

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra geotechniky



DIPLOMOVÁ PRÁCA

Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – NVL na Cisárskom ostrove
v Prahe

Alternative design of securing the excavation pit for the construction of CWWTP – New Water
Line on the Cisarsky Island in Prague

Bc. Natália Klempová

PRAHA 2018

Študijný program: Stavební inženýrství

Študijný obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedúci diplomovej práce: Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D.

Prehlásenie:

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o etickej príprave vysokoškolských záverečných prác.

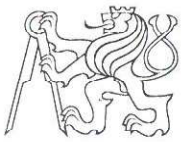
V Prahe dňa

.....

Bc. Natália Klemková

Podakovanie:

Rada by som sa poďakovala svojej vedúcej diplomovej práce Ing. Linde Černé Vydrové, Ph.D. za odborné vedenie, vecné pripomienky a ústretovosť pri konzultáciách. Moje poďakovanie taktiež patrí tímu Sdružení ÚČOV Praha pre stavebnú časť, ktorý mi ochotne zodpovedal všetky moje otázky.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Klempová Jméno: Natália Osobní číslo: 412631

Zadávající katedra: Katedra geotechniky

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV - Nová vodná linka na Císárskom ostrove v Prahe

Název diplomové práce anglicky: Alternative design of securing of the excavation pit for the construction of CWWTP - New Water Line on the Cisarsky Island in Prague

Pokyny pro vypracování:

V diplomové práci budou porovnány varianty zajištění stavební jámy, vybraná alternativa bude staticky posouzena. Zvolené řešení bude následně porovnáno s realizovanou stavbou a vyhodnoceno.

Seznam doporučené literatury:

1/ Masopust Jan, Zakládání staveb 1, skripta FSv, ČVUT, 2/ Masopust Jan, Zakládání staveb 2, skripta FSv, ČVUT, 3/ Lamboj, Mechanika zemín a zakládání staveb, skripta FSv, ČVUT, 4/ Patera, Nádrže a vodohospodářské soustavy 20, skripta FSv, ČVUT, 5/ Vaniček, Ivan, Projektování základových a zemních konstrukcí, skripta FSv, ČVUT

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 21.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

1.3. 2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Predmetom práce je porovnanie návrhu zaistenia stavebnej jamy navrhnutého pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka s alternatívnym návrhom, ktorý bude v tejto práci spracovaný. Na začiatku je predstavený návrh zaistenia stavebnej jamy ako bol realizovaný. V druhej časti prebieha návrh nového riešenie. Na záver sú tieto dve varianty porovnané.

Kľúčové slová

Geotechnika, geológia, zaistenie stavebnej jamy, paženie, stavebná jama, porovnanie návrhov, podzemná stena, pilótovej stena, ČOV

Abstract

The aim of this thesis is to compare a proposal of securing the excavation pit proposed for the construction of WWTP (Wastewater treatment plant) – New waterline, with an alternative proposal, which will be processed in this thesis. In the beginning, the proposal of securing the excavation pit is introduced, in a way it was implemented. In the second part, there is the proposal of a new solution. In conclusion, these two options are compared.

Key words

Geotechnics, geology, securing of the construction pit, retaining structure, construction pit, comparison of proposal, underground wall, pilot wall, WWTP

Obsah

1	Úvod	10
2	Teória.....	10
2.1	Definícia stavebnej jamy.....	10
2.2	Druhy výkopov	10
2.2.1	Svahované výkopy	10
2.2.2	Pažené výkopy	12
2.3	Paženie.....	13
2.3.1	Priepustné paženie	13
2.3.2	Nepriepustné paženie	15
3	Popis stavby.....	19
3.1	Informácie o projekte	19
3.2	Účel stavby.....	19
3.2.1	História ČOV v Prahe - Bubeneč	19
3.2.2	Účel Novej vodnej linky	21
3.3	Umiestenie stavby	21
3.4	Popis Novej vodnej linky.....	22
4	Inžiniersko-geologický prieskum	23
5	Zaistenie stavebnej jamy.....	26
5.1	Zadanie predmetu diela.....	26
5.2	Navrhnuté technológie.....	27
6	Návrh zaistenia stavebnej jamy na úrovni DSP	28
6.1	Popis navrhnutého systému zaistenia stavebnej jamy	28
6.2	Technológia MIP	28
6.3	Pokus zakladania technológiou MIP	30
7	Súčasný návrh zaistenia stavebnej jamy	30
7.1	Popis navrhnutého systému zaistenia stavebnej jamy	31

