

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski strokovni študij
gradbeništva, Konstrukcijska smer

Kandidat:
Andrej Šubic

Varovanje gradbene jame za prečkanje kanalizacije preko reke Kokre

Diplomska naloga št.: 366

Mentor:
izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ANDREJ ŠUBIC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**«ZAČASNO VAROVANJE GRADBENE JAME ČRPALIŠČA IN REVIZIJSKEGA
JAŠKA»**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separoteke FGG.

Ljubljana, 4. 3. 2010

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji Katedre za mehaniko tal z laboratorijem:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 629.152 (043.2)

Avtor: Andrej Šubic

Mentor: izr. prof. dr. Janko Logar

Naslov: Začasno varovanje gradbene jame črpališča in revizijskega jaška

Obseg in oprema: 130 str., 17 pregl., 17 grafik., 32 sl.

Ključne besede: gradbena jama, geostatična analiza, Rankin, odvod odpane vode

Izvleček Diplomsko delo obravnava geostatično analizo varovanja gradbene jame črpališča in revizijskega jaška projekta obnove javne kanalizacije, vodovoda in vozišča na območju Savske ceste v Kranju. Bližina objektov, reka in projektirana globina črpališča narekujejo izvedbo začasne gradbene jame s podprtimi brežinami pod gladino podtalnice. Geostatična analiza je izvedena analitično in z računalniškim programom PLAXIS 8.2 profesional version.

Pri analitičnem računu so zemeljski pritiski računani po mejnih stanjih Rankina, medtem ko računalniški program preračunava primere po metodi končnih elementov (MKE). Preverili smo sledeče izvedbe varovanja: konzolna pilotna stena, sidrana pilotna stena, razprta pilotna stena, vodnjak in zagatna stena. Pri računanju so upoštevani veljavni Evrokod standardi. Različice varovanj gradbenih jam so primerjane tako po tehnološkem kot tudi po ekonomskem kriteriju.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 629.152 (043.2)

Author: Andrej Šubic

Supervisor: prof. dr. Janko Logar

Title: Temporary protection of construction pit for pump station and service shaft

Notes: 130 p., 17 tab., 17 graph., 32 fig.

Key words: construction pit, geostatic analyse, Rankin, waste water

Abstract:

The thesis deals with geostatic analysis of temporary excavation pit for installation of pump station and service shaft. They are part of the project named Renewal of public sewerage, waterwork and road reconstruction in Savska cesta in Kranj. Nearby buildings, local road, Kokra river and design depth of pump station dictate realization of temporary protection of construction pit under phreatic level. Analysis are executed analytically and numerically using computer program Plaxis.

Analytically soil stresses are calculated by Rankine earth pressure theory, otherwise the computer program Plaxis is based on finite element method (FEM). We checked following examples of protection of construction pit: cantilever pile wall, anchored pile wall, strutted pile wall, well and sheet piling frame. Eurocode standard EC7 is considered in calculations. Various examples are also analysed and compared by economical and technological criterion.

ZAHVALA

Za nesebično pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. J. Logarju.

Hvala tudi svoji družini za nenadomestljiv čas, ko nisem bil z njimi.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen, cilj	1
1.2	Metodologija dela	3
1.2.1	Analitični račun	3
1.3	Geologija, Kokra, odvod odpadnih voda	6
1.3.1	Geologija	6
1.3.2	Kokra	6
1.3.3	Splošno o kanalizacijah odpadnih in padavinskih vod	8
1.3.3.1	Vrste kanalizacijskih sistemov	8
1.3.3.2	Javni kanalizacijski sistem	8
1.3.3.3	Sestavni deli kanalizacijskih sistemov	8
1.3.3.4	Tehnični normativi za projektiranje, gradnjo in obnovo	8
1.3.3.5	Izbira sistema za odvod odpadne in padavinske vode	9
1.3.3.6	Geotehnične raziskave	9
1.3.3.7	Osnove za dimenzioniranje kanalizacijskih sistemov	10
1.3.3.8	Hitrosti odpadnih vod	10
1.3.3.9	Profil cevi	10
1.3.3.10	Materiali elementov, pričakovana življenjska doba	10
1.3.3.11	Objekti kanalizacijskega sistema	11
1.3.3.12	Zmogljivosti kanalizacijskega sistema	12
1.3.3.13	Rekonstrukcija, popravilo	13
1.3.3.14	Revizija	13
2	ZASNOVA	14
2.1	Določitev obsega elementov prečkanja preko reke Kokre	14
2.1.1	Črpališče	14
2.1.2	Projektni pogoji	14
2.1.3	Dodatna infrastruktura	14
2.2	Prostorska razpoložljivost	15

2.2.1	Desni breg	15
2.2.2	Levi breg	15
2.3	Možnosti izvedbe gradbene jame	15
2.3.1	Načina izvedbe gradbene jame	15
2.3.1.1	Izvedba s prostimi brežinami	16
2.3.1.2	Izvedba s podpiranjem z različnimi konstrukcijami	16
2.3.1.2.1	Toge podporne konstrukcije	16
2.3.1.2.2	Gibke podporne konstrukcije	16
2.3.2	Podporne konstrukcije glede na značaj	16
2.3.3	Podporne konstrukcije glede na pojav talne vode	17
2.3.4	Izboljšava karakteristik temeljnih tal	17
3	ZEMLJINA	18
3.1	Geotehnično poročilo	18
3.1.1	Karakteristike peščenega proda	18
3.1.2	Karakteristike konglomerata	19
4	DIMENZIONIRANJE PODPORNE KONSTRUKCIJE	22
4.1	Gradbena jama z brežinami varnega naklona	22
4.2	Gradbena jama s podpiranjem z različnimi konstrukcijami	22
4.2.1	Konzolna podporna konstrukcija	22
4.2.1.1	Predpostavke	22
4.2.1.2	Postopek računa	23
4.2.2	Sidrana podporna konstrukcija	25
4.2.2.1	Predpostavke	25
4.2.2.2	Postopek računa	26
4.2.3	Večkrat razprta podporna konstrukcija	27
4.2.3.1	Predpostavke	27
4.2.3.2	Postopek računa	27
4.2.4	Vodnjak	27
4.2.4.1	Predpostavke	27
4.2.5	Jeklene zagatnice	27

4.2.5.1	Predpostavke	27
5	GEOSTATIČNO PREVERJANJE	28
5.1	Analitično geostatično preverjanje	28
5.1.1	Analitični račun konzolne podporne konstrukcije desni in levi breg	28
5.1.2	Analitični račun sidrane podporne konstrukcije desni in levi breg	47
5.1.3	Analitični račun razprte podporne konstrukcije desni in levi breg	58
5.2	Geostatični račun s programom Plaxis po MKE	62
5.2.1	Splošno o programu Plaxis V8 2D	62
5.2.2	Metodologija dela	63
5.3	Zbirni rezultati analitičnih in numeričnih izračunov s komentarji	66
5.3.1	Račun konzolne pilotne stene desni breg	66
5.3.2	Račun konzolne pilotne stene levi breg	70
5.3.3	Račun sidrane pilotne stene desni breg	74
5.3.4	Račun sidrane pilotne stene levi breg	78
5.3.5	Račun razprte pilotne stene desni breg	82
5.3.6	Račun razprte pilotne stene levi breg	86
5.3.7	Račun vodnjaka desni breg	90
5.3.8	Račun izvedbe z jeklenimi zagatnicami – dejansko izvedeno	93
5.3.9	Račun varovanja gradbene jame po prvotnem projektu	96
5.3.10	Račun podzemnega toka – primer razprte pilotne stene desni breg	98
6	EKONOMSKO TEHNOLOŠKA PRESOJA IZVEDB	99
6.1	Varovanje gradbene jame s konzolnimi pilotnimi stenami	99
6.2	Varovanje gradbene jame s sidranimi pilotnimi stenami	99
6.3	Varovanje gradbene jame z razprtimi pilotnimi stenami	100
6.4	Varovanje gradbene jame z vodnjakom in jeklenimi zagatnicami	100
6.5	Aproksimativni predračuni različic izvedbe varovanja	105
6.5.1	Konzolna pilotna stena desni breg	105
6.5.2	Konzolna pilotna stena levi breg	106
6.5.3	Sidrana pilotna stena desni breg	106
6.5.4	Sidrana pilotna stena levi breg	109

6.5.5	Razprta pilotna stena desni breg	112
6.5.6	Razprta pilotna stena levi breg	114
6.5.7	Vodnjak desni breg	116
6.5.8	Jeklene zagatnice desni breg	117
6.6	Ekonomska primerjava izvedb varovanja	119
6.6.1	Stroški izvedb varovanja gradbenih jam	119
7	ZAKLJUČEK	121
VIRI		122

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Račun konzolne pilotne stene desni breg
- Preglednica 2: Račun konzolne pilotne stene levi breg
- Preglednica 3: Račun sidrane pilotne stene desni breg
- Preglednica 4: Račun sidrane pilotne stene levi breg
- Preglednica 5: Račun razprte pilotne stene desni breg
- Preglednica 6: Račun razprte pilotne stene levi breg
- Preglednica 7: Račun vodnjaka desni breg
- Preglednica 8: Račun jeklenih zagatnic desni breg
- Preglednica 9: Predračun konzolna pilotna stena desni breg
- Preglednica 10: Predračun konzolna pilotna stena levi breg
- Preglednica 11: Predračun sidrana pilotna stena desni breg
- Preglednica 12: Predračun sidrana pilotna stena levi breg
- Preglednica 13: Predračun razprta pilotna stena desni breg
- Preglednica 14: Predračun razprta pilotna stena levi breg
- Preglednica 15: Predračun vodnjak desni breg
- Preglednica 16: Predračun jeklene zagatnice desni breg
- Preglednica 17: Stroški izvedb varovanja gradbenih jam

KAZALO GRAFIKONOV

- Grafikon 1: Diagram upogibnih momentov konzolne podporne konstrukcije DB
Grafikon 2: Diagram prečnih sil konzolne podporne konstrukcije DB
Grafikon 3: Diagram upogibnih momentov konzolne podporne konstrukcije LB
Grafikon 4: Diagram prečnih sil konzolne podporne konstrukcije LB
Grafikon 5: Diagram upogibnih momentov sidrane podporne konstrukcije DB
Grafikon 6: Diagram prečnih sil sidrane podporne konstrukcije DB
Grafikon 7: Diagram upogibnih momentov sidrane podporne konstrukcije LB
Grafikon 8: Diagram prečnih sil sidrane podporne konstrukcije LB
Grafikon 9 : Primerjava diagramov momentov M_y - konzolna pilotna stena DB
Grafikon 10: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x – konzolna pilotna stena DB
Grafikon 11: Primerjava diagramov momentov M_y - konzolna pilotna stena LB
Grafikon 12: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x - konzolna pilotna stena LB
Grafikon 13: Primerjava diagramov momentov M_y - sidrana pilotna stena DB
Grafikon 14: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x - sidrana pilotna stena DB
Grafikon 15: Primerjava diagramov momentov M_y - sidrana pilotna stena LB
Grafikon 16: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x - sidrana pilotna stena LB
Grafikon 17: Primerjava stroškov izvedb

KAZALO SLIK

- Slika 1: Drst ribjega življa na lokaciji prečkanja sredi maja 2009
- Slika 2: Preglednica za izračun globine vpetja pri statičnem ravnovesju
- Slika 3: Geostatični model konzolne podporne konstrukcije DB
- Slika 4: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, ϕ -c redukcija, konzolna pilotna stena DB
- Slika 5: Geostatični model konzolne podporne konstrukcije LB
- Slika 6: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, ϕ -c redukcija, konzolna pilotna stena LB
- Slika 7: Geostatični model sidrane podporne konstrukcije DB
- Slika 8: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, ϕ -c redukcija, sidrana pilotna stena DB
- Slika 9: Geostatični model sidrane podporne konstrukcije LB
- Slika 10: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, ϕ -c redukcija, sidrana pilotna stena LB
- Slika 11: Geostatični model razprte podporne konstrukcije DB
- Slika 12: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, ϕ -c redukcija, razprta pilotna stena DB
- Slika 13: Diagram aktivnih zemeljskih pritiskov – razprta pilotna stena DB
- Slika 14: Geostatični model razprte podporne konstrukcije LB po vstavitvi dodatne razpore
- Slika 15: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil MSN, komb.1, razprta pilotna stena LB
- Slika 16: Diagram aktivnih zemeljskih pritiskov – razprta pilotna stena LB
- Slika 17: Geostatični model vodnjaka DB
- Slika 18: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP1, MSN, komb.1, vodnjak DB
- Slika 19: Diagram aktivnih zemeljskih pritiskov – vodnjak DB
- Slika 20: Geostatični model jeklana zagatnica DB

- Slika 21: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, φ -c redukcija, jeklene zagatnice DB
- Slika 22: Geostatični model varovanja po prvotnem projektu
- Slika 23: Horizontalni premiki pri varovanju gradbene jame po prvotnem projektu (MSU)
- Slika 24: Vertikalni premiki pri varovanju gradbene jame po prvotnem projektu (MSU)
- Slika 25: Sprememba hidravličnega polja – izkop na -9,40 m razprta pilotna stena DB
- Slika 26: Izolinije vodnih tlakov – izkop na -9,40 m razprta pilotna stena DB
- Slika 27: Vgradnja jeklenih zagatnic
- Slika 28: Gradbena jama varovana z jeklenimi zagatnicami
- Slika 29: Nivo vode v gradbeni jami pred pričetkom del
- Slika 30: Elementi kanalizacije so vgrajeni
- Slika 31: Obešanje predizolirane cevi na mostno konstrukcijo
- Slika 32: Pogled na most z desnega brega

KAZALO PRILOG

- Priloga 1: Situacija geotehničnih vrtin
- Priloga 2: Prerez geotehničnih vrtin
- Priloga 3: Varovanje gradbene jame – prečni prerez desni breg
- Priloga 4: Varovanje gradbene jame – vzdolžni prerez desni breg
- Priloga 5: Varovanje gradbene jame – tloris desni breg
- Priloga 6: Varovanje gradbene jame – prerez levi breg
- Priloga 7: Varovanje gradbene jame – tloris levi breg

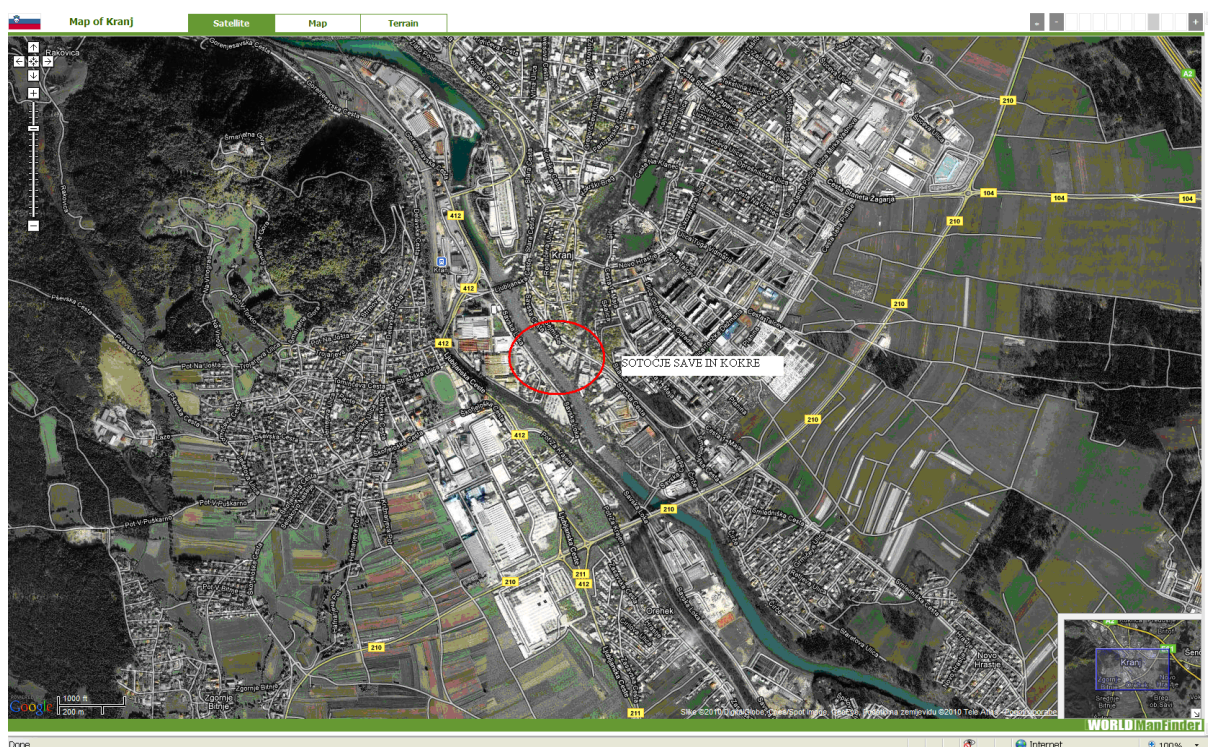
1 UVOD

1.1 Namen, cilj

Pogodbeni izvajalec del pri Gradnji javne kanalizacije ter obnove vodovoda in ceste na Savski cesti, Skalici in Ulici Tatjane Odrove v Kranju pred začetkom del kot to določa 84. člen Zakona o graditvi objektov skrbno pregleda projekte za izvedbo del. Ob pregledu projekta izgradnje kanalizacije, ki med drugim predvideva tudi izvedbo črpališča in revizijskega jaška na bregovih reke Kokre, opazi, da z detajlom obdelano varovanje gradbene jame ni statično preverjeno. Hkrati so se izvajalcu porajali dvomi o izvedljivosti glede razlike v niveleti struge reke Kokre in koti dna gradbene jame. Razlika znaša ob nizkem vodostaju kar 4,10 m. Izvajalec na pomanjkljivost opozori nadzorni organ, investitorja oz. naročnika, tadva pa projektanta. Ker projektant ne poda zadovoljivega eksplicitnega odgovora o statični presoji detajlno obdelanega varovanja gradbene jame in tehnologiji izvedbe tesnenja podzemnega toka, se komisija odloči, da je potrebno k problematiki pristopiti bolj strokovno. Tako so naknadno izvedene geotehnične raziskave z dvema geomehanskima vrtinama, po eno na vsakem bregu. Med sondažnim vrtnjem z zveznim jedrovanjem so pod geomehanskim nadzorom izvedene dodatne SPT preiskave. Po popisu vrtin in ovrednotenju pridobljenih parametrov preiskav je izdelano Geotehnično poročilo za črpališče fekalne kanalizacije na Savski cesti v Kranju. Predstavitev rezultatov komisiji, kritično strokovno mnenje geomehanika in preliminarne presoje ekonomskih učinkov privedejo do odločitve o radikalni spremembi načina prečrpavanja odpadnih voda. Lokacija črpališča ostane na istem mestu, odpadne vode se z močnejšimi črpalkami prečrpavajo po bistveno daljšem tlačnem vodu v nasprotni smeri gravitacijskega dotoka. S to rešitvijo dno gradbene jame črpališča »dvignemo« za 3,80 m v celoti v območju podtalne vode. Upravičenost rešitve se poleg izvedbenega vidika preveri tudi po ekonomski strani. Kineta prečkanja struge reke Kokre po projektu za izvedbo vsebuje vodovod, plinovod, gravitacijski in tlačni kanal odpadnih voda. Gravitacijski kanal odpadnih voda levega brega se po spremembi odvede po novi trasi, tlačni vod odpadnih voda desnega brega se vodi proti toku Save, plinovod se izvede brez povezave

preko vodotoka, vodovod pa se izvede v predizolirani izvedbi pritrjeno na mostno konstrukcijo. S to rešitvijo odpade tudi gradbena jama revizijskega jaška na levem bregu.

Cilj diplomskega dela je preveriti možnosti izvedbe varovanj gradbenih jam, ki jih uporablja geotehnična stroka. Preveriti je treba izvedljivost rešitve projektirane s projektom za izvedbo. Različice varovanj je treba primerjati po statičnem, tehnološko – izvedbenem in ekonomskem kriteriju.



Slika: Lokacija obravnavanega odseka (vir:maps.google.com)

1.2 Metodologija dela

1.2.1 Analitični račun

Za račun uporabimo metodo mejnega ravnotežja, pri kateri upoštevamo privzete razporeditve aktivnih in pasivnih zemeljskih pritiskov. Vpliv neto vodnih pritiskov je obravnavan kot neugoden stalen vpliv.

Za zanesljiv računski model varovanja gradbene jame potrebujemo podatke o:

- vrstah zemljin in njihovih fizikalnih lastnostih
- vrednost dodatne (nespremenljive in spremenljive) obtežbe in
- ustrezno geometrijsko zasnovo

Pred pričetkom računa je lahko konstrukcijo uvrstimo v geotehnično kategorijo. Obravnavano varovanje je po definiciji SIST EN 1997-1:2005, Evrokod 7: Geotehnično projektiranje uvrščeno v geotehnično kategorijo 2. Uvrstitev definirata (16) in (17) alineji projektnih zahtev (2.1):

- (16) »Postopki za geotehnično kategorijo 1 se uporabijo samo v primerih, ko ni izkopov pod nivojem vode ali če primerljive lokalne izkušnje kažejo, da bi bilo predlagano izkopavanje pod vodno gladino enostavno«
- (17) »Geotehnična kategorija 2 vključuje običajne vrste konstrukcij in temeljenja brez izjemnega tveganja ali zahtevnih tal ter obremenitev«

Računski model mora opisovati predvideno obnašanje tal v obravnavanem mejnem stanju nosilnosti oz. mejnem stanju uporabnosti. Obravnavano konstrukcijo preverimo na prekoračitev mejnega stanja nosilnosti (STR) in (GEO). Evrokod 7 definira:

- »(STR) - notranja odpoved ali pretirana deformacija konstrukcije ali konstrukcijskih elementov vključno s temelji, piloti, kletnimi stenami, itd., kjer je za zagotavljanje odpornosti pomembna trdnost materialov v konstrukciji«
- »(GEO) -odpoved ali pretirana deformacija tal, pri čemer je za zagotavljanje odpornosti pomembna trdnost zemljine ali kamnine«

Evrokod - predvideva tri projektne pristope DA (design approach), za katere je za vsako projektno stanje potrebno preveriti, da projektne vrednosti učinkov vplivov E_d nikoli ne presežejo projektne nosilnosti oziroma projektne vrednosti odpornosti R_d :

$$E_d \leq R_d$$

kjer je: $E_d = E_k * \gamma_E$ (*Obremenitev*_{projektna} = *Obremenitev*_{karakterist} * $\gamma_{obremenitev}$) in
 $R_d = R_k * \gamma_R$ (*Odpor*_{projektni} = *Odpor*_{karakterist} / γ_{odpor})

Delni faktorji za preverjanje mejnega stanja STR in GEO pri plitvem temeljenju (Dodatek A k Evrokodu) so povzeti po spodnji preglednici:

Preglednica: Delni faktorji za preverjanje mejnega stanja STR in GEO pri plitvem temeljenju (Dodatek A k Evrokodu 7-1) (J. LOGAR, B. PULKO, 2008, str. 5)

Projektni pristop		Vplivi ali učinki vplivov		Odpornost tal
		iz konstrukcije	iz tal	
DA 1	Komb. 1	$\gamma_G=1,35; \gamma_{G,inf}=1,00; \gamma_Q=1,50$		$\gamma_R=\gamma_\phi=\gamma_c=\gamma_{cu}= 1,00$
	Komb. 2	$\gamma_G=1,00; \gamma_Q=1,30$	$\gamma_\phi=\gamma_c= 1,25; \gamma_{cu}=1,40; \gamma_R=1,00$	
DA 2, DA 2*		$\gamma_G=1,35; \gamma_{G,inf}=1,00; \gamma_Q=1,50$		$\gamma_{R,e}=\gamma_{R,v}=1,40; \gamma_{R,h}=1,10$ $\gamma_\phi=\gamma_c=\gamma_{cu}=1,00$
DA3		$\gamma_G=1,35; \gamma_{G,inf}=1,00;$ $\gamma_Q=1,50$	$\gamma_{\phi'}=\gamma_{c'}=1,25; \gamma_{cu}=1,40; \gamma_R=1,00$	
$\gamma_{R,e}$: delni faktor za pasivni zemeljski pritisk (odpornost zemljine) $\gamma_{R,v}$: delni faktor za nosilnost tal $\gamma_{R,h}$: delni faktor za odpornost proti zdrsu				

Varovanja gradbenih jam s podpornimi konstrukcijami črpališča in revizijskega jaška so v analitičnem delu preverjana po projektne pristopu »PP2« na mejno stanje nosilnosti (MSN), tako da so delni faktorji za karakteristične vplive uporabljeni na začetku računa. Uporablja se tudi projektne pristop »PP2*« pri katerem se celoten izračun izvede s karakterističnimi vrednostnimi, delne faktorje pa uporabimo šele na koncu pri preverjanju mejnega stanja.

Z vpeljavo projektnih vplivov s karakterističnimi trdnostnimi lastnostmi tal je izveden račun zemeljskih pritiskov mejnih stanj po metodi Rankina. Za obravnavan računski primer v **nekoherentnih zemljinah**, kjer je pobočnica zaledja vodoravna, podporna konstrukcija pa navpična, velja:

$$k_{ah} = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi'_k/2)$$

$$k_{ph} = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi'_k/2)$$

Prav tako po Jaky – ju velja, da je koeficient mirnega zemeljskega pritiska enak

$$k_{oh} = 1 - \sin \varphi'_k$$

Vrednost karakterističnega efektivnega aktivnega pritiska, ki se pojavi na mestih, kjer se konstrukcija odmakne od zaledja je enaka:

$$p'_{ah;k} = \gamma' H k_{ah}$$

Vrednost karakterističnega efektivnega pasivnega pritiska, ki se pojavi na mestih, kjer se konstrukcija primakne k zaledju je:

$$p'_{ph;k} = \gamma' H k_{ph}$$

V zaledju pilotne stene je prisotna talna voda. Uporabimo načelo totalnih in efektivnih napetosti. Hidrostatski vpliv na povečanje obtežbe na konstrukcijo upoštevamo z enačbo:

$$p_a = p'_{ah;k} + p_w$$

$$p_w = \gamma_w z_w$$

Dodatne napetosti v temeljnih tleh zaradi obtežbe objekta so računane z modelom končne trakaste tlorisne oblike. Dodatne napetosti so izračunane po enačbi:

$$\sigma_{zz} = \frac{q}{\pi} \left[\ln \frac{2\epsilon \cos 2\psi'}{2\epsilon} + 2\epsilon \right]$$

Rezultanto aktivnih pritiskov določimo kot vsoto resultant aktivnih zemeljskih pritiskov in hidrostatskih tlakov vode

$$E_{ah;k} = (0.5 \gamma' H^2 + \sigma_{zz}) k_{ah;k} + 0.5 \gamma_w H_w^2$$

$$E_{ah;k} = E'_{ah;k} + E_w$$

Po analogiji velja za rezultanto pasivnih pritiskov

$$E_{ph;k} = (0.5 \gamma' H^2 + \sigma_{zz})k_{ph;k} + 0.5 \gamma_w H_w^2$$

$$E_{ph;k} = E'_{ph;k} + E_w$$

1.3 Geologija, Kokra, odvod odpadnih voda

1.3.1 Geologija

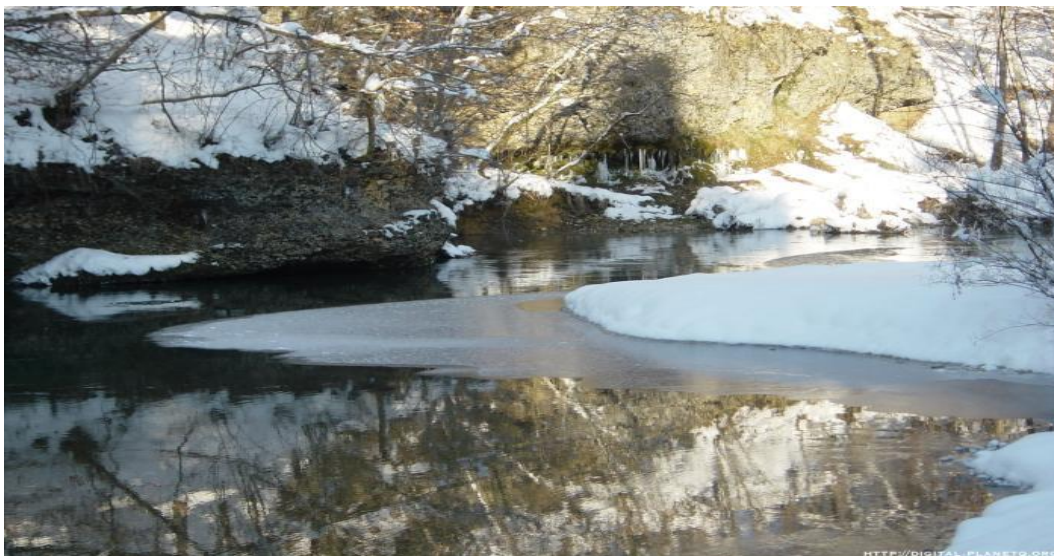
Po osnovni geološki karti M 1:100 000, list Kranj (Beograd 1968), nastopajo na območju Kranja pleistocenski konglomeratni in prodno peščeni sedimenti. Avtorji tolmača dopuščajo možnost, da se pod prodnimi zasipi lokalno nahaja tudi do več metrov debela plast gline s prodniki.

1.3.2 Kokra

Kokra je reka, ki izvira v Karavankah in se kot levi pritok pri Kranju izliva v reko Savo. Dolga je 34,0km, njeno porečje meri 223 km². Izvira pod Virnikovim Grintavcem v Karavankah na višini 825,0 mnm, zahodno od Spodnjega Jezerskega. Med grebene Karavank in Kamniško-Savinjskih Alp je vrezala globoko ozko gorsko dolino vse do Preddvora, kjer nadaljuje tok v nanosu lastnega vršaja, v nadaljevanju pa tudi v rečnih nanosih reke Save. Fino granulirani nevezani sedimenti se pojavljajo le v zgornjih plasteh, v nižjih pa se poleg nevezanih nanosov pojavljajo vodopropustne kavernizirane konglomeratne plasti s sloji vodonepropustne gline. Tako severno od Kranja v naselju Orehovlje Kokra prvič preči konglomeratno podlago, ki se v še večjem obsegu ponovi ob vstopu v območje mesta Kranja v severnem delu Primskovega. Kokra je tu oblikovala slikovit kanjon, ki predstavlja izjemen ekosistem. S svojo specifično mikroklimo je zatočišče tudi redkim, ogroženim živalskim in rastlinskim vrstam. Reka ima snežno – dežni hudourniški režim za katerega sta značilna dva viška in dva nižka. Primarni višek nastopi v pozni pomladi, praviloma maja ali junija.

Primarni nižek je pozimi in traja od decembra do marca z nižkom januarja ali februarja ter je nižji od poletne nizke vode. Prav zaradi navedenih hidroloških, geomorfoloških in

ekosistemskih značilnosti je Kokra v tem delu zavarovana kot naravna vrednota državnega pomena (evid.št.:136). Kot zanimivost navajamo, da je prav omenjeni odsek od sotočja s Savo do pregrade HE Standard eno izmed dveh drstišč ribjega življa akumulacijskega jezera HE Mavčiče. S projektnimi pogoji je Zavod za ribištvo Slovenije omejil termin izvedbe na obdobje od konca junija do konca oktobra.



Slika: reka Kokra je utesnjena v konglomeratni kanjon (vir:<http://digital.planet.org>)



Slika 1: Drst ribjega življa na lokaciji prečkanja sredi maja 2009

1.3.3 Splošno o kanalizacijah odpadnih in padavinskih voda

Navedenih je nekaj bistvenih povzetkov Pravilnika o projektiranju, tehnični izvedbi in uporabi javnega kanalizacijskega sistema v upravljanju Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija Ljubljana.

Kanalizacijski sistem je sklop objektov, naprav in omrežja, ki so namenjeni zbiranju in odvajanju odpadnih in padavinskih voda z določenega območja v naprave za čiščenje voda ali v odvodnik.

1.3.3.1 Vrste kanalizacijskih sistemov

Glede na vrsto komunalne rabe se kanalizacijski sistemi delijo na:

- javni kanalizacijski sistemi
- interni kanalizacijski sistem

1.3.3.2 Javni kanalizacijski sistem

Javni kanalizacijski sistem je glede na namen odvodnje lahko:

- mešan, ko po kanalizacijskem sistemu odvajamo odpadno in padavinsko vodo skupaj,
- ločen, ko po kanalizacijskem sistemu odvajamo padavinsko vodo, v drugega pa odpadno vodo

1.3.3.3 Sestavni deli kanalizacijskih sistemov

Sestavni deli kanalizacijskih sistemov so omrežje in objekti na omrežju, objekti in naprave za čiščenje odpadne vode ter interna kanalizacija in priključki.

1.3.3.4 Tehnični normativi za projektiranje, gradnjo in obnovo

Kanalizacijska mreža mora biti projektirana in zgrajena tako, da zagotavlja optimalen odvod odpadne in padavinske vode ob minimalnih stroških izgradnje, vzdrževanja in obratovanja.

Cilji projektiranja, gradnje in rekonstrukcije so:

- zaščita zdravja ljudi
- zaščita odvodnika

- zaščita podtalnice
- skrb za lokalno napajanje vodonosnikov
- zagotovitev primerne zmogljivosti kanala
- statična in dinamična nosilnost kanala
- vodotesnost
- varovanje vodotokov pred onesnaženjem v okviru predpisanih omejitev,...

1.3.3.5 Izbira sistema za odvod odpadne in padavinske vode

Izbira vrste sistema za odvod odpadne in padavinske vode je odvisna od:

- vrste sistema, ki že obstaja
- kapacitete in kvalitete odvodnika
- vrste dotokov v sistem
- potrebe po čiščenju
- topografije obstoječih čistilnih naprav drugih lokalnih pogojev

Pozornost je potrebno posvetiti topografskim značilnostim in geološki sestavi tal.

1.3.3.6 Geotehnične raziskave

Z geotehničnimi raziskavami je treba pridobiti podatke o:

- obtežbah kanalov in objektov na njih
- nevarnost drsin
- posedanju
- gibanju finih delcev (izpiranju)
- nabrekanju v glinenih slojih
- toku in gladini podtalnice
- možnostih napajanja vodonosnika
- obremenitvah bližnjih objektov in cest
- poprejšnji uporabi zemljišča (vključujoč rudarstvo)
- možnost gradnje z alternativnimi vrstami gradnje
- možnostih uporabe vrste cevi
- možnostih uporabe posteljice cevi

- agresivni zemljini ali podtalnici

1.3.3.7 Osnove za dimenzioniranje kanalizacijskih sistemov

Osnova za dimenzioniranje kanalizacijskih sistemov in naprav je količina odvedene vode.

Poznamo:

- sušni odtok
- odtok tehnološke odpadne vode
- tujo vodo
- urni maksimum
- deževni odtok

1.3.3.8 Hitrosti odpadnih vod

Minimalna dovoljena hitrost odpadne vode v kanalu je 0,4 m/s pri sušnem odtoku, maksimalna dovoljena hitrost odpadne vode je 3,0 m/s, ki pa je občasno lahko tudi višja (do 6,0 m/s), če izbrani material to omogoča brez poškodb ostenja.

1.3.3.9 Profil cevi

Premeri kanalov so izbrani na podlagi hidravličnih zahtev, pogojev vzdrževanja ter pogoja, da je možnost zamašitve minimalna. Minimalni profil javne kanalizacije je 250 mm, za tlačne vode črpališča pa 80 mm.

1.3.3.10 Materiali elementov, pričakovana življenska doba

Elementi kanalov so iz materialov, ki morajo zagotavljati vodotesnost, odpornost proti mehanskim, kemijskim in drugim vplivom. S svojimi fizikalnimi, kemijskimi ali mikrobiološkimi lastnostmi ne smejo spreminjati kakovosti vode. Pričakovana življenjska doba kanala je 50 let. Za odvod odpadne vode in mešano kanalizacijo je dovoljeno uporabiti:

- polivinil klorid
- polietilen
- armirani poliester
- duktilno litino

- keramiko
- jeklo

Za odvod padavinske vode je poleg navedenih materialov možno uporabiti tudi betonske cevi.

1.3.3.11 Objekti kanalizacijskega sistema

Objekti na kanalizacijskem sistemu so namenjeni zagotovitvi pravilnega delovanja in izvajanja kontrole, čiščenja in vzdrževanja kanalizacijske mreže. Objekti so:

- revizijski jaški, vgrajeni na mestih, kjer se menja smer, naklon, prečni profil kanala, na mestih združitve kanalov. Kjer je višinska razlika med koto dotočnega in iztočnega kanala večja od 0,5 m, izdelamo kaskadni jašek. Prevelike hitrosti odpadnih voda na vertikalnih lomih zmanjšamo z umirjevalnimi elementi, kjer se energija curka zmanjša ob stenah revizijskega jaška
- razbremenilniki so namenjeni za odvod padavinske vode in so namenjeni, da v času močnejših padavin del vode odvajamo neposredno v odvodnik
- črpališča zgradimo tam, kjer odpadne vode ni mogoče odvajati gravitacijsko ter je potrebno prečrpavanje vode na višji nivo
- tlačni vod črpališča je vkopan min. 0,8 m. Na dostopnih mestih je potrebno vgraditi jaške s čistilnim kosom. S hidravličnim računom je potrebno preveriti pojav vodnega udara, ki se generira ob zagonu in zaustavitvi črpalke
- zadrževalni bazeni so objekti na padavinski kanalizaciji in so namenjeni začasnemu zadrževanju dela voda. Z vgradnjo v sistem lahko računamo na zmanjšanje maksimalnega padavinskega odtoka ter posledično na manjše potrebne profile elementov dolvodno. V zadrževalniku se lahko tudi odvija proces delnega čiščenja prvega vala onesnažene padavinske vode
- prekucniki se uporabijo v primerih, ko so hitrosti odpadne vode manjše od 0,4 m/s in se kanalizacija ne izpira dovolj. Na neprehodnih odsekih se zgradijo jaški s posodo, ki z akumulirano vodo iz vodovoda povzročijo kratkotrajna izpiranja usedlin kanala
- peskolovci se vgrajujejo z namenom preprečevanja vnosa peska in drugih hitrousejaljivih snovi v sistem

- lovilci lahkih tekočin se vgrajujejo v mešano in ločeno kanalizacijsko omrežje kjer je potrebno iz odpadne vode izločiti lahke tekočine s specifično težo manjšo od 0,95 kg/l. Vgradnja lovilcev je obvezna na varstvenih pasovih vodnih virov in na območjih, ki ležijo na vplivnih območjih vodarn, kjer se padavinska voda odvaja v ponikovalnico. Vgradnja je obvezna tudi v garažah, pralnih ploščadih, parkiriščih za tovorna vozila in avtobuse
- lovilci maščob se vgrajujejo, ko je potrebno iz odpadne vode izločiti maščobe, ki jih po predpisih ni dovoljeno izpustiti v kanalizacijo. Lovilce maščob je obvezno vgraditi v gostinskih lokalih
- kanalizacijski priključek je del objekta, ki je v lasti uporabnika in je namenjen odvajanju vode do javnega kanalizacijskega omrežja. Najmanjši profil priključka je DN 150 mm, priporočljiv minimalni padeč je 2,0 %, maksimalni pa 5,0 %

1.3.3.12 Zmogljivost sistemov

Zmogljivost sistemov za odvod vode preverjamo med gradnjo, ob rekonstrukciji in obnovi, po zaključku posamezne gradbene faze pa tudi med obdobjem uporabe objekta. Preizkusi in presoje obsegajo:

- preizkus tesnosti z vodo po standardu SIST EN 1610
- preizkus tesnosti z zrakom po standardu SIST EN 1610
- preizkus infiltracije
- preizkus s pregledom pohodnih kanalov
- pregled s TV kamero
- določitev sušnega odtoka
- nadzor dotokov v sistem
- nadzor nad kakovostjo, količino in pogostnostjo emisij na izpustnih mestih v odvodnik
- nadzor nad strupenostjo in eksplozivnostjo plinov v sistemov
- nadzor nad dotokom v čistilno napravo

Preizkus tesnosti se izvrši na vsakem novozgrajenem, rekonstruiranem ali obnovljenem kanalu, zapisnik o uspešno opravljenem preizkusu tesnosti pa je del investicijsko tehnične dokumentacije.

