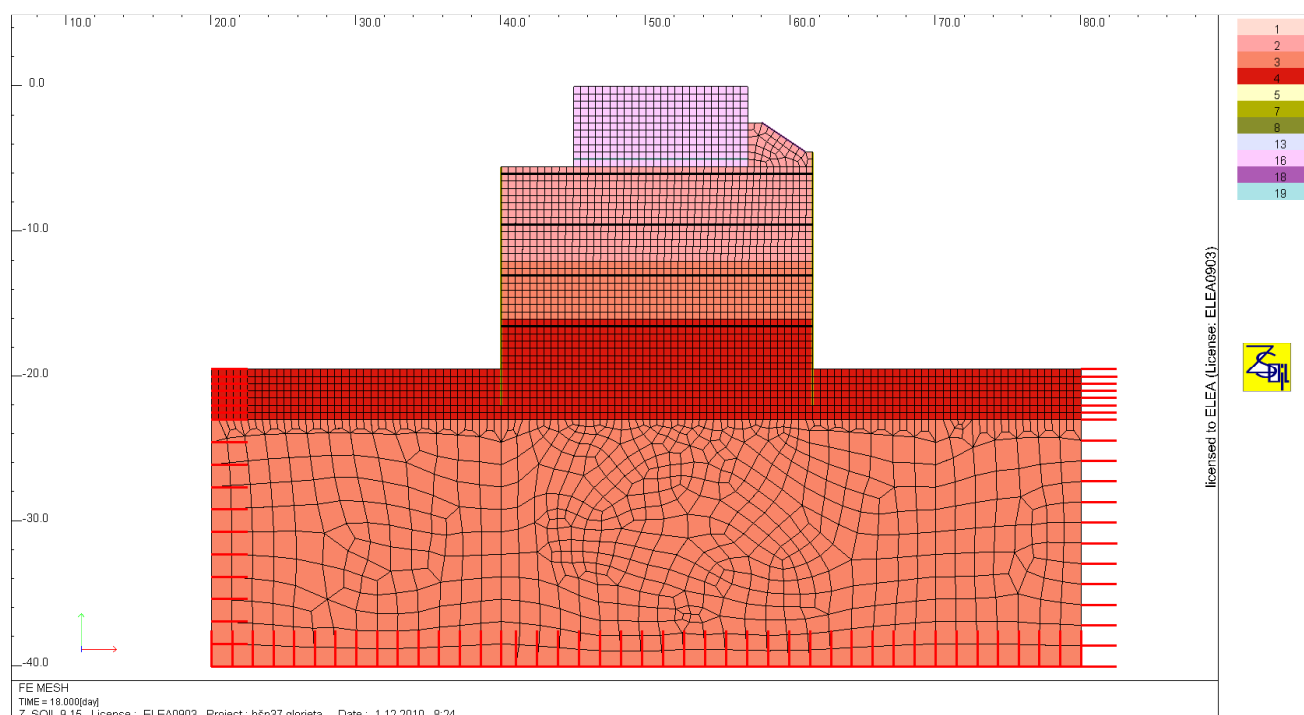
Slika 5: Prikaz časovnih korakov in računskih korakov v analizi po MKE.

6.3.3 Eksistenčne funkcije

Eksistenčne funkcije (EF) kontrolirajo faze izkopa in različne korake v gradnji. Kažejo, v katerem časovnem računskem koraku se pojavljajo določeni elementi znotraj modela končnih elementov.

6.3.4 Obtežne funkcije

Obtežne funkcije (LF) kontrolirajo nivo obtežbe. V računih redukcije strižnih karakteristik za zemljine poskrbijo za povečanje obtežbe s faktorjem 1,3.



Slika 6: Model končnih elementov za prerez B2 Glorieta.

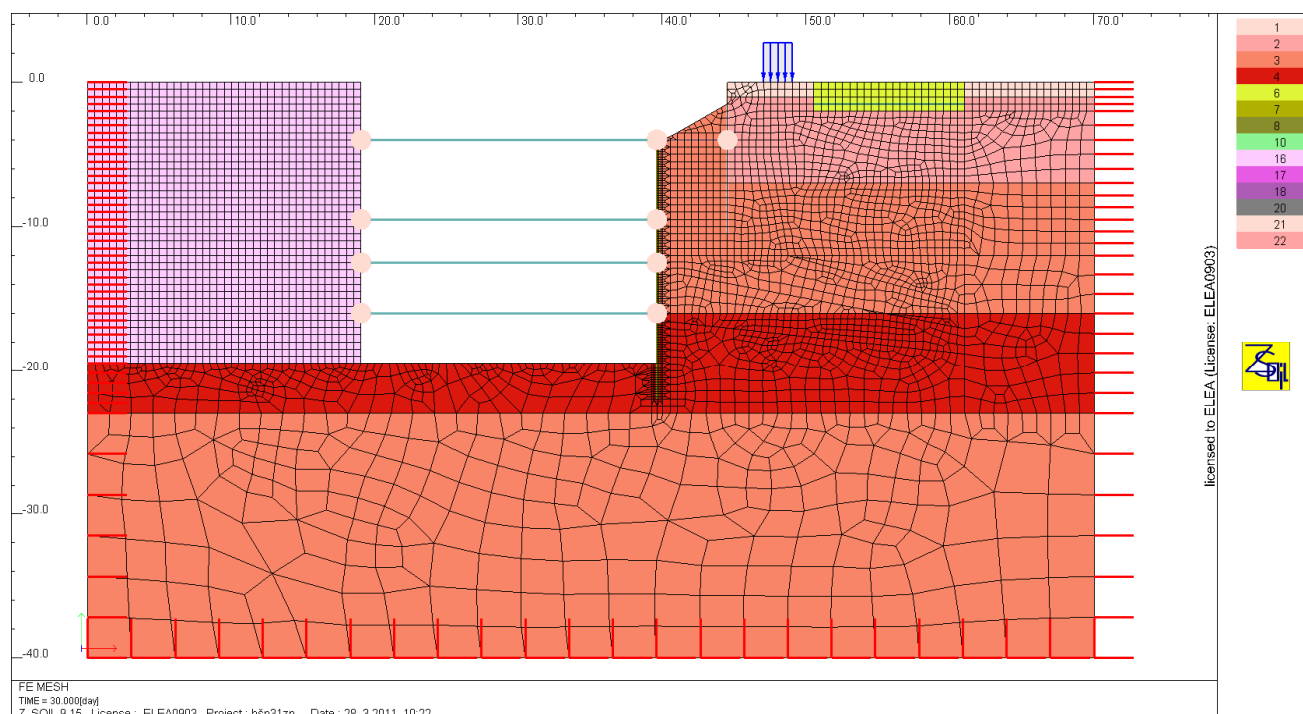


6.3.5 Potek izračuna

Analiza izračuna za vse modele poteka po računskih korakih glede na faze izvedbe del.

Računi potekajo s karakterističnimi vrednostmi za zemljine in po naslednjih sledečih si korakih:

- 1) Izračunamo mejno stanje uporabnosti (karakteristične vrednosti, spremenljiva obtežba $\gamma_Q = 1,0$):
 - Preverimo deformacije oziroma pomike.
 - Faktoriramo učinke vplivov $\gamma_G = 1,35$.
- 2) Izračunamo mejno stanje stabilnosti („phi-c“ redukcija karakterističnih vrednosti s faktorjem 1,25, spremenljiva obtežba $\gamma_Q = 1,3$):
 - Faktoriramo učinke vplivov $\gamma_G = 1,0$.
- 3) Za dimenzioniranje konstrukcijskih elementov upoštevamo bolj neugodne vrednosti iz obeh izračunov.
- 4) Izračunamo končno varnost („phi-c“ redukcija do porušitve).



Slika 7: Model končnih elementov za prerez A2 razpiranje, faza izkopa pod razporami.



6.4 MSU – mejno stanje uporabnosti

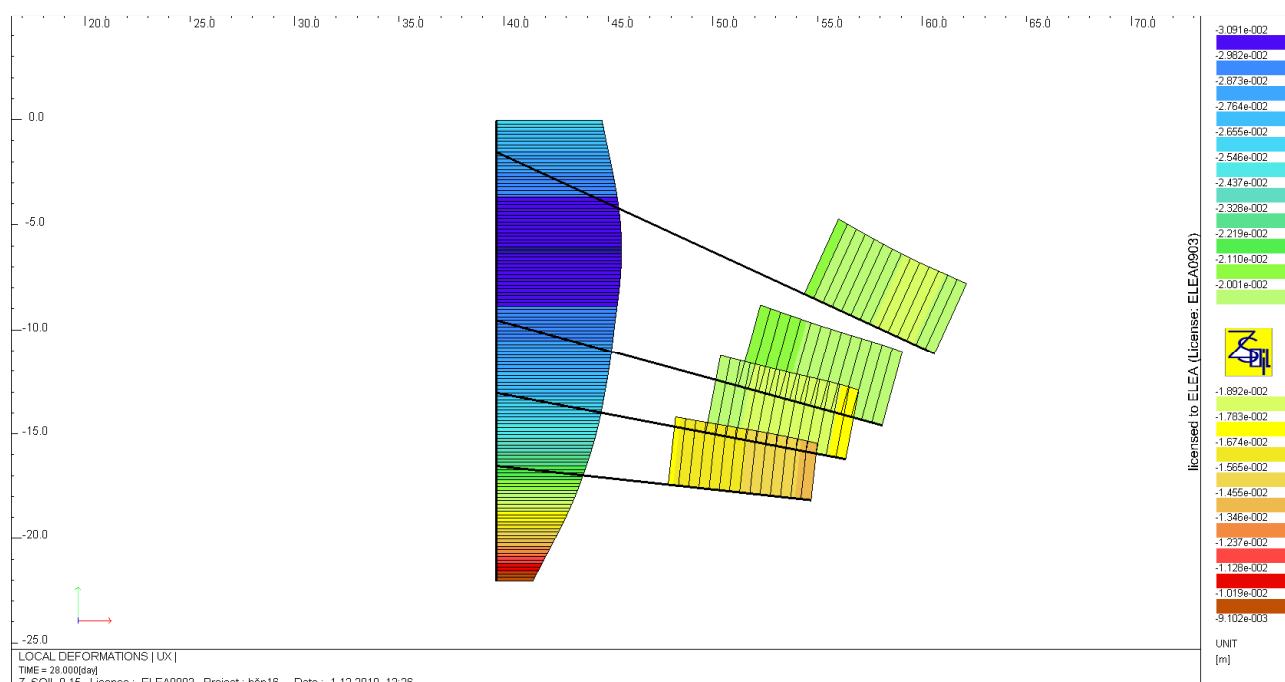
Za preveritev deformacij so bile uporabljene karakteristične vrednosti strižnih parametrov za zemljine in nefaktorirana obtežba.