7.1.1	Pažiacia a tesniaca stena zo štetovnic.....	31
7.1.2	Prevrtavaná pilótová stena	32
7.1.3	Svahovaná priečna stena.....	32
7.1.4	Kotvenie.....	32
7.2	Technologický postup	33
7.2.1	Pažiacia a tesniaca stena zo štetovnic.....	33
7.2.2	Prevrtavaná pilótová stena	33
7.3	Monitoring pažiackej konštrukcie	34
7.3.1	Návrh monitoringu	34
7.3.2	Priebeh monitoringu	34
7.4	Odvodnenie stavebnej jamy	40
7.5	Fotografie z realizácie.....	41
8	Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy	44
8.1	Popis zaistenia stavebnej jamy	44
8.1.1	Monolitická železobetónová podzemná stena	44
8.1.2	Prevrtavaná pilótová stena	44
8.1.3	Voľne stojaca pilótová stena	45
8.1.4	Kotvenie.....	45
8.2	Technologický postup.....	45
8.2.1	Monolitická železobetónová podzemná stena	45
8.2.2	Prevrtavaná pilótová stena	46
8.2.3	Voľne stojaca pilótová stena	47
8.3	Statický výpočet.....	47
8.3.1	Použitý software.....	47
8.3.2	Normy.....	47
8.3.3	Nastavenie výpočtu pre Geo 5	47
8.3.1	Parametre zemín	51
8.3.1	Materiál konštrukcie	51

8.3.2	Posudok.....	52
9	Porovnanie súčasného a alternatívneho návrhu zaistenia stavebnej jamy.....	92
9.1	Porovnanie z hľadiska prevedenia.....	92
9.2	Porovnanie z hľadiska ceny	93
10	Záver	94
11	Registre.....	95
11.1	Použité zdroje	95
11.2	Normy	96
11.3	Zoznam obrázkov	96
11.4	Zoznam tabuliek.....	97
11.5	Použitý software	97
11.6	Zoznam príloh	98

1 Úvod

Diplomová práca je zameraná na posúdenie súčasného návrhu zaistenia stavebnej jamy na stavbe ÚČOV – Nová vodná linka a na alternatívny návrh zaistenia tejto stavebnej jamy. Návrh obsahuje návrh obvodovej steny stavebnej jamy a dvoch priečných stien.

Začiatok práce je venovaný teórii, kde je vysvetlené aké spôsoby zabezpečenia stavebnej jamy existujú. Stručne popisuje základné časti konštrukcie a postup pri realizácii.

Nasledujúca časť práce približuje dôvody výstavby Novej vodnej linky súvisiace s potrebou rekonštrukcie súčasnej vodnej linky a v jednoduchosti popisuje technické riešenie Novej vodnej linky.

Najrozsiahljšia časť práce je venovaná návrhom zaistenia stavebnej jamy. Pred začiatkom realizácie konštrukcie prešla projektová dokumentácia zásadnou zmenou, kedy sa úplne zmenil spôsob paženia stavebnej jamy. Pôvodne sa malo paženie realizovať ako kombinácia prevrtavanej pilótovej steny a technológie „Deep soil mixing“, čo znamená premiešanie zeminy s tekutým spojivom. Nakoniec bola technológia DSM nahradená ílocementovou stenou so štetovnicami. Dôvody tejto zmeny a oba návrhy paženia sú podrobnejšie popísané v samostatných kapitolách.

Ďalšou kapitolou je alternatívny návrh pažiacej konštrukcie. Paženie je navrhnuté ako kombinácia prevrtavanej pilótovej steny a železobetónovej podzemnej steny. Priečna stena je navrhnutá ako voľne stojaca pilótová stena. Obvodová železobetónová stena a priečna stena sú staticky posúdené. Práca sa nevenuje statickému posudku prevrtavanej steny, tá zostala podľa súčasného návrhu.