1.3.3.13 Rekonstrukcija, popravilo

Rekonstrukcija kanala je izdelava novega kanala po obstoječi ali spremenjeni trasi ob ohranitvi prvotne funkcije.

Popravilo kanala je odpravljanje lokalnih poškodb na obstoječem kanalu. Obnova kanala je izboljšava, ob kateri je ohranjena, deloma ohranjena ali spremenjena funkcija obstoječega kanala z ohranitvijo osnovne strukture.

1.3.3.14 Revizija

Pravilnik o projektiranju, tehnični izvedbi in uporabi javnega kaanalizacijskega sistema v upravljanju Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija Ljubljana vsebuje tudi poglavje Revizije projektov. Predvideni posegi ali gradnje, ki bistveno vplivajo na obstoječe ali predvideno obratovanje kanalizacijskega sistema, morajo biti projektno obdelani. Vsi projekti morajo biti predloženi revizijski komisiji v pregled in odobritev.

2 ZASNOVA

2.1 Določitev obsega elementov prečkanja preko Kokre

2.1.1 Črpališče

Dimenzije črpališča definirajo:

- prispevno področje
- možnosti odvajanja odpadnih voda v obstoječe odvodnike
- topografija obravnavanega terena
- kota iztoka najbližjega uporabnika
- niveleta dna struge
- posredno volumen akumulacijskega bazena definirajo tudi projektirane črpalke s svojimi karakteristikami oz. delovnimi režimi

2.1.2 Projektni pogoj

Projektni pogoji Ministrstva za okolje in prostor, ARSO, Urada za upravljanje z vodami pogojujejo izvedbo prečkanja na urejenih odsekih z zaščitno cevjo, katere teme mora biti vsaj 1,0 m pod dnom struge.

2.1.3 Dodatna infrastruktura

Projektna rešitev s prečkanjem preko reke Kokre je obenem ponudila možnost sopolaganja še ostalim potencialnim infrastrukturnim upravljalcem. Nabor inštalacij se je iz osnovne tlačne linije odvoda odpadnih voda razširil še z vodovodom, plinovodom in dodatnim gravitacijskim priključkom z levega brega. Dodatni infrastrukturni vodi prav tako potrebujejo spremljajoče objekte, ki pa ob premagovanju takšnih višinskih razlik pridobijo neobičajne dimenzije. Na desnem bregu je tako predviden sklop treh objektov in sicer:

- umirjevalni jašek gravitacijskega dotoka pred črpališčem dimenzij $\varnothing/h = 120/620$ cm,
- črpališče odpadnih voda $\varnothing/h = 200/800$ cm

- vodovodni jašek dimenzij $b/d/h = 200/200/680$ cm, skozi katerega se spelje tudi plinovodna cev

Skupni izračun potrebnega prostora pokaže, da je za vgradnjo projektiranih naprav in instalacij potrebno izvesti gradbeno jamo tlorisnih dimenzij

- $b/d/h = 4,20 \text{ m} / 9,00 \text{ m} / 9,40 \text{ m}$

Element prečkanja na levem bregu predstavlja revizijski jašek dimenzij $b/d = 200/200$ cm. Za izvedbo revizijskega jaška potrebujemo gradbeno jamo tlorisnih dimenzij

- $b/d/h = 4,00 \text{ m} / 4,00 \text{ m} / 7,00 \text{ m}$

2.2 Prostorska razpoložljivost

2.2.1 Desni breg

Umestitev kanalizacijskih objektov v prostor nam zaradi obstoječega večstanovanjskega objekta v gradnji, podpornega zidu prometnice in obrežnega podpornega zidu pogoje izvedbe močno poslabša.

2.2.2 Levi breg

Prostorski pogoji izvedbe so v tem primeru še slabši, saj se ponovi podporni zid prometnice, dodatno se pojavi oporni zid parkirišča ter montažna nadstrešnica, ki pa jo je ob ustreznem protiplačilu možno začasno demontirati in tako odpraviti ta omejevalni dejavnik.

2.3 Možnosti izvedbe gradbene jame

2.3.1 Načina izvedbe gradbenih jam

- s prostimi brežinami
- izkopne brežine podpirane z različnimi konstrukcijami

Ob projektiranju načina izvedbe je potrebno upoštevati dejstvo, da so materiali pred izkopom pod površjem izpostavljeni določenim zemeljskim pritiskom zaradi stalne oz. spremenljive obtežbe, ko pa izvedemo izkop, pride do razbremenitev in izpostavljenosti atmosferskim vplivom. Ta proces pospešuje preperevanje materiala, s tem pa tudi spremembo mehanskih lastnosti.

2.3.1.1 Izvedba s prostimi brežinami

Pri prostem izkopu oz. izkopu z varnim naklonom je poleg globalne stabilnosti potrebno zagotoviti še površinsko stabilnost brežin in pa poskrbeti za odvodnjavanje brežin ter dna gradbene jame. Preveriti je potrebno tudi vpliv znižanja talne vode na okoliške objekte.

2.3.1.2 Izvedba s podpiranjem z različnimi konstrukcijami

Pri načinu varovanja gradbene jame s podpornimi konstrukcijami ločimo:

- toge podporne konstrukcije in
- gibke podporne konstrukcije

2.3.1.2.1 Toge podporne konstrukcije

Toge konstrukcije so lahko brez opor (sider), enkrat oprte (sidrane) ali pa večkrat oprte (sidrane) konstrukcije.

2.3.1.2.2 Gibke podporne konstrukcije

Gibke podporne konstrukcije so prav tako lahko enkrat ali večkrat oprte (sidrane) konstrukcije. Konstrukcije opiramo oz. sidramo glede na razpoložljivi prostor, ki je na voljo med izvedbo.

2.3.2 Podporne konstrukcije glede na značaj

Glede na značaj podporne konstrukcije ločimo

- začasne ter
- trajne konstrukcije, ki so del objekta

2.3.3 Podporne konstrukcije glede pojava talne vode

Glede na pojav talne vode v zaledju ločimo

- vodotesne
- prepustne konstrukcije

Vodotesnost dosežemo z izvedbo diafragme, elemente konstrukcije npr. pilote lahko razporedimo v dotikajoči raster, zagatne jeklene stene vzdolž stika zalijemo z ekpanzijsko tesnilno snovjo, ...

2.3.4 Izboljšava karakteristik temeljnih tal

V primeru, ko izvajamo dela v zemljinah s slabšimi trdnostnimi, deformabilnostnimi vodoprepustnostnimi karakteristikami, lahko uporabimo različne ukrepe za izboljšavo - spremembo teh karakteristik. S tehnološkim postopkom injektiranja lahko izvedemo:

- penetracijsko injektiranje (permeation grouting), kjer različne mase pod nizkimi pritiski injektiramo v temeljna tla, katerih struktura se ne spremeni
- kompaktacijsko injektiranje (displacement compaction grouting), kjer pod pritiskom utiskujemo injekcijsko maso v zemljino in s tem zgoščamo temeljna tla
- ovijanje z injekcijsko maso (encapsulation grouting), kjer pod visokimi pritiski utiskujemo in povzročamo hidravlični lom tal in se nastale razpoke izpolnijo z injekcijsko maso, kar vodi v zgoščanje temeljnih tal
- jet grouting, kjer z visokimi tlaki z injekcijsko maso porušimo temeljna tla ter povzročimo, da se posamezna zrna zemljine pomešajo z njo. V temeljnih tleh dobimo okrog injekcijske vrtnice slop poboljšanih temeljnih tal

Vrsta uporabljenega injekcijskega materiala je odvisna od načina in želenih učinkov izvedbe.

Injekcijske mase so lahko:

- vodocementne suspenzije
- vodocementne bentonitne suspenzije
- silikatne suspenzije
- smole

3 ZEMLJINA

3.1 Zemljina

Kot bistveni parametri so podatki o vrsti tal (trdnostne, deformacijske, propustnostne karakteristike). Kot je že omenjeno v uvodu, so se geotehnične raziskave izvajale naknadno po tem, ko je bil postavljen dvom o izvedljivosti projektiranega načina varovanja gradbenih jam prečkanja preko reke Kokre. Izvedli sta se dve vrtini v oseh projektiranih gradbenih jam. Obe sta izvedeni z vrtalnim strojem Casagrande C4. Vrtini sta izvedeni na rotacijski način, brez dodajanja vode z zveznim jedrovanjem. Prva vrtina na desnem bregu sega v globino 15,0 m, druga vrtina na levem bregu pa v globino 12,0 m. Iz popisov vrtin je razbrati, da od površja do globine med 3,2 in 2,8 m nastopa nasip, ki sestoji iz peščenega proda in grušča z drobcu opeke in mešanice grušča, proda in humusa. Navzdol sledi v debelini 7,9 oz. 4,0 m svetlo siv peščen prod iz pretežno karbonatnih, srednje do dobro zaobljenih prodnikov premera tudi preko premera vrtine, v gostem do zelo gostem stanju. Prod navzdol preide v dobro vezan konglomerat z vmesnimi tanjšimi plastmi glinasto meljastega proda. Med vrtanjem je nivo proste gladine podzemne vode registriran v globini med 4,4 in 5,3 m pod površjem terena, kar se povsem ujema z gladino Kokre. Med vrtanjem so v obeh vrtinah izvedeni po štiri standardni penetracijski preizkusi (SPT). Rezultati so korigirani in interpretirani po priporočilih Evrokoda 7. Štiri SPT preizkusi so izvedeni v peščenemrodu, štiri pa v konglomeratu. Peščen prod izkazuje po korigiranih rezultatih SPT gosto do zelo gosto stanje in trenjski kot od 30° do preko 41°. Konglomerat izkazuje glede na nekorigirane rezultate SPT zelo nizko do srednjo penetrabilnost in posredno dobre geotehnične karakteristike. Na osnovi obravnavanih rezultatov raziskav so podane naslednje ocene geotehničnih karakteristik tal:

3.1.1 Peščen prod (GP/GW/SP), gost do zelo gost:

- Prostorninska teža $\gamma = 20 - 22 \text{ kN/m}^3$
- strižni kot $\varphi' = 34^\circ - 38^\circ$
- kohezija $c = 0 \text{ kPa}$

- modul stisljivosti $M_{oed} = 25-50$ MPa
- koeficient propustnosti $k = 1.10^{-3}-1.10^{-2}$ m/s

3.1.2 Konglomerat, gost do zelo gost s tanjšimi plastmi glinasto meljastega proda:

- prostorninska teža $\gamma = 21 - 23$ kN/m³
- strižni kot $\varphi' = 40^{\circ}-42^{\circ}$
- kohezija $c=0$ kPa (zaradi prehodov v peščeno meljast prod)
- modul stisljivosti $M_{oed} = 60-80$ MPa
- koeficient propustnosti $k = 1.10^{-5}-1.10^{-3}$ m/s

V-1



Slika : Raziskovalna vrtna V1 (vir: Geotehnično poročilo Črpališče fekalne kanalizacije na Savski cesti v Kranju, Gracen, d.o.o, april 2009)

V-2



Slika : Raziskovalna vrtina V2 (vir: Geotehnično poročilo Črpališče fekalne kanalizacije na Savski cesti v Kranju, Gracen, d.o.o, april 2009)

4 DIMENZIONIRANJE PODPORNE KONSTRUKCIJE

4.1 Gradbena jama z brežinami varnega naklona

Izvedba gradbenih jam desnega in levega brega z brežinami varnega naklona je, kot že navedeno, neizvedljiva. Razpoložljivost prostora, komunalni vodi, sestava temeljnih tal in podzemna voda ne dopuščajo takšne izvedbe. Tudi v primeru prostega zemljišča je za takšno izvedbo gradbene jame potrebno izvesti dodatne ukrepe za znižanje podtalnice, pri čemer je lahko vprašljiva globalna stabilnost. To preverjamo s stabilnostnimi analizami. Pomembna pa je tudi površinska stabilnost brežin s katero vzdržujemo geostatično ravnovesje.

4.2 Izvedba s podpiranjem z različnimi konstrukcijami

Varovanje gradbenih jam s podpornimi konstrukcijami je preverjeno za naslednje možnosti:

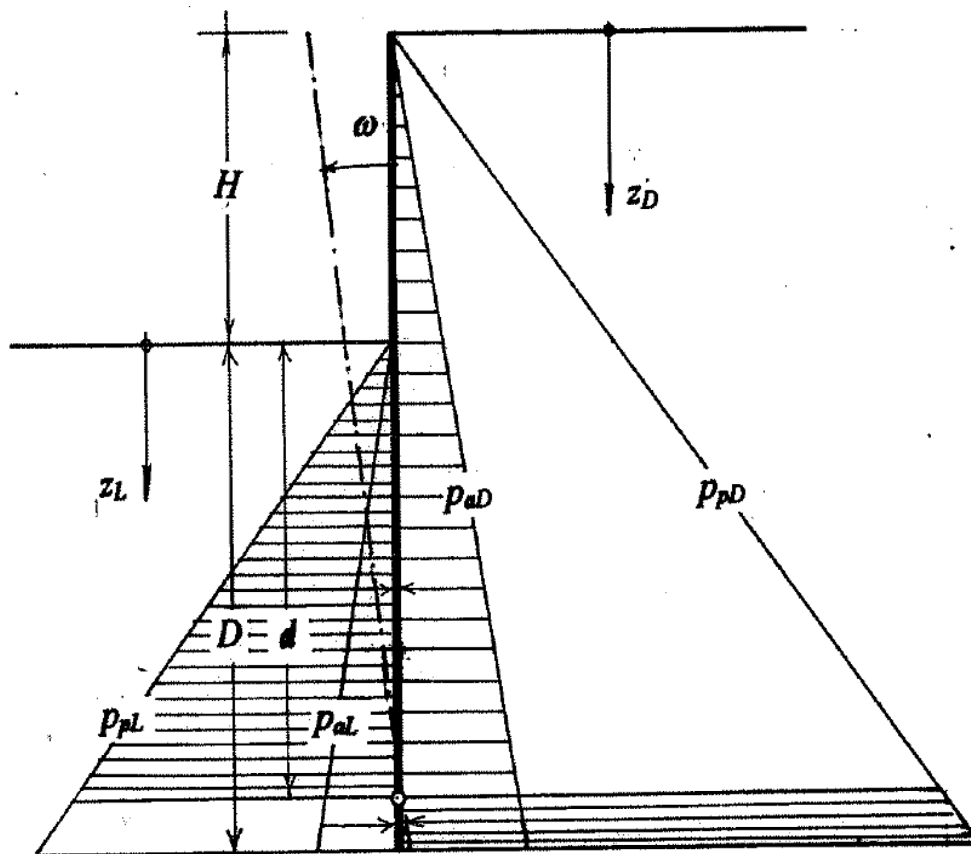
- konzolna pilotna stena (desni in levi breg)
- sidrana pilotna stena (desni in levi breg)
- razprta pilotna stena (desni in levi breg)
- vodnjak (desni breg)
- jeklene zagatnice (desni breg)
- izvedba varovanja po prvotnem projektu (desni breg)

4.2.1 Konzolna podporna konstrukcija v nehomogeni nekoherentni zemljini

4.2.1.1 Predpostavke

- konzolna podporna konstrukcija je toga
- konstrukcija se zavrti okrog vrtilišča v temeljnih tleh
- kjer se konstrukcija odmakne od temeljnih tal nanjo delujejo aktivni zemeljski pritiski, v področju, kjer se konstrukcija primakne k temeljnim tlom pa zemljina nudi pasivni odpor
- konzolne konstrukcije izvedemo takrat, ko je največji vodoravni premik v dopustnih mejah in če s konstrukcijo lahko prevzamemo relativno velike upogibne obremenitve

Med izkopom se na zaledni strani prvotni mirni pritiski z odmikom konstrukcije od zemljine pričnejo zmanjševati proti aktivnim pritiskom, medtem ko se s primikom konstrukcije prvotno mirni tlaki pričnejo povečevati proti pasivnim pritiskom.



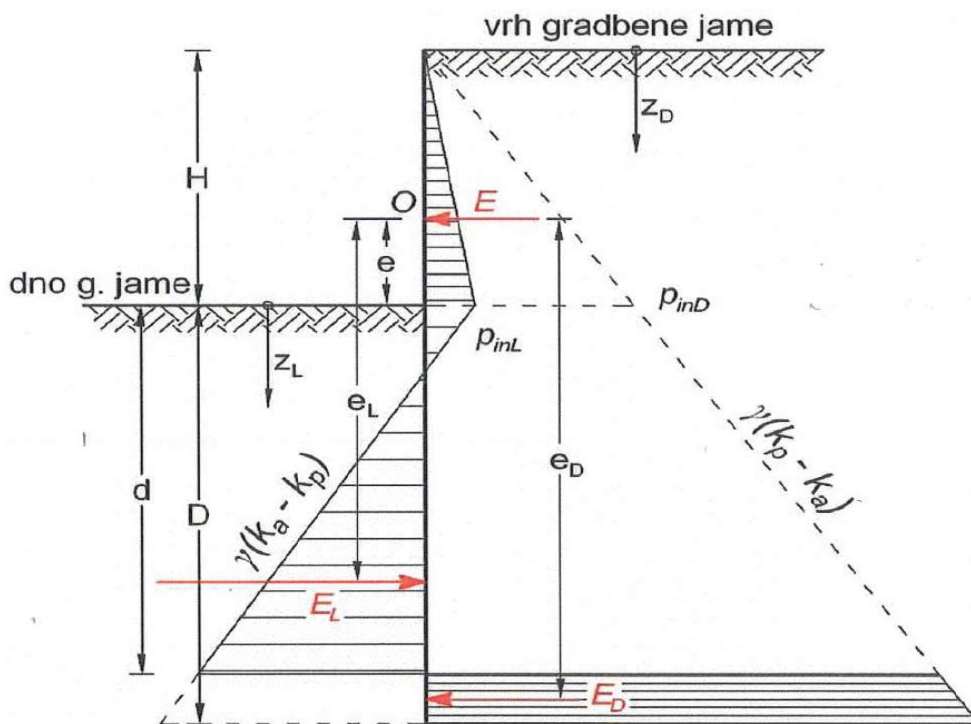
Slika: Skica geostatične analize konzolne podporne konstrukcije v nekoherentnih tleh (Majes B., Fundiranje I, študijska literatura)

4.2.1.2 Postopek računa

Postopek računa konzolne stene je sledeč:

- izračunamo navpične napetosti zaradi stalne in spremenljive obtežbe
- upoštevajoč dodatne napetosti izračunamo aktivne in pasivne pritiske
- v zgornjem sloju izračunamo rezultanto aktivnih in pasivnih pritiskov
- v računskem dnu gradbene jame t.j. na vrhu spodnjega sloja izračunamo rezultirajoče pritiske, z globino prirastek k rezultirajočim pritiskom enakomerno narašča z velikostjo $\gamma (k_p - k_a)$

- pri računanju vrtilišča konstrukcije si pripravimo preglednico, s pomočjo katere iterativno določimo eno samo vrednost globine vpetja in globine vrtilišča, ko je konstrukcija v geostatičnem ravnotežju



Slika: Rezultirajoči pritiski vzdolž podporne konstrukcije (Majes B., Fundiranje I, študijska literatura)

Izračun globine vrtišča konzolne pilotne stene LB

$p_{10} = p_{10} + (0.05) \Delta z \cdot \gamma^* (k_0 \cdot k_p)$
 $\Delta E_1 = p_{10} \cdot \Delta z$
 $e_{10} = (\Delta z / 6p_{10}) \cdot (p_{10} \cdot 0.5 \Delta z \cdot \gamma^* (k_0 \cdot k_p))$
 $f_{10} = e_{10} + \Delta z \cdot e_{10}$

Presečnice iz grafa
 globina vrtanja: **6.20174** m
 od dna k. do vrtašča: **1.1826** m

dolžina pilota
 H: **18.92** m
 h: 9.4 m
 ΔH: 1.7 m

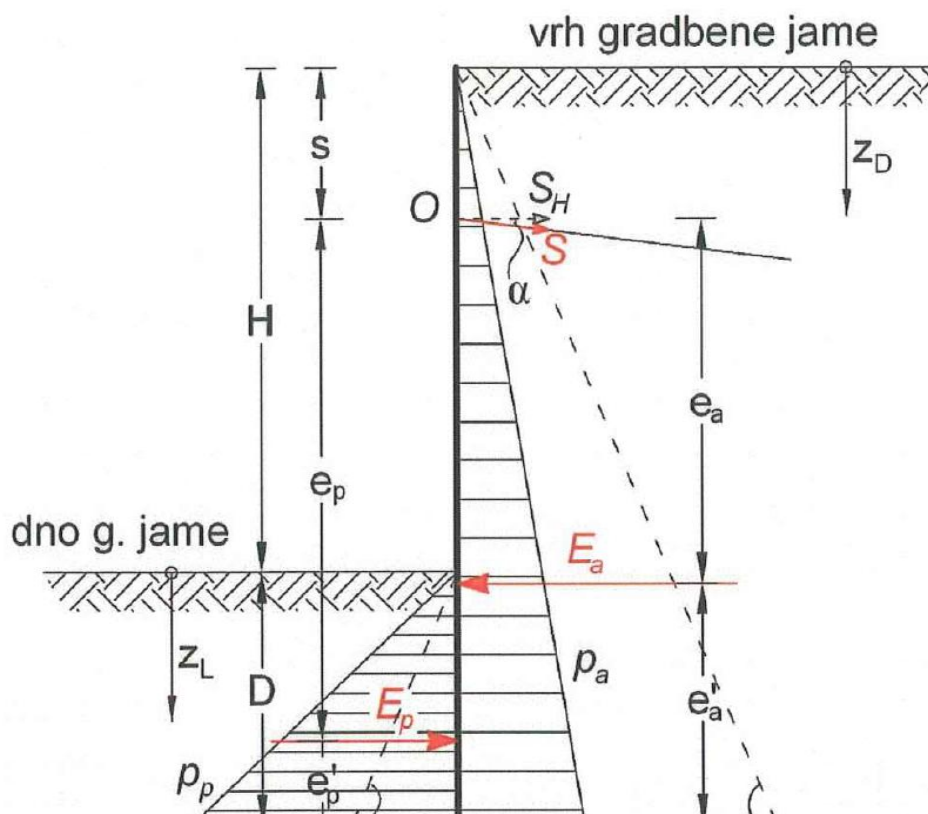
i	h	ΔE ₁	e ₁₀	f ₁₀	ΔM ₁₀	ΣΔM ₁₀	p ₁₀	ΔE ₁₀	e ₁₀	f ₁₀	ΔM ₁₀	ΣΔM ₁₀	ΣΔM ₁₀ · ΣΔM ₁₀	
17	1	-27.737	-0.21688	0.003929	3.703891	-0.80329	1000	862.3663	5.179704	0.003909	3.702391	19.18516	67015.47678	
18	2	-26.9412	-0.21088	0.003929	3.711711	-1.58527	999	863.1989	5.169802	0.003909	3.711721	19.24867	66996.29161	
19	3	-26.1486	-0.20448	0.00393	3.71963	-2.34685	998	863.9514	5.15921	0.003909	3.719651	19.31220	66977.04294	
20	4	-25.3561	-0.19828	0.00393	3.72736	-3.08493	997	864.7439	5.148286	0.003909	3.727371	19.37598	66957.73066	
21	5	-24.5635	-0.19209	0.003931	3.735189	-3.80224	996	865.5365	5.204495	0.003909	3.735191	19.43978	66938.35488	
22	6	-23.7709	-0.18589	0.003932	3.742969	-4.49918	995	866.3291	5.218933	0.003909	3.743011	19.50358	66918.91488	
23	7	-22.9784	-0.17969	0.003932	3.750808	-5.17217	994	867.1216	5.218891	0.003909	3.750831	19.56738	66899.41121	
24	8	-22.1858	-0.17349	0.003933	3.758627	-5.82426	993	867.9142	5.223089	0.003909	3.758651	19.63117	66879.84254	
25	9	-21.3933	-0.1673	0.003934	3.766446	-6.45437	992	868.7067	5.222827	0.003909	3.766471	19.69596	66860.21177	
26	10	-20.6007	-0.1611	0.003935	3.774265	-7.06224	991	869.4993	5.235484	0.003909	3.774291	19.76024	66840.51582	
27	11	-19.8082	-0.1549	0.003936	3.782084	-7.64624	990	870.2918	5.241682	0.003909	3.782111	19.82462	66820.75557	
28	12	-19.0156	-0.1487	0.003937	3.789903	-8.21101	989	871.0844	5.241682	0.003909	3.789931	19.8891	66800.93095	
29	13	-18.2231	-0.1425	0.003938	3.797722	-8.753	988	871.877	5.254078	0.003909	3.797751	19.95368	66781.04195	
30	14	-17.4305	-0.13631	0.00394	3.80554	-9.27172	987	872.6695	5.260276	0.003909	3.805571	20.01835	66761.08817	
31	15	-16.6379	-0.13011	0.003941	3.813359	-9.76787	986	873.4621	5.260473	0.003909	3.813381	20.08312	66741.06882	
32	16	-15.8454	-0.12391	0.003943	3.821177	-10.24414	985	874.2546	5.272671	0.003909	3.821211	20.14799	66720.98667	
33	17	-15.0528	-0.11771	0.003944	3.828996	-10.6921	984	875.0472	5.278869	0.003909	3.829031	20.21295	66700.83871	
34	18	-14.2603	-0.11152	0.003946	3.836814	-11.1199	983	875.8397	5.285067	0.003909	3.836851	20.27801	66680.62576	
35	19	-13.4677	-0.10532	0.003948	3.844632	-11.52948	982	876.6323	5.291265	0.003909	3.844671	20.34317	66660.34765	
36	20	-12.6751	-0.09912	0.003951	3.852449	-11.907	981	877.4249	5.297462	0.003909	3.852491	20.40843	66640.00458	
37	21	-11.8825	-0.09292	0.003953	3.860267	-12.2654	980	878.2174	5.30366	0.003909	3.860311	20.47378	66619.59615	
38	22	-11.09	-0.08672	0.003957	3.868083	-12.6009	979	879.01	5.309856	0.003909	3.868131	20.53923	66599.12237	
39	23	-10.2975	-0.08053	0.003959	3.8759	-12.913	978	879.8025	5.316056	0.003909	3.875951	20.60477	66578.58315	
40	24	-9.50491	-0.07433	0.003964	3.883716	-13.2016	977	880.5951	5.322254	0.003909	3.883771	20.67041	66557.97838	
41	25	-8.71235	-0.06813	0.003969	3.891531	-13.4688	976	881.3876	5.328451	0.003909	3.891591	20.73615	66537.30797	
42	26	-7.9198	-0.06193	0.003975	3.899345	-13.7083	975	882.1802	5.334649	0.003909	3.899411	20.80199	66516.57181	
43	27	-7.12724	-0.05574	0.003982	3.907158	-13.9226	974	882.9728	5.340847	0.003909	3.907231	20.86792	66495.76983	
44	28	-6.33468	-0.04954	0.003992	3.914968	-14.12	973	883.7653	5.347045	0.003909	3.915051	20.93395	66474.90919	
45	29	-5.54213	-0.04334	0.004003	3.922777	-14.29	972	884.5579	5.353243	0.003909	3.922871	21.00008	66453.98795	
46	30	-4.74957	-0.03714	0.004019	3.930581	-14.436	971	885.3504	5.359444	0.003909	3.930691	21.0663	66432.98787	
47	31	-3.95701	-0.03094	0.004041	3.938379	-14.5578	970	886.143	5.365638	0.003909	3.938511	21.13262	66411.90157	
48	32	-3.16445	-0.02475	0.004073	3.946167	-14.6555	969	886.9355	5.371836	0.003909	3.946331	21.19904	66390.76895	
49	33	-2.3719	-0.01855	0.004128	3.953932	-14.7288	968	887.7281	5.378034	0.003909	3.954151	21.26556	66369.58991	
50	34	-1.57934	-0.01235	0.004257	3.961643	-14.7778	967	888.5207	5.384232	0.003909	3.961971	21.33217	66348.30426	
51	35	-0.78678	-0.00615	0.004566	3.969134	-14.8022	966	889.3132	5.390429	0.003909	3.969791	21.39888	66326.92168	
52	36	0.00574	4.51E-05	-0.08555	4.067688	0.000184	14.802	965	890.1058	5.396627	0.003909	3.977611	21.46568	66305.5733
53	37	0.79831	0.006243	0.00383	3.986077	-0.024895	14.7771	964	890.8983	5.402825	0.003909	3.985431	21.53258	66284.10762

Slika 2: Preglednica za izračun globine vpetja pri statičnem ravnovesju

4.2.2 Sidrana podporna konstrukcija v nehomogenih nekoherentnih tleh

4.2.2.1 Predpostavke

- sidrana podporna konstrukcija se po celi globini odmakne od zaledne zemlje. Prvotni mirni pritiski pričnejo zmanjševati proti aktivnim pritiskom.
- na zračni strani se konstrukcija primakne k zemlji. Prvotni mirni pritiski se pričnejo povečevati proti pasivnim pritiskom. Tako v zaledju obstajajo samo aktivni pritiski, na zračni strani pa samo pasivni pritiski.



Slika: Skica za geostatično analizo sidrane podporne konstrukcije v nekoherentnih tleh (Majes B., Fundiranje I, študijska literatura)

4.2.2.2 Postopek računa

- izračunamo navpične napetosti zaradi stalne in spremenljive obtežbe, rezultate upoštevamo pri računu aktivnih in pasivnih pritiskov v zaledju in zračni strani, prirastek pritiskov z globino narašča linearno in sicer z vrednostjo γz
- izračunamo rezultanto aktivnih in pasivnih pritiskov zgornjega sloja
- z ravnotežno momentno enačbo določimo eno samo globino vpetja pri kateri so v ravnotežju rezultanta zgornjega sloja ter rezultanta aktivnih in pasivnih pritiskov spodnjega sloja
- Iz ravnotežnega pogoja vsote vodoravnih sil določimo vodoravno komponento sidrne sile

4.2.3 Večkrat razprta podporna konstrukcija v nekoherentnih tleh

4.2.3.1 Predpostavke

- podporna konstrukcija se odmakne od zaledja po vsej globini
- v zaledju na konstrukcijo delujejo aktivni (če ni odmikov mirni) zemeljski pritiski
- vsa obtežba zaledja (aktivnih oz. mirnih pritiskov) se prenaša na sidra oz. podpore, razpore tako, da ni potrebno, da je konstrukcija globoko vpeta pod dno gradbene jame
- geostatične analize je potrebno izvesti za vsako fazo izkopa in podpiranja
- pri preprostih geostatičnih analizah v nekoherentnih tleh upoštevamo konstanten diagram aktivnih oz. mirnih zemeljskih pritiskov z zaledne strani

4.2.3.2 Postopek računa

- določimo obtežbo - napetost po predpostavljeni empirični formuli
$$p_{ah,k} = 0,65 * \gamma * H * tg^2(45^\circ - \varphi'_k/2)$$
- izberemo statični model s podporami – razporami
- izvedemo račun obremenitve
- glede na medsebojne razdalje med razporami določimo razporne sile

4.2.4 Vodnjak

4.2.4.1 Predpostavke:

- vodnjak je prostorska osnosimetrična konstrukcija
- premiki pri takšnih konstrukcijah so zanemarljivo majhni
- napetostno stanje opišemo z mirnim zemeljskim pritiskom, ki je proporcionalen vertikalnim napetostim zaradi lastne teže tal

4.2.5 Jeklene zagatne stene

4.2.5.1 Predpostavke:

- jeklene zagatne stene so gibke konstrukcije začasnega značaja
- jeklene zagatnice zabijemo v temeljna tla

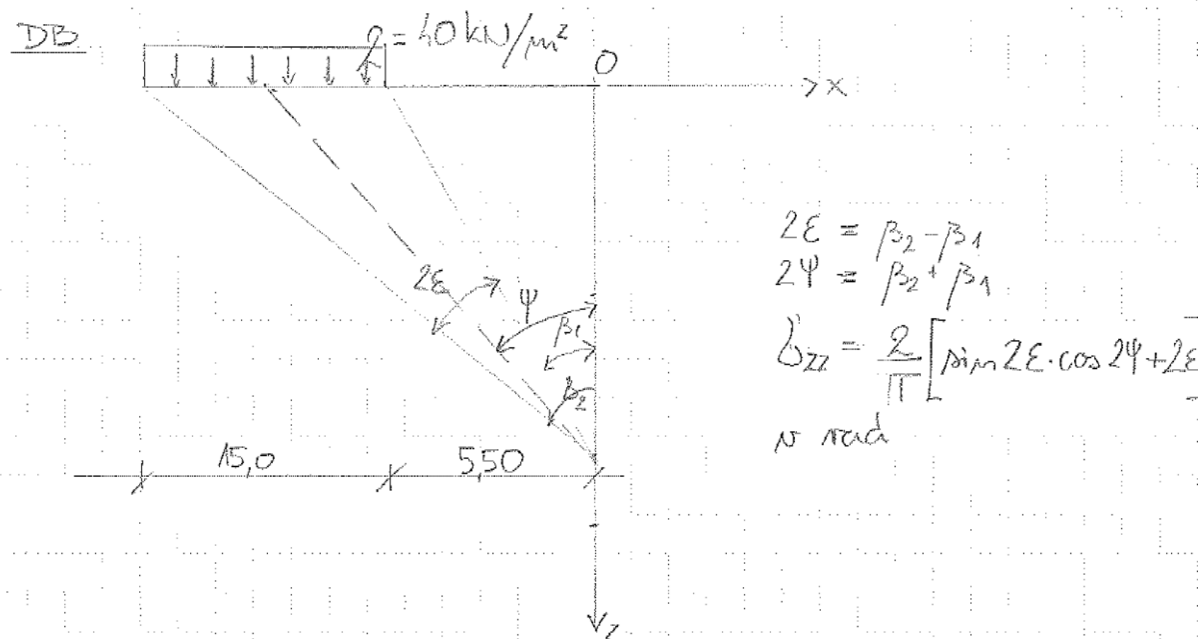
5 GEOSTATIČNO PREVERJANJE

5.1 Analitično geostatično preverjanje

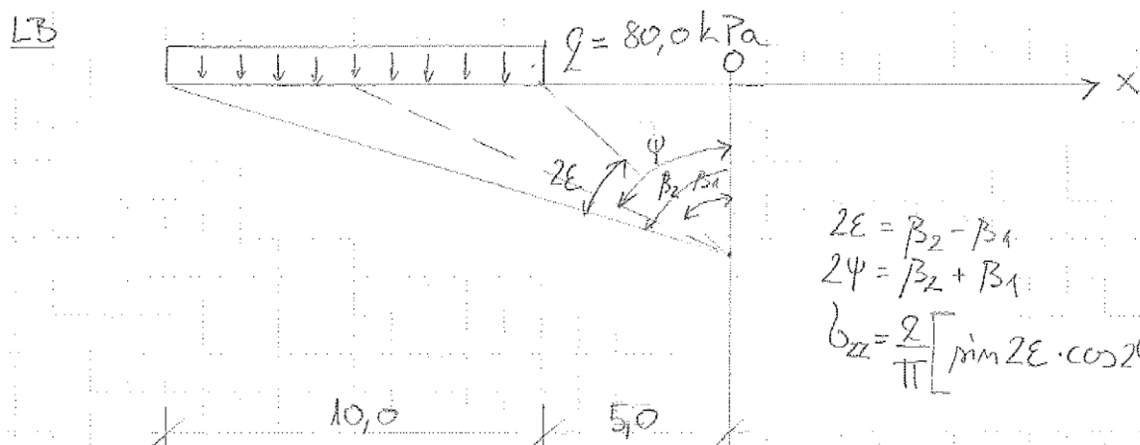
5.1.1 Konzolna pilotna stena

Vpliv objekta v izgradnji na desnem bregu modeliramo s trakasto obtežbo širine $b=15,0$ m, velikosti $q=40,0$ kN/m². Objekt je od roba gradbene jame oddaljen 5,50 m. Cesto, nasip in mostni opornik na levem bregu modeliramo s trakasto obtežbo širine $b=10,0$ m, velikosti $q=80,0$ kN/m². Nasip je od roba gradbene jame oddaljen 5,0m.

Izračunamo dodatne vrednosti navpičnih napetosti v osi pilotne stene. Dodatne vrednosti navpičnih napetosti zaradi dodatnih obtežb prištejemo prvotnim napetostim.