Posedke terena in pomike AB pilotov bo potrebno med izkopom spremljati, predvsem zaradi možnosti poškodb na obstoječih komunalnih vodih in na obstoječih objektih. Če se izkaže, da so, glede na faze izkopa, posedki večji od izračunanih, je potrebno obvestiti projektanta. Pomiki, posedki in zasuki po fazah so podani v spodnji tabeli.

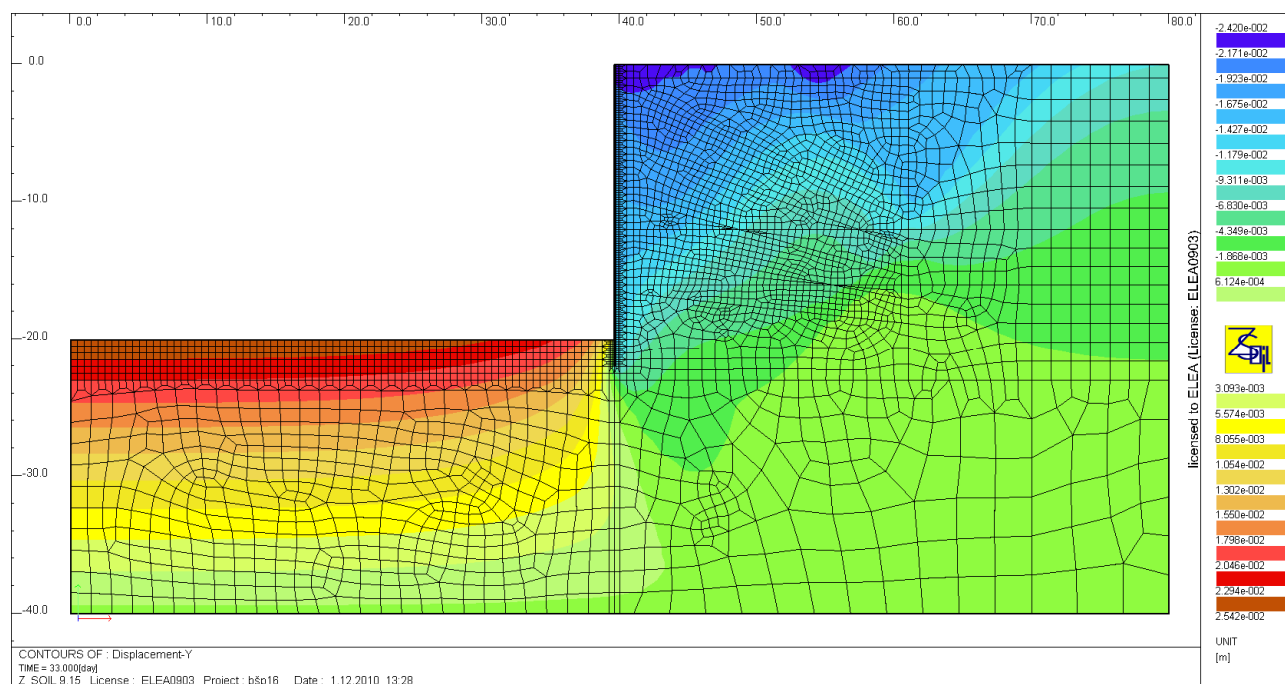
Faza	Horizontalni pomiki AB pilotov (cm)				Posedki (cm)					Relativni zasuki	
	PREREZI				OBJEKTI					OBJEKTI	
	C1, B1, B3	A1	B2	A2	C1, B1, B3 ceste	B1 arkade	A1 cesta	B2 glorieta	A2 bloki	B2 glorieta	A2 bloki
Izvedba AB pilotov	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	-	-
Odkop do 1. nivoja sider	0,3	0,6	0,4	0,7	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	1/4380	1/2640
Odkop do 2. nivoja sider	0,4	0,3	0,5	1,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	1/3950	1/2160
Odkop do 3. nivoja sider	0,8	0,5	1,1	1,1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,7	1/3070	1/2200
Odkop do 4. nivoja sider	1,2	0,6	1,2	-	0,6	0,6	0,4	0,4	-	1/2840	-
Odkop do 5. nivoja sider	1,7	1,0	-	-	1,0	0,9	0,6	-	-	-	-
Odkop do 6. nivoja sider	-	1,0	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
Odkop do konca	3,0	2,0	1,2	1,1	2,1	1,8	1,4	0,5	0,7	1/2870	1/2220
Popustitev 4. sider	-	-	1,2	-	-	-	-	0,5	-	1/2940	-
Popustitev 3. sider	-	-	1,2	-	-	-	-	0,6	-	1/3170	-
Popustitev 2. sider	3,1	-	-	-	2,2	1,9	-	-	-	-	-
Po popustitvi vseh sider	3,1	3,8	0,9	-	2,4	2,4	2,8	0,5	-	1/5280	-
Odkop za razpore 2	-	-	-	1,1	-	-	-	-	0,7	-	1/2084
Odkop za razpore 3	-	-	-	1,1	-	-	-	-	0,8	-	1/1810
Odkop za razpore 4	-	-	-	1,2	-	-	-	-	0,9	-	1/1650
Odkop do konca pod razporami	-	-	-	1,2	-	-	-	-	1,0	-	1/1520
Odstranitev razpore 4	-	-	-	1,2	-	-	-	-	1,1	-	1/1460
Odstranitev razpore 3	-	-	-	1,2	-	-	-	-	1,1	-	1/1390
Odstranitev razpore 2	-	-	-	1,3	-	-	-	-	1,2	-	1/1290
Odstranitev razpore 1	-	-	-	1,5	-	-	-	-	1,2	-	1/1220



6.4.1 Prerez C1, B1, B3 5x sidrani AB piloti



Slika 8: Pomiki AB pilotov prerez C1, B1, B3.



Slika 9: Posedki zaledja prerez C1, B1, B3.

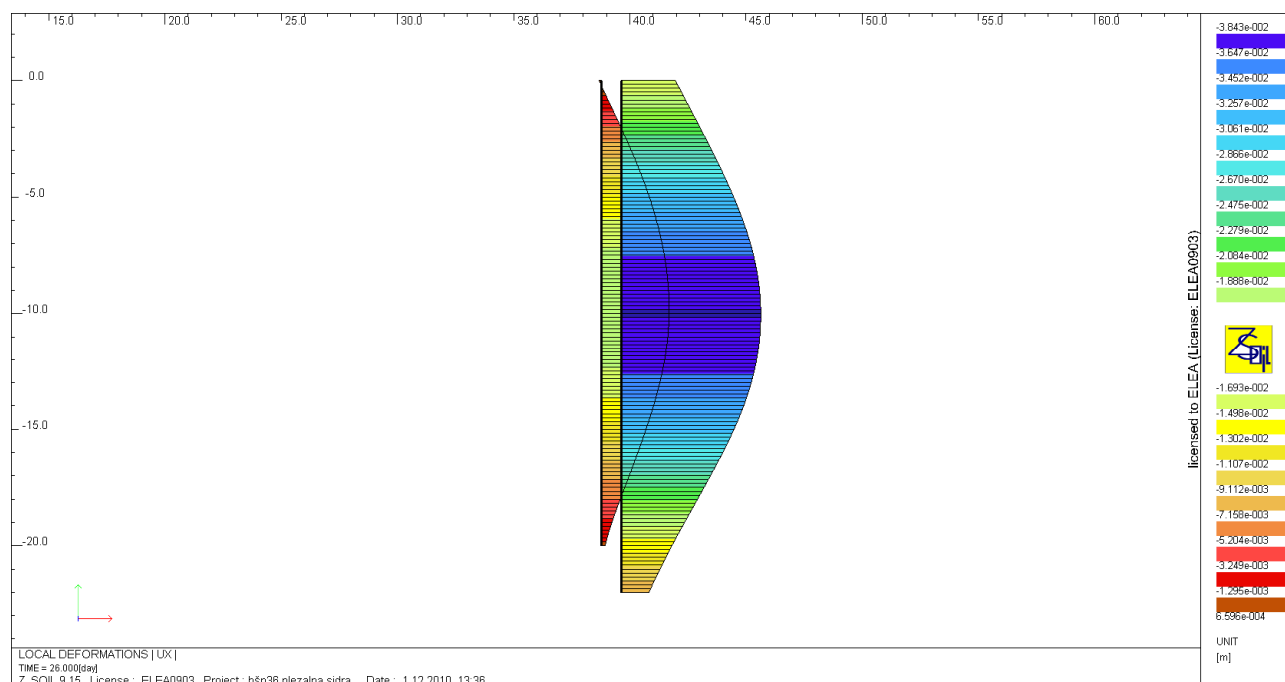
Največji izračunan pomik AB pilotov za varovanje gradbene jame prerez C1, B1, B3 5x sidrani AB piloti znaša 3,1 cm. Nastopi v fazi odstranitve 2. vrste sider.

Največji posedek terena izračunamo 2,4 cm in se izvede do 16 m stran od AB pilotov v fazi popustitve vseh sider.