Záverom práce je posúdenie súčasného a alternatívneho návrhu pažiacej konštrukcie. Návrhy sú posudzované z viacerých hľadísk a to z finančného hľadiska a časovej náročnosti a posúdené sú výhody a nevýhody navrhnutých technológií.

2 Teória

2.1 Definícia stavebnej jamy

Všeobecne sa pod pojmom stavebná jama rozumie výkop, ktorý slúži k založeniu stavby a výstavbu podzemných objektov. Podľa jednotlivých rozmerov výkopu (pôdorysné a hĺbkové) sa výkopy delia na šachty, ryhy a stavebné jamy. Pokiaľ sú pôdorysné rozmery výkopu rádovo rovnaké a prevažujú nad jeho hĺbkovým rozmerom, považuje sa tento výkop za stavebnú jamu.

2.2 Druhy výkopov

2.2.1 Svahované výkopy

Svahované výkopy sú priestorovo veľmi náročné. Navrhujú sa v miestach, kde je dostatok pracovného priestoru.

Sklon svahu závisí na druhu horniny alebo zeminy a na jeho výške. V prípade splnenia určitých podmienok – výška svahu do 6-8 m, jednoduché geotechnické pomery, suché prostredie – je možné vychádzať pri návrhu sklonu svahu z nasledujúcich tabuliek.

Hornina (zemina)	Sklon svahu	
	dočasného	trvalého
Sklaní horniny nezávetralé (R1, R2)	10 : 1	8 : 1
Sklaní horniny R3 nezávetralé, závetralé R1, R2	5 : 1	3 : 1
Polosklaní horniny nezávetralé R4, R5	3 : 1	2 : 1
Polosklaní horniny závetralé až závetralé R4, R5	2 : 1 až 1 : 1	1,5 : 1
Balvanitý štrk	1 : 1	1 : 1,25
Písčitý štrk	1 : 1,25	1 : 1,5
Hrubý piesek	1 : 1,5	1 : 1,75
Jemný piesek	1 : 1,75	1 : 2
x) sklon dočasného svahu v hrubozrnných zeminách s vyvěrající podzemní vodou je 2x plošší		
xx) v trvalých svahů bývá potřebný stabilitní výpočet a současně zvláštní opatření proti erozi		

Tab. 1 Stabilní sklony svahů v nezvodnělých^{x)} horninách a hrubozrnných zeminách [1]

Zemina	Výška svahu /m/	Trvalý sklon svahu ^{x)}
Jílovitý silt	0 - 3	1 : 1,25
	3 - 6	1 : 1,6
	6 - 9	1 : 1,75
Písčitý silt	0 - 3	1 : 1,25
	3 - 6	1 : 1,25
	6 - 9	1 : 1,4
Jíl	0 - 3	1 : 1,25
	3 - 6	1 : 1,25
	6 - 9	1 : 1,4
Spraš	0 - 6	2,5 : 1
x) u trvalých svahů je třeba navrhnout zvláštní ochranná opatření z hlediska klimatických vlivů a eroze		

Tab. 2 Stabilní sklony svahů v nezvodnělých jemnozrnných zeminách [1]

Sklony svahov sa z ekonomických dôvodov navrhujú čo najstrmšie.

V prípade potreby sa steny navyše zabezpečujú klincovaním alebo kotvením. Ďalej na ochranu svahu môže byť použitý striekaný betón, vysadenie rastlín alebo polozenie vhodnej geotextílie. Použitie konkrétnej ochrany svahu samozrejme závisí na jej budúcej funkcii.