$z \text{ (m)}$	β_1	β_2	2ϵ	2ψ	$\sin 2\epsilon$	$\cos 2\psi$	$\sigma_{zz} \text{ (kPa)}$
0	$\pi/2$	$\pi/2$	0	π	0	1	0
5,30	0,804	1,158	0,514	2,122	0,492	-0,524	3,262
9,10	0,529	1,141	0,612	1,670	0,575	-0,099	7,07
11,10	0,460	1,075	0,615	1,535	0,577	0,036	8,095
12,0	0,430	1,041	0,611	1,471	0,574	0,100	8,510
13,0	0,400	1,027	0,627	1,427	0,587	0,143	9,052
14,0	0,374	0,972	0,598	1,346	0,563	0,223	9,212
15,0	0,351	0,939	0,588	1,29	0,555	0,277	9,444
16,0	0,331	0,908	0,577	1,239	0,545	0,326	9,609
17,0	0,313	0,878	0,565	1,191	0,535	0,371	9,72



$$2\epsilon = \beta_2 - \beta_1$$

$$2\psi = \beta_2 + \beta_1$$

$$\delta_{zz} = \frac{q}{\pi} \left[\sin 2\epsilon \cdot \cos 2\psi + 2\epsilon \right]$$

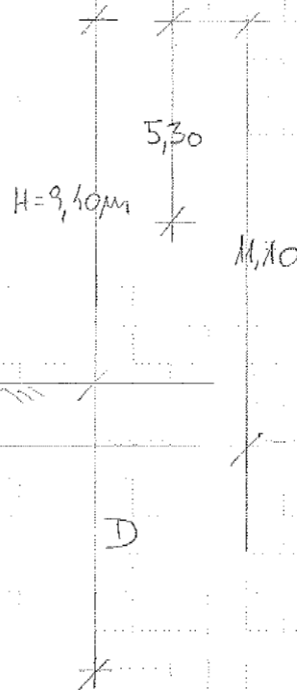
z (m)	β_1	β_2	2ϵ	2ψ	$\sin 2\epsilon$	$\cos 2\psi$	δ_{zz} (kPa)
0	$\pi/2$	$\pi/2$	0	π	0	1	0
4,40	0,849	1,285	0,436	2,134	0,422	-0,534	5,36
6,80	0,634	1,145	0,511	1,779	0,489	-0,207	10,435
7,0	0,620	1,134	0,514	1,754	0,492	-0,182	10,809
8,0	0,559	1,081	0,522	1,64	0,499	-0,069	12,416
9,0	0,507	1,03	0,523	1,537	0,499	0,033	13,740
10,0	0,463	0,983	0,52	1,446	0,497	0,124	14,81
11,0	0,426	0,938	0,512	1,364	0,49	0,205	15,60
12,0	0,395	0,896	0,501	1,291	0,480	0,276	16,13
13,0	0,367	0,857	0,49	1,224	0,471	0,340	16,55
14,0	0,343	0,820	0,477	1,163	0,459	0,396	16,77

IGĚOSTATIĖNI RAĖUN KONZOLNE PILOTNE STENE

A) DB

$$\begin{aligned} \gamma &= 21,0 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi &= 36^\circ \\ c &= 0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= 22,0 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi &= 41,0^\circ \\ c &= 0 \text{ kPa} \end{aligned}$$



PROD:

$$k_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 0,260$$

$$k_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 3,852$$

KONGLOMERAT:

$$k_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 0,208$$

$$k_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 4,815$$

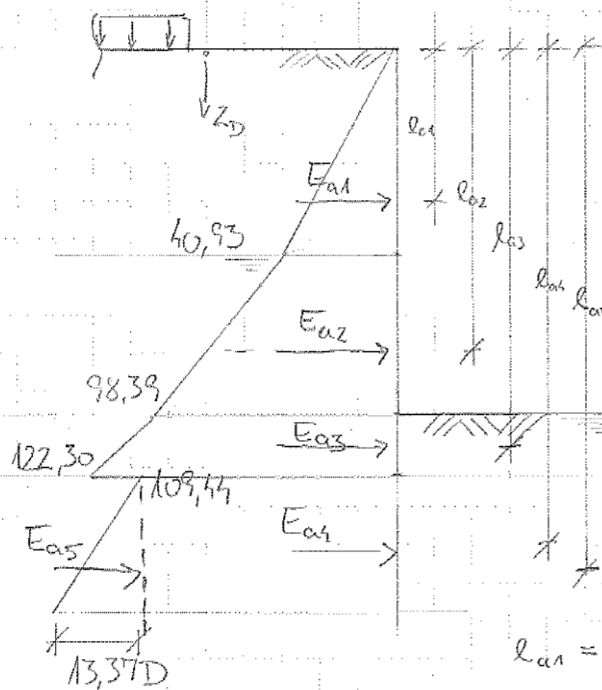
1. RAĖUN ZEMELJSKIH PRITISKOV, REZULTANT

ZALEDNA STRAN

z(m)	σ_{zz} (kPa)	σ'_{zz} (kPa)	$P_{ar} = u$ (kPa)	P_a' (kPa)	P_a (kPa)
0	0	0	0	0	0
5,30	$11,3 + 3,26z$ $= 116,56$	116,56	0	$116,56 \cdot 0,26 \cdot 1,35$ $= 40,93$	40,93
9,40	$19,40 + 7,07z$ $= 204,50$	163,50	$4,10 \cdot 10$ 41	$163,50 \cdot 0,26 \cdot 1,35$ $= 57,39$	98,39
11,10	$253,10 + 8,10z$ $= 241,20$	183,20	58	$183,20 \cdot 0,26 \cdot 1,35$ $= 64,30$	122,30
11,10	$233,10 + 8,10z$ $= 241,20$	183,20	58	$183,20 \cdot 0,208 \cdot 1,35$ $= 51,44$	109,44
11,10D	$233,10 + 9,54z$ $= 242,6 + 22D$	$184,6 + 12D$	$58 + 10D$	$(184,6 + 12D) \cdot 0,208 \cdot 1,35$ $51,83 + 3,37D$	$109,44 + 13,57D$

ZRAČNA STRAN

z (m)	σ_{zz} (kPa)	σ'_{zz} (kPa)	$p_w = u$	P'_p	P_p
0	0	0	0	0	0
1,70	35,70	18,70	17	$\frac{18,7 \cdot 3,852}{1,10} = 51,45$	68,45
1,70	35,70	18,70	17	$\frac{18,7 \cdot 4,815}{1,10} = 64,31$	81,31
D	$35,70 + 22D$	$18,70 + 12D$	$17 + 10D$	$\frac{(18,7 + 12D) \cdot 4,815}{1,10} = 64,31 + 41,21D$	$81,31 + 51,21D$



$$E_{a1} = 40,93 \cdot 5,30 \cdot \frac{1}{2} = 108,46 \text{ kN}$$

$$E_{a2} = \left(\frac{40,93 + 98,39}{2} \right) \cdot 4,10 = 285,61 \text{ kN}$$

$$E_{a3} = \left(\frac{98,39 + 122,3}{2} \right) \cdot 1,70 = 187,59 \text{ kN}$$

$$E_{a4} = 109,44 D = 109,44 D$$

$$E_{a5} = 13,37 D \cdot D \cdot \frac{1}{2} = 668 D^2$$

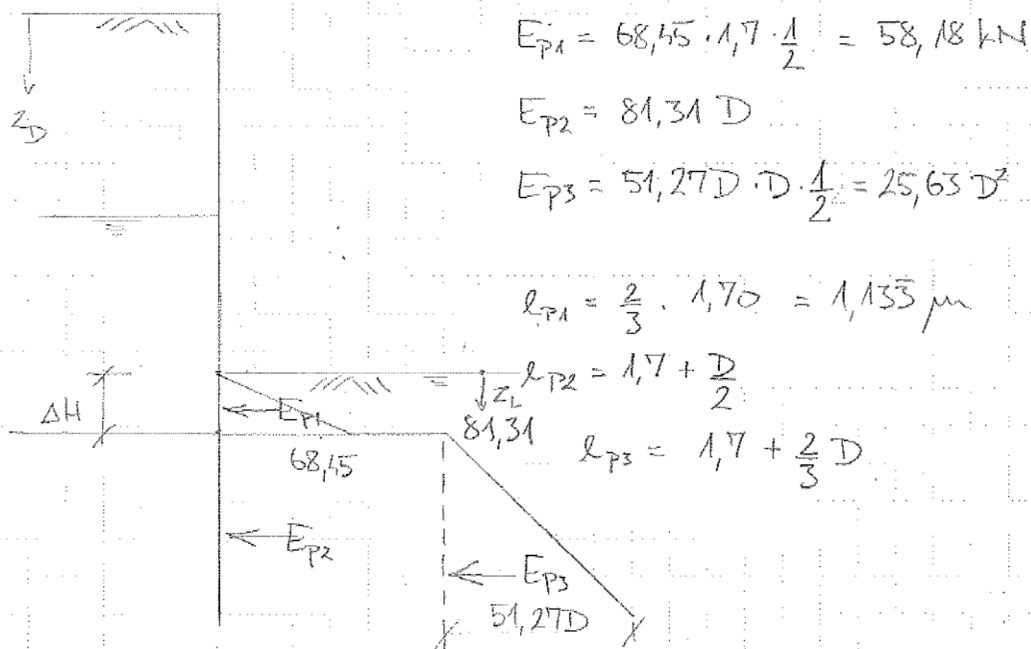
$$l_{a1} = \frac{2}{3} \cdot 5,30 = 3,533 \text{ m}$$

$$l_{a2} = \frac{4,10}{3} \left(\frac{2 \cdot 98,39 + 40,93}{98,39 + 40,93} \right) + 5,30 = 7,63 \text{ m}$$

$$l_{a3} = \frac{1,70}{3} \left(\frac{2 \cdot 122,3 + 98,39}{98,39 + 122,30} \right) + 9,40 = 10,28 \text{ m}$$

$$l_{a4} = 11,10 + \frac{D}{2}$$

$$l_{a5} = 11,10 + \frac{2}{3} D$$



DOLOČITEV REZULTANTE ZEM. PRITISKOV V ZG. SLOJU

$$E^P = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} - E_{P1} = 523,48 \text{ kN}$$

$$M^P = E_{a1} \cdot l_{a1} + E_{a2} \cdot l_{a2} + E_{a3} \cdot l_{a3} - E_{P1} \cdot l_{P1} = 7,408 \text{ m}$$

2. IZRAČUN GLOBINE VPETJA

Računi rezultirajočih pritiskov v računskem delu gradbene jame

Zaledna stran

$$P_{ad} = 109,44 \text{ kPa}$$

$$P_{D} = (5,3 \cdot 21,0 + 5,80(21,0 - 10,0) \cdot \frac{1,815}{1,4} + 8,2 \cdot 10,0 = 684,22 \text{ kPa}$$

Zračna stran

$$P_{az} = (1,7 \cdot (21,0 - 10,0) \cdot 0,208 \cdot 1,35 + 1,7 \cdot 10,0 = 22,25 \text{ kPa}$$

$$P_{PL} = 81,31 \text{ kPa}$$

$$P_{mD} = P_{TD} - P_{at} = 684,22 - 22,25 = 661,97 \text{ kPa}$$

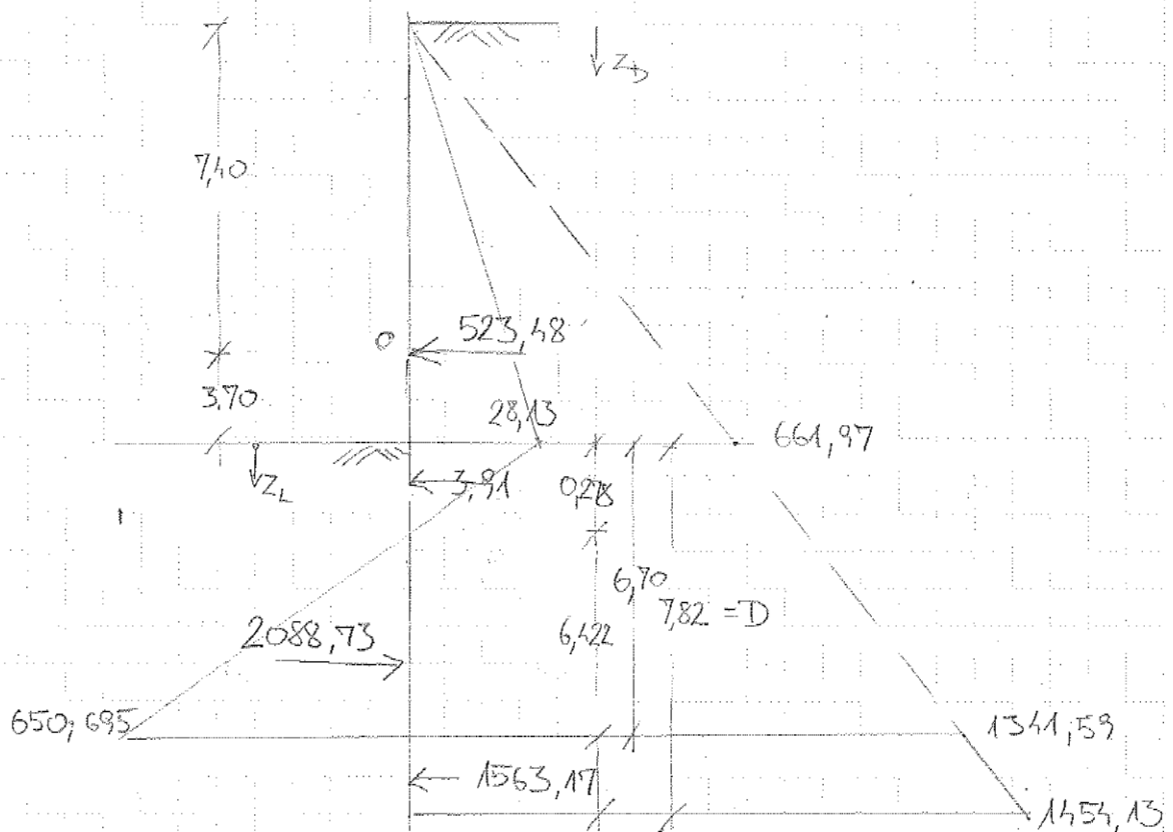
$$P_{mL} = P_{PL} - P_{at} = 81,31 - 109,44 = -28,13 \text{ kPa}$$

Rezultirajoči pritiski se z globino povečujejo enakomerno in sicer:

$$P_D = P_{mL} + \gamma (k_p - k_a) \cdot z_L = 661,97 + 101,35 z_L$$

$$P_L = P_{mD} + \gamma (k_p - k_a) \cdot z_D = -28,13 + 101,35 z_D$$

Prerez obmjen za 180°!



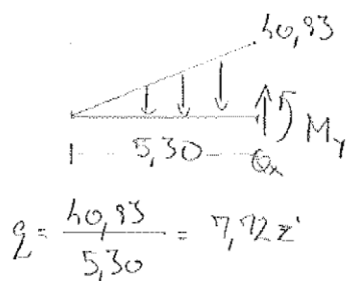
S pomočjo preglednice iterativno poiščemo globino vpetja pri kateri sta izpolnjeni ravnovesni enačbi

$$\sum H = 0, \quad \sum M^o = 0$$

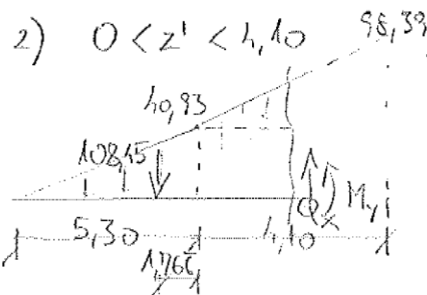
$$\begin{aligned} \sum H = 0 &\Rightarrow 2088,73 - 523,48 - 3,91 - 1563,17 = 1,83 \approx 0,0 \text{ kN}_y \\ \sum M^o = 0 &\Rightarrow 2088,73 \cdot 8,26 - 3,91 \cdot 4,534 - 1563,17 \cdot 10,97 = 0 \\ &17.252,91 - 17,73 - 17.147,97 = 87,2 \text{ kNm} \\ &\text{privzajem da } \frac{87,2}{17209} = 5,06\% \quad \sum \Pi^o = 0_y \end{aligned}$$

3. RAČUN NOTRANJNH STATIČNIH KOLIČIN

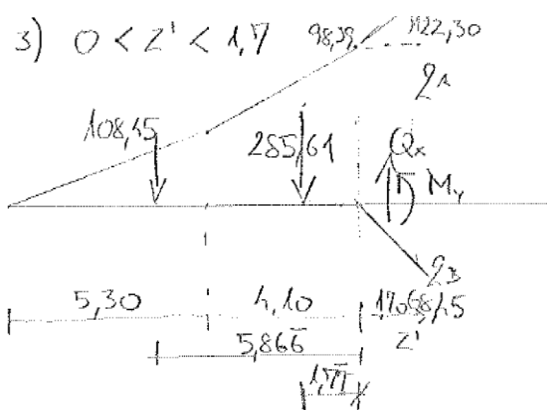
1) $0 < z' < 5,30$



$$\begin{aligned} M_y + 7,72 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} &= 0 \\ M_y = -1,287 z'^3 &\Rightarrow z'=0 \quad M_y = 0,0 \text{ kNm/m} \\ & \quad z'=5,3 \quad M_y = -191,55 \text{ kNm/m} \\ Q_x = -3,861 z'^2 &\Rightarrow z'=0 \quad Q_x = 0,0 \text{ kN/m} \\ & \quad z'=5,3 \quad Q_x = -108,45 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} M_y + 11,01 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 40,93 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 108,45 (1,76z) &= 0 \\ M_y = -2,335 z'^3 - 20,46 z'^2 - 191,59 - 108,45 z \\ z'=0 &\Rightarrow M_y = -191,59 \text{ kNm/m} \\ z'=4,10 &\Rightarrow M_y = -1.141,10 \text{ kNm/m} \\ Q_x = -7,005 z'^2 - 40,92 z' - 108,45 \\ z'=0 &\Rightarrow Q_x = -108,45 \text{ kN/m} \\ z'=4,10 &\Rightarrow Q_x = -393,98 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



$$q_A = \frac{(122,30 - 98,39)}{1,70} = 14,0647 \frac{1}{z'}$$

$$q_B = \frac{68,15}{1,70} = 40,26 z'$$

$$M_y + 14,065 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 98,39 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 285,61 \cdot (1,77 + z') + 108,15 (5,866 + z') - 40,26 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} = 0$$

$$M_y = -2,344 z'^3 - 49,195 z'^2 - 505,53 - 285,61 z' - 636,168 - 108,15 z' + 6,71 z'^3 = 4,366 z'^3 - 49,195 z'^2 - 394,06 z' - 1.141,698$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -1.141,69 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 1,7 \Rightarrow M_y = -1.932,32 \text{ kNm/m}$$

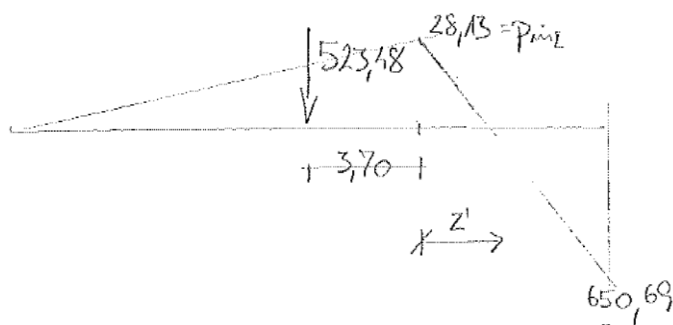
$$Q_x = 13,098 z'^2 - 98,39 z' - 394,06$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -394,06 \text{ kN/m}$$

$$z' = 1,7 \Rightarrow Q_x = -523,17 \text{ kN/m}$$

4) $0 < z' < 6,702$

$$q_A = 101,35 z'$$



$$M_y = -523,48 \cdot 3,70 - 523,48 \cdot z' + \int \left[-28,13 z' + 101,35 z' - 28,13 z' - 101,35 z' \right] dz$$

$$= -1936,876 - 523,48 z' + \left[-28,13 z^2 + 101,35 z^2 + 28,13 \frac{z^3}{2} - 101,35 \frac{z^3}{3} \right]$$

$$M_y = -1936,876 - 523,48z' - 28,13z'^2 + 50,675z'^3 + 14,065z'^2 - 33,783z'^3$$

$$= -1936,876 - 523,48z' - 14,065z'^2 + 16,89z'^3$$

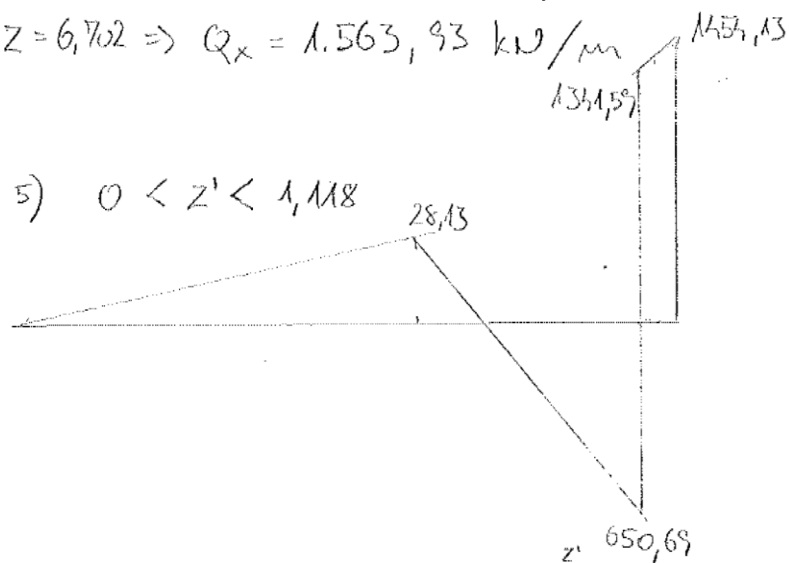
$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -1.936,876 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 6,702 \Rightarrow M_y = -992,56 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = -523,48 - 28,13z' + 50,67z'^2$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -523,48 \text{ kN/m}$$

$$z' = 6,702 \Rightarrow Q_x = 1.563,93 \text{ kN/m}$$



$$M_y = -992,56 + 1563,93 \cdot z' - \int_0^z (1341,59 + 101,35\xi)(z' - \xi) d\xi$$

$$= -992,56 + 1.563,93z' - \int_0^z (1341,59z' + 101,35\xi z' - 1341,59\xi - 101,35\xi^2) d\xi$$

$$= -992,56 + 1.563,93z' - \left[1.341,59z\xi + 101,35 \frac{\xi^2}{2} z' - 1341,59 \frac{\xi^2}{2} - 101,35 \frac{\xi^3}{3} \right]_0^z$$

$$= -992,56 + 1.563,93z' - \left[1341,59z^2 + 50,675z^3 - 670,79z^2 - 33,783z^3 \right]$$

$$= -992,56 + 1.563,93z' - 670,80z^2 - 16,892z^3$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -992,56 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 1,118 \Rightarrow M_y = -106,14 \text{ kNm/m}$$

$$F \quad Q_x = 1.563,93 - 1341,60 z' - 50,676 z'^2$$

$$z=0 \Rightarrow Q_x = 1563,93 \text{ kN}$$

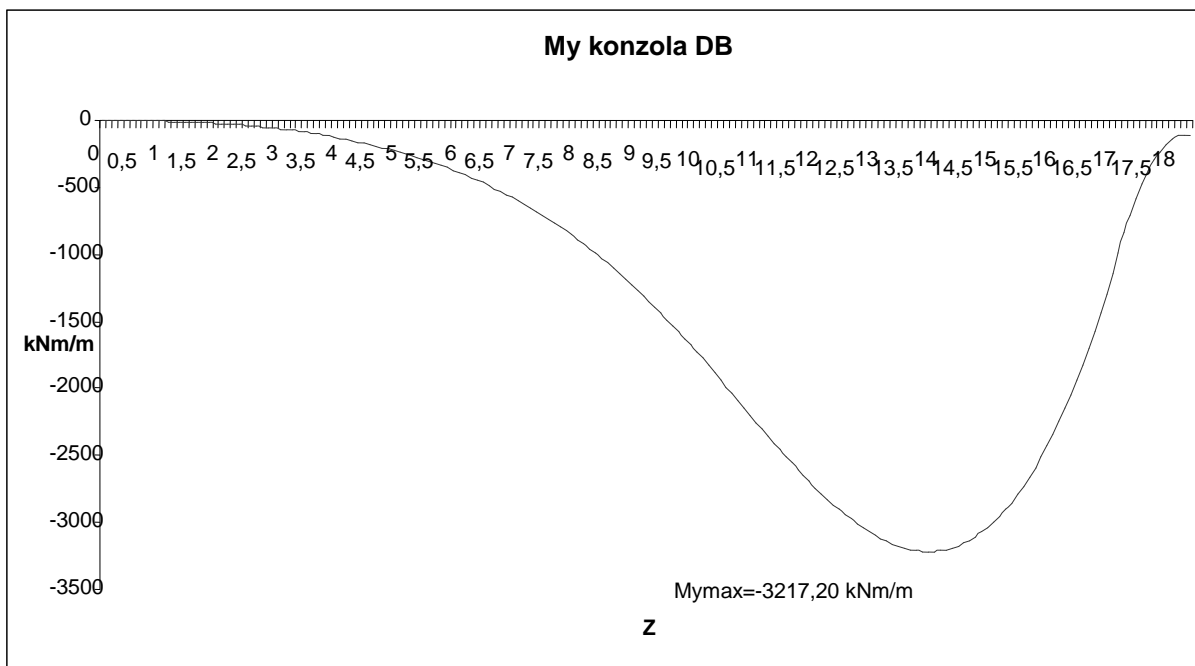
$$z=1,118 \Rightarrow Q_x = 0,68 \text{ kN/m} \approx 0,0 \text{ kN/m} \checkmark$$

Določitev M_{max} : $M_{max} \Rightarrow \frac{dM_y}{dz} = 0$

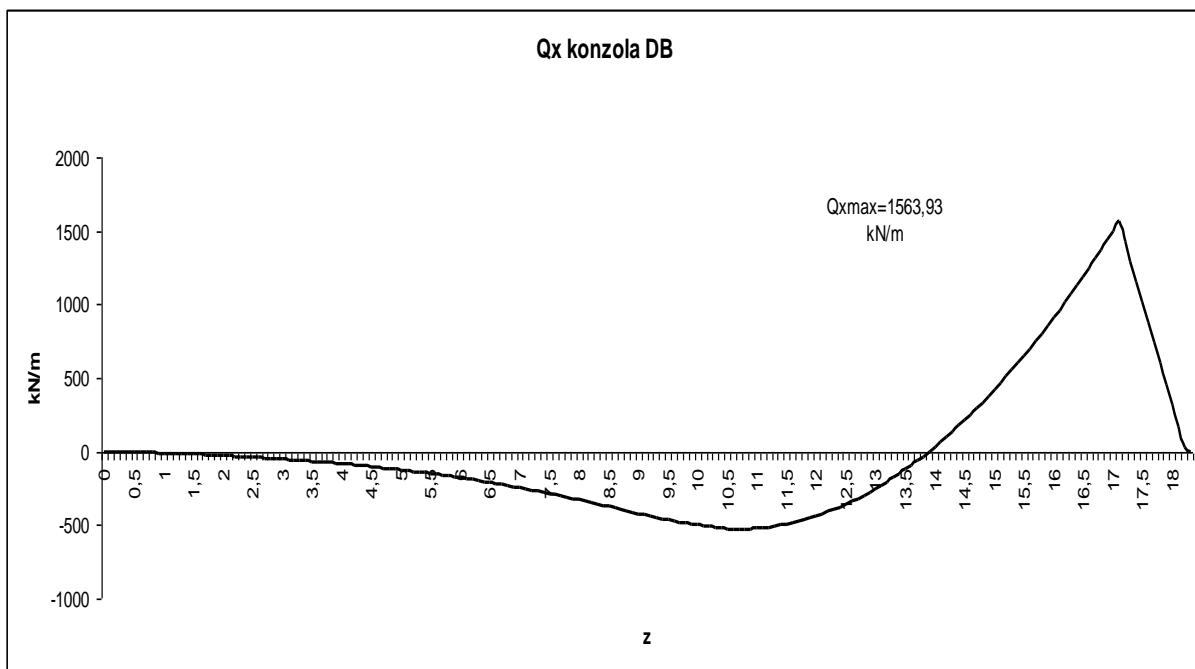
4. polje $Q_x = 50,67 z'^2 - 28,13 z' - 523,48$

$$z(Q_x=0) = 3,504 \text{ m}$$

$$M_y(z=3,504) = -3.217,20 \text{ kNm/m}$$

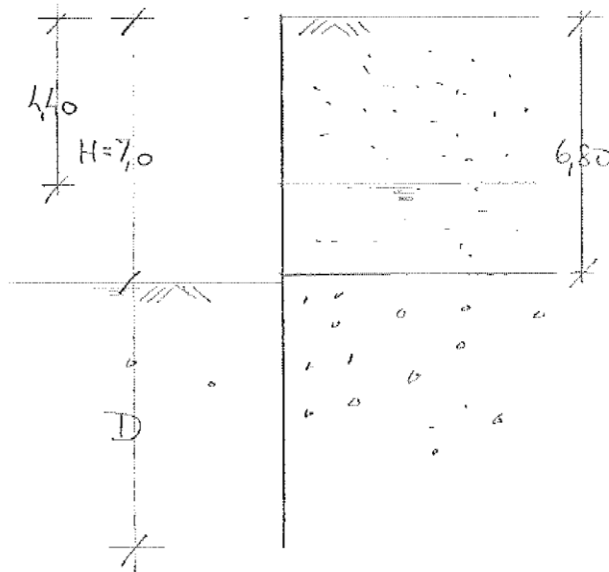


Grafikon 1: Diagram upogibnih momentov konzolne podporne konstrukcije DB



Grafikon 2: Diagram prečnih sil konzolne podporne konstrukcije DB

B) LB



$$\begin{aligned} \gamma &= 21,0 \text{ kN/m}^3 \\ \phi &= 36^\circ \\ c &= 0,0 \text{ kPa} \\ k_a &= \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) = 0,260 \\ k_p &= \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) = 3,852 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= 22,0 \text{ kN/m}^3 \\ \phi &= 41^\circ \\ c &= 0,0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_a &= \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) = 0,208 \\ k_p &= \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) = 4,815 \end{aligned}$$

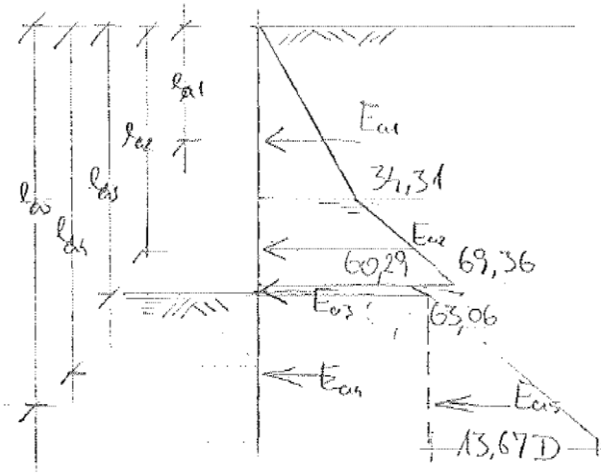
1. RAČUN ZEMELJSKIH PRITISKOV, REZULTANT

ZALEDNA STRAN

z(m)	σ_{zz} (kPa)	σ'_{zz} (kPa)	$p_{uw}=u$	p_a' (kPa)	p_a (kPa)
0	0	0	0	0	0
4,4	$92,10 + 5,36$ 97,76	97,76	0	$97,76 \cdot 0,26 \cdot 1,35$ 34,31	34,31
6,8	$112,80 + 10,43$ 153,23	129,23	24	$129,23 \cdot 0,26 \cdot 1,35$ 45,36	69,36
6,8	$112,80 + 10,43$ 153,23	129,23	24	$129,23 \cdot 0,208 \cdot 1,35$ 36,29	60,29
7,0	$117,20 + 10,80$ 158,0	132,0	26	$132,0 \cdot 0,26 \cdot 1,35$ 37,06	63,06
7,0+D	$158,0 + 22D$	$132,0 + 12D$	$26 + 10D$	$37,06 + 3,67D$	$63,06 + 13,67D$

ZRAČNA STRAN

z(m)	σ_{zz} (kPa)	σ'_{zz} (kPa)	$p_{uw}=u$ (kPa)	p_a' (kPa)	p_a (kPa)
0	0	0	0	0	0
D	22D	12D	10D	$12D \cdot 4,815 / 1,10$ $- 41,27D$	51,27D



$$E_{a1} = 34,31 \cdot 4,40 \cdot \frac{1}{2} = 75,19 \text{ kN}$$

$$E_{a2} = \left(\frac{34,31 + 69,36}{2} \right) \cdot 2,40 = 124,104 \text{ kN}$$

$$E_{a3} = \left(\frac{60,29 + 63,06}{2} \right) \cdot 0,20 = 12,33 \text{ kN}$$

$$E_{a4} = 63,06 \text{ D}$$

$$E_{a5} = 13,67 \cdot \frac{\text{D} \cdot \text{D}}{2} = 6,835 \text{ D}^2$$

$$l_{a1} = \frac{2}{3} \cdot 4,40 = 2,933 \text{ m}$$

$$l_{a2} = 4,40 + \frac{2,40}{3} \left(\frac{2 \cdot 69,36 + 34,31}{69,36 + 34,31} \right) = 5,1735 \text{ m}$$

$$l_{a3} = 6,80 + \frac{0,20}{3} \left(\frac{2 \cdot 63,06 + 60,29}{63,06 + 60,29} \right) = 6,90 \text{ m}$$

$$l_{a4} = 7,0 + \frac{\text{D}}{2}$$

$$l_{a5} = 7,0 + \frac{2}{3} \text{ D}$$

DOLOČITEV REZULTANTE ZEM. PRITISKOV V ZG. SLOJU

$$E = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} = 75,19 + 124,104 + 12,33 = 212,22 \text{ kN}$$

$$E^E = \frac{E_{a1} \cdot l_{a1} + E_{a2} \cdot l_{a2} + E_{a3} \cdot l_{a3}}{E} = \frac{1019,95}{212,22} = 4,80 \text{ m}$$

2: IZRAČUN GLOBINE VPETJA

Zemeljski pritiski v dnu gradbene jame

Zaledna stran

$$p_{ad} = 63,06 \text{ kPa}$$

$$p_{pd} = \left(4,40 \cdot 21,0 + 2,4 \cdot (21,0 - 10,0) + 0,20 \cdot (22,0 - 10,0) \right) \cdot \frac{4,815}{1,1} + 2,6 \cdot 10,0 = 112,84 \text{ kPa}$$

Zračna stran

$$p_{aL} = 0,0 \text{ kPa}$$

$$p_{pL} = 0,0 \text{ kPa}$$

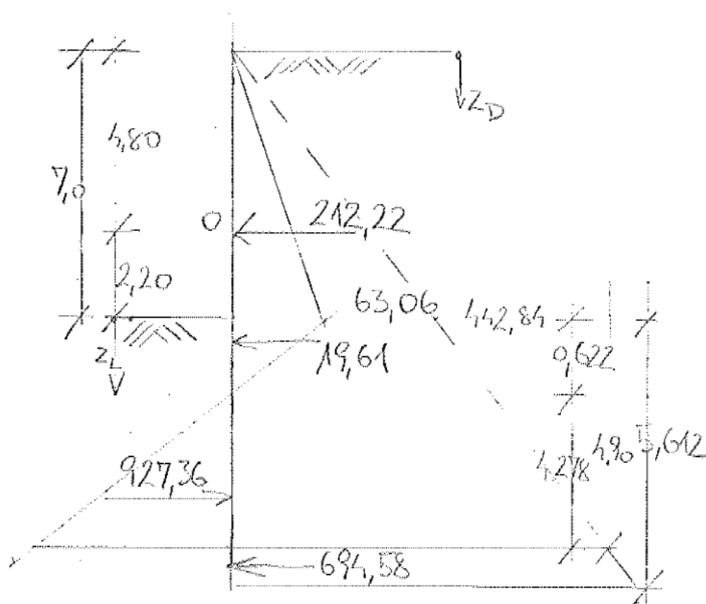
Rezultirajoči pritiski na dnu gradbene jame

$$p_{miL} = p_{pL} - p_{ad} = 0,0 - 63,06 = -63,06 \text{ kPa}$$

$$p_{miD} = p_{pD} - p_{aL} = 442,84 - 0,0 = 442,84 \text{ kPa}$$

Rezultirajoči pritiski naraščajo z globino z prirastkom:

$$\gamma_w (k_p - k_a) = 22,0 (4,815 - 0,208) = 101,35 \cdot z \text{ (kPa)}$$



S pomočjo preglednice iterativno poiščemo globino vpetj pri kateri sta izpolnjeni ravnotežni enačbi

$$\sum H = 0, \quad \sum M^o = 0$$

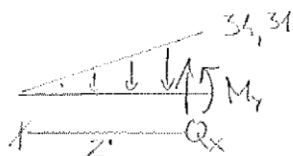
$$\sum H = 0 \Rightarrow 927,36 - 212,22 - 19,61 - 694,58 = 0,95 \approx 0 \checkmark$$

$$\sum M^o = 0 \Rightarrow -927,36 \cdot 5,67 + 19,61 \cdot 2,407 + 694,58 \cdot 7,46 = -33,07 \text{ kNm}$$

$$\text{privzamem da } \frac{33,07}{5261} = 6,3\text{‰} \approx 0,0 \checkmark$$

3. RAČUN NOTRANJIH STATIČNIH KOLIČIN

1) $0 < z' < 4,40$



$$M_y + 7,798 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} = 0$$

$$M_y = -1,30 z'^3 \Rightarrow z' = 0 \Rightarrow M_y = 0$$

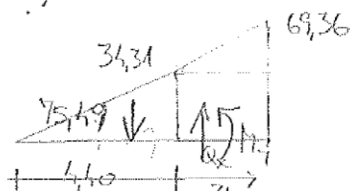
$$z' = 4,40 \Rightarrow M_y = -110,96 \text{ kNm}$$

$$q = \frac{34,31}{4,40} = 7,798 z$$

$$Q_x = -3,90 z'^2 \Rightarrow z' = 0 \Rightarrow Q_x = 0$$

$$z' = 4,40 \Rightarrow Q_x = -75,56 \text{ kN}$$

2) $0 < z' < 2,40$



$$M_y + 11,60 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 34,31 z' \cdot \frac{z'}{2} + 75,19 \cdot (4,40 + z') = 0$$

$$M_y = -2,13 z'^3 - 17,16 z'^2 - 75,48 z - 110,96$$

$$q = \left(\frac{69,36 - 34,31}{2,40} \right) = 11,60 z'$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -110,96 \text{ kNm}$$

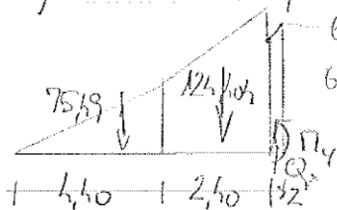
$$z' = 2,4 \Rightarrow M_y = -424,55 \text{ kNm}$$

$$Q_x = -7,23 z'^2 - 34,32 z' - 75,48$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -75,48 \text{ kN}$$

$$z' = 2,4 \Rightarrow Q_x = -199,81 \text{ kN}$$

3) $0 < z' < 0,20$



$$M_y + 13,85 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 60,29 z' \cdot \frac{z'}{2} + 124,40 \cdot (1,085 + z') + 75,19 \cdot (3,87 + z') = 0$$

$$M_y = -1,78 z'^3 - 30,16 z'^2 - 199,88 z' - 424,60$$

$$q = \left(\frac{63,06 - 60,29}{0,20} \right) = 13,85 z'$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -424,60 \text{ kNm}$$

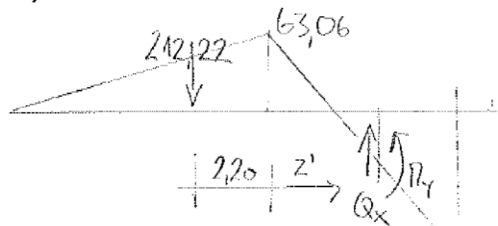
$$z' = 0,20 \Rightarrow M_y = -465,81 \text{ kNm}$$

$$Q_x = -5,34 z'^2 - 60,92 z' - 199,88$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -199,88 \text{ kN}$$

$$z' = 0,20 \Rightarrow Q_x = -212,28 \text{ kN}$$

4) $0 < z' < 4,80$



$$q = 101,35 z'$$

$$\begin{aligned} M_y &= -212,22 \cdot 2,20 - 212,22 \cdot z' - \int_0^z (+63,06 - 101,35 \xi) (z - \xi) d\xi \\ &= -466,88 - 212,22 z' - \int_0^z (+63,06 z' - 101,35 \xi z' - 63,06 \xi + 101,35 \xi^2) d\xi \\ &= -466,88 - 212,22 z' + \left[+63,06 z \xi - 101,35 \frac{\xi^2}{2} z' - 63,06 \frac{\xi^2}{2} + 101,35 \frac{\xi^3}{3} \right]_0^z \\ &= -466,88 - 212,22 z' - 63,06 z^2 + 50,675 z^3 + 31,53 z^2 - 33,782 z^3 \\ &= -466,88 - 212,22 z' - 31,53 z^2 + 16,89 z^3 \end{aligned}$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -466,88 \text{ kNm/m}$$