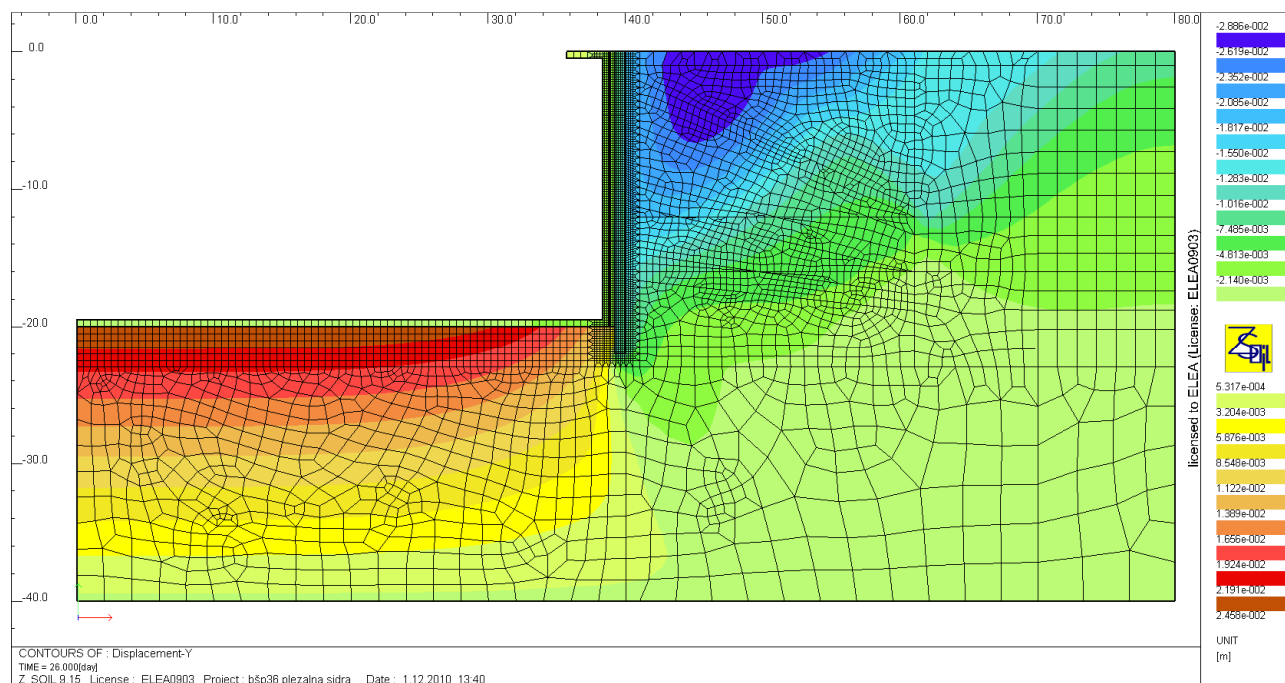
6.4.2 Prerez A1 ob plezalni steni

Največji izračunan pomik AB pilotov za varovanje gradbene jame prereza A1 ob plezalni steni znaša 3,8 cm. Nastopi v fazi popustitve vseh začasnih sider. Poleg pomika AB pilotov je viden tudi pomik AB stene objekta, ki znaša 1,9 cm.



Slika 10: Pomiki AB pilotov prerez A1.

Največji posedek terena izračunamo 2,8 cm in se izvede do 10 m stran pod Samovo ulico.



Slika 11: Posedki zaledja prerez A1.



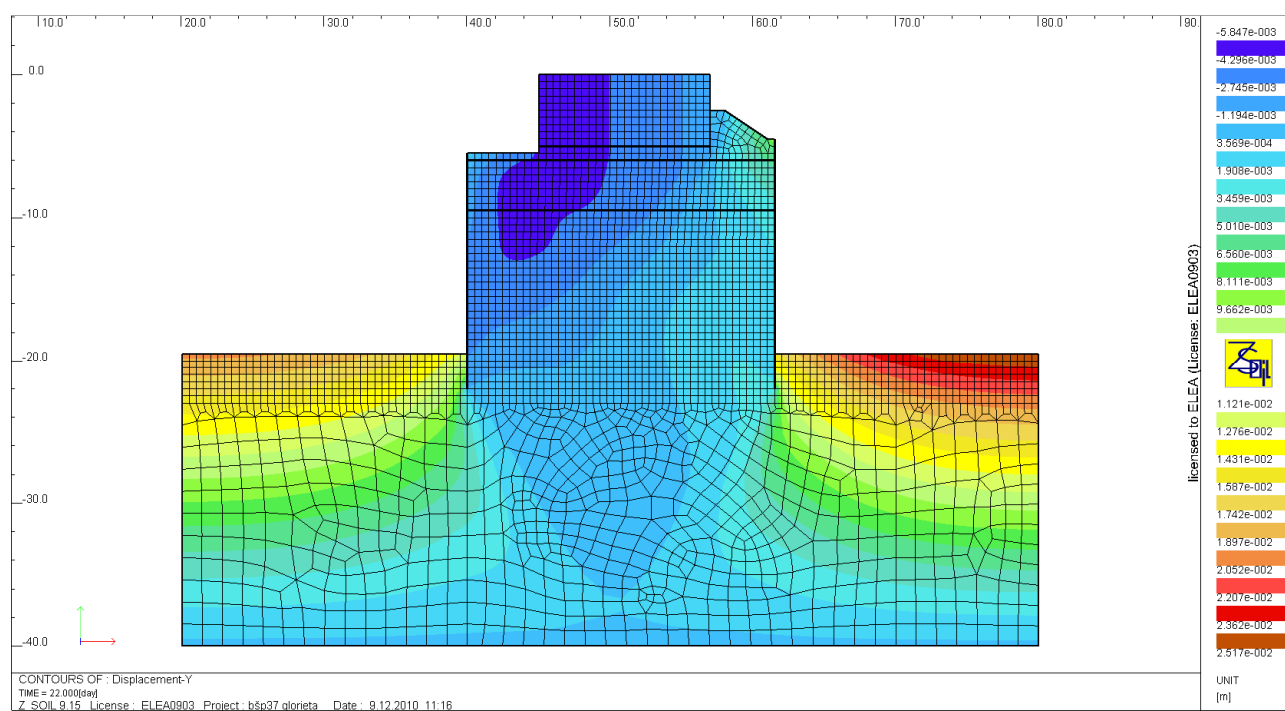
6.4.3 Prerez B2 glorieta

Najvećji izračunan pomik AB pilotov za varovanje gradbene jame ob glorieti prerez B2 znaša 1,2 cm. Nastopi v fazi dokončnega odkopa.



Slika 12: Pomiki AB pilotov prerez B2.

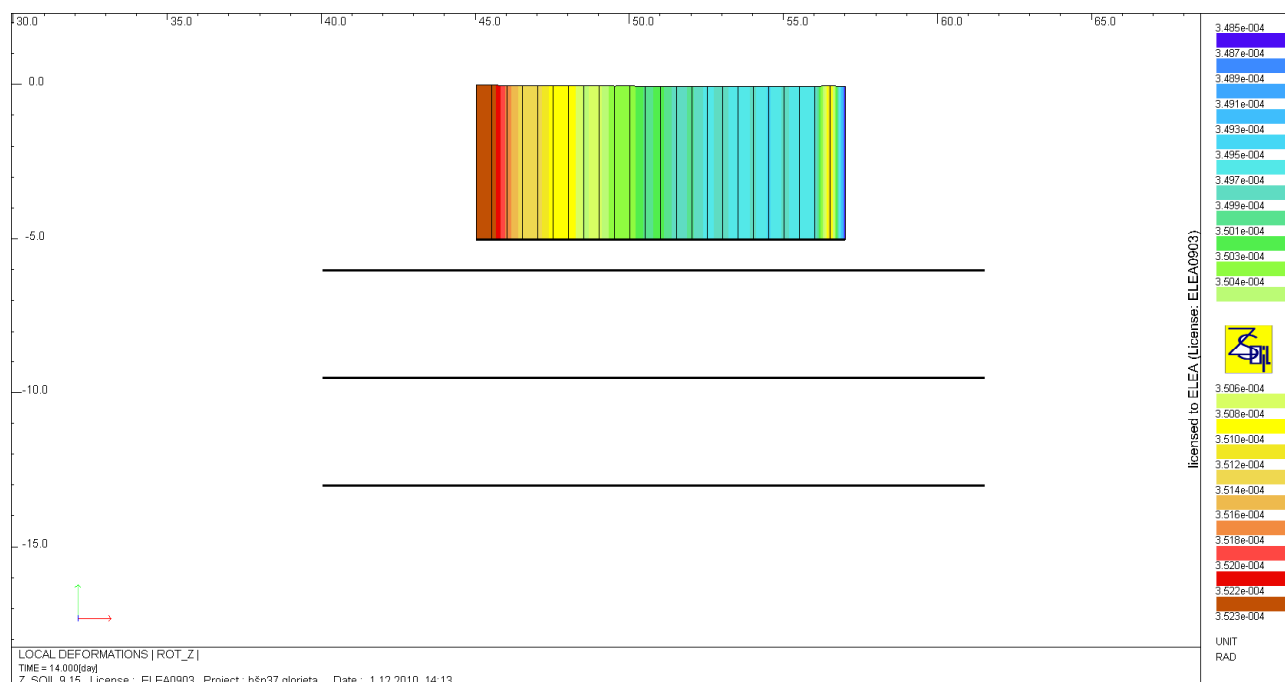
Najvećji posedek terena izračunamo 0,6 cm in se izvede po odstranitvi 3. nivoja sider.



Slika 13: Posedki glorieta.