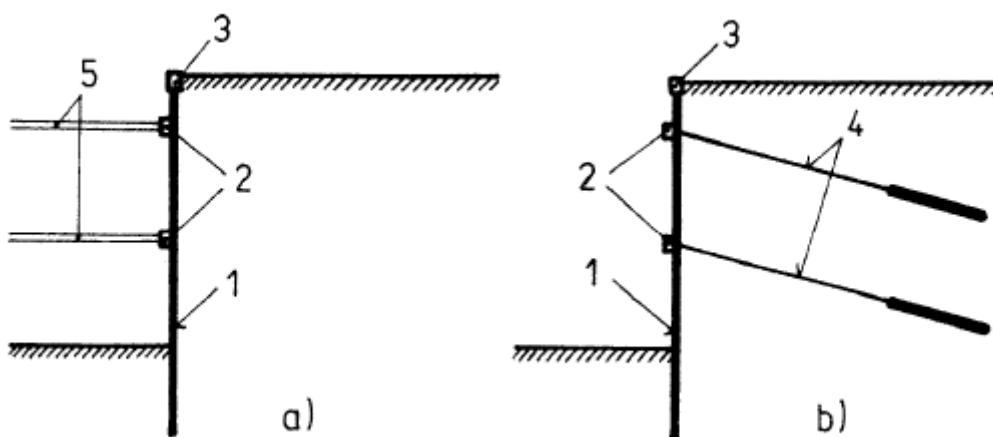


Obr. 1 Svahovaný výkop [2]

2.2.2 Pažené výkopy

Pažené výkopy sa navrhujú v miestach, kde pracovný priestor je limitovaný, prípadne z dôvodu väčšej výšky svahu, kedy pažený výkop je ekonomickejší než svahovaný.

Pažením sa rozumie zabezpečenie zvislých alebo výrazne strmých stien použitím pažiacej konštrukcie a stabilizácie pažiacej konštrukcie.



Obr. 2 Hlavné časti konštrukcie paženej stavebnej jamy [1]

a) rozperné paženie b) kotvené paženie

1 – pažiaca stěna, 2 – převázky, 3 – horný veniec, 4 – kotvy, 5 – rozpery

Základné delenie paženia:

- Z hľadiska priepustnosti
 - priepustné
 - nepriepustné

- Z hľadiska doby trvania
 - trvalé
 - dočasné

Keďže pri návrhu zaistenia stavebnej jamy, ktorý je predmetom tejto diplomovej práce, je dôležité kritérium vodonepriepustnosti, sú technológie výstavby rozdelené na základe tohto hľadiska.

Technológie výstavby rozdelené z hľadiska vodonepriepustnosti:

- Priepustné
 - záporové paženie
 - pilótové steny – voľne stojace, tangenciálne
 - mikrozápory, mikropilóty
- Nepriepustné
 - štetovnicové steny
 - podzemné steny
 - prevrtávané pilóty
 - tryskové injektáže

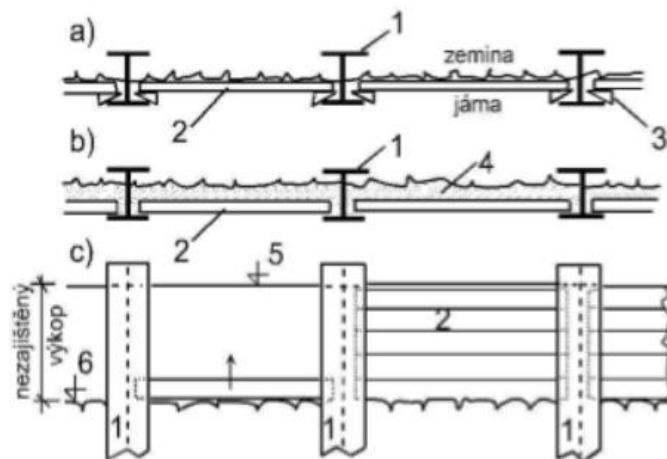
2.3 Paženie

2.3.1 Priepustné paženie

2.3.1.1 Záporové paženie

Záporové paženie sa skladá zo zápor, pažín, stabilizačných prvkov (kotvy, rozpery) a prevázek.

Zápory sú valcované oceľové profily tvaru I, HEB alebo 2xU, ktoré sa barania alebo sa osadzujú do predpripravených vrtov. Sú zvislým prvkom pažiacej konštrukcie. Medzi zápory sa vkladajú pažiny. Tvorí stenu, ktorá odoláva účinkom zemného tlaku. Najčastejšie sú to drevené hranoly alebo guľatina, avšak používajú sa aj oceľové pažiny. V závislosti na type horniny a hĺbke výkopu je potrebné paženie stabilizovať horninovými kotvami alebo rozperami v jednej alebo viacerých úrovniach. Prevázky roznášajú sústredené sily z podpôr na väčšiu plochu paženia. Môžu byť buď predsadené, kedy sú pripojené na paženie z vnútornej strany jamy, alebo zapustené, ako vystužené nosníky za lícom pažiacej konštrukcie. Okrem roznášania síl taktiež stužujú celý systém.