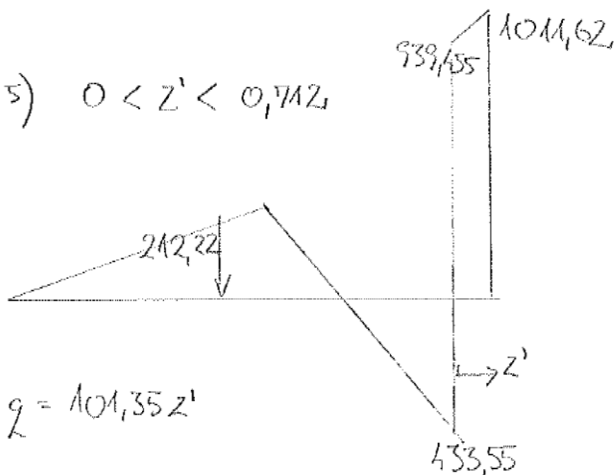
$$z' = 4,80 \Rightarrow M_y = -276,70 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = -212,22 - 63,06 z' + 50,67 z'^2$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -212,22 \text{ kN/m}$$

$$z' = 4,80 \Rightarrow Q_x = 695,52 \text{ kN/m}$$

5) $0 < z' < 0,712$



$$q = 101,35 z'$$

$$M_y = -276,70 + 939,52 \cdot z' - \int_0^z (939,55 + 101,35 \xi) (z - \xi) d\xi$$

$$\begin{aligned}
 \Gamma \quad M_y &= -276,70 + 695,52 z' - \int_0^z (939,455 z' + 101,35 \xi z' - 939,45 \xi - 101,35 \xi^2) d\xi \\
 &= -276,70 + 695,52 z' - \left[939,455 z' \xi + 101,35 \frac{\xi^2}{2} z' - 939,45 \frac{\xi^2}{2} - 101,35 \frac{\xi^3}{3} \right]_0^z \\
 &= -276,70 + 695,52 z' - 939,455 z'^2 - 50,675 z'^3 + 469,728 z'^2 + 33,78 z'^3 \\
 &= -276,70 + 695,52 z' - 469,73 z'^2 - 16,895 z'^3
 \end{aligned}$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -276,70 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 0,712 \Rightarrow M_y = -25,71 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = 695,52 - 939,46 z' - 50,685 z'^2$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 695,52 \text{ kN/m}$$

$$z' = 0,712 \Rightarrow Q_x = 0,93 \text{ kN/m} \approx 0,0 \text{ kN/m} \checkmark$$

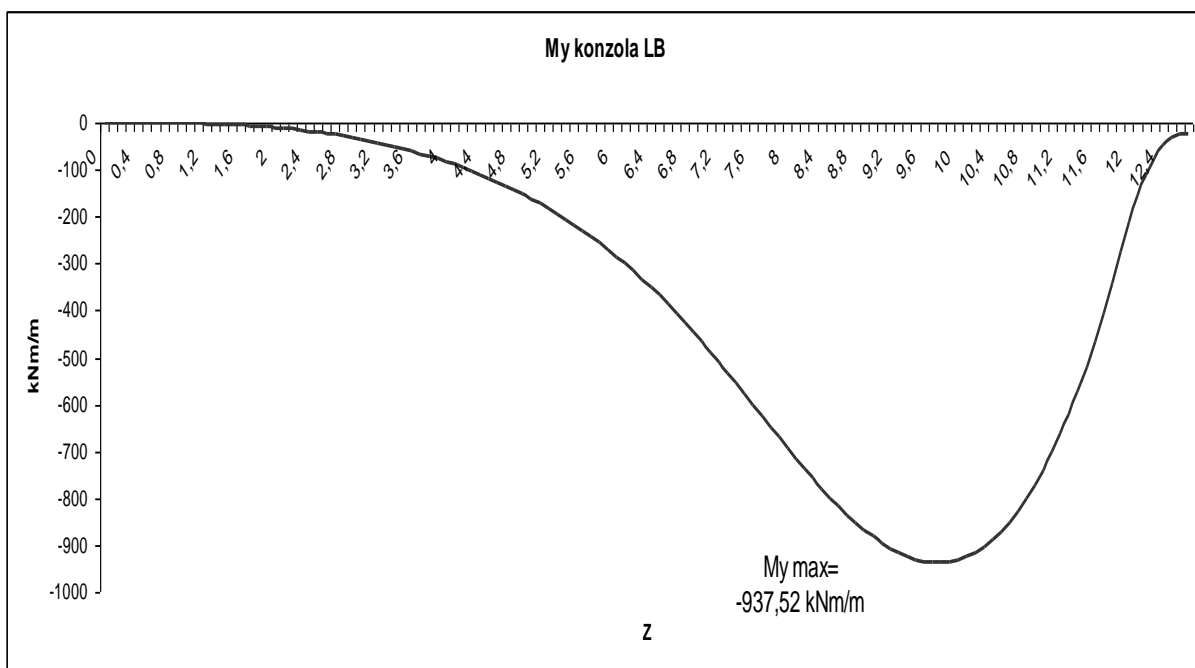
Določitev ekstremne vrednosti M_{\max}

$$\frac{dM_y}{dz} = 0 \Rightarrow \text{h. polje}$$

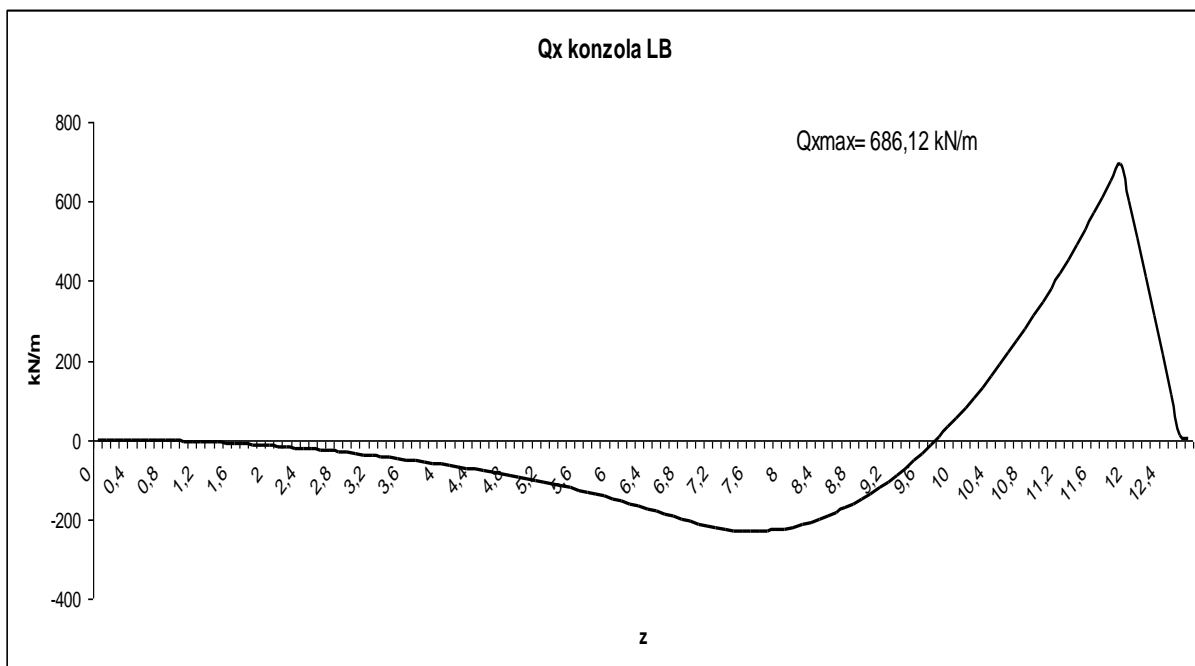
$$Q_x = 50,67 z'^2 - 63,06 z' - 212,22 = 0$$

$$Q_x = 0 \Rightarrow z = 2,761 \text{ m}$$

$$M_y(z = 2,761) = -937,68 \text{ kNm/m}$$



Grafikon 3: Diagram upogibnih momentov konzolne podporne konstrukcije LB

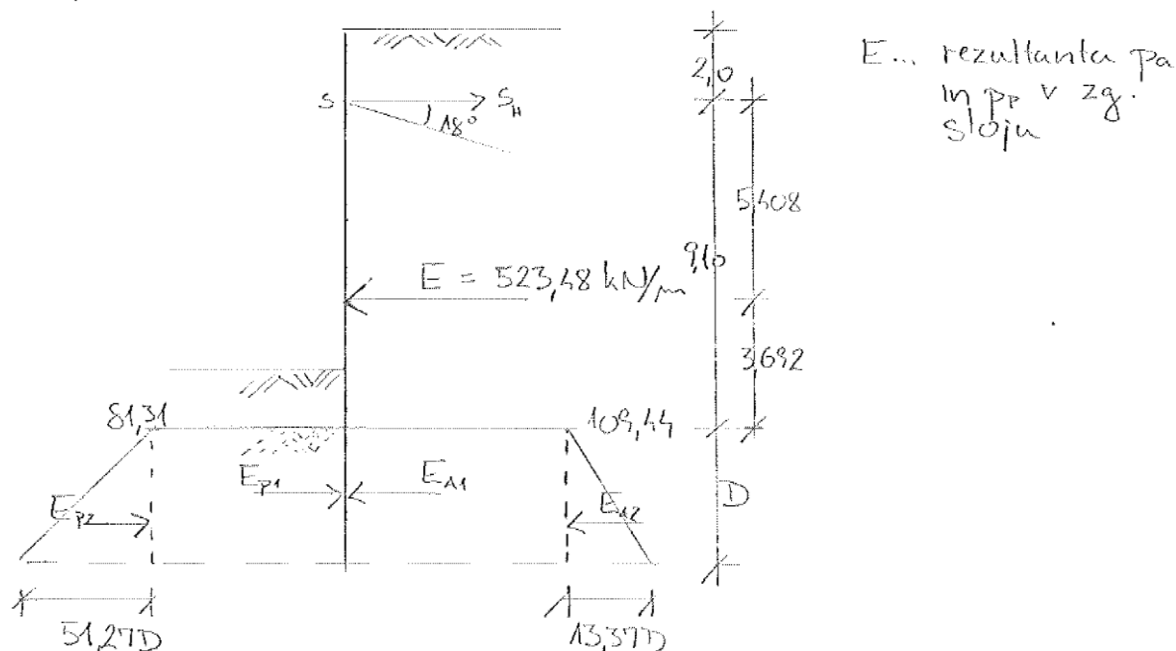


Grafikon 4: Diagram prečnih sil konzolne podporne konstrukcije LB

5.1.2 Sidrana pilotna stena

II. GEOSTATIČNI IZRAČUN SIDRANE PILOTNE STENE

A) DB



$$E_{a1} = 109,44 \cdot D$$

$$E_{a2} = 13,37 D \cdot D \cdot \frac{1}{2} = 6,685 D^2$$

$$E_{p1} = 81,31 \cdot D$$

$$E_{p2} = 51,27 D \cdot D \cdot \frac{1}{2} = 25,63 D^2$$

1. IZRAČUN SIDRNE SILE IN GLOBINE VPETJA

$$\sum M^s = 0$$

$$-523,48 \cdot 5,408 - 109,44 D \cdot \left(9,10 + \frac{D}{2}\right) - 6,685 D^2 \cdot \left(9,10 + \frac{2}{3} D\right) +$$

$$+ 81,31 D \cdot \left(9,10 + \frac{D}{2}\right) + 25,63 D^2 \cdot \left(9,10 + \frac{2}{3} D\right) = 0$$

$$-2830,98 - 995,90 D - 54,72 D^2 - 60,79 D^2 - 4,453 D^3 + 739,92 D +$$

$$+ 40,65 D^2 + 233,23 D^2 + 17,09 D^3 = 0$$

$$12,64 D^3 + 158,22 D^2 - 255,98 D - 2830,98 = 0$$

Iterativno določimo globino vpetja D pri pogoju $\sum M = 0$

$$D = 4,30 \text{ m}$$

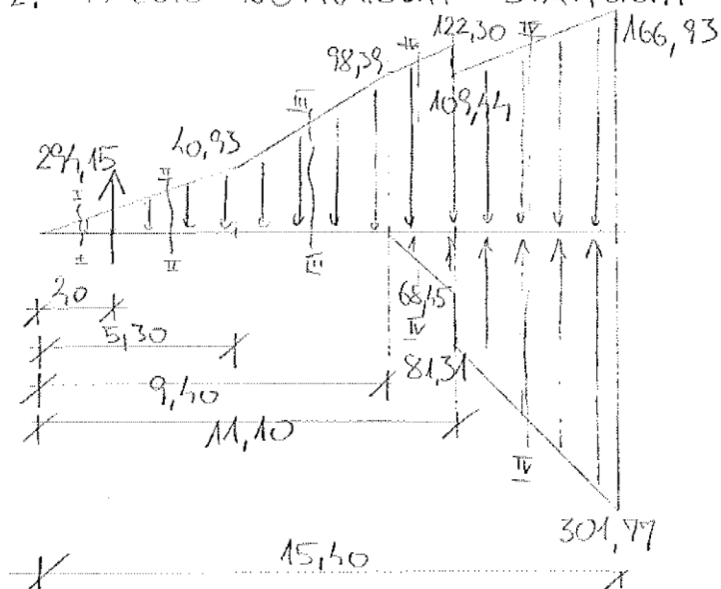
$$\sum E_A = 523,48 + 109,44 \cdot 4,30 + 6,685 \cdot 4,30^2 = 1.117,68 \text{ kN/m}$$

$$\sum E_P = 81,31 \cdot 4,30 + 25,63 \cdot 4,30^2 = 823,53 \text{ kN/m}$$

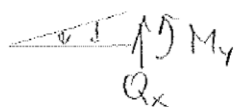
$$S_H = E_A - E_P = 1.117,68 - 823,53 = 294,15 \text{ kN/m}$$

$$S = \frac{S_H}{\cos 18} = 309,30 \text{ kN/m}$$

2. RAČUN NOTRANJNH STATIČNIH KOLIČIN



II $0 < z' < 2,0$



$$q = \frac{10,93}{5,30} = 2,06 \text{ kN/m}^2$$

$$M_y + 7,72 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} = 0$$

$$M_y = -1,287 z'^3$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = 0,0 \text{ kNm/m}$$

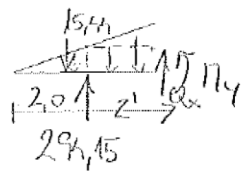
$$z' = 2,0 \Rightarrow M_y = -10,29 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = +3,861 z'^2$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 0,0 \text{ kN/m}$$

$$z' = 2,0 \Rightarrow Q_x = +15,44 \text{ kN/m}$$

II. $0 < z' < 3,3$



$$M_y + 15,44 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 7,72 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 15,44 \left(z' + \frac{1}{3} z' \right) - 294,15 \cdot z' = 0$$

$$M_y = -1,286 z'^3 - 7,72 z'^2 + 278,61 z' - 10,293$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -10,293 \text{ kNm/m}$$

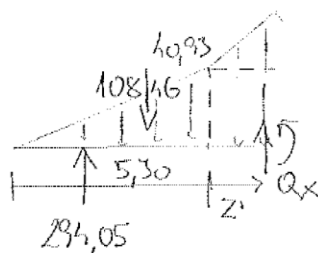
$$z' = 3,3 \Rightarrow M_y = 778,83 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = +3,86 z'^2 + 15,44 z' - 278,61$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -278,61 \text{ kN/m}$$

$$z' = 3,3 \Rightarrow Q_x = -185,62 \text{ kN/m}$$

III. $0 < z' < 4,10$



$$M_y + 11,01 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 40,93 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 108,46 \cdot (1,766 z') - 294,05 \cdot (3,30 + z') = 0$$

$$M_y = -2,33 z'^3 - 20,46 z'^2 + 185,59 z' + 778,82$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = 778,82 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 4,10 \Rightarrow M_y = 1.035,22 \text{ kNm/m}$$

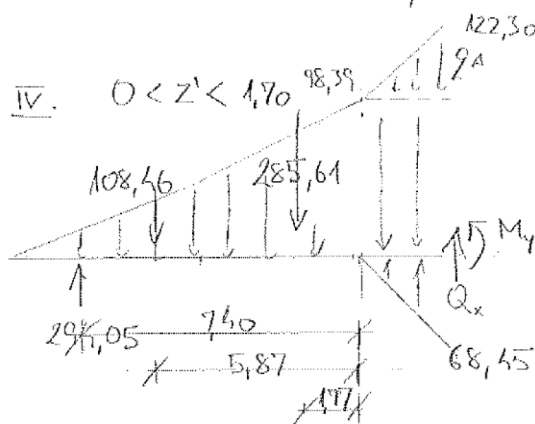
$$q = \left(\frac{98,39 - 40,93}{4,10} \right) \cdot z$$

$$= 14,01 z'$$

$$Q_x = 7,005 z'^2 + 40,93 z' - 185,59$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -185,59 \text{ kN/m}$$

$$z' = 4,10 \Rightarrow Q_x = 99,97 \text{ kN/m}$$



IV. $0 < z' < 1,70$

$$q_A = \frac{122,30 - 98,39}{1,70} = 14,06 z'$$

$$q_B = \frac{68,45}{1,70} = 40,26 z'$$

$$M_y + 98,39 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 11,06 z' \cdot z' \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 285,61 (1,17 + z')$$

$$+ 108,46 (5,87 + z') - 294,05 \cdot (7,40 + z') - 40,26 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3}$$

$$M_y = 4,37 z'^3 - 19,19 z'^2 - 100,16 z' + 1033,78$$

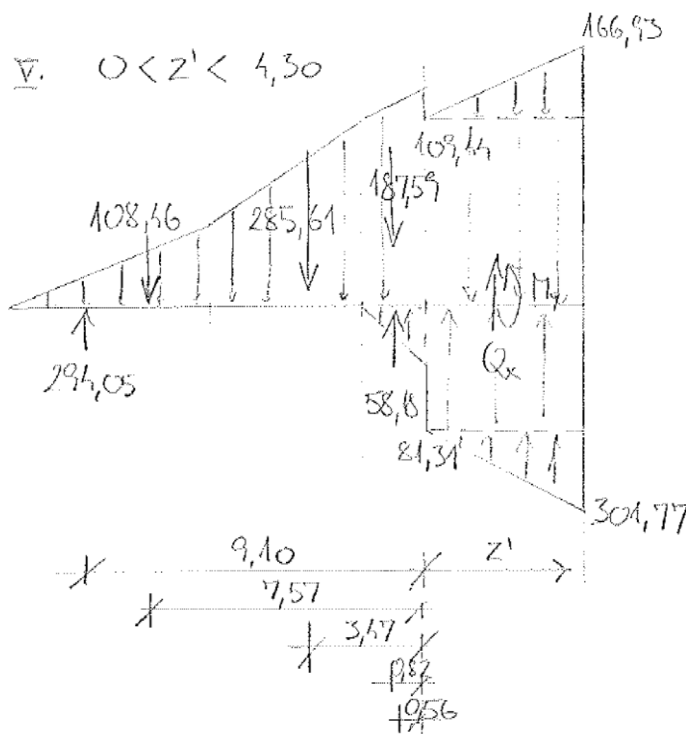
$$z' = 0 \Rightarrow M_y = 1033,78 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 1,70 \Rightarrow M_y = 725,72 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = -13,10 z'^2 + 98,39 z' + 100,02$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 100,02 \text{ kN/m}$$

$$z' = 1,70 \Rightarrow Q_x = 229,42 \text{ kN/m}$$



$$q_A = \frac{(166,93 - 109,44)}{4,30}$$

$$= 13,37 z'$$

$$q_B = \frac{(301,77 - 81,31)}{4,30}$$

$$= 51,27 z'$$

$$M_y + 13,37 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 109,44 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 187,59 (0,82 + z') +$$

$$+ 285,61 (3,17 + z') + 108,46 (7,57 + z') - 294,10 (9,10 + z')$$

$$- 58,18 \cdot (0,56 + z') - 81,31 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} - 51,27 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} = 0$$

$$M_y = 6,323 z'^3 - 14,07 z'^2 - 229,43 z' + 742,50$$

$$z' = 0 \quad M_y = 742,50 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 4,30 \quad M_y = -1,48 \text{ kNm/m} \approx 0,0 \text{ kNm/m}$$

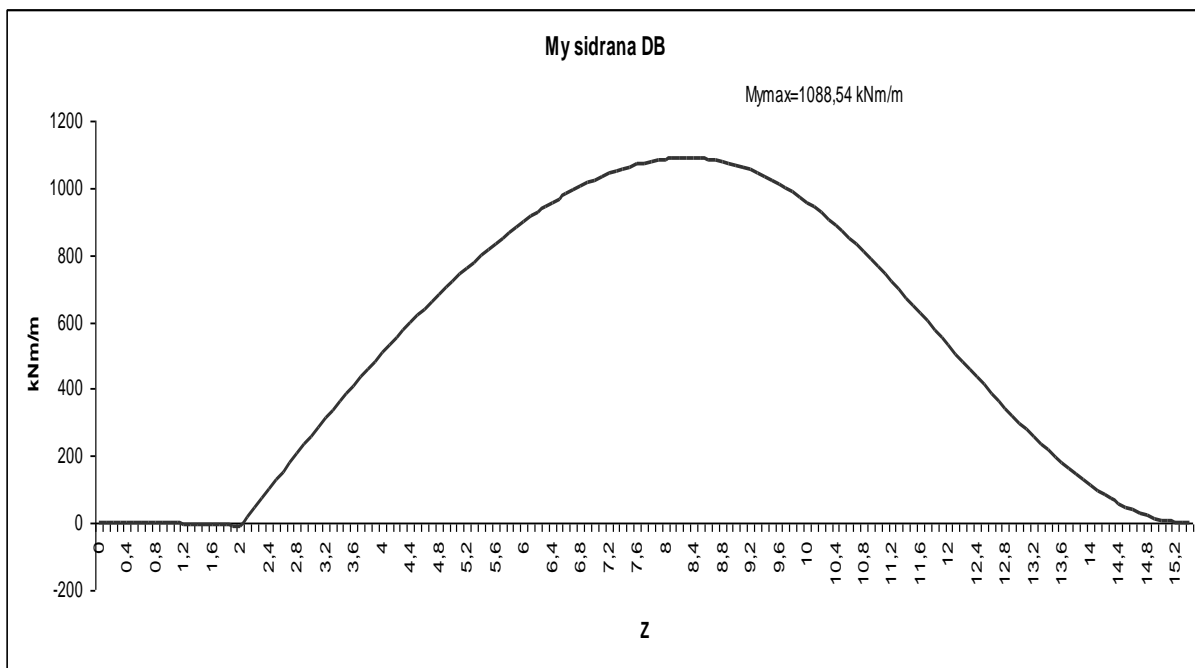
$$Q_x = -18,95 z'^2 + 28,13 z' + 229,43$$
$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 229,43 \text{ kN/m}$$
$$z' = 4,30 \Rightarrow Q_x = 0,0035 \text{ kN/m} \approx 0,0 \text{ kN/m}$$

Določitev ekstremne vrednosti M_y^{\max} .

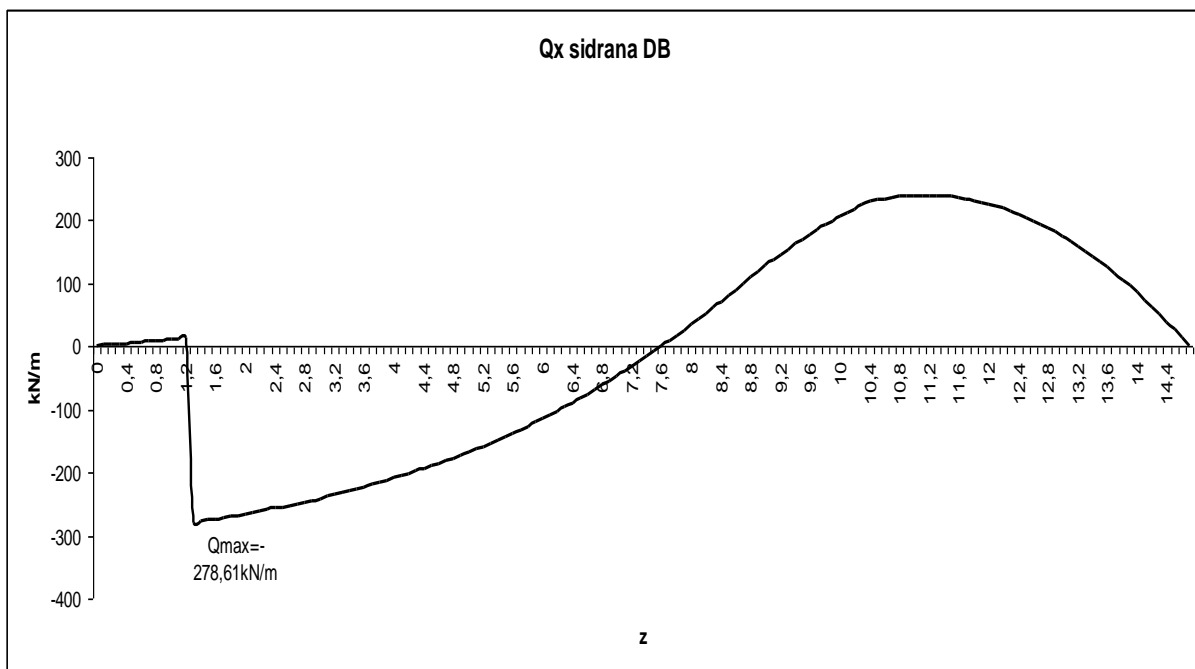
$$\frac{dM_y}{dz} = 0 \Rightarrow \text{III. polje}$$

$$Q_x = 7,005 z'^2 + 40,93 z' - 185,59 = 0 \Rightarrow z' = 2,997 \text{ m}$$

$$M_y^{\max} = 1.088,54 \text{ kNm/m}$$

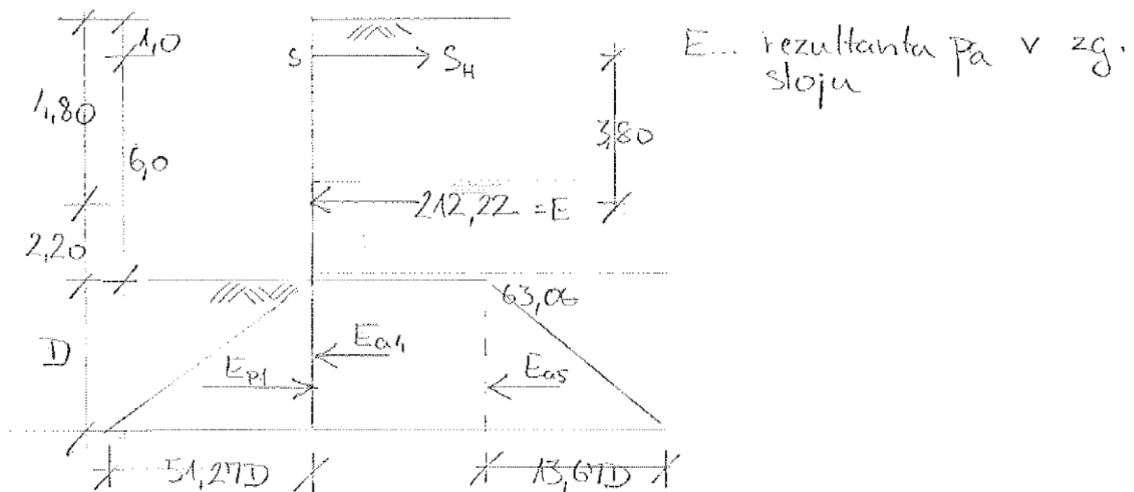


Grafikon 5: Diagram upogibnih momentov sidrane podporne konstrukcije DB



Grafikon 6: Diagram prečnih sil sidrane podporne konstrukcije DB

B) LB



$$E_{al} = 63,06 D$$

$$E_{as} = 13,67 D \cdot \frac{D}{2} = 6,835 D^2$$

$$E_{pl} = 51,27 D \cdot \frac{D}{2} = 25,63 D^2$$

1. IZRAČUN STRANNE SILE IN GLOBINE VPETJA

$$\sum M^s = 0$$

$$\begin{aligned} & -212,22 \cdot 3,80 - 63,06 D \cdot \left(6,0 + \frac{D}{2}\right) - 6,835 D^2 \cdot \left(6,0 + \frac{2}{3} D\right) + \\ & + 25,63 D^2 \left(6,0 + \frac{2}{3} D\right) = 0 \\ & -806,44 - 378,36 D - 31,53 D^2 - 44,01 D^2 - 4,56 D^3 + 153,78 D^2 \\ & + 17,09 D^3 = 0 \end{aligned}$$

$$12,53 D^3 + 81,24 D^2 - 378,36 D - 806,44 = 0$$

Iterativno določimo globino vpetja D ;

$$D = 4,235 \text{ m} \Rightarrow 4,24 \text{ m}$$

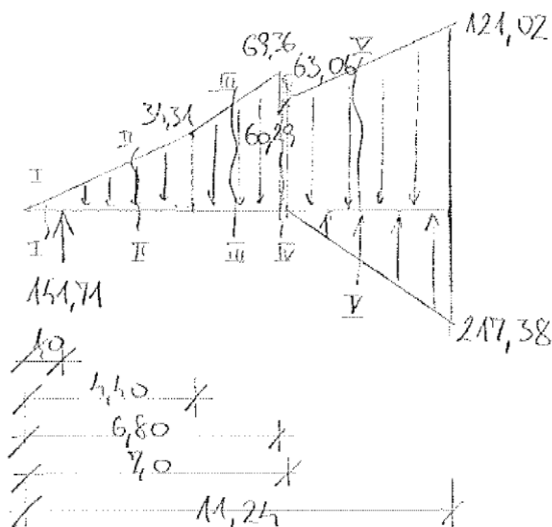
$$\sum E_a = 212,22 + 63,06 \cdot 4,24 + 6,835 \cdot 4,24^2 = 602,47 \text{ kN/m}$$

$$\sum E_p = 25,63 \cdot 4,24^2 = 460,76 \text{ kN/m}$$

$$S_H = \sum E_a - \sum E_p = 602,47 - 460,76 = 141,71 \text{ kN/m}$$

$$S = \frac{S_H}{\cos 20^\circ} = 150,80 \text{ kN/m}$$

2. RAČUN NOTRAJNJIH STATIČNIH KOLIČIN



I. $0 < z' < 1,0$

$$M_y + 7,79 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} = 0$$

$$M_y = -1,297 z'^3$$



$$q = \frac{34,31}{1,40} = 7,79 z'$$

$$z' = 0 \Rightarrow H_y = 0,0 \text{ kN/m/m}$$

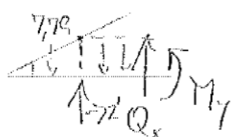
$$z' = 1,0 \Rightarrow M_y = -1,30 \text{ kN m/m}$$

$$Q_x = 3,89 z'^2$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 0,0 \text{ kN/m}$$

$$z' = 1,0 \Rightarrow Q_x = 3,89 \text{ kN/m}$$

II. $0 < z' < 3,40$



$$q = 7,79 z'$$

$$M_y + 7,79 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 7,79 \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{2} + \frac{7,79}{2} \left(\frac{1}{3} + z' \right) - 141,71 \cdot z' = 0$$

$$M_y = -1,296 z'^3 - 3,89 z'^2 + 137,82 z' - 1,296$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = -1,296 \text{ kN m/m}$$

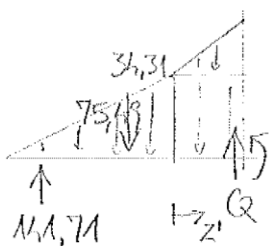
$$z' = 3,4 \Rightarrow M_y = 371,38 \text{ kN m/m}$$

$$Q_x = 3,89 z'^2 + 7,78 z' - 137,82$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -137,82 \text{ kN/m}$$

$$z' = 3,4 \Rightarrow Q_x = -66,40 \text{ kN/m}$$

III $0 < z' < 2,40$



$$M_y + 34,31 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 14,60 z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 75,19 \cdot (1,165 + z') - 111,71 \cdot (3,40 + z') = 0$$

$$M_y = -2,43 z'^3 - 17,15 z'^2 + 66,22 z' + 371,60$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = 371,60 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 2,4 \Rightarrow M_y = 388,15 \text{ kNm/m}$$

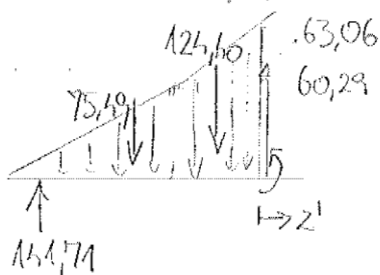
$$q = \frac{69,36 - 34,31}{2,40} = 14,60 \text{ kN/m}$$

$$Q_x = 7,30 z'^2 + 34,31 z' - 66,22$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = -66,22 \text{ kN/m}$$

$$z' = 2,4 \Rightarrow Q_x = 58,17 \text{ kN/m}$$

IV $0 < z' < 0,20$



$$M_y + 60,29 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 13,85 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 124,11 (1,06 + z') + 75,19 \cdot (3,87 + z') - 111,71 (5,80 + z') = 0$$

$$M_y = -2,31 z'^3 - 30,15 z'^2 - 58,18 z' + 397,28$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = 397,28 \text{ kNm/m}$$

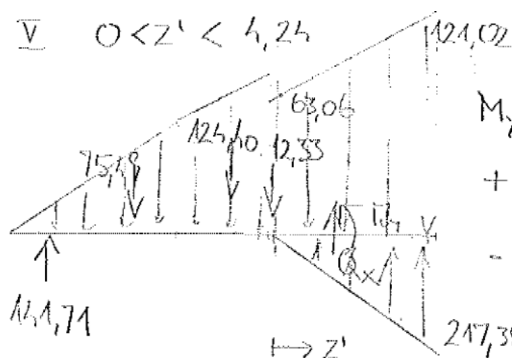
$$z' = 0,2 \Rightarrow M_y = 384,42 \text{ kNm/m}$$

$$q = \frac{63,06 - 60,29}{0,20} = 13,85$$

$$Q_x = 6,94 z'^2 + 60,29 z' + 58,18$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 58,18 \text{ kN/m}$$

$$z' = 0,2 \Rightarrow Q_x = 70,51 \text{ kN/m}$$



$$M_y + 13,67 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} + 63,06 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} + 12,33(0,1+z')$$

$$+ 124,40 \cdot (1,26+z') + 175,49(4,07+z') -$$

$$- 141,71 \cdot (6,0+z') - 51,26 \cdot z' \cdot \frac{z'}{2} \cdot \frac{z'}{3} = 0$$

$$q_A = \frac{121,02 - 63,06}{4,24} = 13,67 z'$$

$$q_B = \frac{217,38}{4,24} = 51,26 z'$$

$$M_y = 6,32 z'^3 - 31,53 z'^2 - 70,51 z' + 385,05$$

$$z' = 0 \Rightarrow M_y = 385,05 \text{ kNm/m}$$

$$z' = 4,24 \Rightarrow M_y = 0,996 \approx 0,0 \text{ kNm/m}$$

$$Q_x = -18,80 z'^2 + 63,06 z' + 70,51$$

$$z' = 0 \Rightarrow Q_x = 70,51 \text{ kN/m}$$

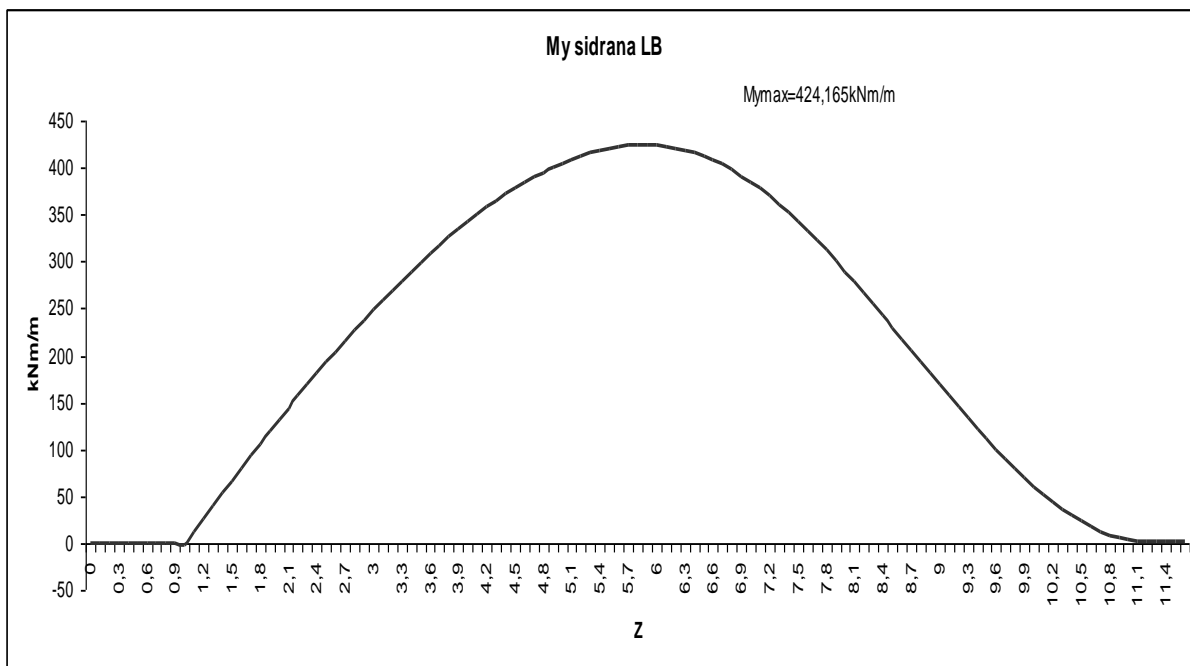
$$z' = 4,24 \Rightarrow Q_x = -0,094 \approx 0,0 \text{ kN/m}$$

Določitev M_y^{\max} :