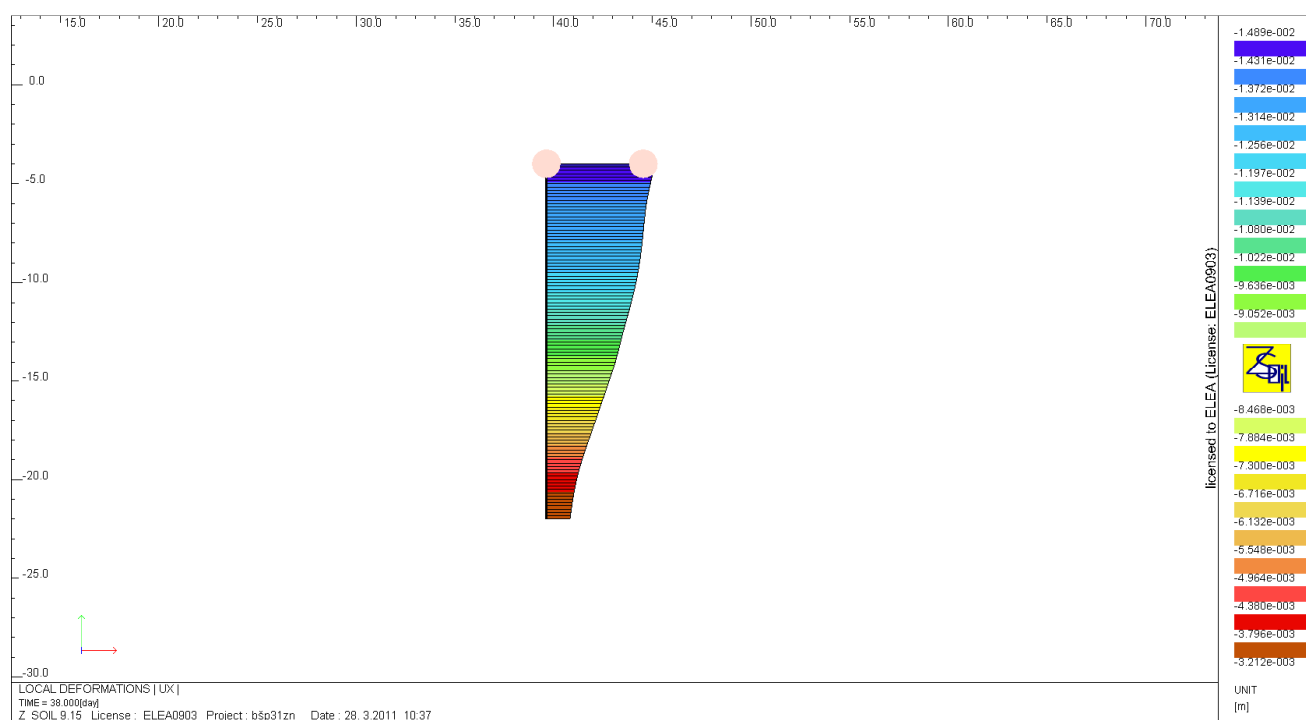
Najveći izračunan zasuk gloriете nastopi v fazi odkopa do 4. nivoja sider in sicer $1/2840 = 0,00035$.



Slika 14: Zasuki gloriете.

6.4.4 Prerez A2 ob Koroški ulici

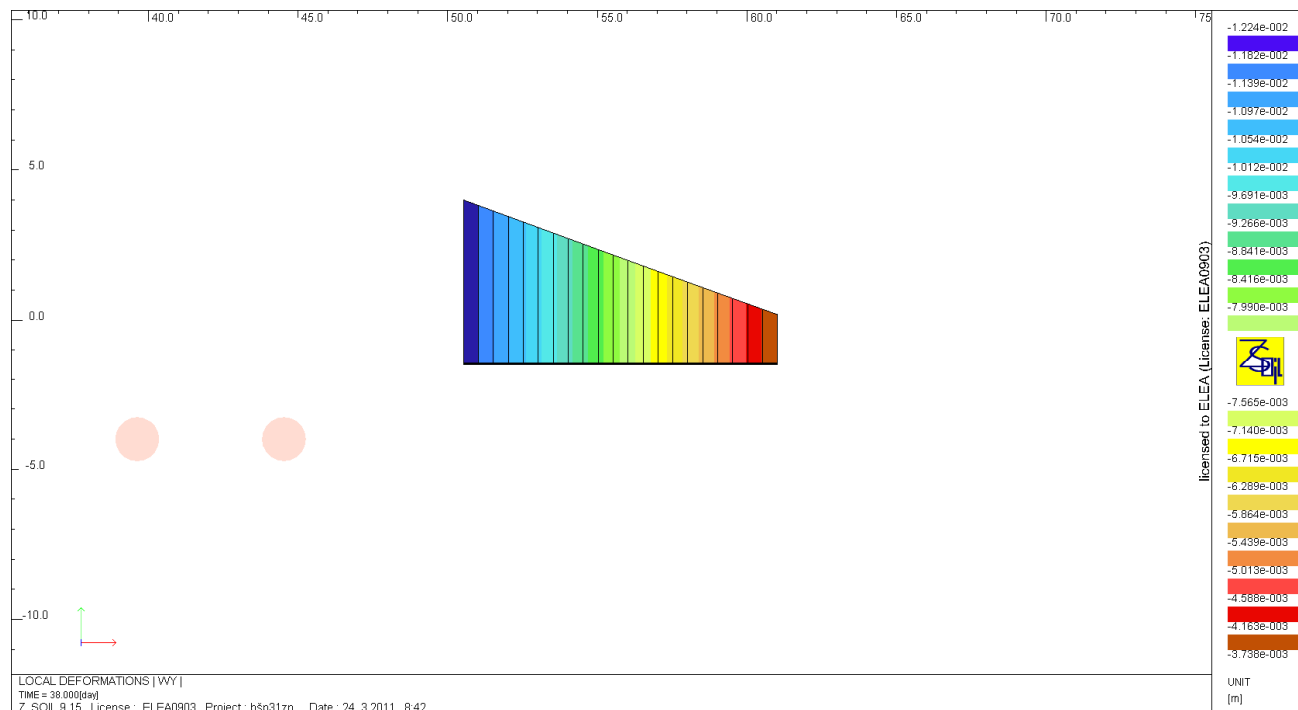
Najveći izračunan pomik AB pilotov za varovanje gradbene jame prerez A2 znaša 1,5 cm. Nastopi v fazi odstranitve 1. jeklene razpore.



Slika 15: Pomiki AB pilotov prerez A2.

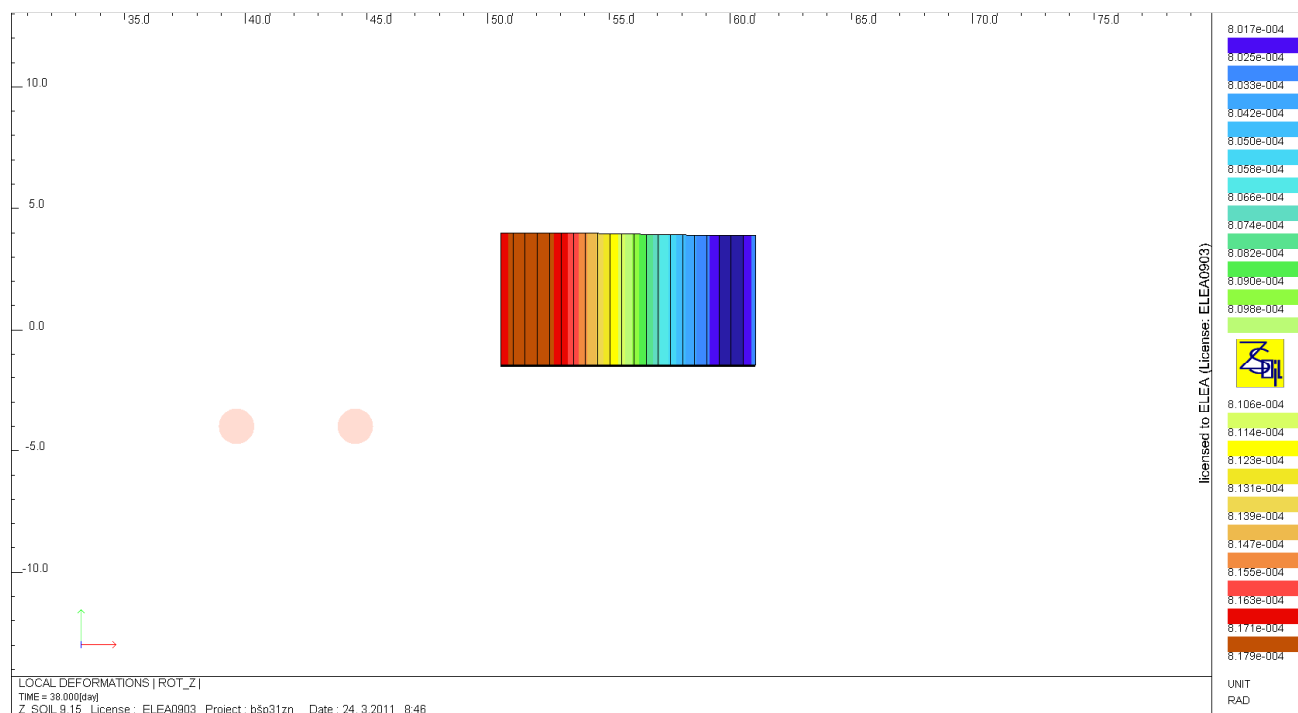


Najveći posedek pod objektom ob Koroški ulici izračunamo 1,2 cm in se izvede v fazi odstranitve 1. jeklene razpore.



Slika 16: Posedki objektov ob Koroški ulici.

Najveći izračunan zasuk objektov ob Koroški ulici nastopi v fazi odstranitve 1. jeklene razpore in sicer $1/1220 = 0,00082$.



Slika 17: Zasuki objekta ob Koroški ulici



6.4.5 Omejitve iz EVROKOD STANDARDOV

V dodatku H k Evrokodu 7-1 (slika 18) so podane omejitve za zasuke in pomike objektov. Izračunana zasuka 1/1220 za objekte ob Koroški ulici in 1/2840 za Glorieto sta manjša od 1/1000, ki je sprejemljiv za mnoge objekte.

Na podlagi pregledanih načrtov blokov ob Koroški ulici smo mnenja, da so grajeni dobro. Temelji so betonski, sicer nearmirani, vendar izvedeni brez lomov in enotno, na način, da togo povezujejo objekt. Glede na omejitve podane v Evrokodu so zasuki vrednosti 1/1220 in pomiki vrednosti 1,2 cm sprejemljivi za objekte ob Koroški ulici.

Za preprečitev nastanka nepredvidenih pomikov in zasukov objektov je predvidena spremljava gradnje. Na vseh straneh varovanja je potrebno vzpostaviti merske profile. Meritve je potrebno izvajati skladno s programom meritev, ki je določen v točki 5.2 tega poročila ter na risbi SIT-V-4 Merski profili. Prve meritve terena in merskih profilov je potrebno izvesti pred pričetkom gradnje. Če se izkaže, da so, glede na faze izkopa, posedki ali pomiki večji od izračunanih, je potrebno obvestiti projektanta.