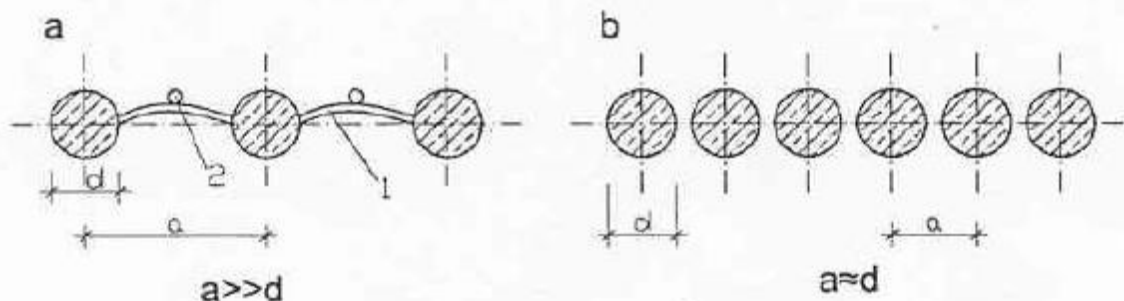
Obr. 3 Schéma záporého paženia [3]

a) pôdorys paženia, b) pohľad na paženie

1 – zápora, 2 – pažina, 3 – klín, 4 – zásypový materiál, 5 – terén, 6 – úroveň výkopu

Záporové paženie sa navrhuje zo statického hľadiska ako konštrukcia dočasná, avšak celý systém môže byť použitý zároveň ako stratené debnenie pre budovanú stavbu. V inom prípade, paženie je budované s pracovným priestorom, stavba neprilieha k budovanej konštrukcii, po dokončení stavby je odstránené a môže byť znovu použité.

2.3.1.2 Pilótové steny voľne stojace a tangenciálne



Obr. 4 Pilótové steny [1]

a) voľne stojaca pilótová stena, b) tangenciálna pilótová stena

a – osová vzdialenosť pilót, d – priemer pilóty, 1 – striekaný betón, 2 - odvodnenie

Pilótové steny voľne stojace sú steny, u ktorých je osová vzdialenosť pilót väčšia ako priemer pilót. Priestor medzi jednotlivými pilótami býva vyplnený zvyčajne striekaným betónom vystuženým kari sieťou. Jeho rub je odvodnený pomocou vertikálnej drenáže z perforovaných plastových trubiek. S narastajúcou výškou pilóty rastie aj vodorovná deformácia pilótovej steny. Z toho dôvodu je potrebné konštrukciu zabezpečiť pomocou kotiev v jednej alebo viacerých úrovniach cez železobetónové prevádzky.

U tangenciálnych pilotových stenách sa osová vzdialenosť pilót rovná, resp. skoro rovná priemeru pilót. Výhodou takto navrhnutej pilótovej steny je možnosť umiestniť kotvy vždy medzi dvojicu pilót a nie je potrebné realizovať predsadené prevádzky. Tento tip pilótovej steny sa však nepoužíva veľmi často.

V oboch prípadoch, ako u voľne stojacej, tak aj u tangenciálnej pilótovej stene, je každá pilóta vystužená.

2.3.1.3 Mikrozápory, mikropilóty

Mikrozápory a mikropilóty sa používajú na paženie stavebných jám (mikrozápory) alebo na podchyčovanie existujúcich základov (mikropilóty).

Mikrozáporové paženie, tiež nazývané Janovské steny, je akousi alternatívou záporového paženia. Navrhujú sa v stiesnených priestoroch, kde je potreba minimálnej hrúbky pažiacej konštrukcie a kde nie je dostatok miesta na manipuláciu s väčšou stavebnou mechanizáciou.