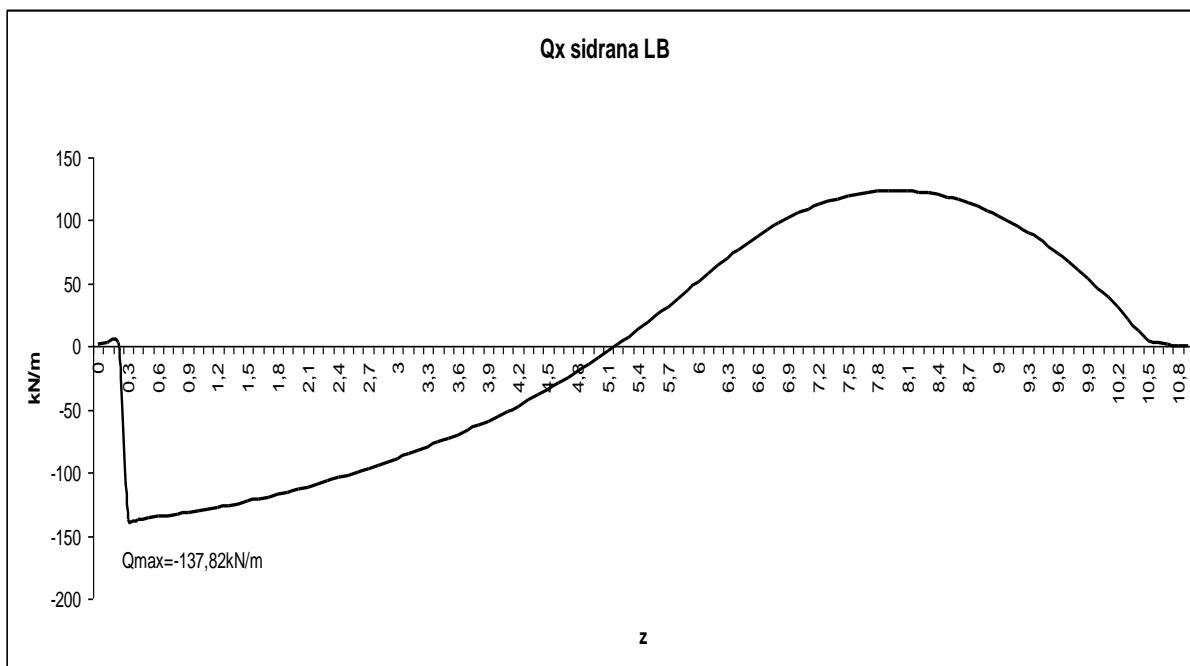
$$\frac{dM_y}{dz} = 0 \Rightarrow \text{III. polje}$$

$$Q_x = 7,30 z'^2 + 34,31 z' - 66,22 = 0 \Rightarrow z' = 1,47 \text{ m}$$

$$M_y^{\max} = 424,165 \text{ kNm/m}$$



Grafikon 7: Diagram upogibnih momentov sidrane podporne konstrukcije LB

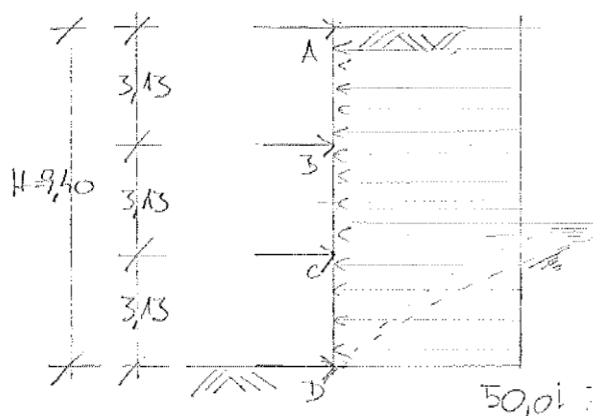


Grafikon 8: Diagram prečnih sil sidrane podporne konstrukcije LB

5.1.3 Razprta pilotna stena

III. GEOSTATIČNI RAČUN RAZPRTE PILOTNE STENE

A) DB



Prodi:
 $\mu = 24,0 \text{ kN/m}^3$
 $\varphi' = 36^\circ$

1. Privzamemo pravokotno obliko diagrama aktivnih zemeljskih pritiskov

2. Privzamemo izkušveno vrednost zemeljskega pritiska za peske:

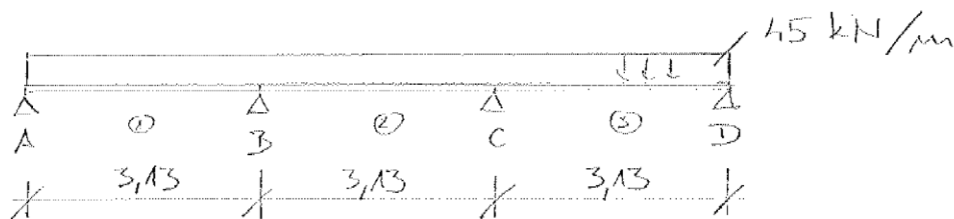
$$p_a = 0,65 \mu H \cdot \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$p_a = 0,65 \cdot 24,0 \cdot 9,4 \cdot \tan^2(27^\circ) = 33,31 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} / \text{m}$$

$$\mu_g = 1,35$$

$$p_{a,d} = 33,31 \cdot 1,35 = 44,97 \text{ kPa/m} = 45,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} / \text{m}$$

1. Obremenitev



Reakcije in notranje statične količine izračunamo s pomočjo preglednic \Rightarrow kontinuirni nosilec preko treh polj z zvezno obtežbo:

$$M_1 = 0,080 \cdot q \cdot l^2 = 0,080 \cdot 45,0 \cdot 3,13^2 = 35,27 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = 0,025 \cdot q \cdot l^2 = 0,025 \cdot 45,0 \cdot 3,13^2 = 11,02 \text{ kNm/m}$$

$$M_3 = M_1 = 0,080 \cdot q \cdot l^2 = 35,27 \text{ kNm/m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{2b} &= -0,100 \cdot q \cdot l^2 = -0,100 \cdot 45,0 \cdot 3,13^2 = -44,08 \text{ kNm/m} \\
 M_c &= -0,100 \cdot q \cdot l^2 = -0,100 \cdot 45,0 \cdot 3,13^2 = -44,08 \text{ kNm/m} \\
 T_{1a} &= 0,400 \cdot q \cdot l = 0,400 \cdot 45,0 \cdot 3,13 = 56,34 \text{ kN/m} \\
 T_{1b} &= -0,600 \cdot q \cdot l = -0,600 \cdot 45,0 \cdot 3,13 = -84,51 \text{ kN/m} \\
 T_{2b} &= 0,500 \cdot q \cdot l = 0,500 \cdot 45,0 \cdot 3,13 = 70,42 \text{ kN/m} \\
 T_{2c} &= -0,500 \cdot q \cdot l = -0,500 \cdot 45,0 \cdot 3,13 = -70,42 \text{ kN/m} \\
 T_{3c} &= 0,600 \cdot q \cdot l = 0,600 \cdot 45,0 \cdot 3,13 = 84,51 \text{ kN/m} \\
 T_{3d} &= 0,400 \cdot q \cdot l = 0,400 \cdot 45,0 \cdot 3,13 = 56,34 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

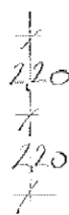
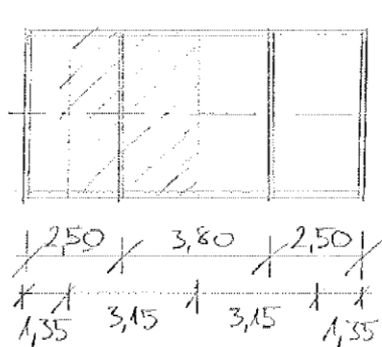
Reakcije:

$$A = D = T_{1a} = T_{3d} = 56,34 \text{ kN/m}$$

$$B = C = |T_{1b}| + |T_{2b}| = 84,51 + 70,42 = 154,93 \text{ kN/m}$$

Site v razporah

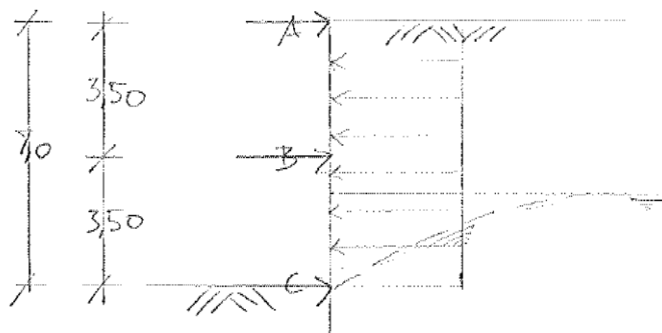
Planis gradbene jame:



$$A = 56,34 \cdot 3,15 = 177,47 \text{ kN} = D$$

$$B = 154,93 \cdot 3,15 = 488,03 \text{ kN} = C$$

B) LB



Prod:

$$\mu = 21,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 36^\circ$$

1. Privzamemo pravokotno obliko diagrama aktivnih zemeljskih pritiskov

2. Izkuštena vrednost zemeljskega pritiska za peske

$$P_a = 0,65 \cdot \mu \cdot H \cdot \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$P_a = 0,65 \cdot 21,0 \cdot 7,0 \cdot \tan^2 27^\circ$$

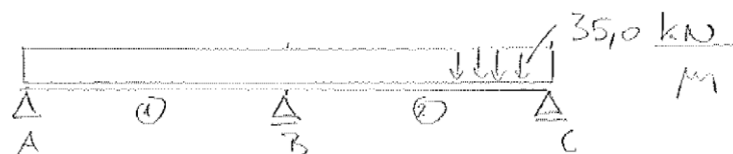
$$= 24,806 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} / \text{m}$$

$$\mu_s = 1,35$$

$$P_{a,d} = 24,806 \cdot 1,35 = 34,39$$

$$= 35,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} / \text{m}$$

Obremenitev



Reakcije, notranje statične količine izračunamo s pomočjo preglednice → kontinuirni nosilec preko dveh polj obremenjen z zvezno obtežbo

$$M_a = 0,070 \cdot q \cdot l^2 = 0,070 \cdot 35,0 \cdot 3,50^2 = 30,01 \text{ kNm/m}$$

$$M_b = -0,125 \cdot q \cdot l^2 = -0,125 \cdot 35,0 \cdot 3,50^2 = -53,59 \text{ kNm/m}$$

$$A = 0,375 \cdot q \cdot l = 0,375 \cdot 35,0 \cdot 3,50 = 45,94 \text{ kN/m}$$

$$Q_{ab} = -0,625 \cdot q \cdot l = -0,625 \cdot 35,0 \cdot 3,50 = -76,56 \text{ kN/m}$$

$$B = 1,250 \cdot q \cdot l = 1,250 \cdot 35,0 \cdot 3,50 = 153,12 \text{ kN/m}$$

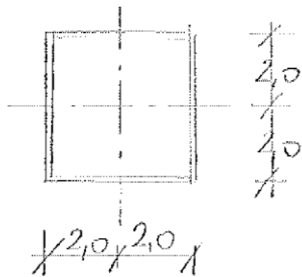
Reakcije :

$$A = C = 45,94 \text{ kN/m}$$

$$B = 153,12 \text{ kN/m}$$

Sile v razporah :

Planis gradbene jame



5.2 Geostatični račun s programom Plaxis po MKE

5.2.1 Splošno o programu Plaxis V8 2D

Program Plaxis deluje v štirih delovno povezanih podprogramih in sicer:

- Plaxis input
- Plaxis calculations
- Plaxis output
- Plaxis curves

V Plaxis input podprogramu izdelamo računski model. Poleg osnovnih definicij računskega modela (napetostno stanje, enote,...) definiramo še geometrijske značilnosti modela, lastnosti temeljnih tal, podzemno vodo, dodatno obtežbo. Temeljnim tlem določimo trdnostne, deformacijske in vodoprepustne karakteristike, podzemni vodi določimo piezometrične nivoje, definiramo velikost in smer dodatne obtežbe. Elementom, ki jih uporabimo pri konkretnem varovanju gradbene jame, določimo osne in upogibne togosti, težo, ... Pred prehodom v računski del Plaxis calculations moramo preračunati začetne vrednosti napetosti v tleh in pornih tlakov.

V podprogramu Plaxis calculations definiramo poleg faznosti izvedbe še tip računa. Za posamezno fazo je omogočen vpogled v dosežene računske parametre, ki so zlasti uporabni ko se račun »ustavi« v določeni fazi. V tem podprogramu lahko kot rezultat izračuna pridobimo podatek o doseženih varnostih količnikih obtežbenih primerov računskih modelov. V podprogramu Plaxis output grafično in numerično pregledujemo izračunane parametre. Nivoju diplomske naloge ustrezno je uporabljen samo del razpoložljivih rezultatov in sicer: notranje statične količine, deformacije, napetosti ter generalni podatki o preračunanem računskem modelu.

Podprogram Plaxis curves je uporabljen za izdelavo diagramov, npr. navpičnih premikov temeljev sosednjega objekta, itd.

Program Plaxis 8.2 2D je uporaben za vrsto različnih geotehničnih računskih primerov. Pri računanju obravnavanih primerov je uporabljen samo majhen del možnosti, ki jih nudi ta na MKE temeljujoč računalniški program.

5.2.2 Metodologija dela

Pri računu z metodo MKE je potrebno vnaprej definirati geostatični model elementov z vsemi parametri kot so dimenzijske, trdnostne, deformabilnostne, vodoprepustnostne karakteristike. Pri načinih varovanja gradbene jame so iz analitičnih računov privzete dolžine pilotov, prerez pilotov je določen iz interakcijskih diagramov analitično izračunanih projektnih obremenitev. Trdnostne, deformacijske in vodoprepustnostne karakteristike so privzete iz geotehničnega poročila. Upoštevana elastična modula za beton in jeklo sta:

- $E_{cm} = 31,0 \text{ GPa}$
- $E_s = 210,0 \text{ GPa}$

Račun s programom Plaxis izvedemo v projektnih izračunih STR in GEO po projektnem pristopu PP1, ki zahteva izračun konstrukcije ob upoštevanju različnih delnih faktorjev. Priporočen izračun projektnega pristopa PP1 izvedemo ob upoštevanju vseh ključnih faz:

- Izvedemo izračun mejnega stanja uporabnosti (MSU)
- Izvedemo kontrolo mejnega stanja nosilnosti (MSN) za vse gradbene faze na dva načina, kjer se v računu uporabijo delni faktorji za vplive in parametre trdnosti tal skladno s projektnim pristopom PP1

Izračun na mejno stanje uporabnosti izvedemo ob upoštevanju karakterističnih vrednosti materialnih parametrov zemljin in konstrukcije, karakteristične geometrije in karakterističnih podatkov o nivojih talne vode. Za elemente konstrukcije, sider ali razpor, ki jih običajno upoštevamo kot linearno elastične elemente, upoštevamo dejanske – karakteristične togosti.

Rezultati izračuna posameznih faz, kot so pomiki in notranje sile v konstrukciji ter podpornih sredstvih predstavljajo osnovo za presojo mejnega stanja uporabnosti.

Izračun za mejno stanje nosilnosti izvedemo v skladu s projektnim pristopom PP1. Kontrolo praviloma izvedemo za vse faze gradnje. To pomeni, da je treba preveriti vsačasna in končno (trajno) stanje konstrukcije. Le v primeru, ko je očitno, da je posamezna gradbena faza kritična v smislu premikov, deformacij ali obremenitve konstrukcijskih elementov in podpornih sredstev, lahko izvršimo le kontrolo mejnega stanja za to stanje. Takšno stanje je na primer končni izkop gradbene jame, ki je varovana s konzolno zagatno steno ali analiza podpornega zidu, katerega kritično stanje predstavlja stanje po zasipu zaledja in nastopu zaleden obtežbe.

Izvršimo dve kontroli mejnega stanja nosilnosti po projektnem pristopu PPI z uporabo različnih kombinacij delnih faktorjev za preverjanje mejnih stanj v konstrukcijah (STR) in geotehničnih mejnih stanj (GEO).

Projektni pristop		Vplivi ali učinki vplivov		Odpornost tal
		iz konstrukcije	iz tal	
DA 1	Komb. 1	$\gamma_G=1,35; \gamma_{G,inf}=1,00; \gamma_Q=1,50$		$\gamma_R=\gamma_\phi=\gamma_c=\gamma_{cu}=1,00$
	Komb. 2	$\gamma_G=1,00; \gamma_q=1,30$	$\gamma_\phi=\gamma_c=1,25; \gamma_{cu}=1,40; \gamma_R=1,00$	

Izračun mejnega stanja z upoštevanjem prve kombinacije delnih faktorjev v MKE naredimo tako, da namesto vplivov pomnožimo kar učinke vplivov z ustrezno vrednostjo faktorjev $\gamma_G=1,35$ in/ali $\gamma_q=1,50$. To pomeni, da projektne vrednosti določimo tako, da množimo kar izračunane sidrne sile in notranje sile v konstrukciji. Vrednost delnega faktorja, s katerim pomnožimo izračunane učinke vplivov, določimo glede na vir učinka vpliva. Če je učinek vpliva posledica stalnih obtežb, potem uporabimo delni faktor $\gamma_G=1,35$, če pa je učinek posledica spremenljivih vplivov, pa uporabimo delni faktor $\gamma_q=1,50$. Če je učinek vpliva posledica stalnih in spremenljivih vplivov, potem lahko delni faktor, s katerim pomnožimo končne učinke vplivov, določimo tudi po enačbi:

$$\gamma_{G+K} = 1,35(1-n) + 1,50n$$

kjer je n delež, ki ga učinkom vpliva prispeva spremenljiva obtežba ($0 \leq n \leq 1$).

V izračunu po MKE spremenljivo obtežbo pogosto upoštevamo tako, da jo v računu preprosto povečamo s faktorjem $\gamma_q/\gamma_G=1,50/1,35=1,11$, končne vrednosti učinkov vplivov pa nato množimo z vrednostjo $\gamma_G=1,35$.

Izračun z upoštevanjem druge kombinacije delnih faktorjev najlažje naredimo tako, da spremenljive obtežbe, ki delujejo neugodno, najprej povečamo z delnim faktorjem $\gamma_q=1,30$, nato pa izvedemo redukcijo parametrov karakterističnih strižnih trdnosti zemljin na projektne vrednosti po enačbah:

$$c'_d = (c'_k / \gamma_c) = (c'_k / 1,25)$$

$$\phi'_d = (\phi'_k / \gamma_\phi) = (\phi'_k / 1,25)$$

$$c'_{ud} = (c'_{uk} / \gamma_{cu}) = (c'_{uk} / 1,40)$$

Plaxis že vključuje opcijo avtomatične redukcije strižne trdnosti zemljin s poljubnim materialnim faktorjem $\gamma_{\varphi} = \gamma_c = \gamma_{cu}$ oziroma t.i. postopek »c- φ « redukcije. S tem postopkom lahko v izračunu po MKE v nekem računskem koraku strižno trdnost avtomatično zmanjšamo s podanim materialnim faktorjem.

Pomembno je, da je takšno kontrolo mejnega stanja nosilnosti s projektnimi karakteristikami zemljin potrebno izvesti za neko že doseženo napetostno deformacijsko stanje, ki je izračunano s karakterističnimi vrednostmi parametrov zemljin. Rezultati izračuna oziroma kontrole s projektnimi vrednostmi parametrov zemljin tudi ne morejo biti osnova za izračun nadaljnjih računskih korakov. To pomeni, da vhodni podatki izračuna pri matematičnem modeliranju vseh gradbenih faz ne morejo biti kar reducirane – projektne vrednosti materialnih parametrov zemljin.

Ko za izračun podpornih konstrukcij uporabimo MKE, so končne projektne vrednosti obremenitev sider in konstrukcije zaradi množenja spremenljivih obtežb in zahteve po upoštevanju poglobitve izkopa podporne konstrukcije skoraj vedno večje od vrednosti, ki jih izkaže izračun na mejno stanje uporabnosti z upoštevanjem karakterističnih vrednosti.

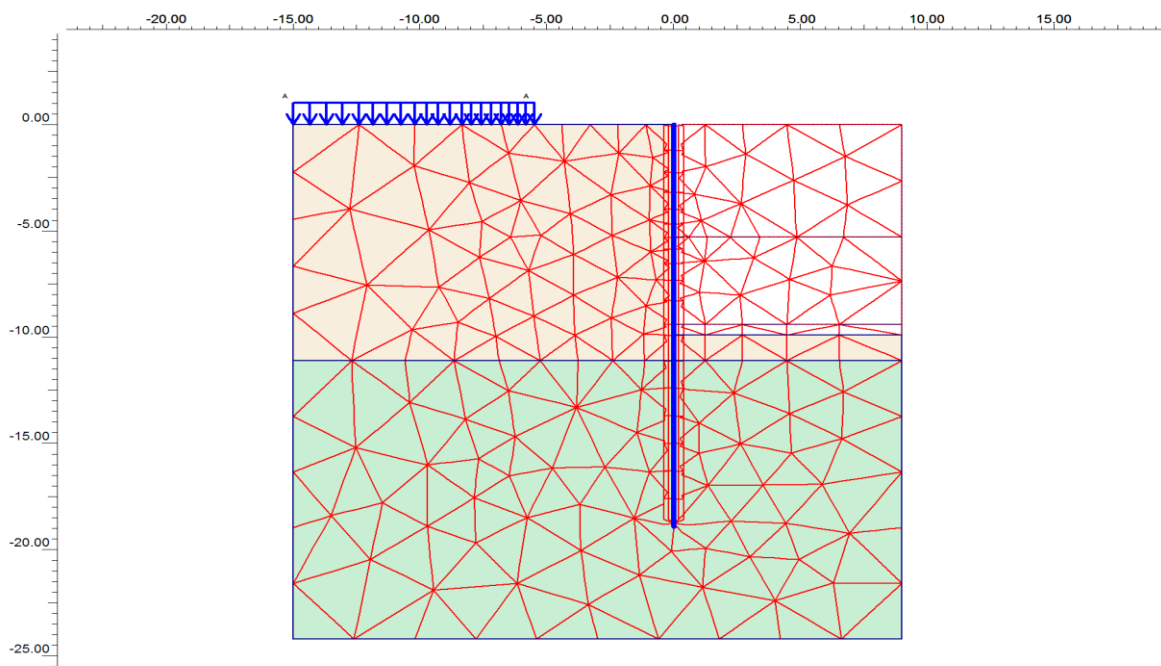
Uporaba MKE ima pred klasičnimi metodami vrsto prednosti. Predvsem je pomembno, da numerične metode omogočajo:

- izračun vseh projektnih stanj
- upoštevanje interakcije med zemljino in konstrukcijo
- vpogled v celotno napetostno deformacijsko stanje
- hkraten izračun mejnega stanja uporabnosti (MSU) in mejnega stanja nosilnosti (MSN) znotraj ene same analize

5.3 Zbirni rezultati numeričnih in analitičnih izračunov za varovanje gradbenih jam

5.3.1 Konzolna pilotna stena desni breg

Rezultati analitičnega izračuna na mejno stanje nosilnosti izkazujejo višje vrednosti projektnih obremenitev kot numerična analiza. Projektni upogibni moment je 1,68 krat višji, oz. numerični doseže 60 % vrednosti analitično iz vrednotene vrednosti. Projektna prečna sila, iz vrednotena po analitičnem računu, je še višja v primerjavi z enakimi obremenitvami numeričnega računa. Vrednost je 3,3 krat višja kot pri največji vrednosti po MKE. Razlog za razlike v izračunih konzolne podporne konstrukcije je v dejstvu, da z metodo končnih elementov upoštevamo popolno interakcijo med zemljino in konstrukcijo (npr. upoštevano je trenje med zemljino in konstrukcijo), hkrati analiziramo napetostno in deformacijsko stanje v temeljnih tleh (npr. zemeljski pritiski so računani ob dejanskih kinematičnih pogojih). Trenje med zemljino in konstrukcijo v manjši meri vpliva na velikost aktivnih pritiskov, medtem ko zelo vpliva na velikost pasivnih pritiskov. Upogibni momenti in prečne sile so primerljivih velikosti vse do dna gradbene jame. Z globino vpetja pa se s pojavom pasivnih pritiskov razlike povečujejo tako po velikosti kot tudi po poteku.

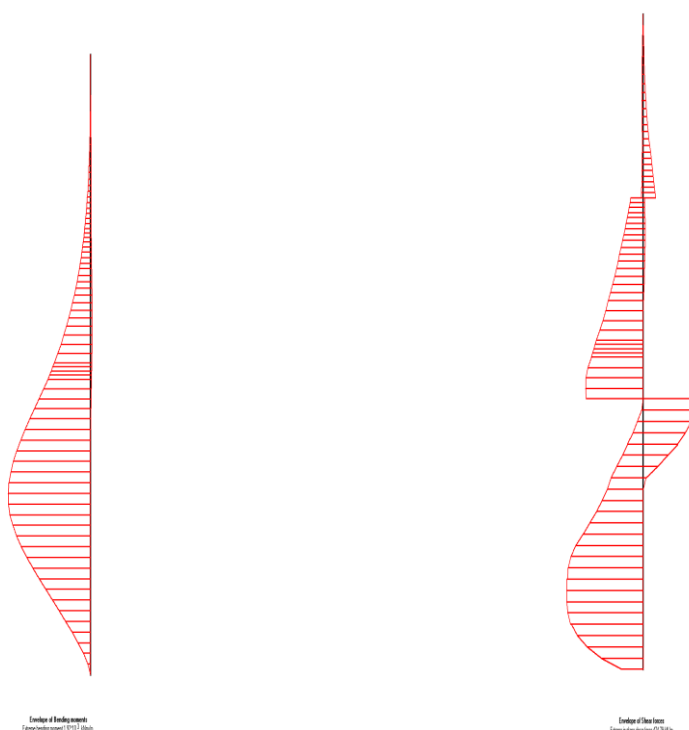


Slika 3: Geostatični model konzolne podporne konstrukcije DB

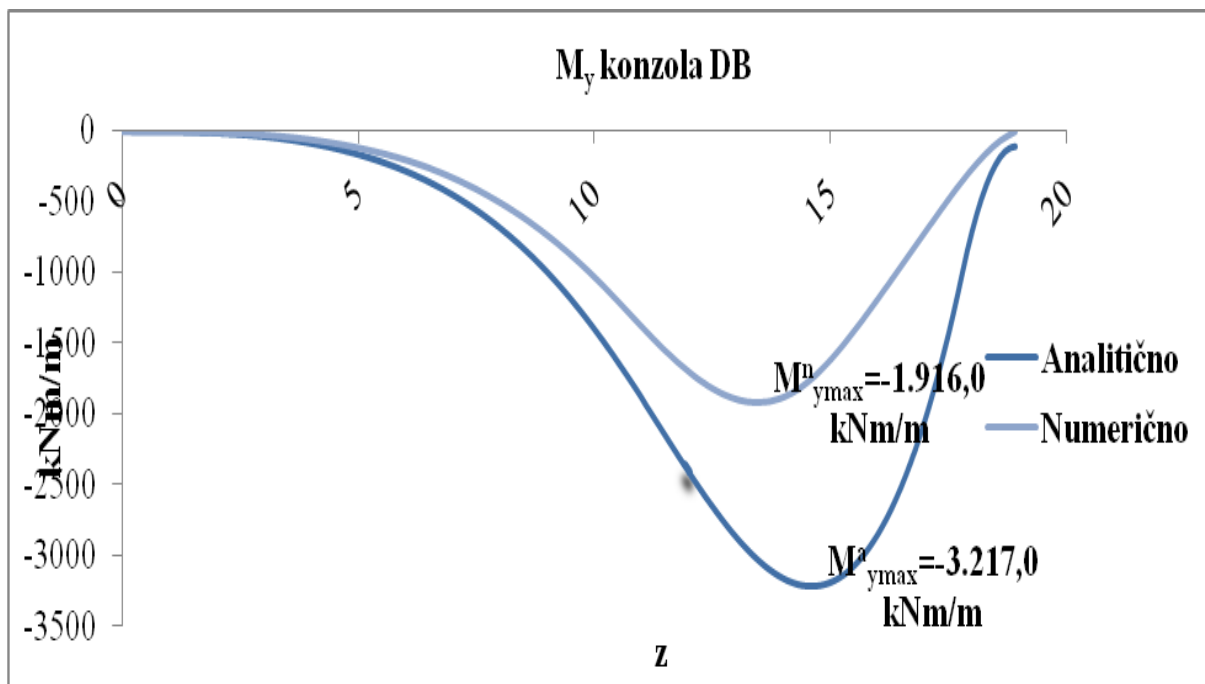
Preglednica 1 : RAČUN KONZOLNE PILOTNE STENE DESNI BREG

Projekt i pristop	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Projektne učinki vplivov			
		Parameter	Vrednost	enota	M_d kNm/m	Q_d kN/m		
PP2	Analitično	prod	γ	21,00	kN/m ³	3.217,00	1.564,00	
			ϕ'	36,00	°			
			c	0,00	kPa			
		konglomerat	γ	22,00	kN/m ³			
			ϕ'	41,00	°			
			c	0,00	kPa			
		delni faktor	γ_G	1,35	/			
			$\gamma_{R,e}$	1,40	/			
			podporna konstrukcija	18,92	m			
		PP1	MKE	MSU				1.822,00
prod	γ			21,00	kN/m ³			
	ϕ'			36,00	°			
	c			0,00	kPa			
konglomerat	γ			22,00	kN/m ³			
	ϕ'			41,00	°			
	c			0,00	kPa			
AB pilot Ø80	EA			1,508*10 ⁷	kN/m ¹			
	EI			6,032*10 ⁵	kNm ² /m ¹			
	v			0,20	/			
	e			1,00	m			
	l			18,92	m			
NSK	M_{MSU}			Q_{MSU}	γ_{MSU}			
	1.350,00			292,60	1,35			
$U_{h,max}$	0,226m							
MSN, komb1				1849,50	398,51			

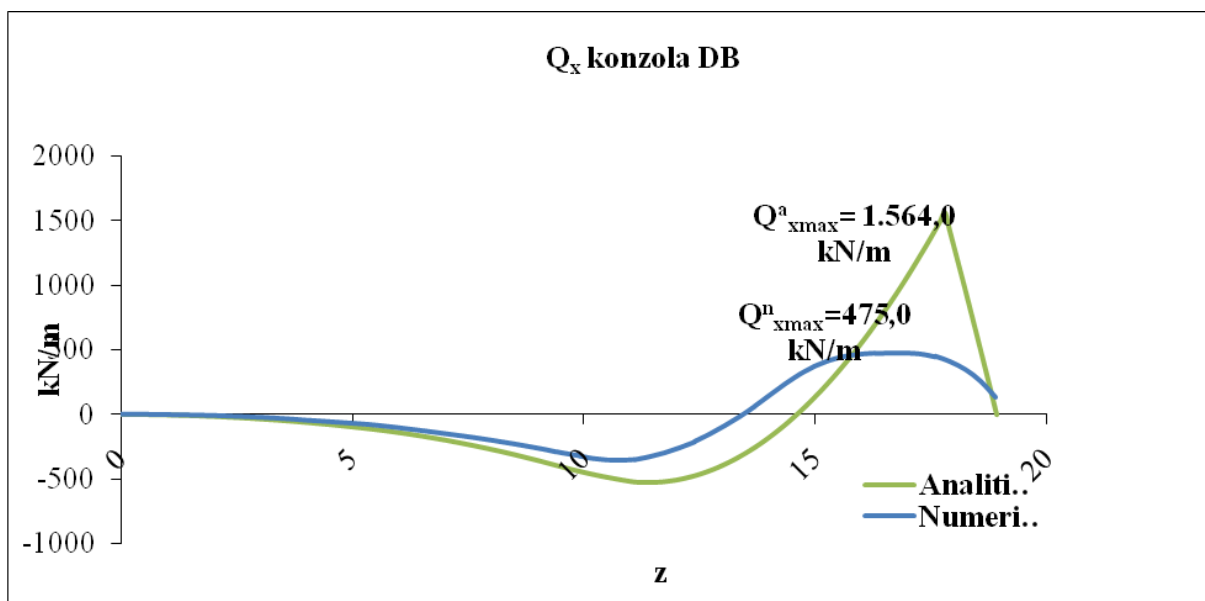
		NSK	M_{MSN}	Q_{MSN}	γ_G	1.916,00	474,00	
			1.370,00	295,19	1,35			
		MSN, komb2						
		delni faktor	γ_G	1,00	/			
			γ_Q	1,30	/			
γ_φ	1,25		/					
izračunana globalna varnost		1,25						



Slika 4: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, φ -c redukcija, konzolna pilotna stena DB



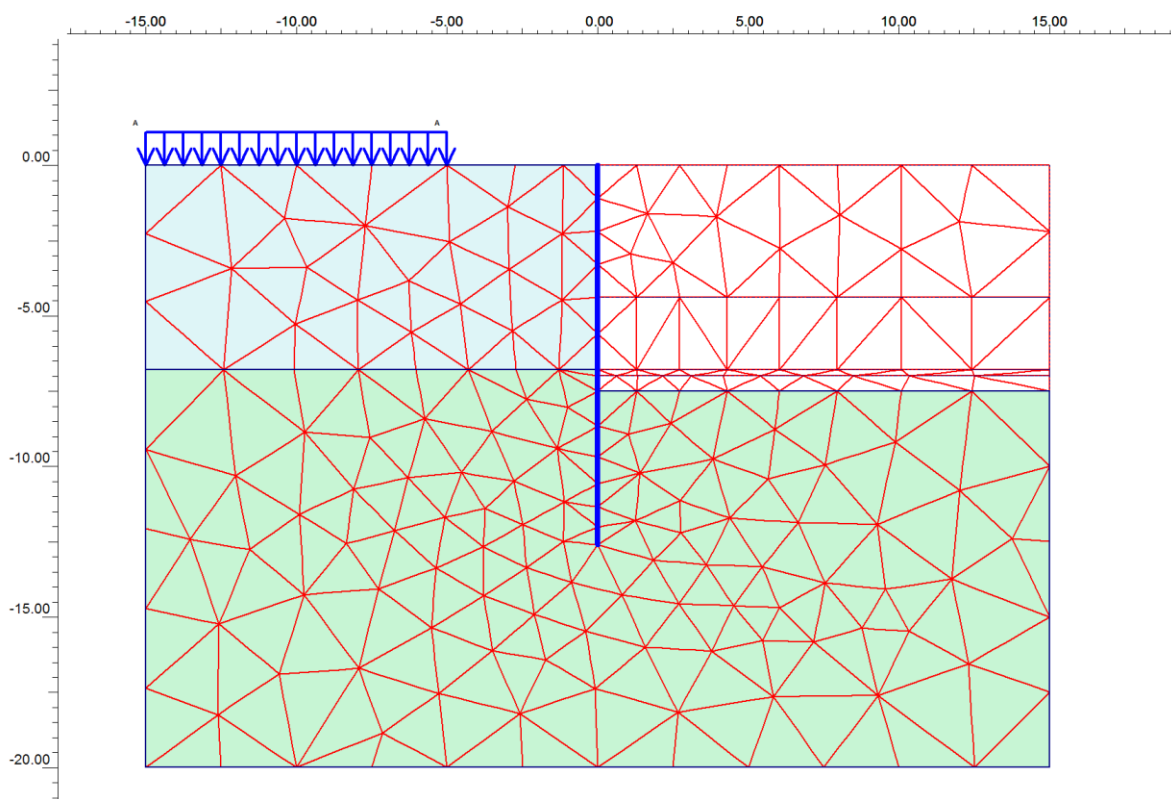
Grafikon 9 : Primerjava diagramov momentov M_y - konzolna pilotna stena DB



Grafikon 10: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x – konzolna pilotna stena DB

5.3.2 Konzolna pilotna stena levi breg

Rezultati analitičnega računa na mejno stanje nosilnosti izkazujejo višje vrednosti projektnih obremenitev kot numerična analiza. Numerični projektni upogibni moment dosega 80 % vrednosti analitičnega, numerične prečne sile pa 60 % analitično določenih vrednosti. Vzroki za razlike so istega izvora kot pri konzolni pilotni steni desnega brega. Razmerja so manjša zaradi manjše globine izkopa ter posledično manjših vrednosti pasivnih pritiskov v območju vpetja.