Pr. 7-10, Mejne vrednosti posedkov in relativnih zasukov temeljev iz dodatka H k Evrokodu 7-1

Premik		Največji premik pred nastankom mejnega stanja	
		Meja uporabnosti	Zelo verjetno prekoračeno mejno stanje
Posedek (s)		50 mm*	-
Relativni zasuk (β)	Sredina temelja se posede bolj kot robovi	1/2000 do 1/300 1/500 sprejemljivo za mnoge objekte	1/150
	Robovi temelja se posedejo bolj kot sredina	1/4000 do 1/600 1/1000 sprejemljivo za mnoge objekte	1/300
* Če konstrukcija prenese večje relativne zasuke in odklone od navpičnice, so lahko posedki tudi večji.			

Slika 18: Mejne vrednosti posedkov in relativnih zasukov. Vir: Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po EVROKOD STANDARDIH, urednika: Darko Beg in Andrej Pogačnik, poglavje 7 GEOTEHNIČNO PROJEKTIRANJE, avtorja: Janko Logar in Boštjan Pulko, stran: 7-34

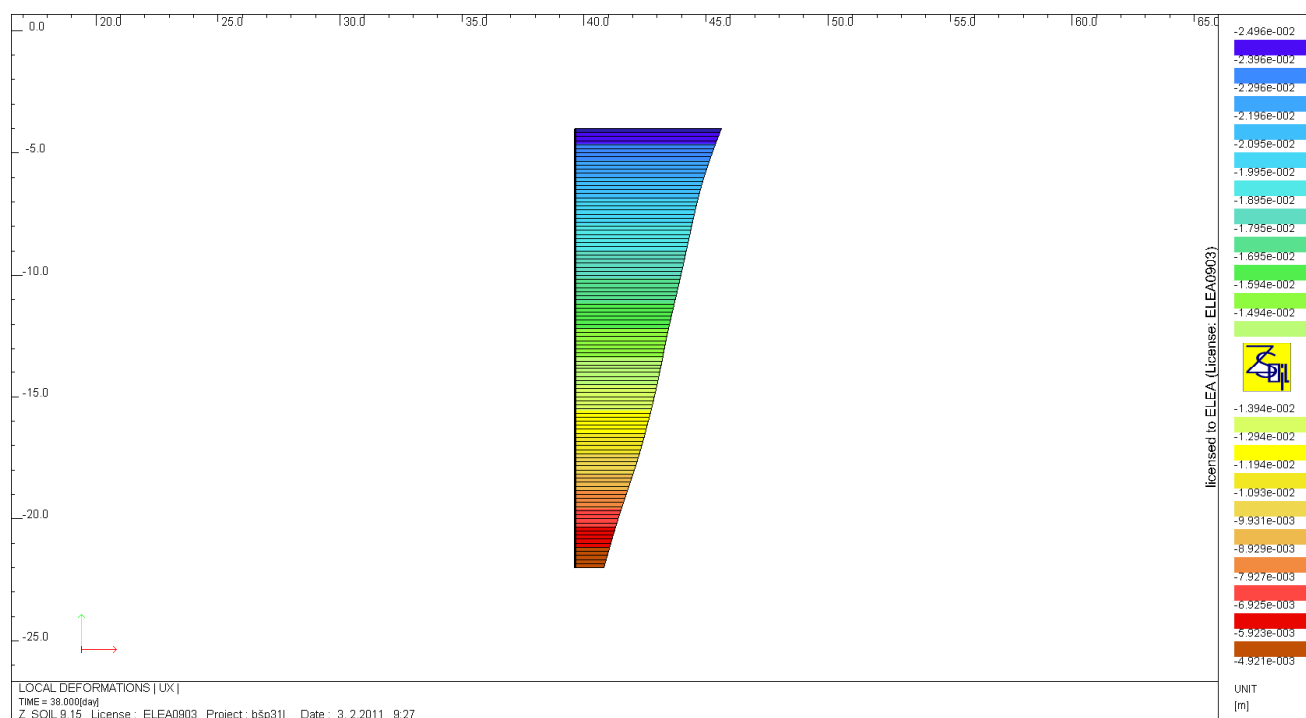


6.4.6 Alternativen izračun prereza A2 ob Koroški ulici

V fazi projektiranja smo za prerez A2 izvedli alternativen izračun za izvedbo ponikanja meteornih vod pod kanalizacijskim kanalom ob Koroški ulici. Spodaj predstavljeni rezultati alternativnega izračuna prereza A2 prikazujejo, da smo z izvedbo ponikanja pod kanalizacijskim kanalom še vedno v okviru sprejemljivih posedkov in zasukov po Evrokodu 7-1 (slika 19), vendar smo z vidika ugodnejših vplivov na objekte ob Koroški ulici za tehnično rešitev izbrali prestavitev kanala brez ponikanja meteornih vod pod njim. Na ta način smo zmanjšali vpliv izgradnje objekta BŠP na obstoječo okolico.

	izračun prereza A2 brez ponikanja pod kanalizacijskim kanalom	alternativen izračun prereza A2 s ponikanjem pod kanalizacijskim kanalom
Pomik AB pilotov	1,5 cm	2,5 cm
Posedek objektov ob Koroški ulici	1,2 cm	2,2 cm
Zasuk objektov ob Koroški ulici	1/1220	1/770

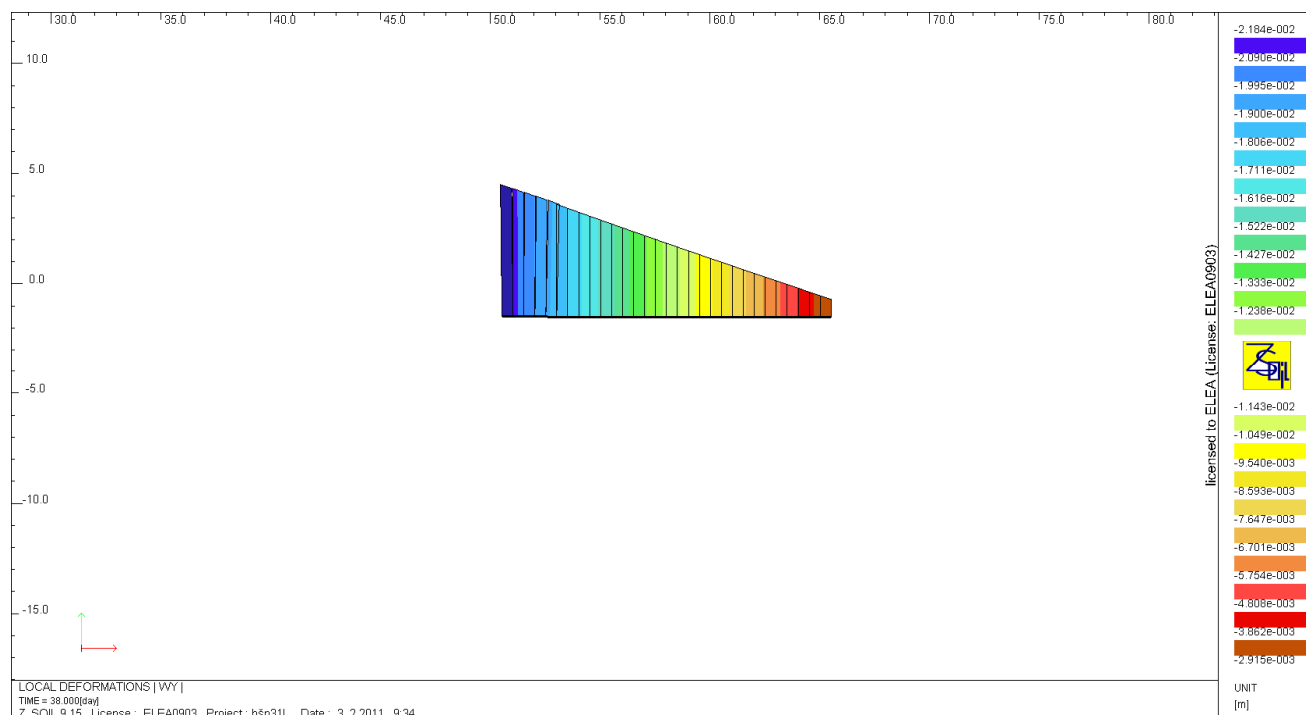
Največji izračunan pomik AB pilotov za varovanje gradbene jame v alternativnem izračunu prereza A2 znaša 2,5 cm. Nastopi v fazi odstranitve 1. jeklene razpore.



Slika 19: Pomiki AB pilotov v alternativnem izračunu prereza A2.

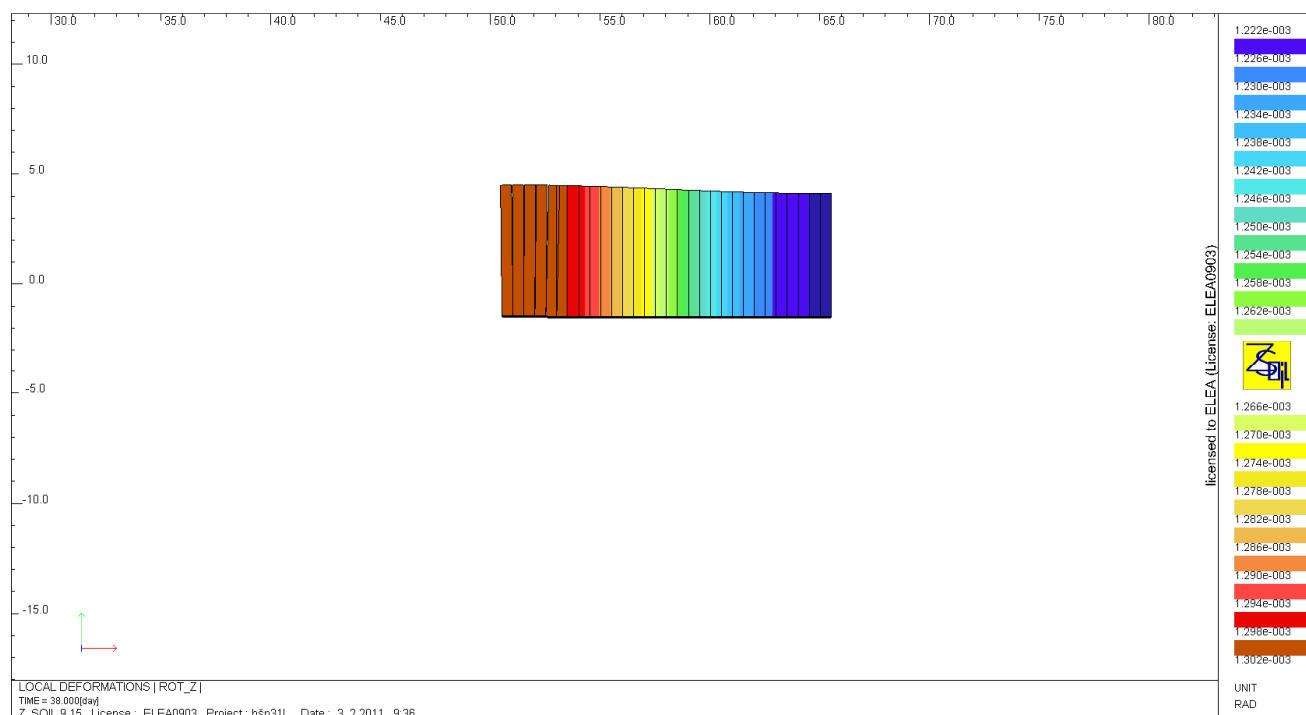


Največji posedek pod objektom ob Koroški ulici izračunamo v alternativnem izračunu prereza A2 2,2 cm in se izvede v fazi odstranitve 1. jeklene razpore.