Mikrozáporové paženie sa skladá z mikrozápor, čo sú ocelové trubky alebo HEB profily vložené do bezjadrového mikropilótového vrtu vyplneného cementovou suspenziou alebo maltou. Ďalej ho tvoria pažiny z ocelových pažin Union, výnimočne z fošien alebo je priestor medzi mikrozáporami vyplnený striekaným betón vystuženým kari sieťou. V prípade nedostatku stability sa používajú rozpery alebo kotvy, kotvené cez prevázky.



Obr. 5 Mikrozáporová stena [5]

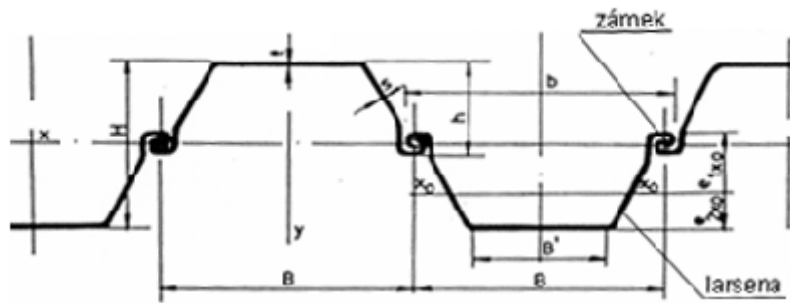
Mikrozápory môžu byť od seba osovo vzdialené 0,6 – 1,5 m. Konštrukcia mikrozáporovej steny je pomerne mäkká a je potrebné ju kotviť zvyčajne v jednej alebo viacerých úrovniach.

Jedná sa o konštrukciu dočasnú, ale keďže konštrukcia steny po dokončení stavby vždy zostáva v zemi, používa sa zároveň ako stratené debnenie.

2.3.2 Nepriepustné paženie

2.3.2.1 Štetovnicové steny

Štetovnicové steny sú steny, ktoré sa skladajú z valcovaných ocelových prvkov (v Českej republike sú to najčastejšie štetovnice typu Larssen) spojených pomocou zámkov, prípadne zváraných v rohoch. V prípade potreby sa na zabezpečenie stability používajú rozpery alebo sa kotvia cez prevázky.



Obr. 6 Oceľová štetovnica typu Larssen [4]

Vhodné podložie pre štetovnice sú zeminu, ktoré sa ľahko barania, ako piesky alebo štrkopiesky. Naopak do skalného podložia sa dajú zabaraňiť len na malú hĺbku.

2.3.2.2 Podzemné steny

Podzemné steny, alebo tiež Milánske steny, sa delia z hľadiska ich účelu na tesniace, pažiacie a konštrukčné. Podzemné steny slúžiacie čisto k zapaženiu stavebnej jamy sa veľmi nenavrhujú, väčšinou sa navrhujú ako konštrukčné, kedy počas realizácie stavby plnia funkciu paženia a zároveň tvoria definitívnu obvodovú stenu suterénu.

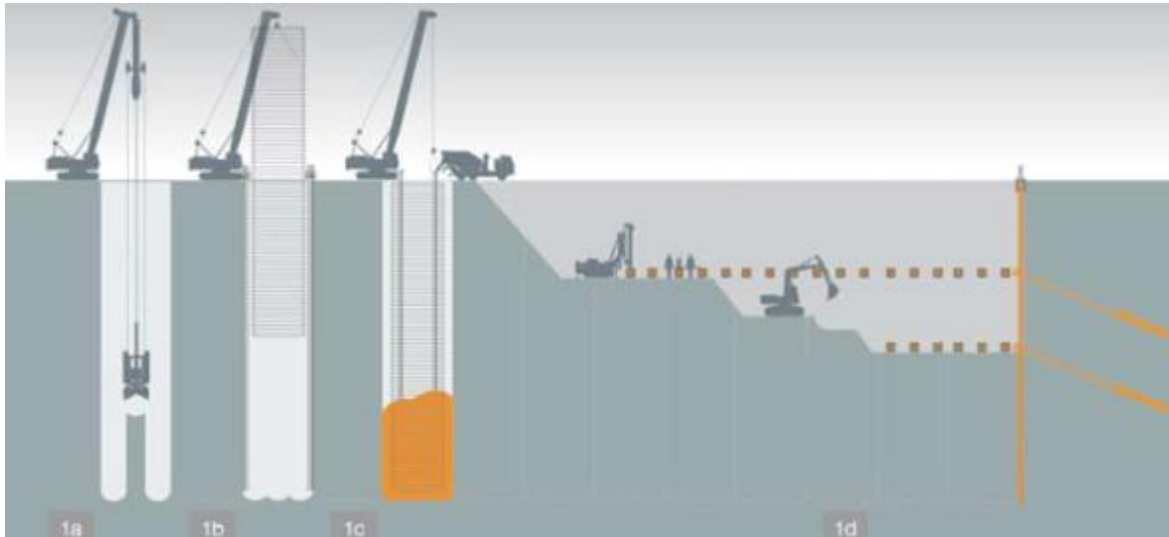
Podzemné steny sa realizujú buď ako monolitické alebo ako prefabrikované.