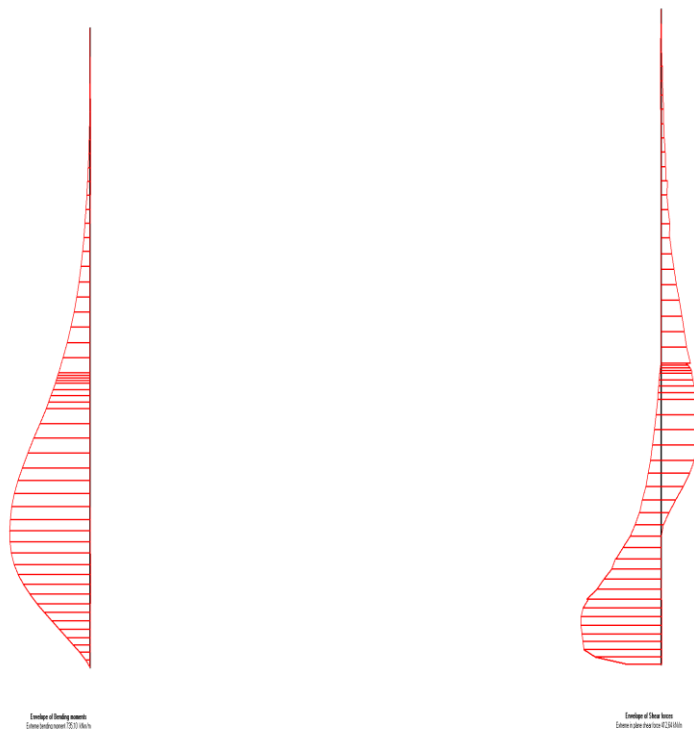


Slika 5: Geostatični model konzolne podporne konstrukcije LB

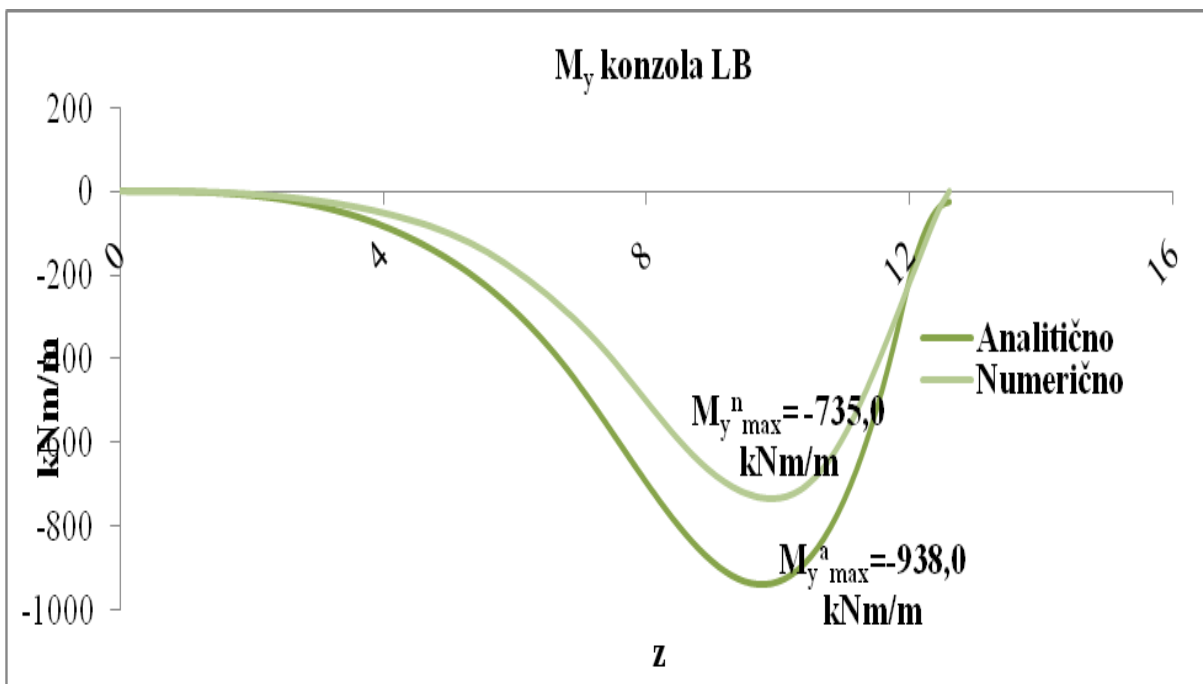
Preglednica 2: RAČUN KONZOLNE PILOTNE STENE LEVI BREG

Projektni pristop	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Projektni učinki vplivov		
		Parameter	Vrednost	enota	M _d kNm/m	Q _d kN/m	
PP2	Analitično	prod	γ	21,00	kN/m ³	938,00	686,00
			φ'	36,00	°		
			c	0,00	kPa		
		konglomerat	γ	22,00	kN/m ³		
			φ'	41,00	°		
			c	0,00	kPa		
		delni faktor	γ _G	1,35	/		
			γ _{R,e}	1,40	/		
			podporna konstrukcija	12,61	m		
		PP1	MKE	MSU			
prod	γ			21,00	kN/m ³		
	φ'			36,00	°		
	c			0,00	kPa		
konglomerat	γ			22,00	kN/m ³		
	φ'			41,00	°		
	c			0,00	kPa		
AB pilot Ø80	EA			1,508*10 ⁷	kN/m ¹		
	EI			6,032*10 ⁵	kNm ² /m ¹		
	v			0,20	/		
	e			1,00	m		
	l			12,61	m		
NSK	M _{MSU}			Q _{MSU}	γ _{MSU}		
	373,98			124,27	1,35		
	U _{h,max}			0,052m			

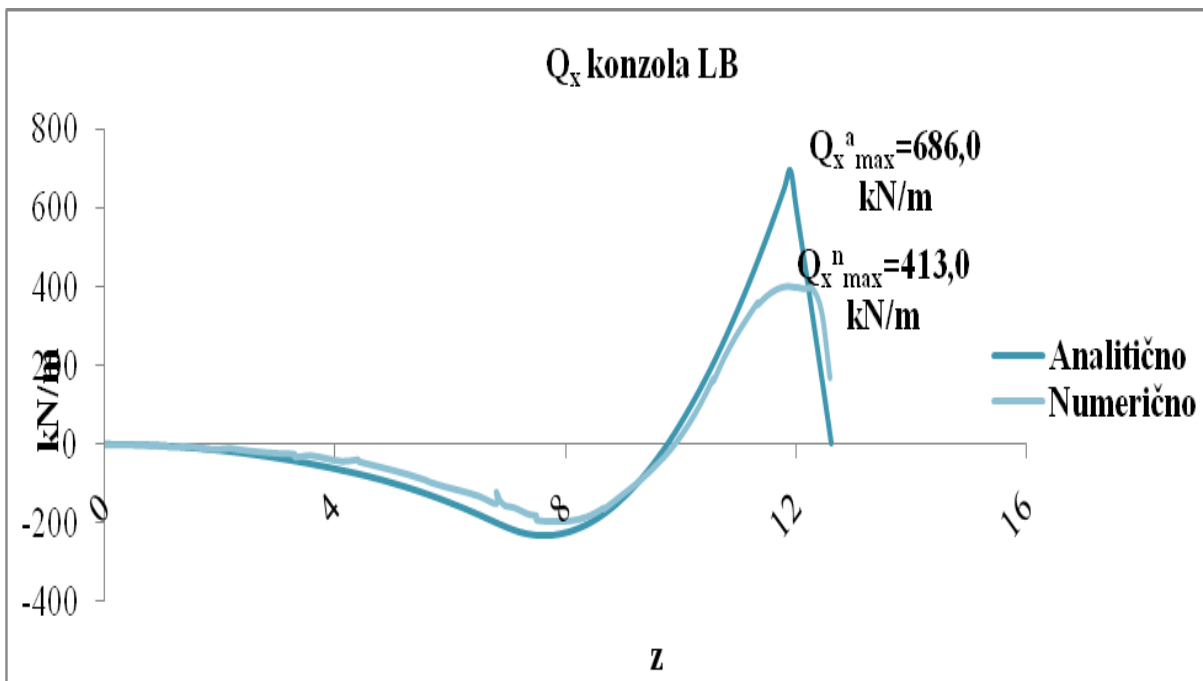
		MSN, komb1			601,00	233,00
NSK	M_{MSN}	Q_{MSN}	γ_G			
	444,97	172,64	1,35			
		MSN, komb2			735,00	413,00
delni faktor	γ_G	1,00	/			
	γ_Q	1,30	/			
	γ_φ	1,25	/			
izračunana globalna varnost		1,159				



Slika 6: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, φ -c redukcija, konzolna pilotna stena LB



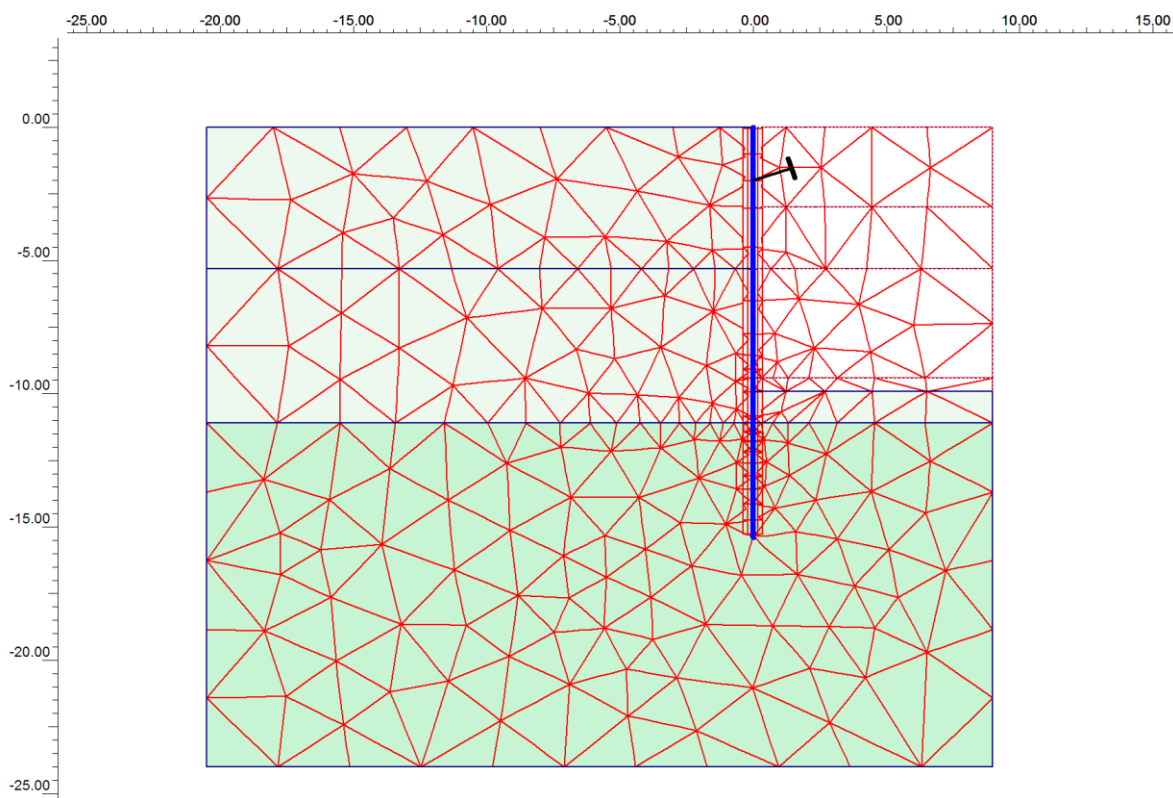
Grafikon 11: Primerjava diagramov momentov M_y - konzolna pilotna stena LB



Grafikon 12: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x - konzolna pilotna stena LB

5.3.3 Račun sidrane pilotne stene desni breg

Rezultati analitičnega izračuna na mejno stanje nosilnosti izkazujejo višje vrednosti projektnih obremenitev kot numerična analiza. Projektni upogibni moment je 1,9 krat višji, oz. numerični doseže 53 % analitično iz vrednotene vrednosti. Projektna prečna sila, iz vrednotena po analitičnem računu, je 1,37 krat višja v primerjavi z enakimi obremenitvami numeričnega računa. Projektna sidrna sila pa je 1,24 krat višja kot numerično določena vrednost. Numerična diagrama projektnih momentov in prečnih sil v območju vpetja, kjer nastopi konglomerat, menjata predznak. Vzrok za spremembo poteka krivulj je večja togost konglomerata ($E_{\text{ocd}}=60,0 \text{ Mpa}$) v primerjavi s prodrom ($E_{\text{ocd}}=25 \text{ MPa}$).



Slika 7: Geostatični model sidrane podporne konstrukcije DB

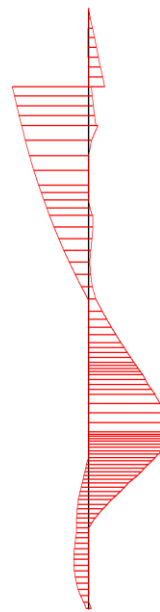
Preglednica 3: RAČUN SIDRANE PILOTNE STENE DB

Projektni pristop	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Projektni učinki vplivov			
		Parameter	Vrednost	enota	M _d kNm/m	Q _d kN/m	F _d kN/m	
PP2	Analitično	prod	γ	21,00	kN/m ³	1089,00	279,00	310,00
			φ'	36,00	°			
			c	0,00	kPa			
		konglomerat	γ	22,00	kN/m ³			
			φ'	41,00	°			
			c	0,00	kPa			
		delni faktor	γ _G	1,35	/			
			γ _{R,e}	1,40	/			
			podporna konstrukcija	15,40	m			
		PP1	MKE	MSU				
prod	γ			21,00	kN/m ³			
	φ'			36,00	°			
	c			0,00	kPa			
konglomerat	γ			22,00	kN/m ³			
	φ'			41,00	°			
	c			0,00	kPa			
AB pilot Ø60	EA			8,481*10 ⁶	kN/m ¹			
	EI			1,908*10 ⁵	kNm ² /m ¹			
	v			0,20	/			
	e			1,00	M			
	l			15,40	M			
sidro	α			18,00	°			
	e			1,00	M			
	EA			1,29*10 ⁵	kN/m ¹			
NSK	M _{MSU}			Q _{MSU}	F _{MSU}			
	441,04	163,29	183,70					

	γ_{MSU}	1,35					
	$U_{h;max}$	0,0156m					
	MSN, komb1				541,00	221,00	249,00
NSK	M_{MSN}	Q_{MSN}	F_{MSN}				
	400,56	163,95	184,30				
γ_G	1,35						
	MSN, komb2				579,00	204,00	250,00
delni faktor	γ_G	1,00	/				
	γ_Q	1,30	/				
	γ_φ	1,25	/				
	izračunana globalna varnost		1,249				

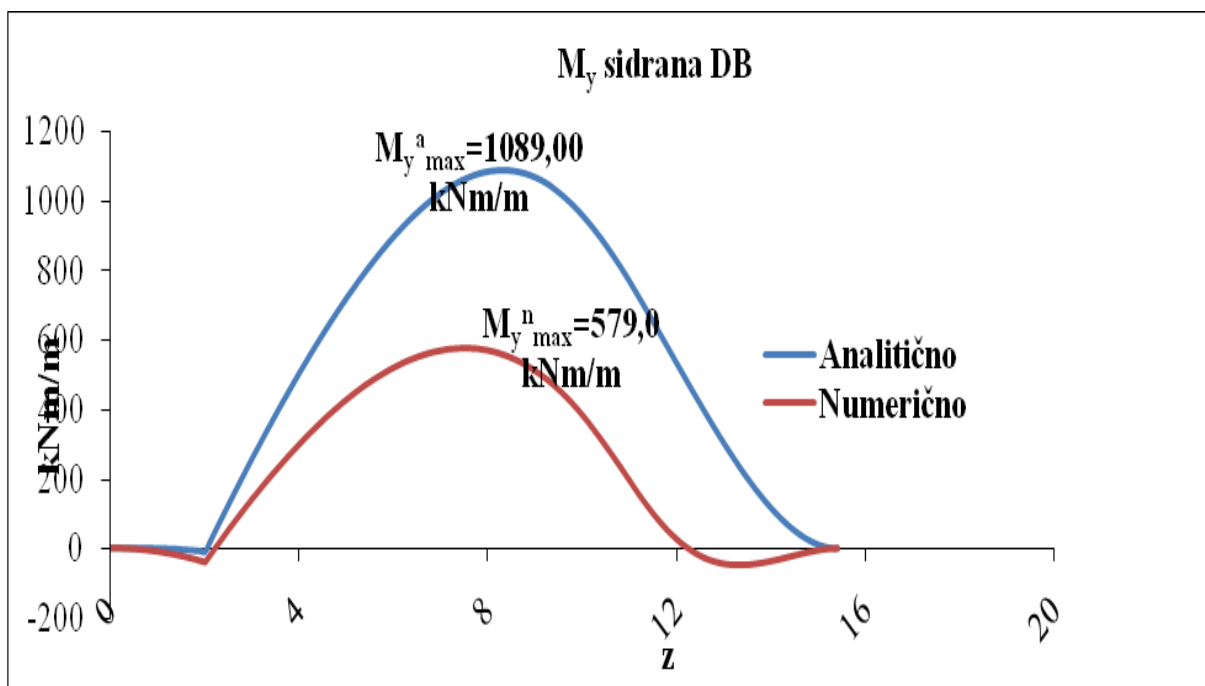


Envelope of bending moments
 Envelope of shear forces

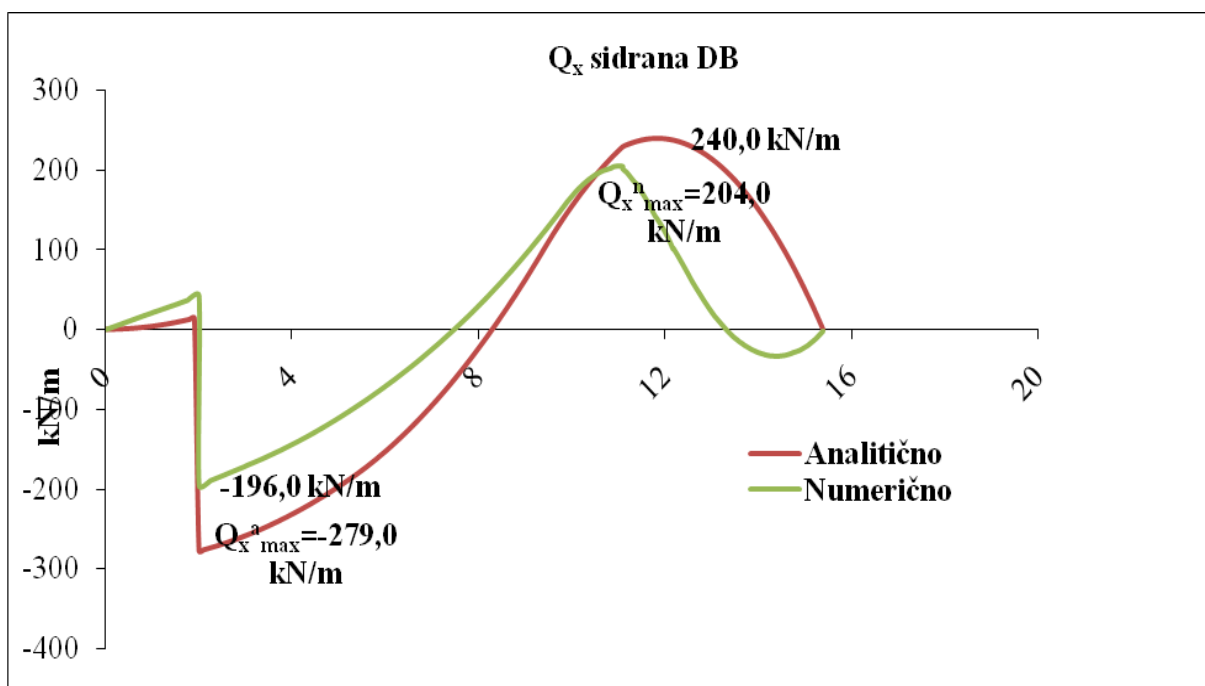


Envelope of bending moments
 Envelope of shear forces

Slika 8: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, φ -c redukcija, sidrana pilotna stena DB



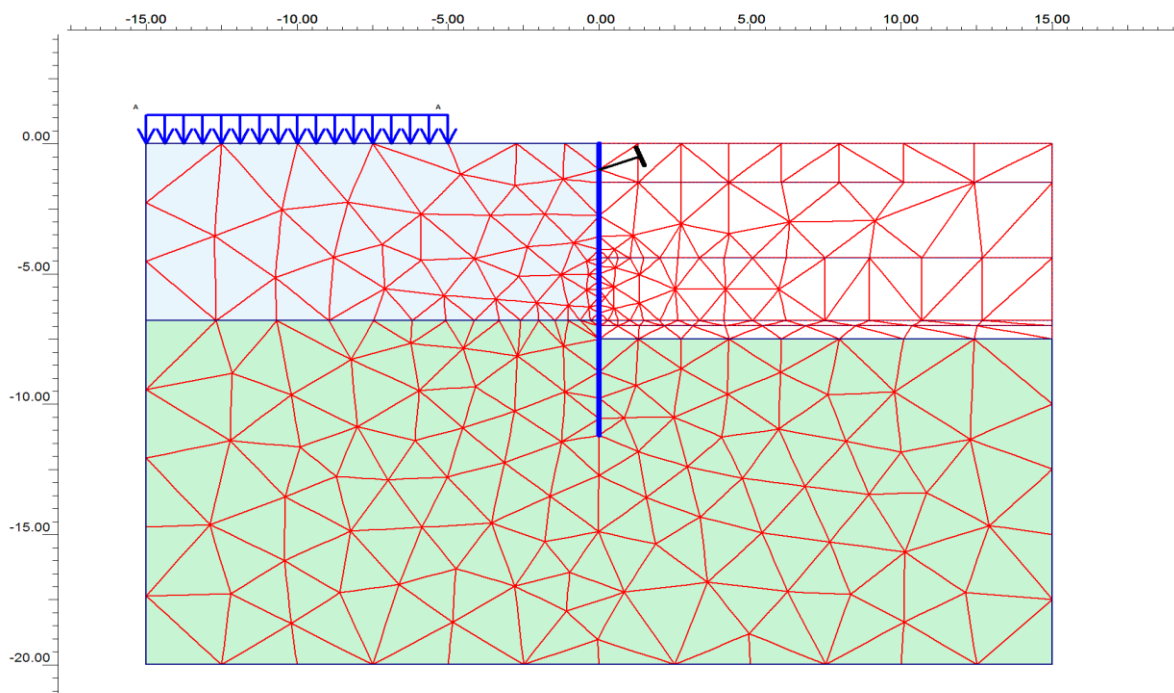
Grafikon 13: Primerjava diagramov momentov M_y - sidrana pilotna stena DB



Grafikon 14: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x - sidrana pilotna stena DB

5.3.4 Račun sidrane pilotne stene levi breg

Rezultati analitičnega izračuna na mejno stanje nosilnosti izkazujejo višje vrednosti projektnih obremenitev kot numerična analiza. Projektni upogibni moment je 2,80 krat višji, oz. numerični doseže 35 % analitično iz vrednotene vrednosti. Projektna prečna sila, iz vrednotena po analitičnem računu, je 1,37 krat višja v primerjavi z enakimi obremenitvami numeričnega računa. Projektna sidrna sila pa je praktično enaka (+0,7%) numerično določeni vrednosti. Numerična diagrama projektnih momentov in prečnih sil v območju vpetja, kjer nastopi konglomerat, menjata predznak. Vzrok za spremembo poteka krivulj je večja togost konglomerata ($E_{\text{ocd}}=60,0 \text{ Mpa}$) v primerjavi s prodrom ($E_{\text{ocd}}=25 \text{ MPa}$).

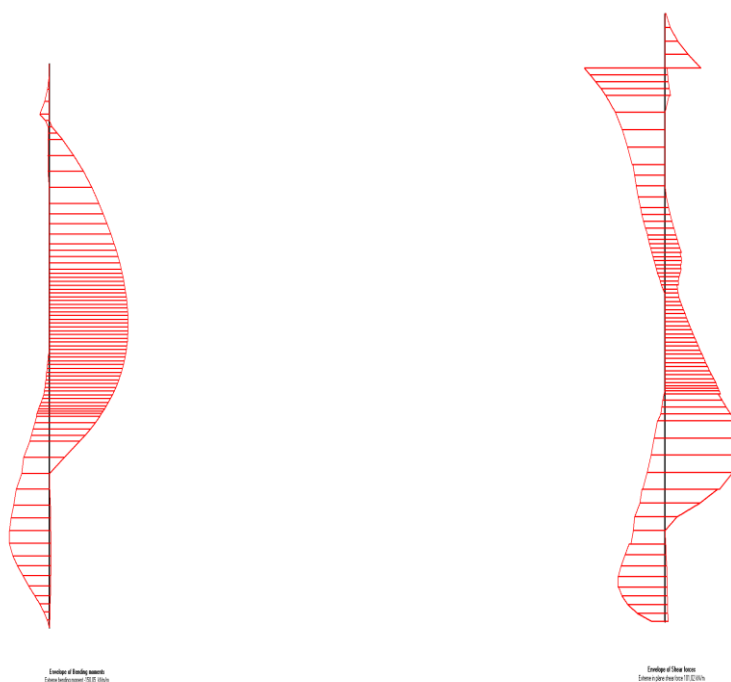


Slika 9: Geostatični model sidrane podporne konstrukcije LB

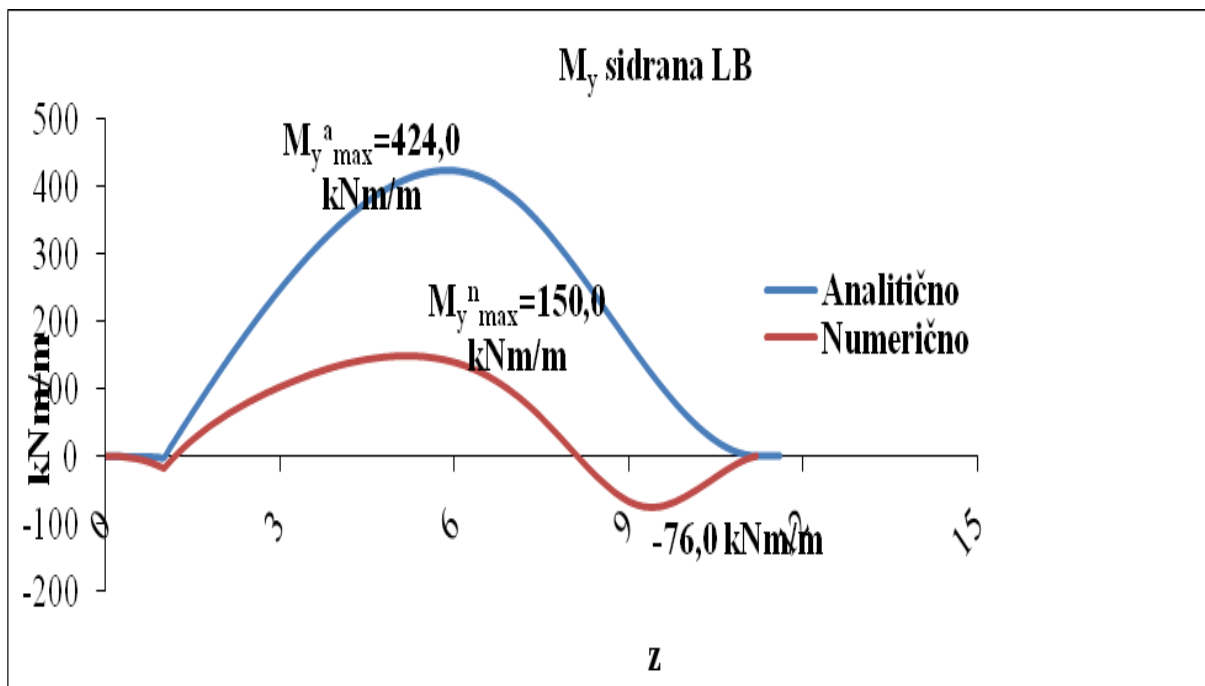
Preglednica 4: RAČUN SIDRANE PILOTNE STENE LEVI BREG

Projektni pristop	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Projektni učinki vplivov			
		Parameter	Vrednost	enota	M _d	Q _d	F _d	
					kNm/m	kN/m	kN/m	
PP2	Analitično	prod	γ	21,00	kN/m ³	424,00	138,00	151,00
			φ'	36,00	°			
			c	0,00	kPa			
		konglomerat	γ	22,00	kN/m ³			
			φ'	41,00	°			
			c	0,00	kPa			
		delni faktor	γ _G	1,35	/			
			γ _{R;e}	1,40	/			
			podporna konstrukcija	11,24	m			
		PP1	MKE	MSU				
prod	γ			21,00	kN/m ³			
	φ'			36,00	°			
	c			0,00	kPa			
konglomerat	γ			22,00	kN/m ³			
	φ'			41,00	°			
	c			0,00	kPa			
AB pilot Ø40	EA			3,77*10 ⁶	kN/m ¹			
	EI			3,771*10 ⁴	kNm ² /m ¹			
	v			0,20	/			
	e			1,00	M			
	l			11,24	M			
sidro	α			20,00	°			
	e			1,00	M			
	EA			1,29*10 ⁵	kN/m ¹			
NSK	M _{MSU}			Q _{MSU}	F _{MSU}			
	77,35			69,53	65,91			

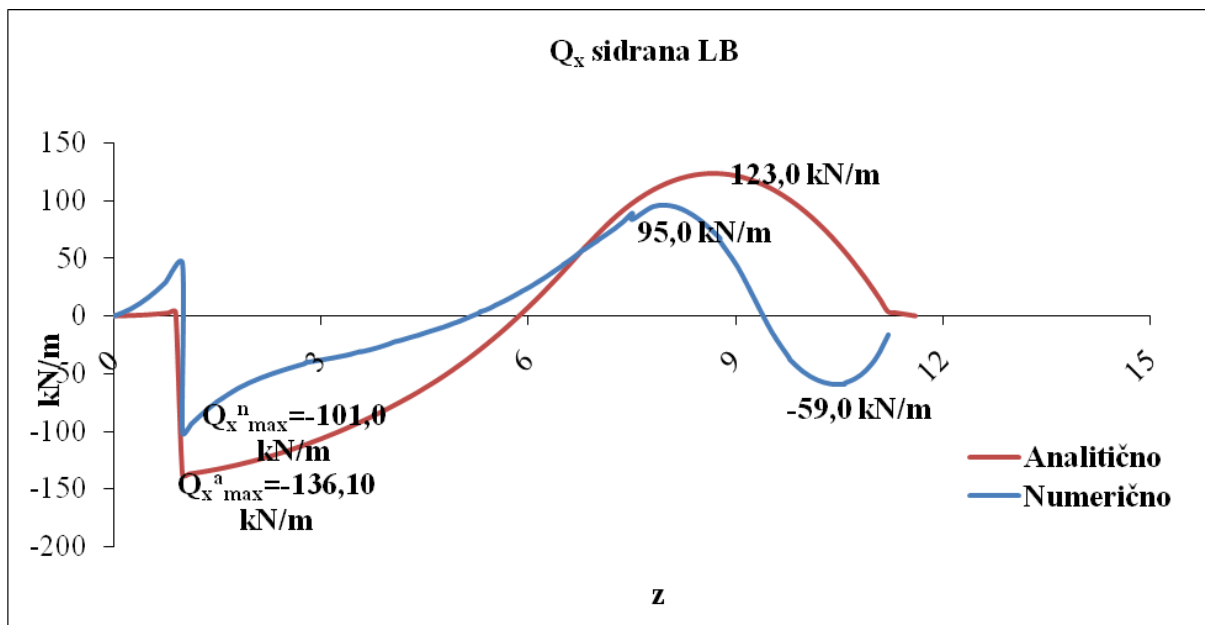
	γ_{MSU}	1,35					
	$U_{h,m}$ ax	0,014m					
	MSN, komb1						
	NSK	M_{MSN}	Q_{MSN}	F_{MSN}	115,00	99,00	105,00
		85,11	73,56	77,39			
	γ_G	1,35					
	MSN, komb2						
	delni faktor	γ_G	1,00	/	150,00	101,00	155,00
		γ_Q	1,30	/			
		γ_φ	1,25	/			
	izračunana globalna varnost		1,255				



Slika 10: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, φ -c redukcija, sidrana pilotna stena LB



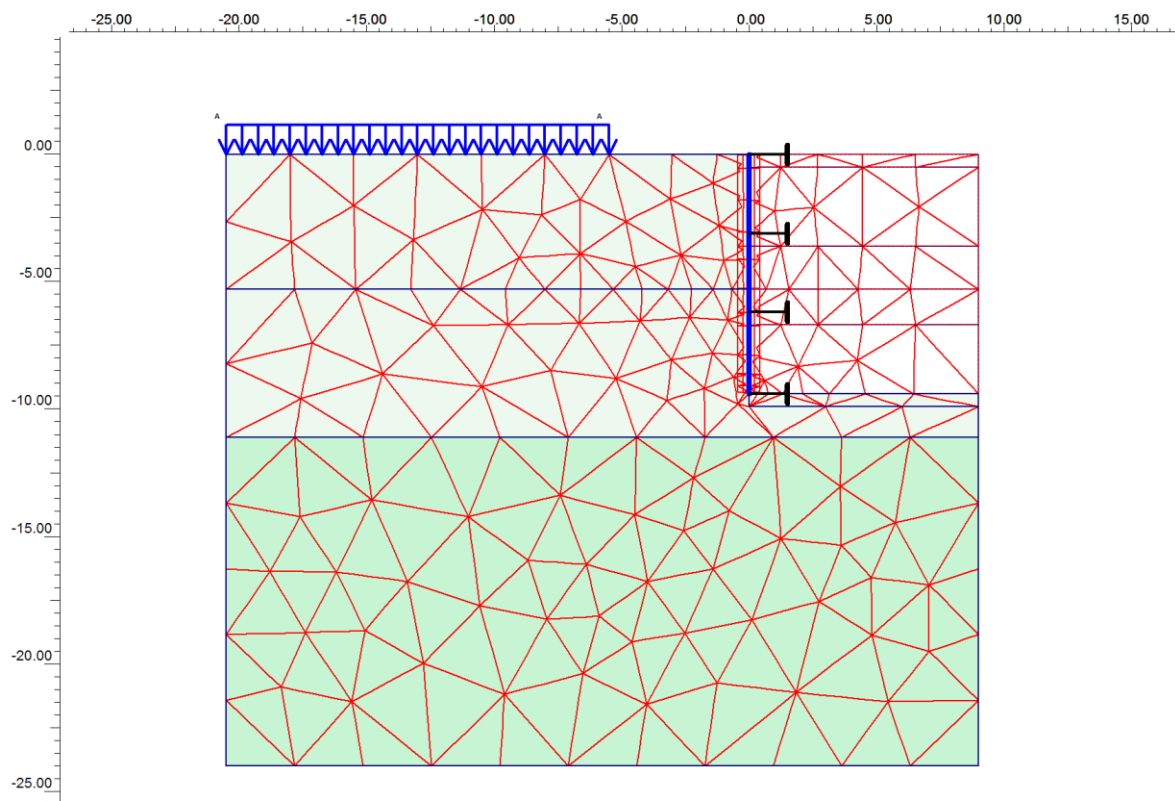
Grafikon 15: Primerjava diagramov momentov M_y - sidrana pilotna stena LB



Grafikon 16: Primerjava diagramov prečnih sil Q_x - sidrana pilotna stena LB

5.3.5 Račun razprte pilotne stene desni breg

Primerjava rezultatov izkazuje dejstvo, da numerični model z upoštevanjem popolne interakcije med zemljino in konstrukcijo in hkratnim analiziranjem napetostno deformacijskega stanja izkazuje drugačne rezultate. Projektni upogibni moment je 3,4 krat večji kot enaka obremenitev analitičnega računa, projektna prečna sila je 1,6 krat večja kot enaka obremenitev analitičnega računa, medtem ko so projektne razporne sile manjše. V analitičnem računu privzeta geostatični model in potek zemeljskih pritiskov se izkažeta za pomanjkljiva. Na vrhu pilotne stene je vrednost zemeljskega pritiska enaka $0,0 \text{ kN/m}^2/\text{m}^1$ potek po globini pa ni linearen. Numerično določena rezultanta aktivnih zemeljskih pritiskov je za 8,0% višja kot analitična.

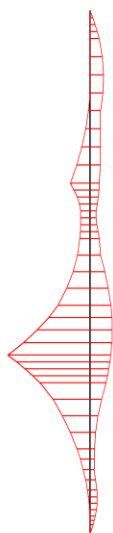


Slika 11: Geostatični model razprte podporne konstrukcije DB

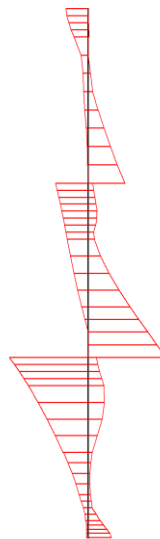
Preglednica 5: RAČUN RAZPRTE PILOTNE STENE DESNI BREG

PP	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Projektni učinki vplivov					
		Parameter	Vrednost	enota	M_d	Q_d	F_d			
					kNm/m	kN/m	kN/m			
PP2	Analitično	prod	γ	21,00	kN/m ³	44,00	85,00	A 178,00		
			ϕ'	36,00	°					
			c	0,00	kPa					
		konglomerat	γ	22,00	kN/m ³			B 488,00		
			ϕ'	41,00	°					
			c	0,00	kPa					
		delni faktor	γ_G	1,35	/			C 488,00		
			$\gamma_{R,e}$	1,40	/					
			podporna konstrukcija	9,40	m			D 178,00		
		PP1	MKE	MSU				193,00	167,00	A 41,00
prod	γ			21,00	kN/m ³					
	ϕ'			36,00	°					
	c			0,00	kPa					
konglomerat	γ			22,00	kN/m ³	B 111,00				
	ϕ'			41,00	°					
	c			0,00	kPa					
AB pilot Ø40	EA			3,77*10 ⁶	kN/m ¹	C 330,00				
	EI			3,771*10 ⁴	kNm ² /m ¹					
	v			0,20	/					
	e			1,00	m					
	l			9,40	m					
razpora NPI20	e			3,15	m	D 26,00				
	EA			7,035*10 ⁵	kN/m ¹					
NSK	M_{MSU}			Q_{MSU}	F_{MSU}	A 30,00				
	143,00			124,00	A		30,00			
					B		82,00			
C					244,00					

			D	19,00				
γ_{MSU}	1,35							
$U_{h,max}$	0,034m							
MSN, komb1								
NSK	M_{MSN}	Q_{MSN}		F_{MSN}	200,00	176,00	A	50,00
	148,00	130,00	A	37,00			B	124,00
			B	92,00			C	350,00
			C	259,00			D	60,00
D	44,00							
γ_G	1,35						D	60,00
MSN, komb2								
delni faktor	γ_G	1,00		/	151,00	135,00	A	38,00
	γ_Q	1,30		/			B	100,00
	γ_φ	1,25		/			C	269,00
izračunana globalna varnost		1,239					D	56,00

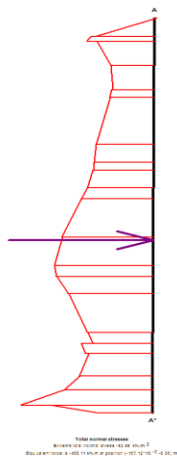


Číslo 4 - Bending moments
 Číslo 5 - Shear forces



Číslo 4 - Bending moments
 Číslo 5 - Shear forces

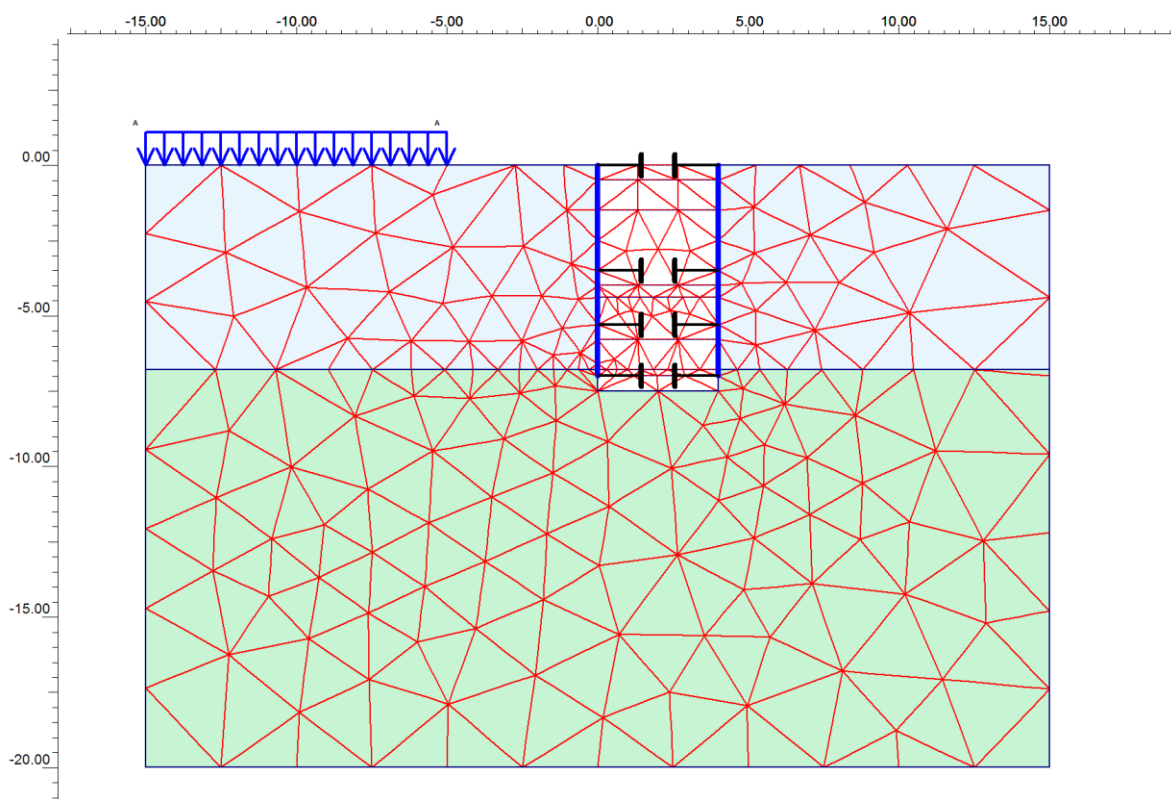
Slika 12: Diagrama ovojnic upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, φ -c redukcija, razprta pilotna stena DB



Slika 13: Diagram aktivnih zemeljskih pritiskov – razprta pilotna stena DB ($p_{ah;dmax} = 92,56$ kN/m²/m, $E_{ah;d} = 458,11$ kN/m)

5.3.6 Račun razprte pilotne stene levi breg

Primerjava rezultatov izkazuje dejstvo, da numerični model s upoštevanjem popolne interakcije med zemljino in konstrukcijo in hkratnim analiziranjem napetostno deformacijskega stanja izkazuje drugačne rezultate. Pri računskem koraku izkop na -7,0m (MSU) pride do porušitve tal. Med drugo in tretjo razporo je vstavljena dodatna razpora enakih deformacijskih karakteristik. Ker smo s tem spremenili geostatični model, rezultati niso primerljivi.