Slika 20: Posedki objektov ob Koroški ulici v alternativnem izračunu prereza A2.

Največji izračunan zasuk objektov v alternativnem izračunu prereza A2 ob Koroški ulici nastopi v fazi odstranitve 1. jeklene razpore in sicer $1/770 = 0,00130$.



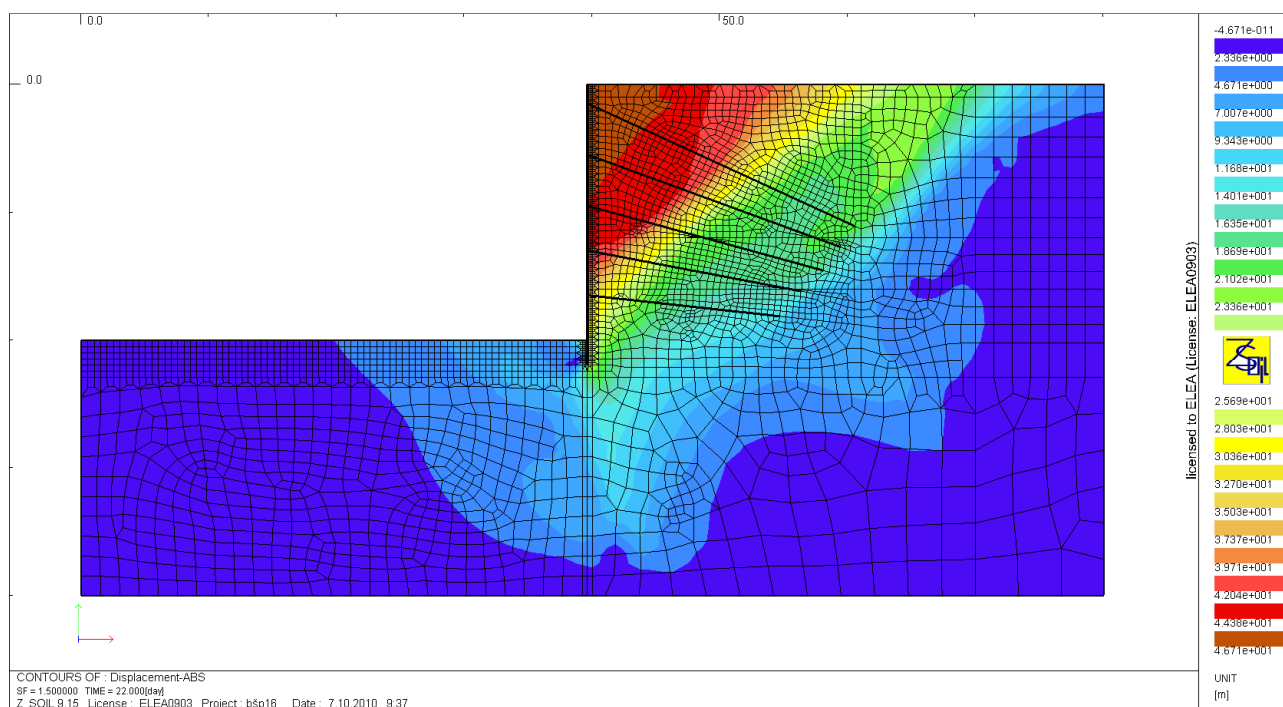
Slika 21: Zasuki objekta ob Koroški ulici v alternativnem izračunu prereza A2



6.5 GLOBALNA STABILNOST

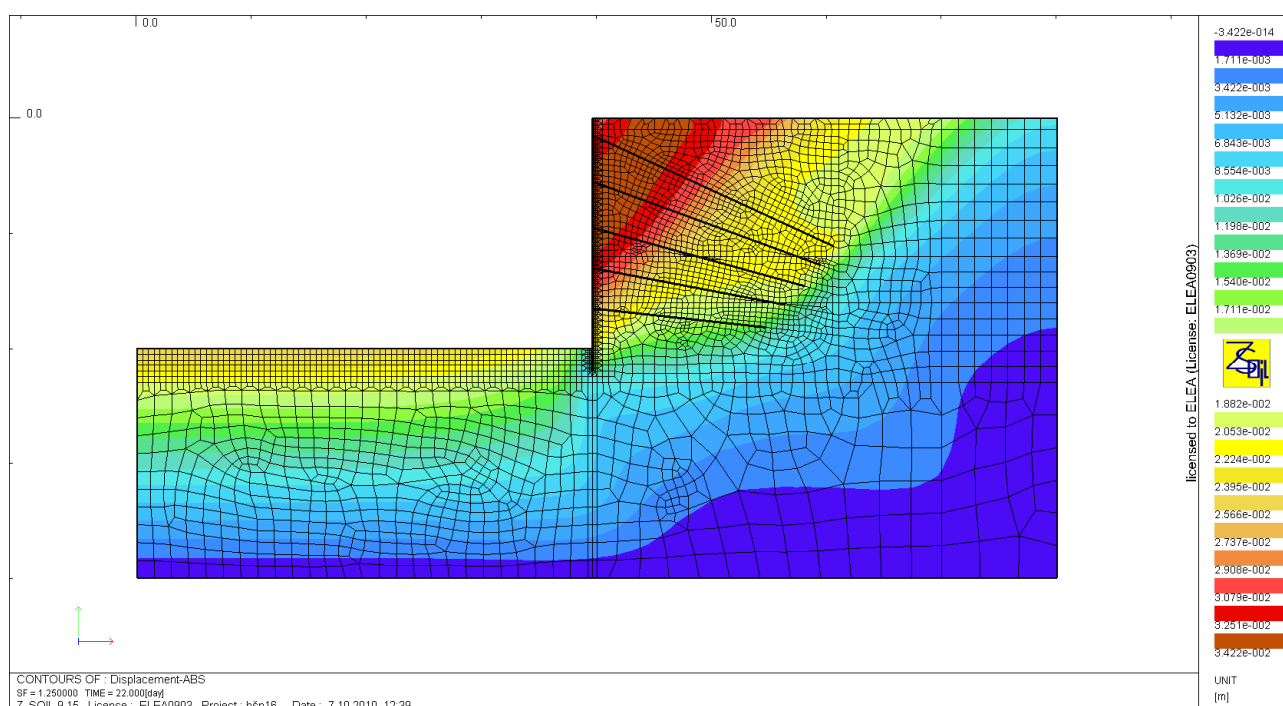
Globalna stabilnost je proverjena s programom Z_Soil.

6.5.1 Prerez C1



Slika 22: Stabilnost varovanja s 5x sidranimi AB piloti, reduksijski faktor 1,5.

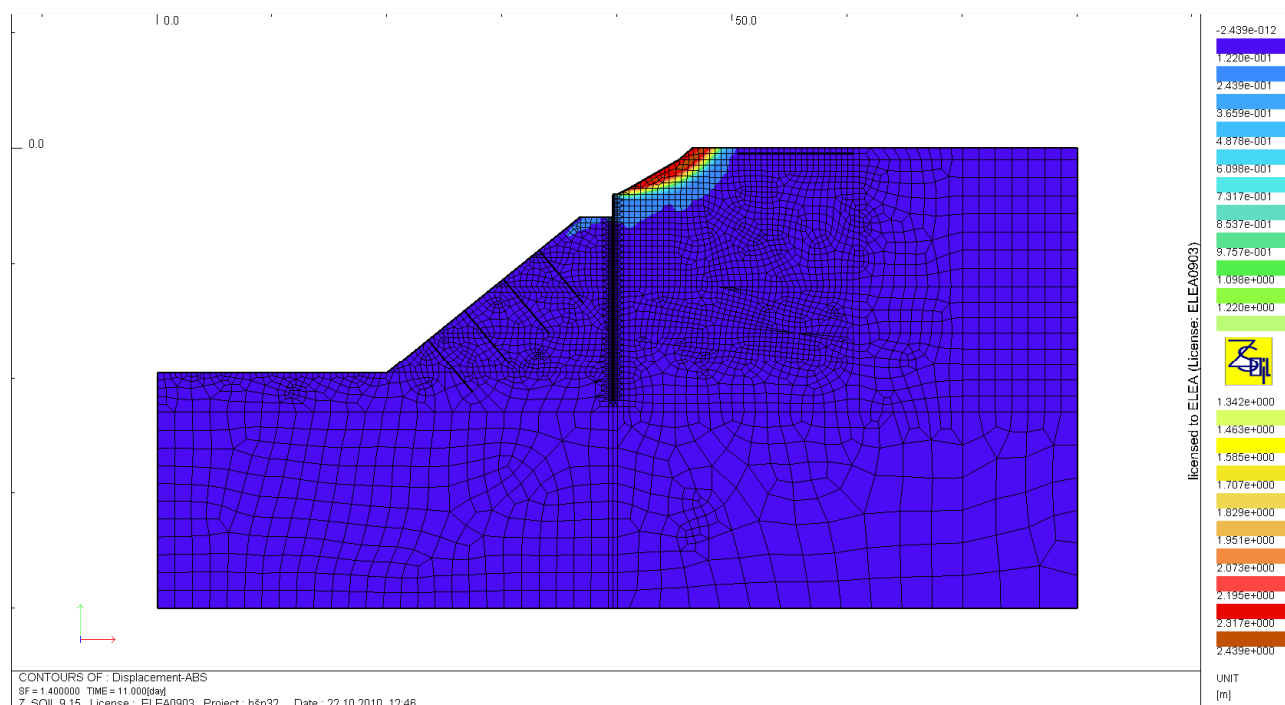
Pri reduksijskom faktorju 1,25 je končan izkop stabilen.