2.3.2.2.1 Monolitické podzemné steny

Pred realizáciou samotnej podzemnej steny sú vybudované vodiace múriky, ktoré zabezpečujú polohu budúcej podzemnej steny. Sú železobetónové, hrúbky 0,2-0,3 m, osadené do hĺbky okolo 1 m.

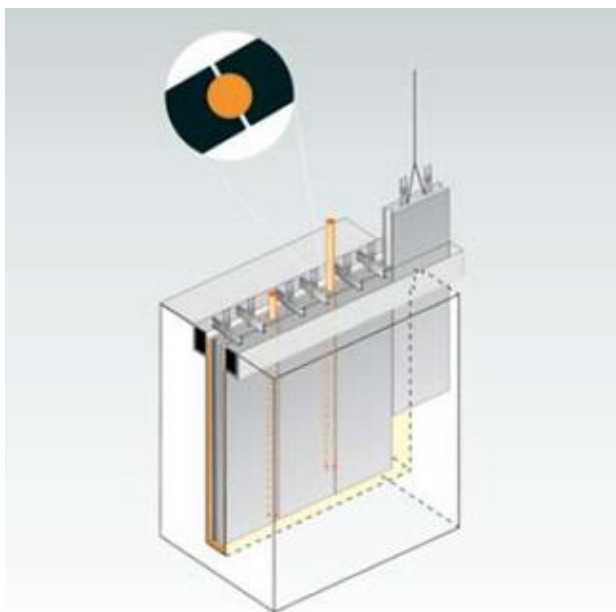
Podzemná stena je budovaná po lamelách. Počas hĺbenia, osadzovania armokoša a betónovania lamely, je ryha vyplnená bentonitovou suspenziou, ktorá paží výkop. Po dokončení výkopu je suspenzia ošetrená na požadovanú kvalitu, tzn. vyčistená od napadanej zeminu. Následne sa osadí armokoš a zaháji sa betonáž. Betónuje sa pod pažiacou suspenziou, ktorá sa odčerpáva v súvislosti s narastajúcou výškou betónu.

Vodotesnosť podzemnej steny je zabezpečená pomocou tesniacich pásov, tzv. water-stop, ktoré sú navlečené do oceľových pažníc tvoriacich debnenie pracovnej spáry.



Obr. 7 Technologický postup realizácie kotvenej monolitickej podzemnej steny [5]
1a) Ťažba jednotlivých záberov a hrázky drapákom pod ochranou pažiacej suspenzie;
1b) Osadenie armokoša a zámkovej pažnice s tesniacimi pásmi do lamely;
1c) Betonáž lamely; 1d) Postupné odkopávanie a kotvenie po kotevných úrovniach

2.3.2.2 Prefabrikované podzemné steny



Obr. 8 Schéma postupného osadzovania, zavesovania a dotesňovania zámkov prefabrikátov do ryhy [5]

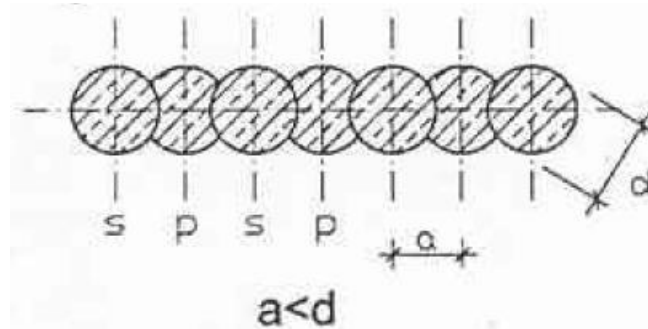
Panelové podzemné steny sú tvorené zo železobetónových panelov, ktoré sa vkladajú do samotvrdnúcej suspenzie.