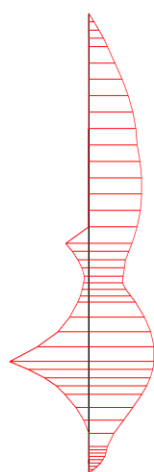


Slika 14: Geostatični model razprte podporne konstrukcije LB po vstavitvi dodatne razpore

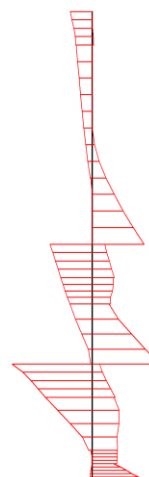
Preglednica 6: RAČUN RAZPRTE PILOTNE STEN LEVI BREG

PP	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Projektni učinki vplivov				
		Parameter	Vrednost	enota	M_d kNm/m	Q_d kN/m	F_d kN/m		
PP2	Analitično	prod	γ	21,00	kN/m ³	54,00	77,00	A	88,00
			ϕ'	36,00	°				
			c	0,00	kPa				
		konglomerat	γ	22,00	kN/m ³				
			ϕ'	41,00	°				
			c	0,00	kPa				
		delni faktor	γ_G	1,35	/				
			$\gamma_{R;e}$	1,40	/				
			podporna konstrukcija	7,00	m				
		PP1	MKE	MSU				46,74	90,76
prod	γ			21,00	kN/m ³				
	ϕ'			36,00	°				
	c			0,00	kPa				
konglomerat	γ			22,00	kN/m ³				
	ϕ'			41,00	°				
	c			0,00	kPa				
AB pilot Ø40	EA			3,77*10 ⁶	kN/m ¹				
	EI			3,771*10 ⁴	kNm ² /m ¹				
	v			0,20	/				
	e			1,00	m				
	l			7,00	m				
razpora NPI20	e			3,80	m				
	EA			7,035*10 ⁵	kN/m ¹				
NSK	M_{MSU}			Q_{MSU}	F_{MSU}				
	35,00			67,00	A	15,00			
					B	69,00			
C		124,0							
			D	51,00					

			D	38,00				
γ_{MSU}	1,35							
$U_{h,max}$	0,005m							
MSN, komb1								
NSK	M_{MSN}	Q_{MSN}		F_{MSN}	50,00	100,00	A	26,00
	37,00	74,00	A	19,00			B	103,00
			B	76,00			C	181,00
			C	134,00			D	52,00
γ_G	1,35					D	70,00	
MSN, komb2								
delni faktor	γ_G	1,00		/	38,00	78,00	A	20,00
	γ_Q	1,30		/			B	84,00
	γ_φ	1,25		/			C	141,00
izračunana globalna varnost		1,028					D	57,00

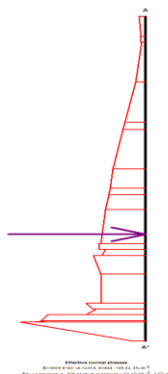


Envelope of Bending moments
 Envelope of bending moments MSN, komb1



Envelope of Shear forces
 Envelope of shear forces MSN, komb1

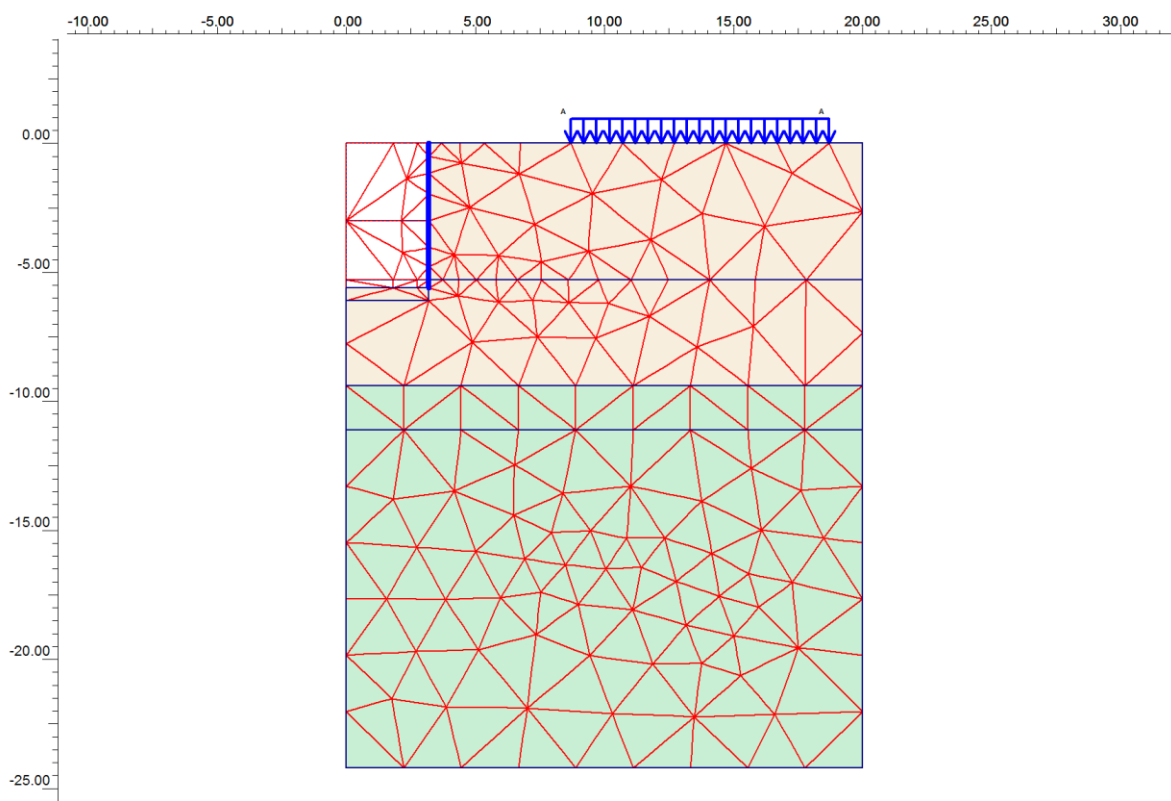
Slika 15: Diagrama ovojnica upogibnih momentov in prečnih sil MSN, komb.1, razprta pilotna stena LB



Slika 16: Diagram aktivnih zemeljskih pritiskov – razprta pilotna stena LB ($p_{ah;dmax} = 92,56$ kN/m²/m, $E_{ah;d} = 458,11$ kN/m)

5.3.7 Račun vodnjaka

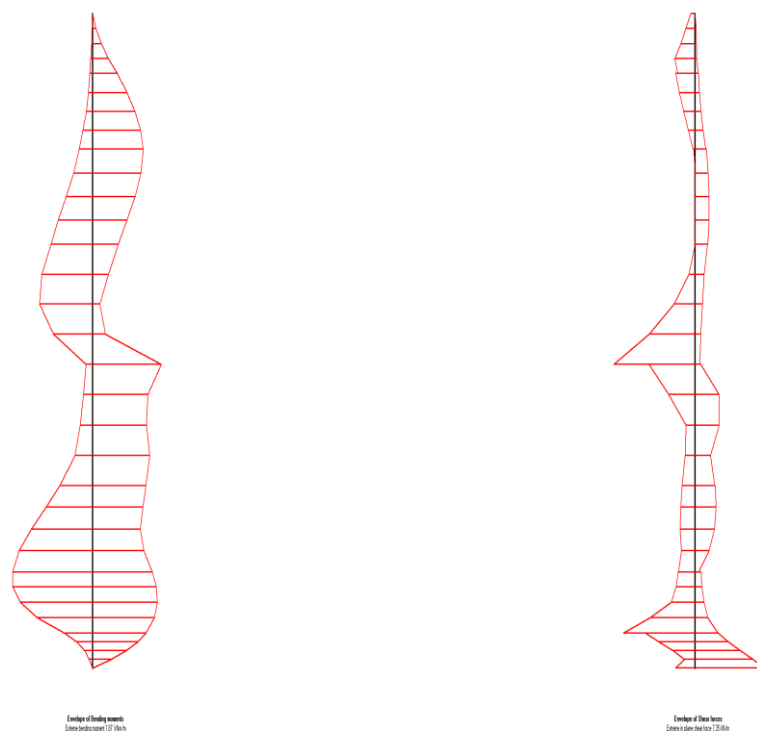
Teoretične predpostavke o majhnih deformacijah pri osnosimetričnem napetostnem stanju so se izkazale za točne. Posledično so tudi napetosti in obremenitve majhne. Osnosimetrično napetostno stanje in polmer vodnjaka 3,20 m predstavljata diametralno nasprotje predhodnim računskim primerom pri katerih je privzeto ravninsko napetostno stanje. Pri računanju zemeljskih pritiskov ob dejanskih kinematičnih pogojih prostorski učinek z geostatičnega stališča podaja najugodnejšo različico varovanja gradbene jame.



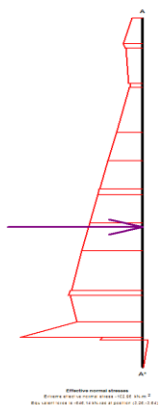
Slika 17: Geostatični model vodnjaka DB

Preglednica 7: RAČUN VODNJAKA DESNI BREG

Projektni pristop	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Notranje statične količine		
		Parameter	Vrednost	enota	M _d kNm/m	Q _d kN/m	
PP2	Analitično						
PP1	MKE	MSU			2,52	9,92	
		prod	γ	21,00			kN/m ³
			ϕ'	36,00			°
			c	0,00			kPa
		AB plašč 0,30m	EA	9,0*10 ⁶			kN/m ¹
			EI	6,75*10 ⁴			kNm ² /m ¹
			v	0,20			/
			l	5,60			m
		NSK	M _{MSU}	Q _{MSU}			γ_{MSU}
			1,87	7,35			1,35
		U _{h,max}	89,31*10⁻⁶m				
		MSN, komb1			2,52	9,92	
		NSK	M _{MSN}	Q _{MSN}			γ_G
			1,87	7,35			1,35
		MSN, komb2			1,87	7,35	
delni faktor	γ_G	1,00					
	γ_Q	1,30					
	γ_ϕ	1,25					
izračunana globalna varnost		1,258					



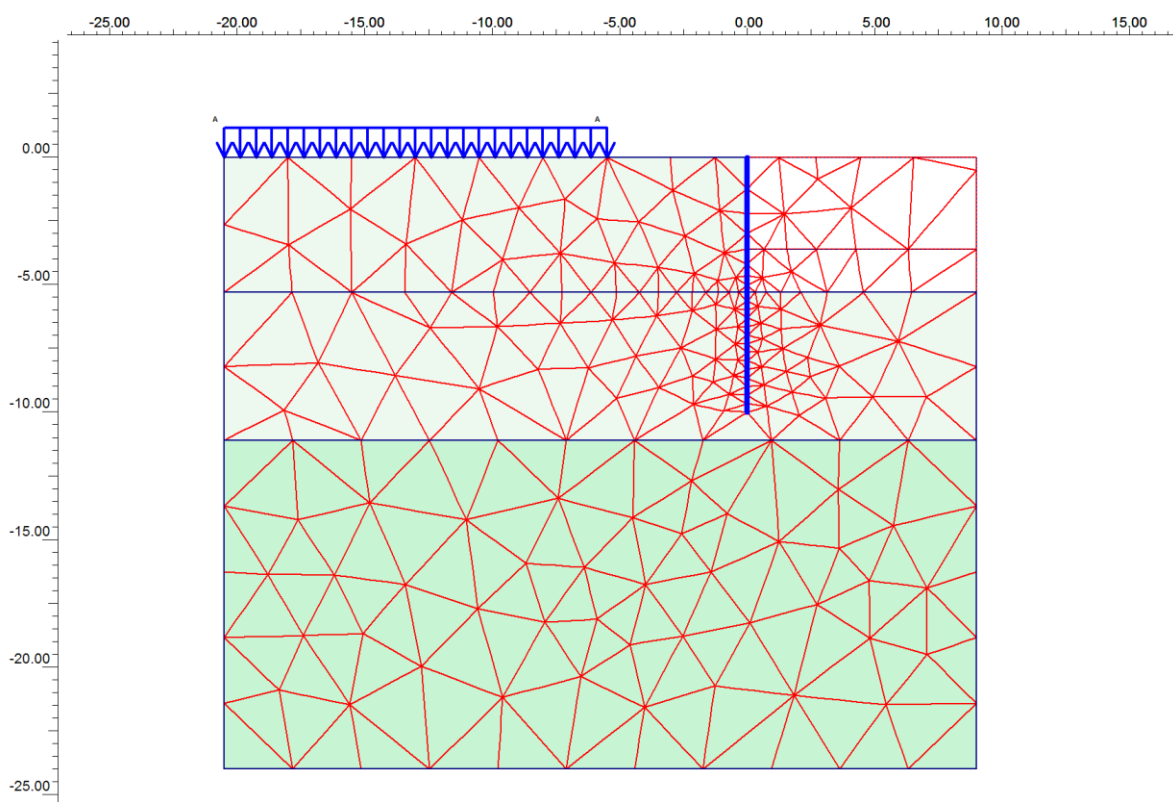
Slika 18: Diagrama ovojnica upogibnih momentov in prečnih sil PP1, MSN, komb.1, vodnjak DB



Slika 19: Diagram aktivnih zemeljskih pritiskov – vodnjak DB ($p_{ah;dmax} = 102,96 \text{ kN/m}^2/\text{m}$,
 $E_{ah;d} = 646,14 \text{ kN/rad}$)

5.3.8 Račun jeklenih zagatnic desni breg – dejansko izvedeno stanje

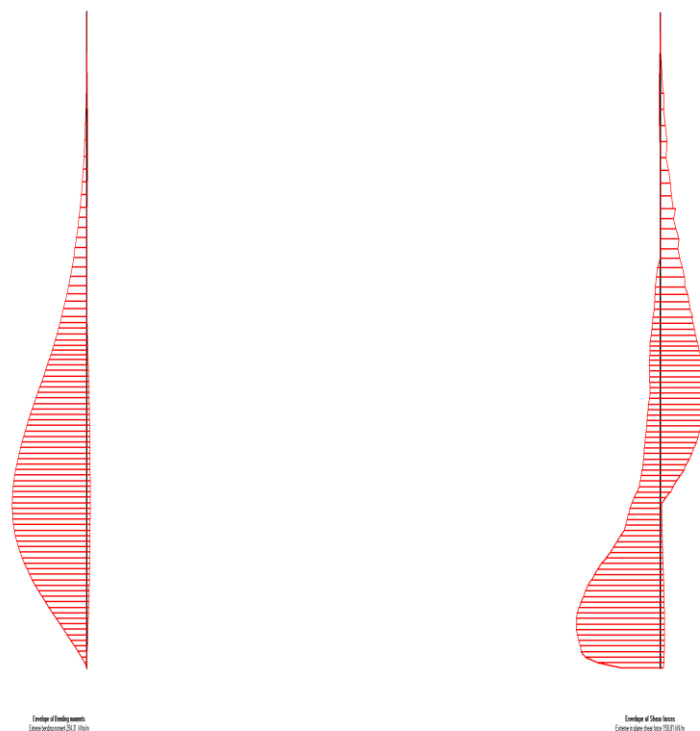
Pri numeričnem računu varovanja gradbene jame z jeklenimi zagatnicami je upoštevana druga vrsta zagatnic, kot pa je dejansko uporabljena. Računske težave so odpravljane postopoma z izbiranjem zagatnic z vedno boljšo osno in upogibno togostjo. Račun je uspešno izveden z upoštevanjem zagatnice, katere debelina stene znaša 19,5 mm. S komercialnim imenom PU32 proizvajalca ArcelorMittal je to zagatnica, ki dosega največje trdnostne in deformacijske karakteristike. Podobno kot pri vodnjaku lahko predpostavimo, da se je ob izkopu gradbene jame skoraj kubičnih dimenzij vzpostavilo prostorsko napetostno stanje.



Slika 20: Geostatični model jeklena zagatnica DB

Preglednica 8: RAČUN JEKLENIH ZAGATNIC DESNI BREG

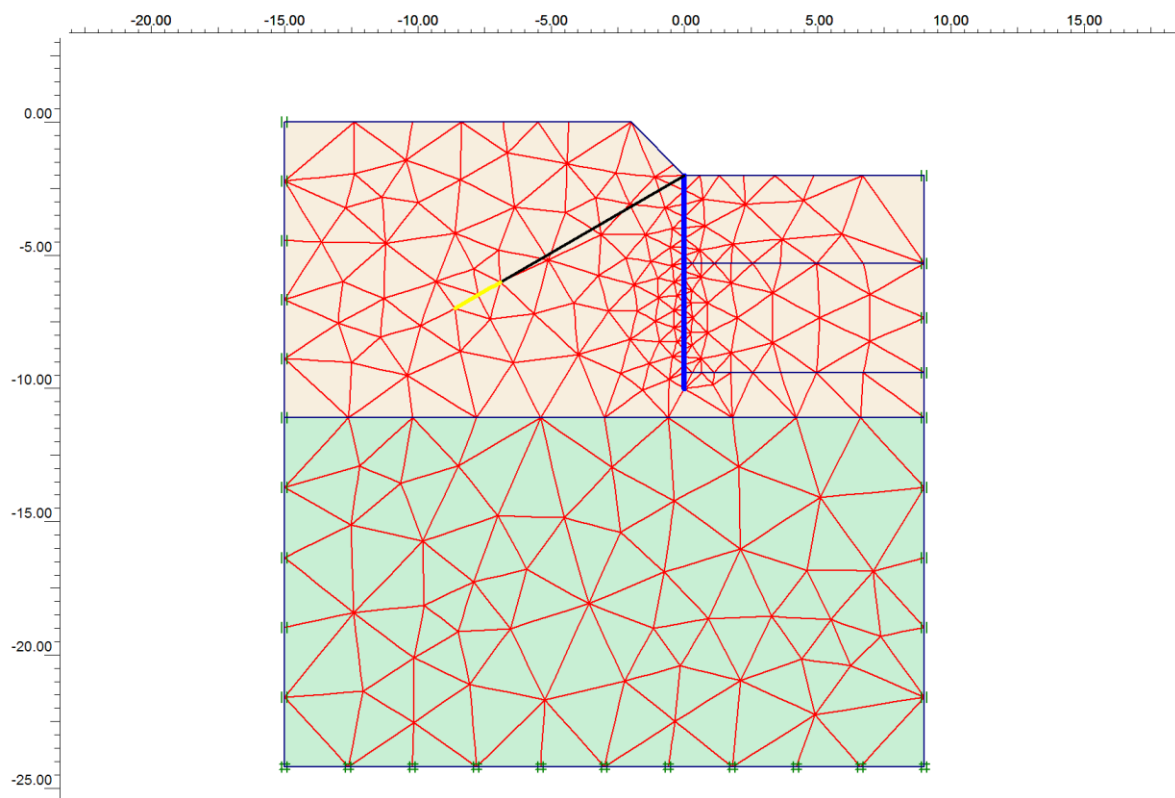
Projektni pristop	Način računa	Upoštevani parametri, mejno stanje			Notranje statične količine		
		Parameter	Vrednost	enota	M _d kNm/m	Q _d kN/m	
PP1	MKE	MSU			197,00	81,00	
		prod	γ	21,00			kN/m ³
			ϕ'	36,00			°
			c	0,00			kPa
		PU32	EA	5,082*10 ⁶			kN/m ¹
			EI	1,52*10 ⁹			kNm ² /m ¹
			v	0,20			/
			l	10,00			m
		NSK	M _{MSU}	Q _{MSU}			γ_{MSU}
			146,00	60,00			1,35
		U _{h,max}	0,111m				
		MSN, komb1			197,00	81,00	
		NSK	M _{MSN}	Q _{MSN}			γ_G
			146,00	60,00			1,35
		MSN, komb2			254,00	151,00	
		delni faktor	γ_G	1,00			
			γ_Q	1,30			
γ_ϕ	1,25						
izračunana globalna varnost		1,245					



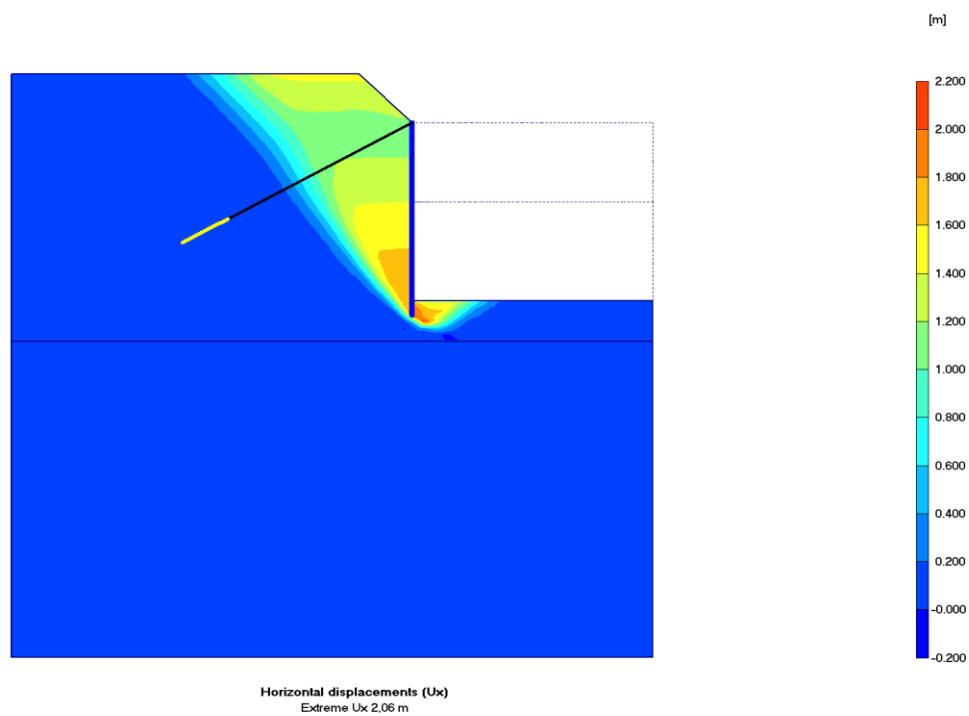
Slika 21: Diagrama ovojníc upogibnih momentov in prečnih sil PP 1, ϕ -c redukcija, jeklene zagatnice DB

5.3.9 Račun varovanja gradbene jame po prvotnem projektu

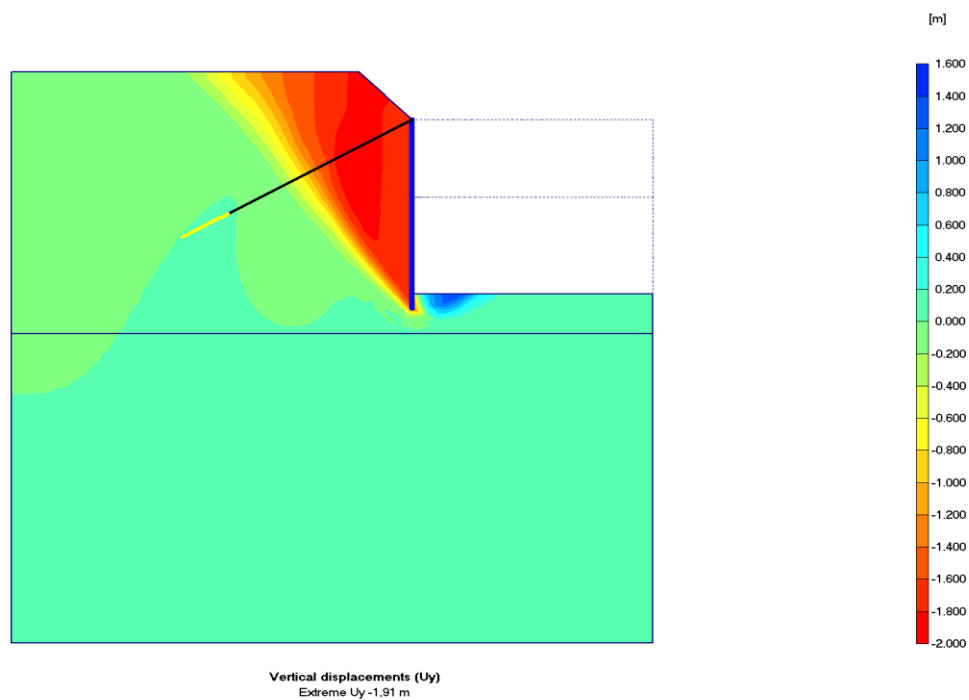
Preverjeno je tudi varovanje gradbene jame po prvotnem projektu. Računski koraki so uspešno izvedeni vse do faze izkopa do podtalnice. Z nadaljevanjem izkopa do dna gradbene jame pa se račun ustavi, ko pride do porušitve temeljnih tal.



Slika 22: Geostatični model varovanja po prvotnem projektu



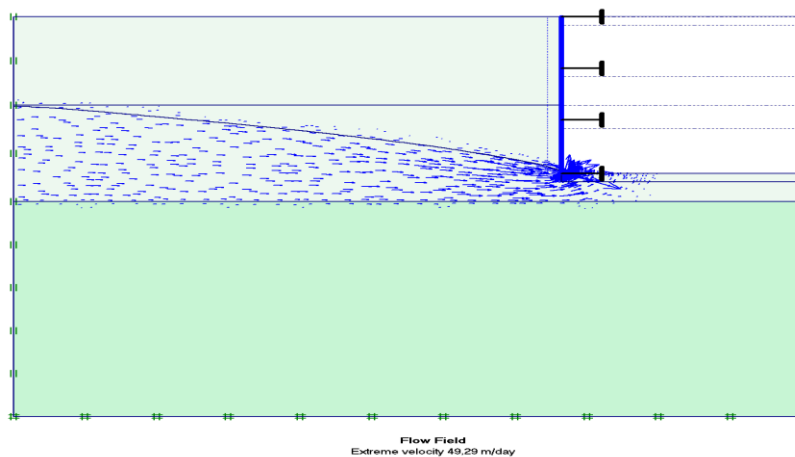
Slika 23: Horizontalni premiki pri varovanju gradbene jame po prvotnem projektu (MSU)



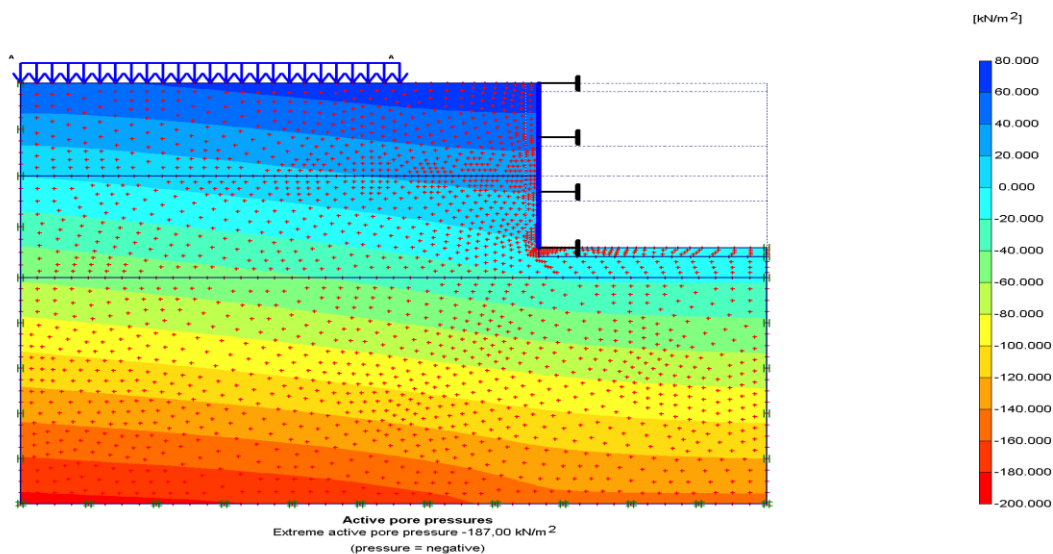
Slika 24: Vertikalni premiki pri varovanju gradbene jame po prvotnem projektu (MSU)

5.3.10 Račun podzemnega toka – primer razprte pilotne stene desni breg

Numerični izračun strujanja podtalnice v stacionarnih pogojih v primeru razprte pilotne stene desnega brega kaže na dejstvo, da je ob predpostavljeni vodoprepustnosti proda $k_{\text{prod}}=4 \cdot 10^{-4}$ m/s in konglomerata $k_{\text{konglomerat}} = 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s ter predpostavki, da je AB konstrukcija t.j. AB piloti $\varnothing 40$ v rastru 1,0kom/m¹, popolno prepustna, dotok podtalne vode reda velikosti $Q_{\text{totm}}=28,07$ m³/dan/m¹. Obod gradbene jame je 22,2m. S poenostavljenim računom dotok podtalnice v dno gradbene jame znaša $Q=432,07$ l/min.



Slika 25: Sprememba hidravličnega polja – izkop na -9,40m razprta pilotna stena DB



Slika 26: Izolinije vodnih tlakov – izkop na -9,40m razprta pilotna stena DB

6 EKONOMSKO TEHNOLOŠKA PRESOJA IZVEDB

6.1 Varovanje s konzolnimi pilotnimi stenami

Varovanja gradbene jame s konzolnimi pilotnimi stenami so zaradi svojih posebnosti, kot so velike globine in veliki prerezi, sicer izvedljive, a ekonomski kriterij običajno investitorja odvrne od tega načina varovanja. V strukturi aproksimativnega predračuna piloti v obravnavanem primeru predstavljajo kar 82% skupne vrednosti. Specifičnost obravnavanega primera so majhne izkopske količine, ki predstavljajo nadaljnjih 12% vrednosti. Nadaljnja neugodna karakteristika tovrstnega varovanja je terminska izvedba. Po predhodnih ocenah bi samo za izvedbo na desnem bregu potrebovali vsaj 60 delovnih dni. Naslednja neugodna karakteristika je gradbena mehanizacija in oprema, ki s svojimi operativnimi vplivi daleč presega razpoložljiv prostor, še posebej na levem bregu.

6.2 Varovanje s sidranimi pilotnimi stenami

Varovanje gradbene jame s sidranimi pilotnimi stenami v primerjavi s konzolnimi delež pilotov v skupnih stroških opazno zmanjša. Dolžine so krajše pa tudi prečni prerezi so obremenitvam primerno manjši. Dodatne elemente varovanja in posledično stroške predstavljajo vezna gred in sidra. V obravnavanem primeru se zaradi manjšega premera pilotov pojavi problem vdiranja podzemne vode v gradbeno jamo skozi pilotno steno (v konzolni izvedbi desnega brega so piloti v dotikajočem rastru). Vdiranje vode se prepreči z injektiranjem cementne suspenzije, ko lokalno spremenimo propustnost temeljnih tal. Injektiranje je za fazo postavitve črpališča potrebno predvideti tudi na zunanji strani, t.j. v dnu reke Kokre. Tovrstno tesnenje se sicer ob prečkanju z instalacijsko kineto lokalno prekine. Termnsko je izvedba sidrane pilotne stene še bolj neugodna kot konzolna izvedba. Prisotne so dodatne izvedbene faze, ki so tehnološko zahtevnejše, k podaljšanju roka izvedbe pa ne gre zanemariti vpliva omejenosti prostora. Gradbena jama desnega brega je široka vsega 4,20 m, v dolžino meri 9,0 m. Še manjša je gradbena jama levega brega s širino 4,0 m in dolžino prav tako 4,0 m. Pri izvedbi pasivnih sider velja omeniti, da je potrebno upoštevati t.i. jalovo vrtnanje, ki se izvaja z vrha terena pred pričetkom izkopskih del. Z izvedbo pasivnih sider,

vezne grede in tesnenja se s sidrano pilotno steno približamo stroškom konzolne različice varovanja.

6.3 Varovanje z razprtimi pilotnimi stenami

Razprte pilotne stene so zaradi prerazporeditve obremenitve vitkejše in krajše. Običajno segajo samo do dna gradbene jame. S primerno materialno izbiro razpor in njihovo prostorsko razporeditvijo je ta način varovanja gradbene jame običajno ekonomsko sprejemljiv. V obravnavanem primeru pa je situacija ponovno specifična. Izbran sistem razpiranja z jeklenimi profili predstavlja 17% prispevek k skupnim stroškom. Delež dela predstavlja 1/3 skupne cene. Z izvedbo razpor znotraj profila že prvenstveno majhne gradbene jame še dodatno zmanjšamo manipulativni prostor. Delo pod takšnimi pogoji zahteva posebno pazljivost, še več ročnega dela, pa tudi možnost delovnih nesreč se močno poveča. Izvedbeni rok je odvisen od organizacijskih in izvedbenih sposobnosti vseh delavcev v procesu izvedbe in po ocenah znaša vsaj 21 delovnih dni.

6.4 Varovanje z vodnjakom in jeklenimi zagatnicami

Izvedba z vodnjakom je primerljiva izvedbi z zagatnicami v ekonomskem pogledu, medtem ko hitrost izvedbe z jeklenimi zagatnicami presega vse našete izvedbe. Vodnjak izvajamo v kampadah po 1,0 m, izkopu znotraj plašča sledi cementni obrizg, vstavljanje armature ter ponovni cementni obrizg. Ta tehnologija je primerna zaradi relativno majhne globine 5,60 m. Izvedba je ocenjena na 10 delovnih dni. Prednost vgradnje jeklenih zagatnic je predvsem v hitrosti napredovanja del, ponovni uporabi elementov, enostavnosti tehnologije vgradnje.

Sistem varovanja gradbene jame z jeklenimi zagatnicami je tudi dejansko izveden. Kot se je naknadno izkazalo, je pozicijo črpališča potrebno prestaviti dolvodno zaradi obstoječečasne male pretočne čistilne naprave in dovodne kanalizacije. Dimenzije gradbene jame črpališča tako dobijo skoraj kubične razsežnosti. Vgradnja zagatnih sten traja 2 delovna dneva, strojno ročni izkop 1,5 dneva, vgradnja črpališča 2 dneva, zasip z utrjevanjem do vrha 1,5 dneva, izvlek zagatnic 1 dan. Skupaj traja vgradnja črpališča 8 delovnih dni. Kljub nekoliko višji vrednosti del napram vodnjaku je izbrana izvedba najbolj racionalna tako po ekonomskem kriteriju kot tudi izvedbenem kriteriju. Črpališče namreč predstavlja samo enega

izmed elementov projekta izvedbe obnove javne kanalizacije, vodovoda in vozišča na območju Savske ceste v Kranju.



Slika 27: Vgradnja jeklenih zagatnic



Slika 28: Gradbena jama varovana z jeklenimi zagatnicami



Slika 29: Nivo vode v gradbeni jami pred pričetkom del



Slika 30: Elementi kanalizacije so vgrajeni



Slika 31: Obešanje predizolirane cevi na mostno konstrukcijo



Slika 32: Pogled na most z desnega brega

6.5 Aproksimativni predračuni različic izvedbe varovanja

6.5.1 Konzolna pilotna stena desni breg

Preglednica 9: Predračun konzolna pilotna stena desni breg

	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame	zne	1,00	6.000,00	6.000,00
2.	Izdelava AB pilotov (premeščenje, vrtanje in vgradnja), armatura S500, beton C20/25, premera fi 100 cm, dolžine 18,90m, (od tega 11,10m v produ, preostalo v konglomeratu), kom =22,0	m1	416,00	210,00	87.360,00
3./ 1	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja	m3	96,00	28,00	2.688,00
3./ 2	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo	m3	55,00	20,00	1.100,00
3./ 3	Strojno ročni (60/40%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 - 9,40m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	205,00	35,00	7.175,00

4.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod črpališčem, umirjevalnim in vodovodnim jaškom na pripravljena temeljna tla	m2	7,00	17,00	119,00
5.	Fazni strojno ročni zasip z izkopanim materialom pripeljanim z začasne deponije H=2km, med vgrajenimi elementi, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	260,00	9,50	2.470,00
				skupaj	106.912,00

6.5.2 Konzolna pilotna stena levi breg

Preglednica 10: Predračun konzolna pilotna stena levi breg

	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame	zne	1,00	6.000,00	6.000,00
2.	Izdelava AB pilotov (premeščanje, vrtanje in vgradnja), armatura S500, beton C20/25, premera ϕ 100 cm, dolžine 18,90m, (od tega 11,10m v produ, preostalo v konglomeratu), kom =22,0	m1	416,00	210,00	87.360,00
3./1	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja	m3	96,00	28,00	2.688,00

3./2	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo	m3	55,00	20,00	1.100,00
3./3	Strojno ročni (60/40%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -9,40m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	205,00	35,00	7.175,00
4.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod črpališčem, umirjevalnim in vodovodnim jaškom na pripravljena temeljna tla	m2	7,00	17,00	119,00
5.	Fazni strojno ročni zasip z izkopenim materialom pripeljanim z začasne deponije H=2km, med vgrajenimi elementi, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	260,00	9,50	2.470,00
				skupaj	106.912,00

6.5.3 Sidrana pilotna stena desni breg

Preglednica 11: Predračun sidrana pilotna stena desni breg

Zap.št.	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame - pri transportu se upošteva samo premik preko mostu	zne	1,00	4.000,00	4.000,00

2.	Izdelava AB pilotov (premeščenje, vrtanje in vgradnja), armatura S500, beton C20/25, premera ϕ 60 cm, dolžine 15,40m, (od tega 11,10m v produ, preostalo v konglomeratu), kom =22,0	m1	339,00	180,00	61.020,00
4.	Izdelava AB vezne grede 35/45 cm, armatura S500, beton C20/25, dolžine 22,40m, vezna gred na globini -2,0m	m1	22,40	540,00	12.096,00
5.	Izdelava pasivnih sider IBO nosilnosti 320kN, vrtanje pod kotom $\alpha=18^\circ$, dolžine 14,0m+4,0m jalovega vrtanja zaradi prostorske omejitve, e=1,0m, kom =20,0	m1	280,00	35,00	9.800,00
6.	Injektiranje cementne suspenzije v temeljna s koeficientom prepustnosti $k=1 \cdot 10^{-3}$ m/s, v globini med 5,30 in 9,40m po obodu gradbene jame med AB piloti ϕ 60. Injektiranje se izvede za zmanjšanje vodoprepustnosti okoliških temeljnih tal	m3	38,00	185,00	7.030,00
7./1	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja.	m3	96,00	28,00	2.688,00
7./1	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo.	m3	55,00	20,00	1.100,00

7./2	Strojno ročni (60/40%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -9,40m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	205,00	35,00	7.175,00
8.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod črpališčem, umirjevalnim in vodovodnim jaškom	m2	7,00	17,00	119,00
9.	Fazni strojno ročni zasip z izkopanim materialom pripeljanim z začasne deponije H=2km, med vgrajenimi elementi, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	260,00	9,50	2.470,00
				skupaj	107.498,00

6.5.4 Sidrana pilotna stena levi breg

Preglednica 12: Predračun sidrana pilotna stena levi breg

Zap.št.	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame - pri transportu se upošteva samo premik preko mostu	zne	1,00	2.000,00	2.000,00

2.	Demontaža V. polja jeklene nadstrešnice in celotne strešne površine iz azbestno cementnih valovitih plošč, ki se deponirajo pri pooblaščenemu predelovalcu. Po končanih delih ponovna montaža V. jeklenega polja in prekritje strehe z vlaknocementnimi ploščami	zne	1,00	12.500,00	12.500,00
3.	Izdelava AB pilotov (premeščanje, vrtanje in vgradnja), armatura S500, beton C20/25, premera ϕ 40 cm, dolžine 11,20m, (od tega 6,80m v produ, preostalo v konglomeratu), kom =12,0	m1	134,40	180,00	24.192,00
4.	Izdelava AB vezne grede 25/35 cm, armatura S500, beton C20/25, dolžine 12,00m	m1	12,00	300,00	3.600,00
5.	Izdelava pasivnih sider IBO nosilnosti 320kN, vrtanje pod kotom $\alpha=20^\circ$, dolžine 7,0m+2,5m jalovega vrtanja zaradi prostorske omejitve, e=2,0m, kom =10,0	m1	70,00	35,00	2.450,00
6.	Injektiranje cementne suspenzije v temeljna s koeficientom prepustnosti $k= 1*10^{-3}$ m/s, v globini med 4,40 in 7,50 po obodu gradbene jame med AB piloti ϕ 40. Injektiranje se izvede za zmanjšanje vodoprepustnosti okoliških temeljnih tal	m3	20,00	185,00	3.700,00

7./1	Strojno ročni (30/70%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja	m3	40,00	38,00	1.520,00
7./2	Strojno ročni (30/70%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo	m3	24,00	30,00	720,00
7./3	Ročni (100%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -6,80m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	45,00	47,00	2.115,00
7./4	Ročni (100%) izkop zemljine V. ktg s pneumatskim klavivom, globine 6,80 -7,00m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	3,20	100,00	320,00
8.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod revizijskim jaškom	m2	7,00	17,00	119,00
9.	Fazni strojno ročni zasip z izkopanim materialom pripeljanim z začasne deponije H=2km, med vgrajenimi elementi, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	72,00	9,50	684,00
				skupaj	53.920,00