Slika 23: Stabilnost varovanja s 5x sidranimi AB piloti, reduksijski faktor 1,25.

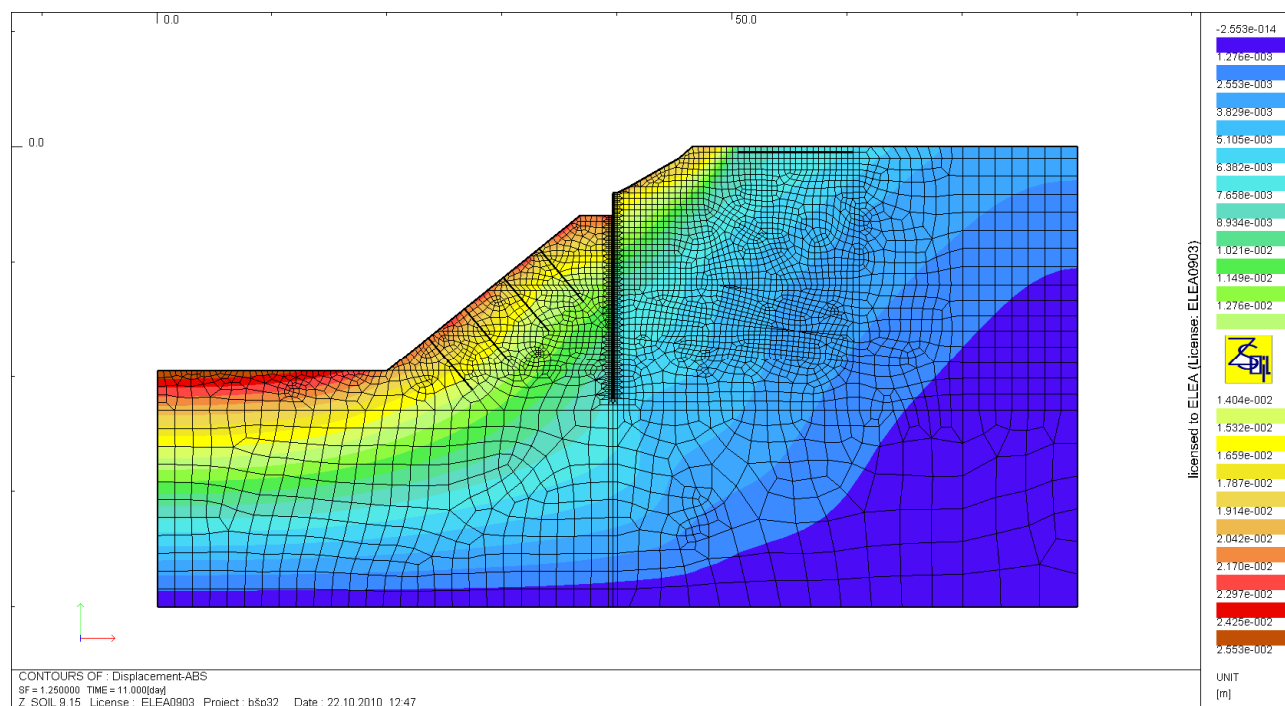


6.5.2 Prerez A2 razpiranje



Slika 24: Stabilnost varovanja z razpiranimi AB piloti, redukcijski faktor 1,4, porušitev nastopi lokalno na delu zgornjega prostega izkopa.

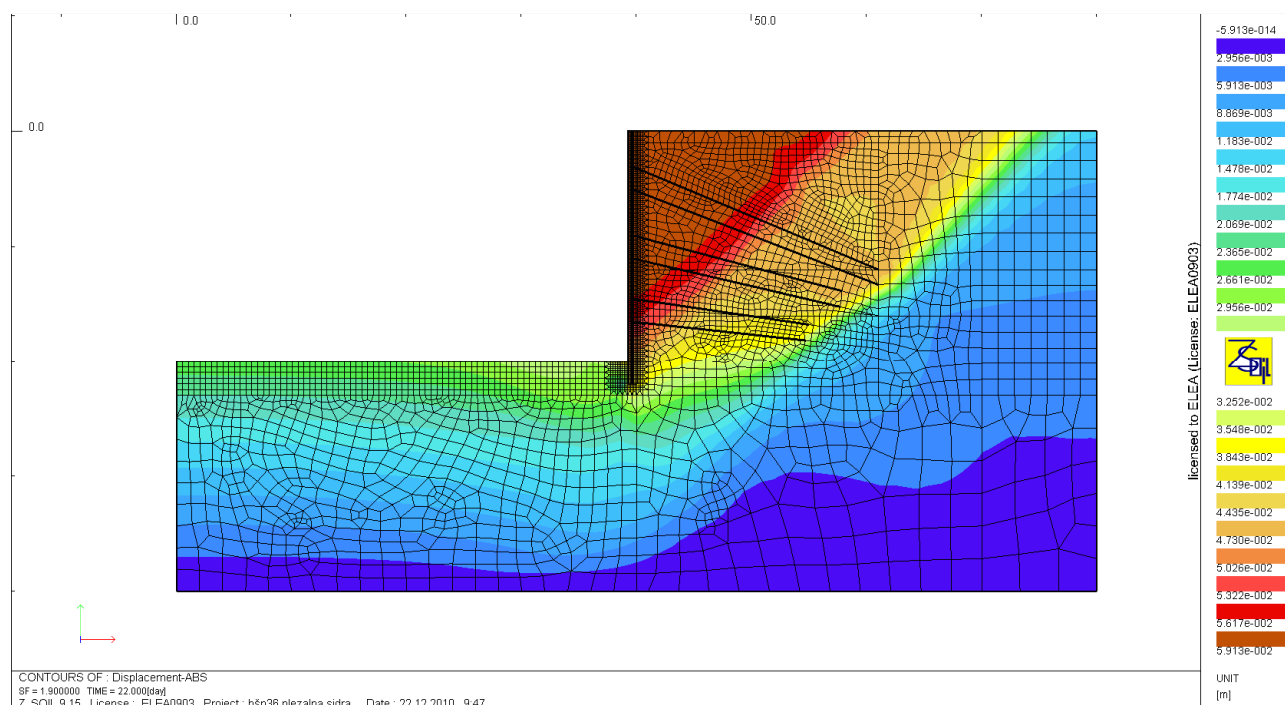
Pri redukcijskem faktorju 1,25 je končen izkop stabilen.



Slika 25: Stabilnost varovanja z razpiranimi AB piloti, redukcijski faktor 1,25.

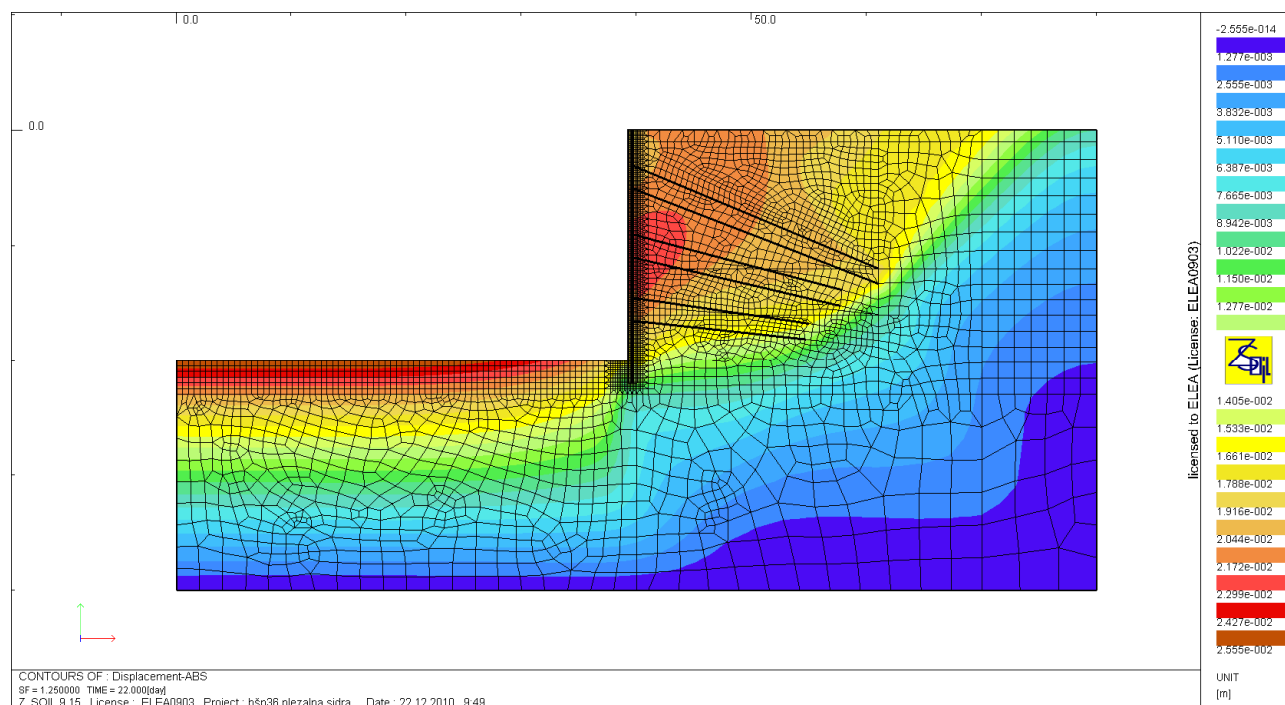


6.5.3 Prerez A1 ob plezalni steni



Slika 26: Stabilnost varovanja s sidranimi AB piloti ob plezalni steni, redukcijski faktor 1,9.