6.5.5 Razprta pilotna stena desni breg

Preglednica 13: Predračun razprta pilotna stena desni breg

Zap.št.	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame	zne	1,00	2.500,00	2.500,00
2.	Izdelava AB pilotov(premeščenje, vrtanje in vgradnja), armatura S500, beton C20/25, premera ϕ 40 cm, dolžine 9,40m, kom=22,0	m1	207,00	120,00	24.840,00
3.	Injektiranje cementne suspenzije v temeljna s koeficientom prepustnosti $k= 1 \cdot 10^{-3} \text{m/s}$, v globini med 5,30 in 9,40 po obodu gradbene jame med AB piloti ϕ 40. Injektiranje se izvede za zmanjšanje vodoprepustnosti okoliških temeljnih tal	m3	38,00	210,00	7.980,00
4.	Izdelava, vgradnja vezne grede iz varjenih UNP 160 profilov, greda sidrana v AB pilote	m1	88,00	95,00	8.360,00
5.	Izdelava, vgradnja jeklenih razpor IPE 20	m1	35,00	65,00	2.275,00
6/1	Strojno ročni (50/50%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m, med vgrajenimi razporami, z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja.	m3	96,00	38,00	3.648,00

6./2	Strojno ročni (50/50%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m, med vgrajenimi razporami, z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo.	m3	55,00	30,00	1.650,00
6./3	Strojno ročni (20/80%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -9,40m, med vgrajenimi razporami, z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	205,00	45,00	9.225,00
7.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod črpališčem, umirjevalnim jaškom, vodovodnim jaškom na predhodno pripravljena temeljna tla	m2	27,00	17,00	459,00
8.	Fazni strojno ročni zasip med vgrajenimi elementi in razporami, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	260,00	11,00	2.860,00
				skupaj	63.797,00

6.5.6 Razprta pilotna stena levi breg

Preglednica 14: Predračun razprta pilotna stena levi breg

Zap.št.	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame - pri treansportu se upošteva samo premik preko mostu	zne	1,00	1.500,00	1.500,00
2.	Demontaža V. polja jeklene nadstrešnice in celotne strešne površine iz azbestno cementnih valovitih plošč, ki se deponirajo pri pooblaščenemu predelovalcu. Po končanih delih ponovna montaža V. jeklenega polja in prekritje strehe z vlaknocementnimi ploščami	zne	1,00	12.500,00	12.500,00
3.	Izdelava AB pilotov (premeščenje, vrtanje in vgradnja), armatura S500, beton C20/25, premera ϕ 40 cm, dolžine 7,0m, kom=12,0	m1	84,00	120,00	10.080,00
4.	Injektiranje cementne suspenzije v temeljna s koeficientom prepustnosti $k= 1 \cdot 10^{-3} \text{m/s}$, v globini med 4,40 in 7,50m, po obodu gradbene jame med AB piloti ϕ 40. Injektiranje se izvede za zmanjšanje vodoprepustnosti okoliških temeljnih tal	m3	20,00	185,00	3.700,00
5.	Izdelava, vgradnja vezne grede iz varjenih UNP 160 profilov, greda sidrana v AB pilote	m1	35,10	95,00	3.334,50
6.	Izdelava, vgradnja jeklenih razpor IPE 20	m1	44,00	65,00	2.860,00

7./1	Strojno ročni (30/70%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja	m3	40,00	40,00	1.600,00
7./2	Strojno ročni (30/70%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo	m3	24,00	32,00	768,00
7./3	Ročni (100%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -6,80m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	45,00	47,00	2.115,00
7./4	Ročni (100%) izkop zemljine V. ktg s pneumatskim klavivom, globine 6,80 -7,00m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	3,20	100,00	320,00
7.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod revizijskim jaškom na predhodno pripravljena temeljna tla	m2	7,00	17,00	119,00
8.	Fazni strojno ročni zasip med vgrajenimi elementi in razporami, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	72,00	11,00	792,00
				skupaj	39.688,50

6.5.7 Vodnjak desni breg

Preglednica 15: Predračun vodnjak desni breg

Zap.št.	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame	zne	1,00	6.000,00	6.000,00
2.	Fazna izdelava (e=1,0m) plašča vodnjaka z brizganim betonom debeline d=0,30m, mrežna armatura Q 335	m2	235,00	48,00	11.280,00
3/1	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja	m3	96,00	28,00	2.688,00
3/2	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo	m3	58,00	20,00	1.160,00
3/3	Strojno ročni (60/40%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -5,60m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H	m3	62,00	28,00	1.736,00
4.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod črpališčem, na predhodno pripravljena temeljna tla	m2	27,00	17,00	459,00

5.	Fazni strojno ročni zasip med vgrajenimi elementi, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	120,00	9,50	1.140,00
				skupaj	24.463,00

6.5.8 Jeklene zagatnice desni breg

Preglednica 16: Predračun jeklene zagatnice desni breg

Zap.št.	Postavka	EM	Količina	€/E	Znesek
1.	Organizacija gradbišča, transport opreme in strojev, zakoličba obstoječih vodov, zakoličba gradbene jame	zne	1,00	3.000,00	3.000,00
2.	Zabijanje, izvlačenje jeklenih zagatnic VL606 dolžine 8,0-10,0m, v ceni je zajeta tudi najemnina	m2	230,00	66,00	15.180,00
3/1	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na trajno deponijo. V ceni so upoštevane vse takse trajnega odlaganja.	m3	20,00	28,00	560,00
3/2	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III - IV. ktg, globine do 4,0m z nakladanjem na kamion in odvozom na začasno deponijo.	m3	269,00	20,00	5.380,00

3./3	Strojno ročni (80/20%) izkop zemljine III. - IV. ktg, globine 4,00 -5,60m z nakladanjem v prekladalno posodo, strojnim dvigom iz jame, nakladanjem na kamion in odvoz na začasno deponijo do 2km H.	m3	62,00	28,00	1.736,00
4.	Vgradnja podložnega betona C12/15 d=0,20m, zemeljsko vlažne konsistence, pod črpališčem na predhodno pripravljena temeljna tla	m2	8,00	17,00	136,00
5.	Fazni strojno ročni zasip med vgrajenimi elementi, z utrjevanjem v plasteh d=0,40m	m3	331,00	6,00	1.986,00
				skupaj	27.978,00

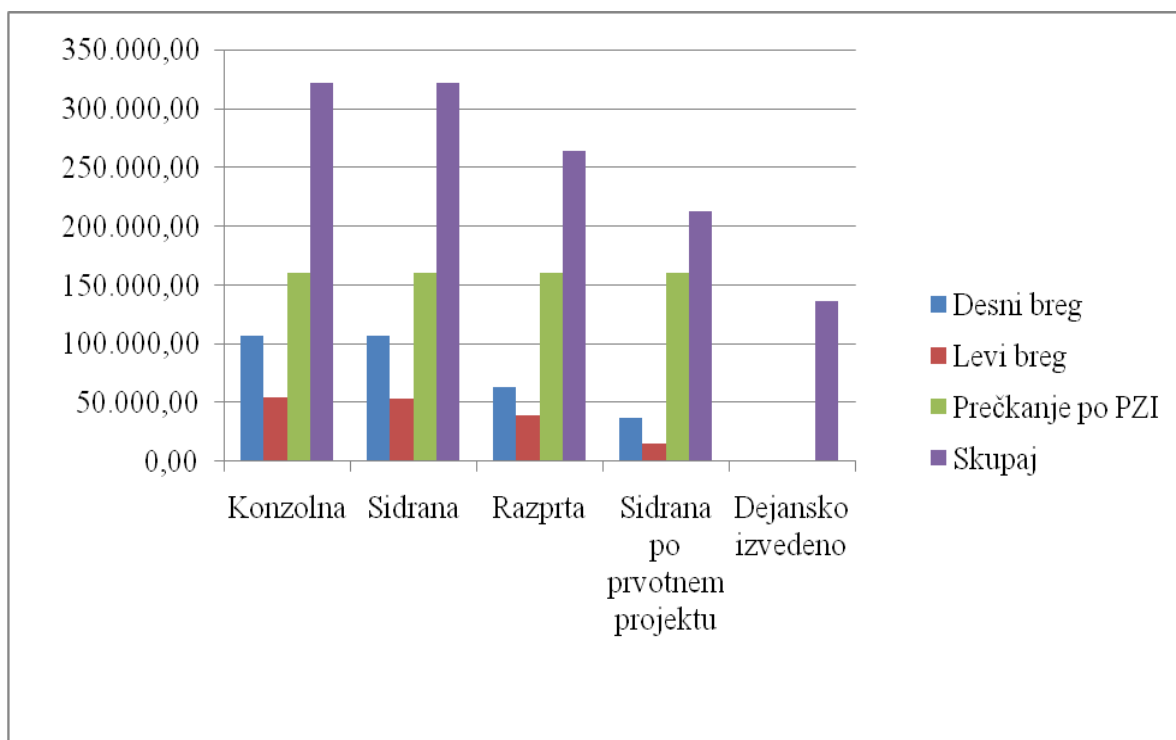
6.6 Ekonomska primerjava izvedb varovanja

Iz izvlečka pogodbenega predračuna prečkanje preko struge reke Kokre znaša 160.700,00 €. Ta strošek je enak pri vseh različicah varovanja izvedb gradbenih jam desnega in levega brega. Izvedba varovanja s konzolno pilotno steno je najdražja, sidrana je iz navedenih razlogov zelo blizu, medtem ko je izvedba z razprtimi pilotnimi stenami za 40 % cenejša. Izvedba po prvotnem projektu je še za 50 % cenejša od izvedbe z razprtimi pilotnimi stenami, a smo z geostatičnim preverjanjem dokazali, da je neustrezna. S preprojektiranjem so se pojavili dodatni stroški predvsem pri dodatnem tlačnem vodu, izvedba vodovoda s sistemom obešanja na mostno konstrukcijo je cenejša, kot bi bil njen prispevek k stroškom kinete. Stroški »skrajšanega« črpališča pa so ravno tako bistveno nižji kot pa v izvedbi po prvotnem projektu.

6.6.1 Stroški izvedb varovanja gradbenih jam

Preglednica 17: Stroški izvedb varovanja gradbenih jam

Vrsta varovanja gradbene jame	Desni breg	Levi breg	Prečkanje po PZI	Skupaj
Konzolna	106.912,00	54.578,00	160.700,00	322.190,00
Sidrana	107.498,00	53.920,00	160.700,00	322.118,00
Razprta	63.797,00	39.688,50	160.700,00	264.185,50
Sidrana po prvotnem projektu	52.856,00		160.700,00	213.556,00
Dejansko izvedeno	27.978,00	54.600,00	54.200,00	136.778,00
	Jeklene zagatnice	Tlačnivo	Obešanje vodovoda+črpališče	



Grafikon 17: Primerjava stroškov izvedb

7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem preveril možnosti izvedbe varovanj gradbenih jam prečkanja struge reke Kokre. Izvedbe so geostatično preverjene analitično in numerično. Ker ne gre za klasični gradbeni jami, kjer je ena dimenzija bistveno večja od preostalih dveh, temveč za zelo majhni gradbeni jami, je na mestu vprašanje o ustreznosti izbire ravninskega napetostno deformacijskega stanja. Širini gradbenih jam sta »le« ozki zarezi v temeljna tla. Prav tako je vprašljiva uporaba idealnega elasto plastičnega Mohr – Couloumbovega materialnega modela. Uporaba drugih nelinearnih materialnih modelov in prostorskega napetostnega stanja bi najbrž dala ugodnejše rezultate. To dokazuje dejstvo, da je dejanska izvedba potekala z jeklenimi zagatnicami z bistveno nižjo togostjo, kot pa je tista minimalna računsko, ki je bila potrebna za uspešno izvedbo numeričnega računa.

Z nalogo sem tudi preveril izvedbo po prvotnem projektu. Ob dejstvih navedenih v prejšnjem odstavku, bi se lahko zgodilo, da bi varovanje izvedli brez večjih težav do nivoja podtalnice. S projektom je predviden cementni pobrizg med AB piloti. Hidrostatski pritisk bi cementni plašč prediral in povzročal izvedbene težave, ogrožena pa bi bila tudi varnost zdravja ljudi. Rok izvedbe bi se bistveno podaljšal, lahko pa bi se tudi zgodilo, da bi bilo neizvedeno jamo potrebno zasuti ter z novimi ukrepi pristopiti k izvedljivi različici. Nosilca stroškov bi z našo zakonodajo težko določili, a bi se potrdilo reklo, ki se pri geotehničnih delih pogosto izgovarja: «najdražje preiskave pri geotehničnih delih so tiste, ki dejansko niso izvršene». Z nalogo sem pokazal, da se geotehnične rešitve ne dajo preprosto privzeti iz podobnih projektov iz drugega geološkega področja. Za takšne inženirske rešitve je obvezno predhodno izvesti geotehnične raziskave.

VIRI

Beg, D., Pogačnik, A. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: str. 7-1 – 7-130

Berdajs, A., Capuder Štembal, M., Galonja, S., Gruden, T., Jereb, S., Jurček, R., Petek, I., Slokan, I., Smolej, B., Žitnik, D., Žitnik, J. 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 294, 364-369

Kovačič, A., Ajdič, I. 2009. Geotehnično poročilo Črpališče fekalne kanalizacije na Savski cesti v Kranju, Ljubljana, Gracen, d.o.o.: 6str., 5 prilog

JH-LJ, VOKA, Tehnična navodila. Projektiranje, tehnična izvedba in uporaba javnega kanalizacijskega sistema

Logar, J., Gradbeništvo VSS, Geotehnične gradnje: Zemeljski pritiski, študijska gradiva

Logar, J., Pulko, B., 2008. Geotehnično projektiranje plitvih temeljev po Evrokodu 7-1, članek: str. 1-8

Majes, B., Gradbeništvo UNI, Fundiranje I: Gradbena jama, študijska gradiva

Majes, B., 2006. Slovenian Geotechnics, 13th Danube European Conference on Geotechnical Engineering.

Ferjan, U. 2008. Gradnja javne kanalizacije ter obnova vodovoda na Savski cesti, Skalici in ulici Tatjane Odrove v Kranju, Ljubljana, PHCE, d.o.o., PZI št.: E-2.

Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov. UR RS št. 101/2005 z dne 11.11.2005

Brinkegreve, R.B.J., Al-Khoury, R., Bakker, K.J., Bonnier, P.G., Brand, P.J.W., Broere, W., Burd, H.J., Soltys, G., Vermeer, P.A., Den Haag, DOC. 2002. Plaxis 2D Version 8, Tutorial Manual. Plaxis 2D Version 8, Reference Manual. Plaxis b.v., Delft, Netherlands

Rogač, R., Saje, F., Lozej, M. 2005. Priročnik za dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj, 1. ponatis

SIST EN 1997-1:2005 – Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 1. del: Splošna pravila – Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules

SIST EN 1997-1:2005/AC:2009 – Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 1. del: Splošna pravila

<http://www.arcelormittal.com/sheetpiling/page/index/name/unsections>

<http://www.arso.gov.si/vode>

http://www.contechsystems.com/Products/Prod_IBOTD.html

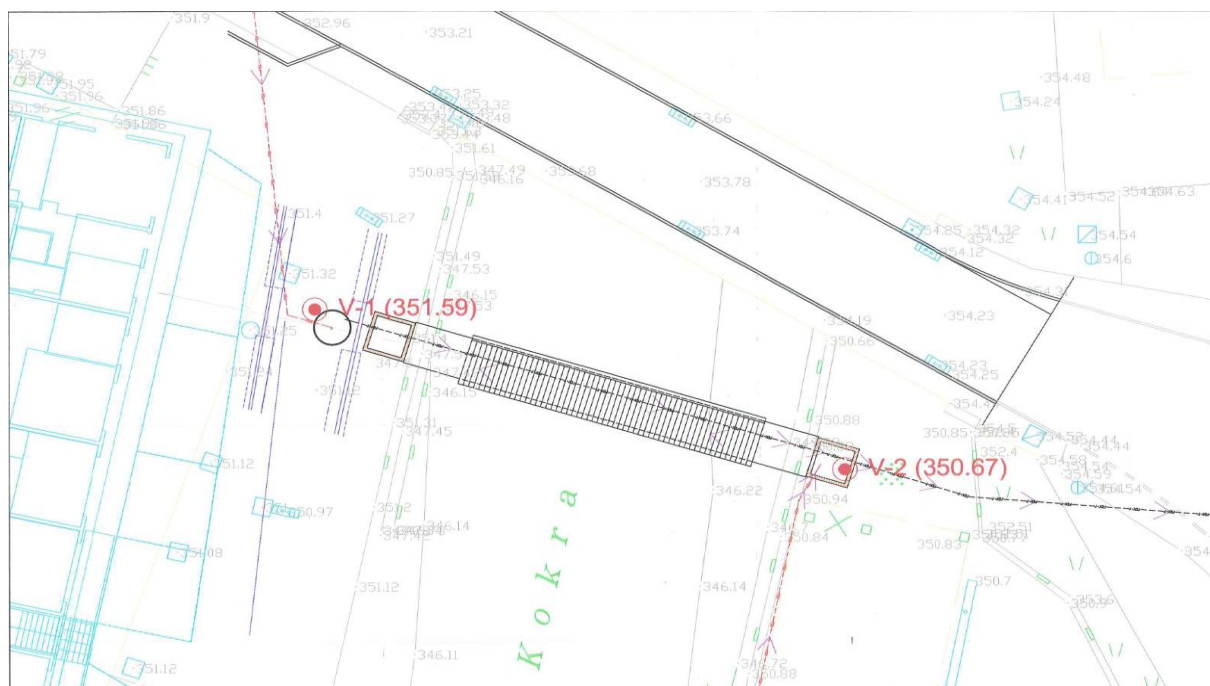
<http://www.digital.planet.org>

<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva>

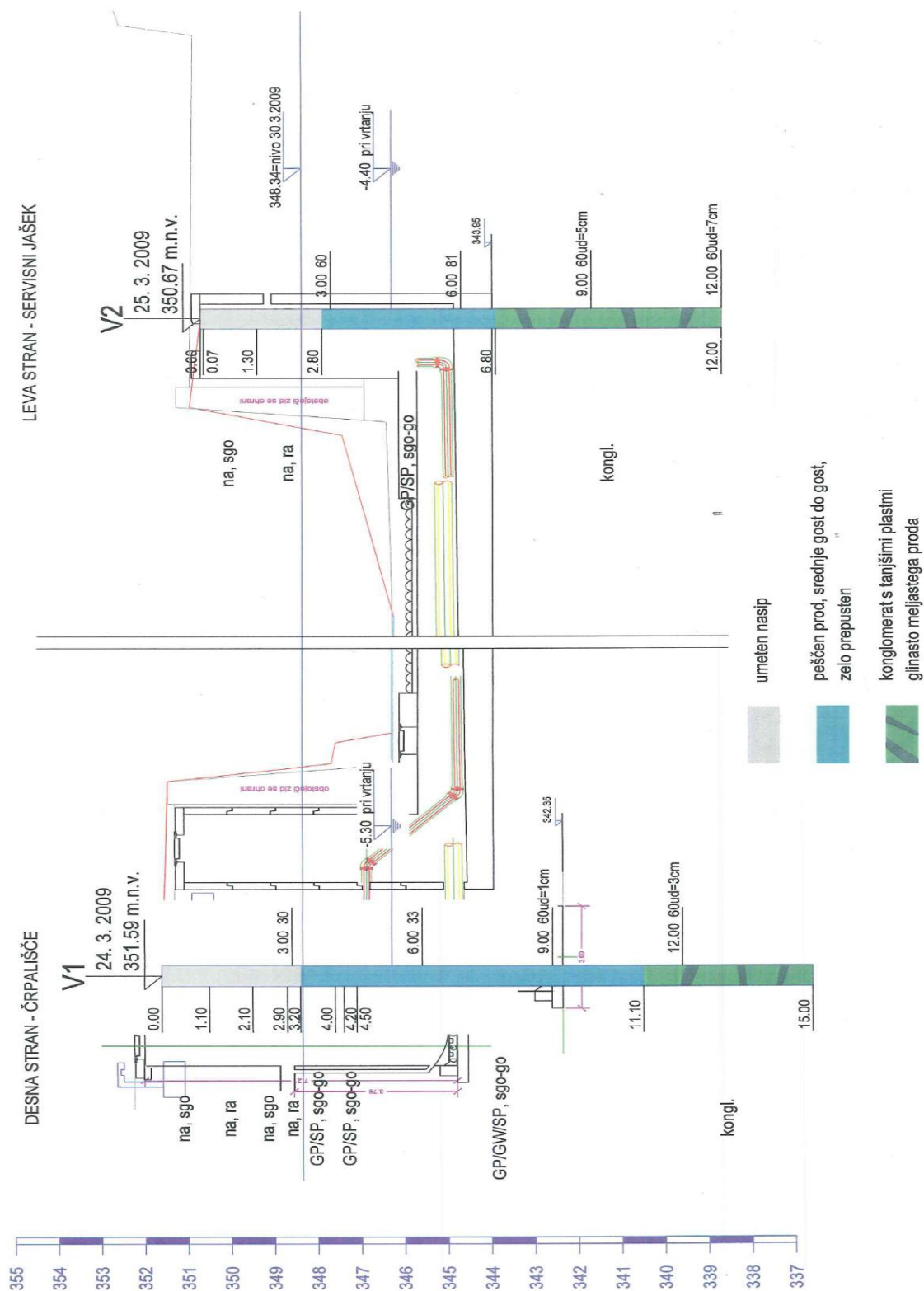
http://www.geotechnicalinfo.com/geotechnical_glossary.html

http://www.jh-lj.si/upload/doc/1053_projektiranje_tehnicna_izvedba

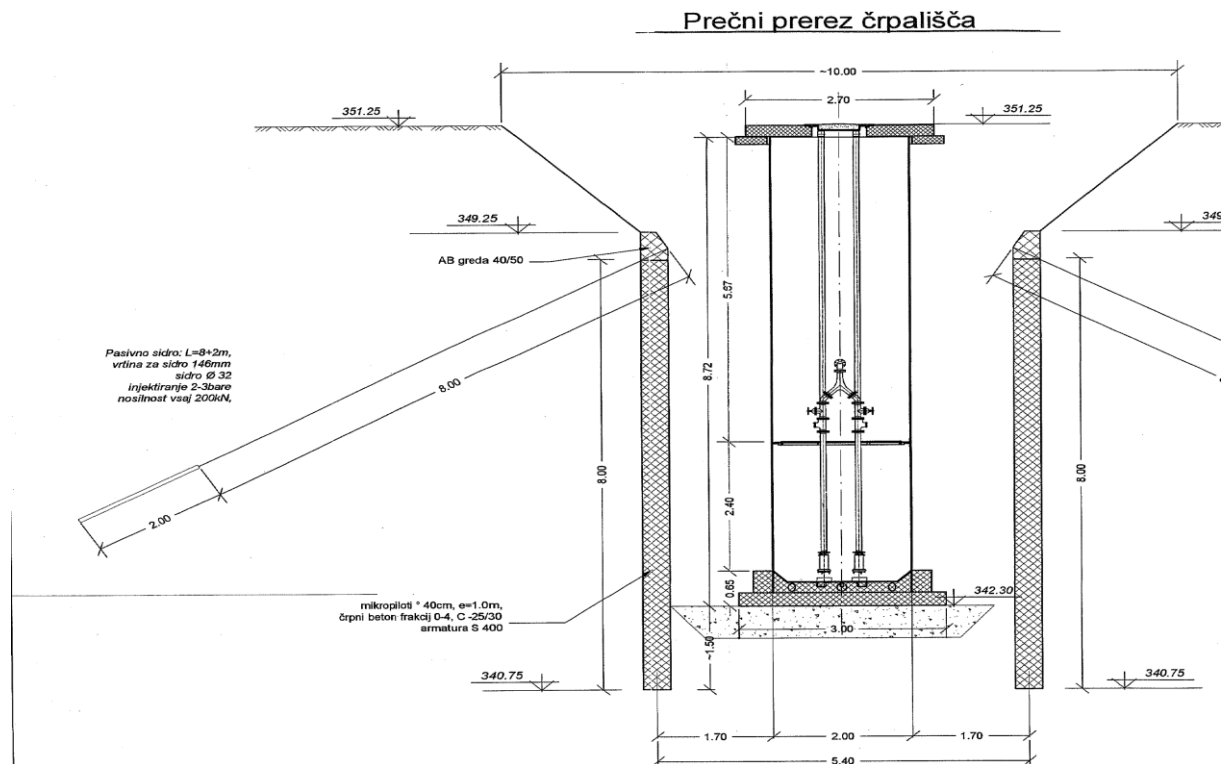
<http://www.maps.google.com>



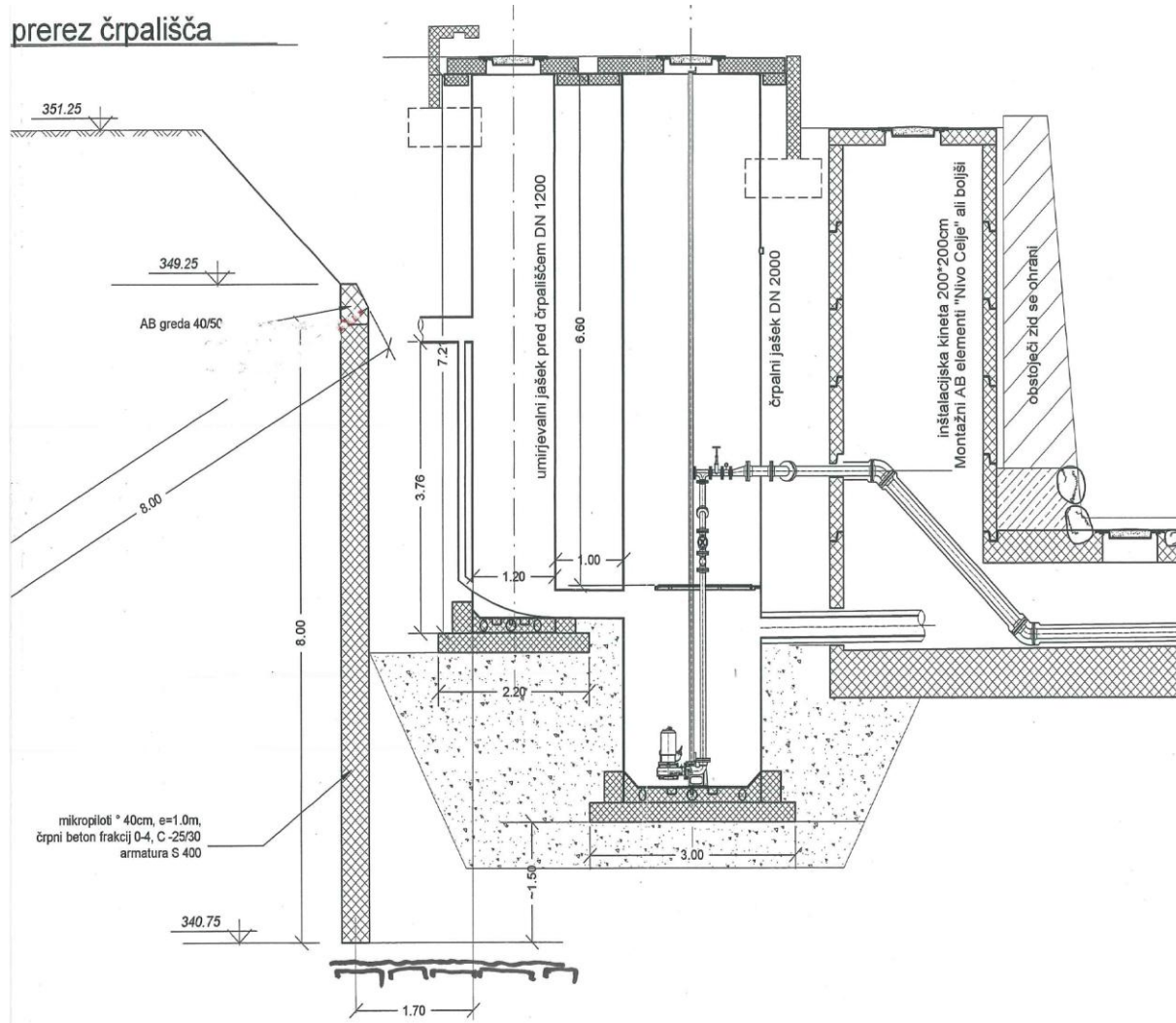
Priloga 1: Situacija geotehničnih vrtin (vir: Geotehnično poročilo Črpališče fekalne
kanalizacije na Savski cesti v Kranju, Gracen, d.o.o, april 2009)



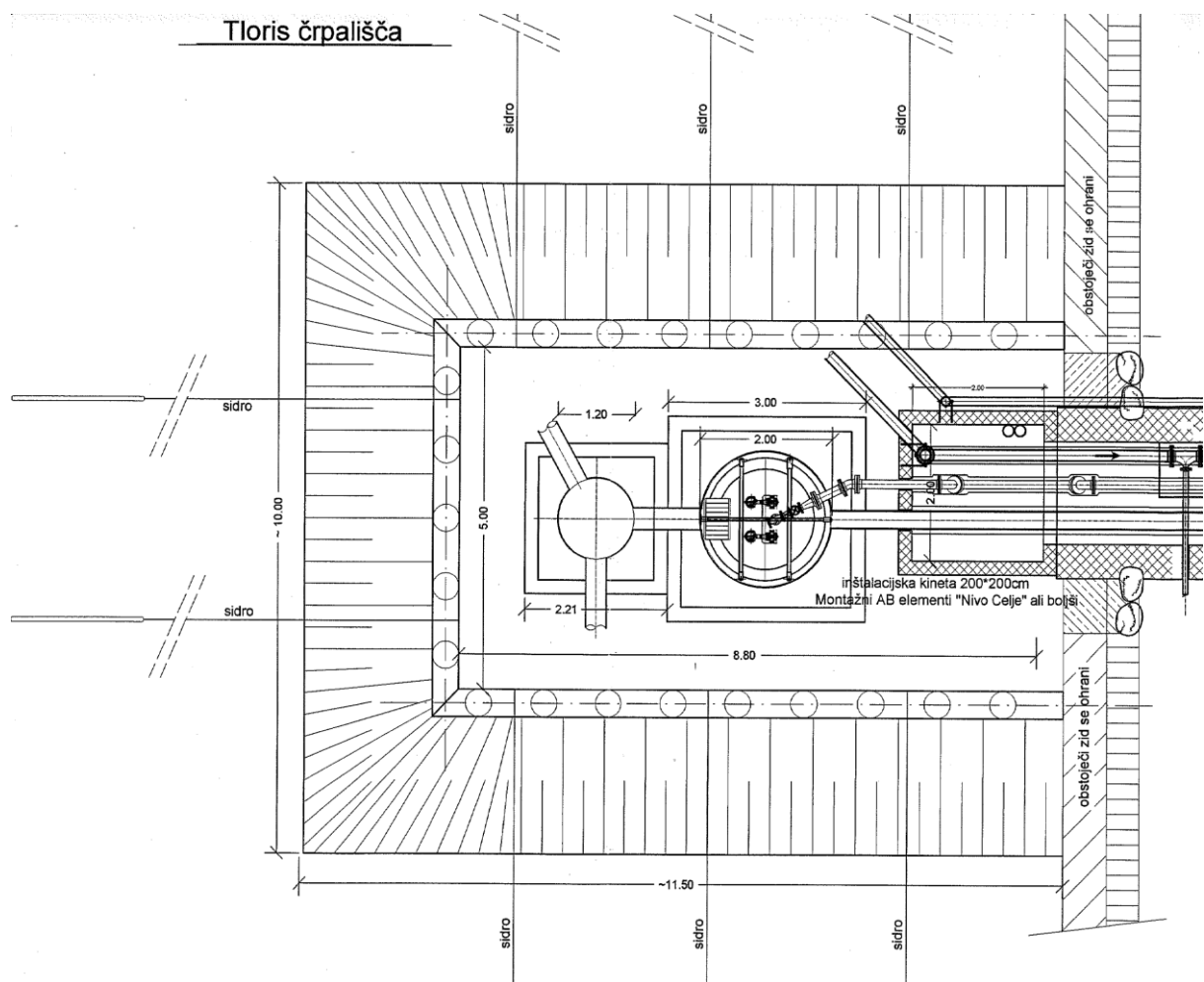
Priloga 2: Prerez geotehničnih vrtin (vir: Geotehnično poročilo Črpaljšče fekalne kanalizacije na Savski cesti v Kranju, Gracen, d.o.o, april 2009)



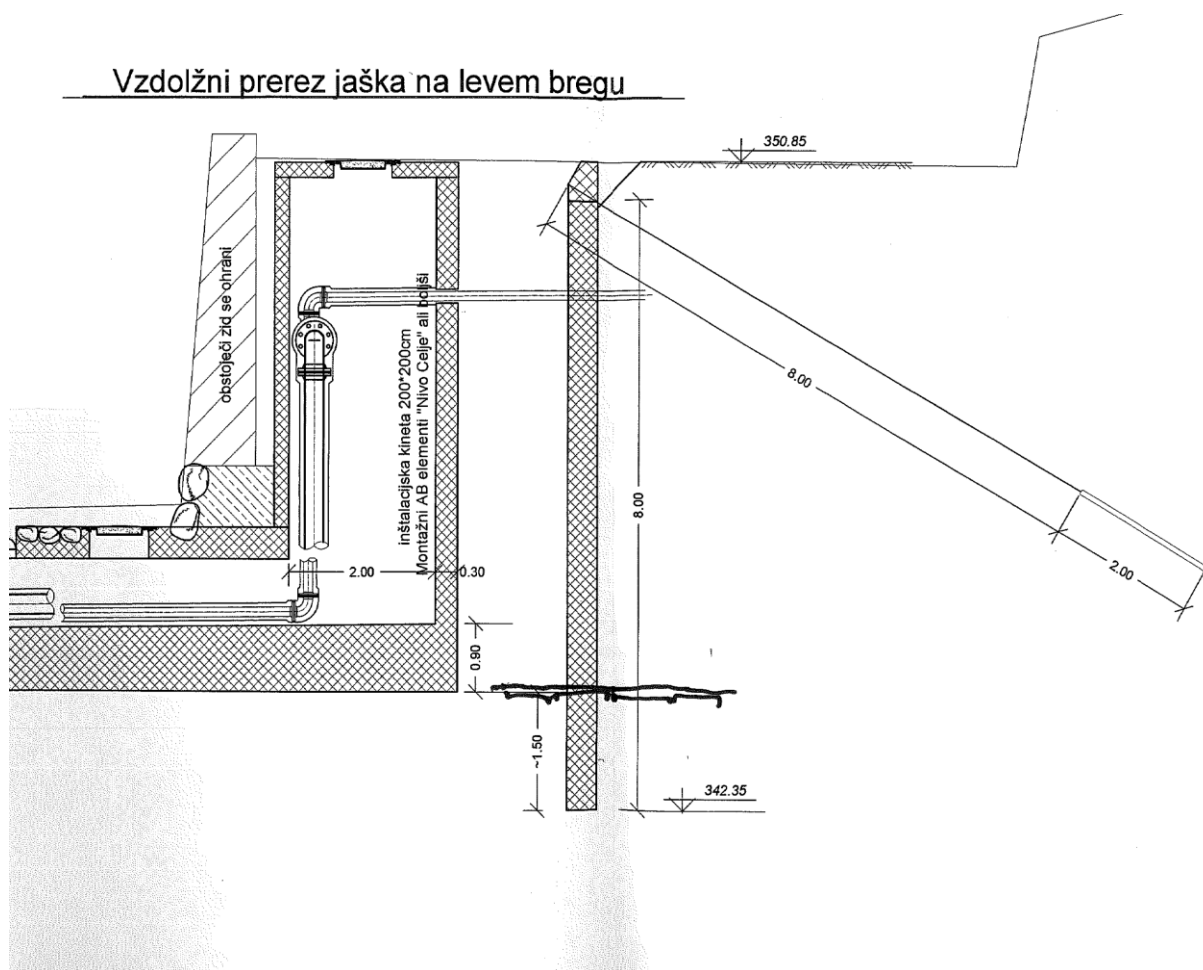
Priloga 3: Zavarovanje gradbene jame–prečni prerez DB (vir: Gradnja javne kanalizacije ter obnova ceste in vodovoda na Savski cesti, št.projekta E-029, PHCE, d.o.o, nov. 2008)



Priloga 4: Zavarovanje gradbene jame–vzdolžni prerez DB (vir: Gradnja javne kanalizacije ter obnova ceste in vodovoda na Savski cesti, št.projekta E-029, PHCE, d.o.o, nov. 2008)

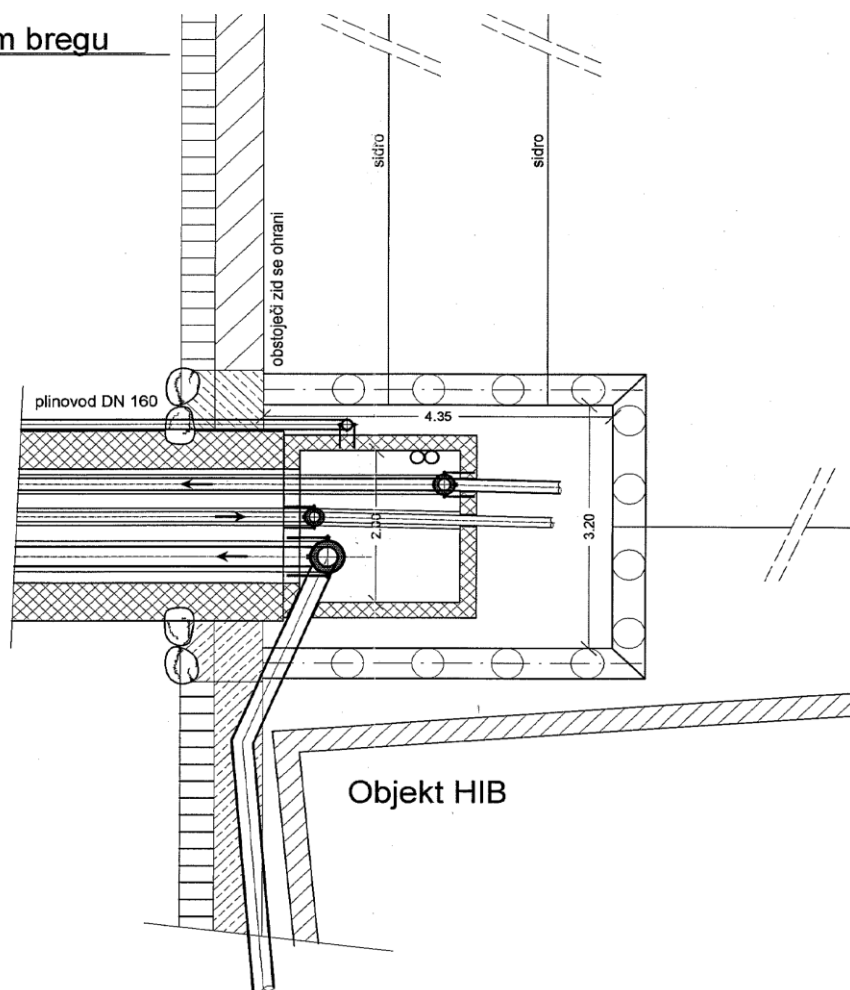


Priloga 5: Zavarovanje gradbene jame-tloris DB (vir: Gradnja javne kanalizacije ter obnova ceste in vodovoda na Savski cesti, št.projekta E-029, PHCE, d.o.o, nov. 2008)



Priloga 6: Zavarovanje gradbene jame-prerez LB (vir: Gradnja javne kanalizacije ter obnova ceste in vodovoda na Savski cesti, št.projekta E-029, PHCE, d.o.o, nov. 2008)

Tloris jaška na levem bregu



Priloga 7: Zavarovanje gradbene jame-tloris LB (vir: Gradnja javne kanalizacije ter obnova ceste in vodovoda na Savski cesti, št.projekta E-029, PHCE, d.o.o, nov. 2008)