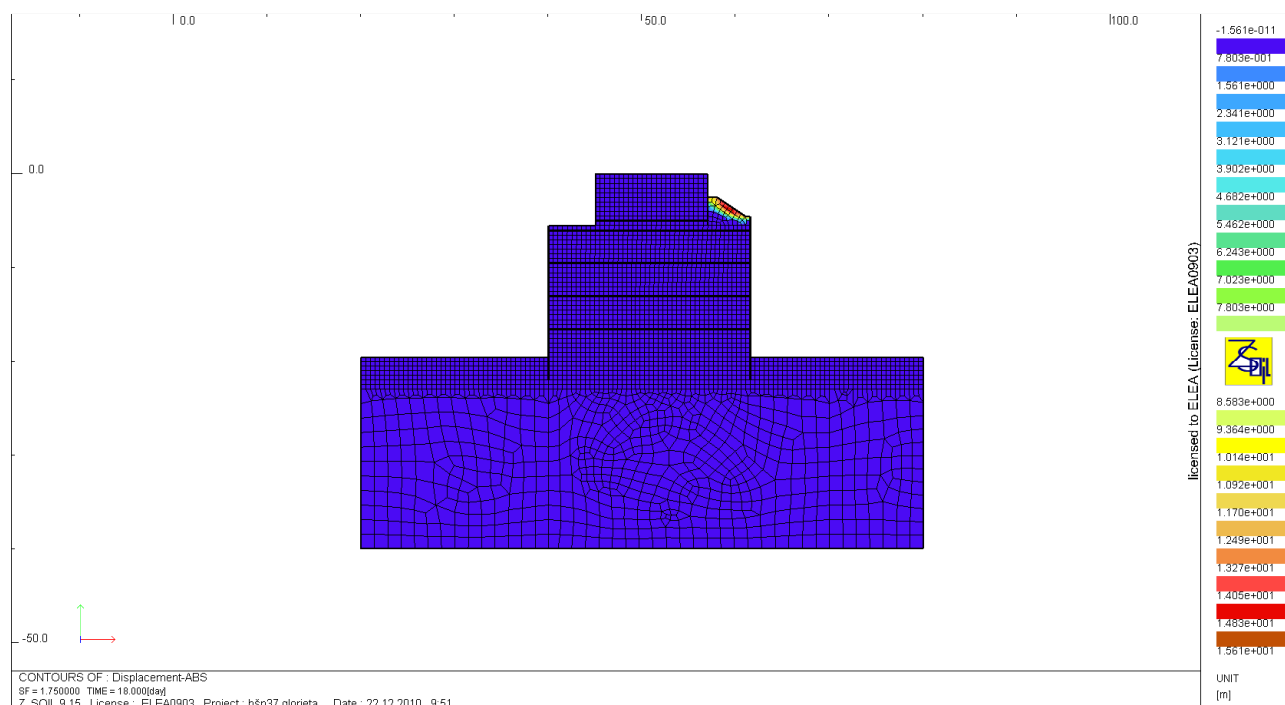
Pri redukcijskem faktorju 1,25 je končen izkop stabilen.



Slika 27: Stabilnost varovanja s sidranimi AB piloti ob plezalni steni, redukcijski faktor 1,25.

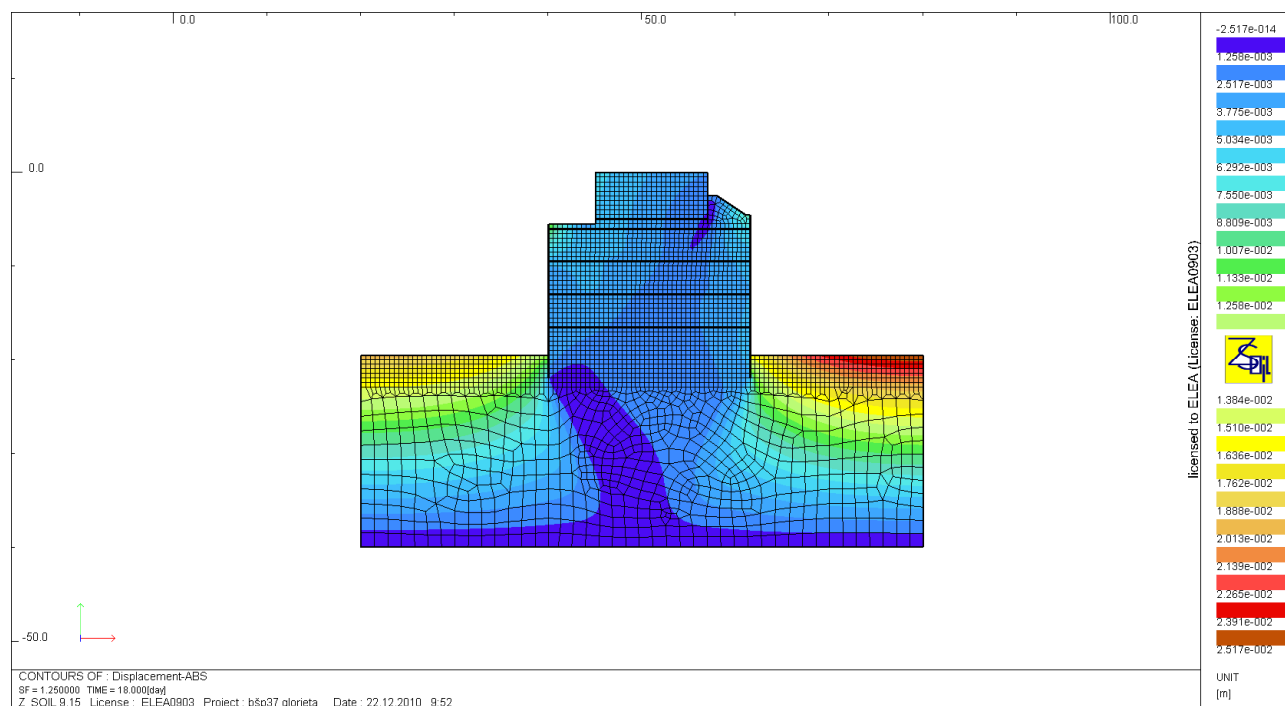


6.5.4 Prerez B2 glorieta



Slika 28: Stabilnost varovanja s sidranimi AB piloti ob glorieta, redukcijski faktor 1,75, porušitev nastopi lokalno na delu zgornjega prostega izkopa.

Pri redukcijskem faktorju 1,25 je končen izkop stabilen.



Slika 29: Stabilnost varovanja s sidranimi AB piloti ob glorieta, redukcijski faktor 1,25.



7 UGOTOVITVE

Varovanje gradbene jame se izvede z AB piloti. Vmesni del med AB uvrstanimi piloti je tesnjen z jet piloti. Piloti so v večini 5x sidrani po višini, na določenih delih pa razpirani. Navedena izvedba varovanja bo preprečevala dotok morebitne viseče podzemne vode v gradbeno jamo.

Maksimalni nivo podzemne vode, na koti 279,0 m.n.v., je povzet glede na poročilo Hidrološko mnenje o dopustni globini posega v vodonosnik zaradi izvedbe občinskega podrobnega prostorskega načrta za dele območij urejanja BR 1/1 Stadion, BS 1/2 Bežigrad in BS 1/4 Koroška (Plečnikov stadion) v Ljubljani, št. K-II-30d/c-1/1641, GeoZS, marec 2010.

Dopustna najnižja kota pilotov je opredeljena v predhodnem mnenju Agencije Republike Slovenije za okolje št.: 35500-1241/2010 z dne 24.08.2010; Zadeva: »Predhodno mnenje o načrtovanem posegu«. V tem predhodnem mnenju je med drugim navedeno, da za gradnjo pilotov (vse vrste pilotov – tabela v prilogi 3 Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja v točkah 17, 18 in 19) veljajo splošni pogoji, kar pomeni, da je poseg dopusten do najvišje kote podzemne vode, v tem primeru do 279 m.n.v. V mnenju je prav tako navedeno, da z izvedbo geotehničnih sider lahko posegamo do kote 279,0 m.n.v.

Dno AB uvrstanih pilotov bo na koti 279,0 m.n.v. Dno jet pilotov, ki spadajo med pilote s cementacijo v vrtini, pa bo na koti 281,0 m.n.v.

Dno gradbene jame bo na delu najglobljega izkopa na relativni koti -20,6 m, kar je 281,0 m.n.v. in je 2,0 m nad maksimalnim nivojem podzemne vode.

AB pilote na treh straneh varovanja gradbene jame sidramo, na severu proti Koroški ulici pa razpiramo.

Geotehnična sidra posegajo do kote maksimalnega nivoja podzemne vode, torej do 279,0 m.n.v.

Varovanje gradbene jame se izvede po predvidenih gradbenih fazah. Spremembo gradbenih faz mora obvezno potrditi projektant.

Pred izvedbo varovanja, med izdelavo AB pilotov, med izkopom, med razpiranjem in za čas izgradnje se morajo stalno izvajati geološke, geotehnične in kontrolne meritve, predvsem zaradi možnosti poškodb na obstoječih objektih in na obstoječih komunalnih vodih. Na vseh straneh varovanja je potrebno vzpostaviti merske profile. Meritve je potrebno izvajati skladno s programom meritev. Prve meritve terena in merskih profilov je potrebno izvesti pred pričetkom gradnje. Če se izkaže, da so, glede na faze izkopa, posedki ali pomiki večji od izračunanih, je potrebno obvestiti projektanta. Posedki okoliškega terena ter pomiki AB pilotov glede na faze izgradnje so podani v točki 6.4 tega poročila.

Karakteristike za sloje zemljin smo povzeli glede na poročilo Geotehnično poročilo o pogojih izgradnje stadiona in objektov Jože Plečnik v Ljubljani, št. GP-01/05-08; UNIVERZA V MARIBORU LABORATORIJ ZA MEHANIKO TAL, maj 2008. V naslednjih fazah projekta bo potrebno izdelati geološke prereze tal po obodu gradbene jame. Pri izvedbi AB pilotov bo potrebno spremljati sestavo tal in ob morebitnem odstopanju sestave tal od predvidene se obvesti projektanta, ki bo predpisal potrebne dodatne ukrepe za varovanje gradbene jame. Predvsem je možen pojav leč glin nad konglomeratom. V takem primeru bo potrebno izvesti dodatne izračune in preveriti predpisane podporne ukrepe.

Gradbena jama za objekt Bežigrajski športni park, izvedena po navodilih tega poročila, bo stabilna in bo imela še sprejemljive vplive na okolico.