Ryha, do ktorej sa vkladajú panely, sa buduje širšia o 200 – 300 mm než sú jednotlivé panely. Pri hĺbení sa paží samotvrdnúcou suspenziou, do ktorej sa následne vkladajú panely. Panely nie sú opreté o dno ryhy, ale sú vyvesené pomocou vodiacich múrikov. Lícna strana panelu sa natiera separačným náterom z dôvodu jednoduchého odstránenia suspenzie v priebehu výkopu. Tesnosť zvislých spár medzi panelmi je zabezpečená gumenou hadicou, ktorá sa vkladá do zámku a injektuje stabilizovanou cementovou zmesou.

Výhodou prefabrikovaných podzemných stien je ich povrchová úprava, líc steny je možné prispôbiť požiadavkám objednávateľa.

2.3.2.3 Pilótové steny prevrtávané

Prevrtávané pilótové steny majú osoú vzdialenosť pilót menšiu ako je ich priemer.



Obr. 9 Prevrtávaná pilótovej stena [1]
 a – osová vzdialenosť pilót, d – priemer pilóty, p – primárna pilóta, s – sekundárna pilóta

Stena je tvorená primárnymi a sekundárnymi pilótami. Primárne pilóty sú nevystužené, vyplnené prostým betónom. Nemajú nosnú funkciu z hľadiska ohybových namáhání, ich hlavnou funkciou je tesnenie steny. Sú realizované ako prvé a po ich stuhnutí je medzi každú dvojicu navrtaná sekundárna pilóta. Tá je železobetónová a plní nosnú funkciu. Sekundárne pilóty sú na rozdiel od primárnych votknuté pod dno stavebnej jamy alebo výkopu. Osová vzdialenosť pilót závisí na ich priemere, výške steny a geotechnických pomeroch a väčšinou sa pohybuje okolo $0,8 \cdot d$, kde d je priemer pilóty.

Pokiaľ je potrebné pilóty kotviť, tak sa hlavy kotiev osadzujú priamo do vrtov vytvorených do primárnych pilót.

Okrem toho, že je pilótovej stena navrhnutá ako pažiaca konštrukcia, môže byť zároveň využitá ako konštrukcia suterénu realizovanej stavby.

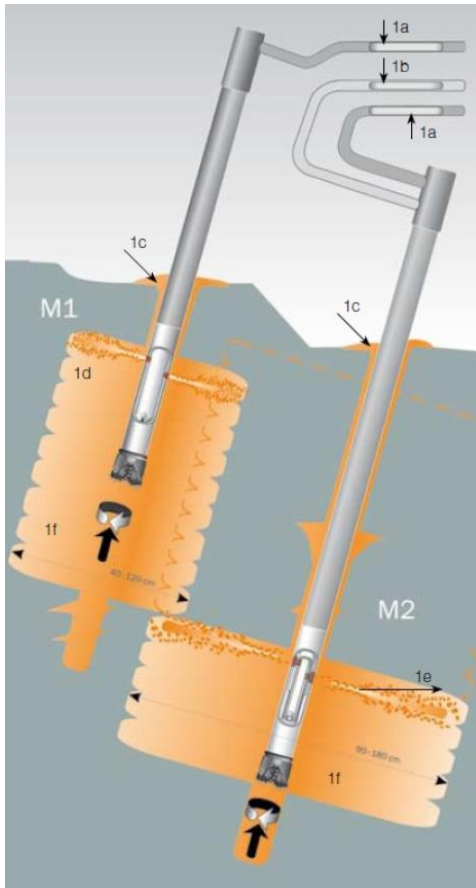
2.3.2.4 Tryskové injektáže

Trysková injektáž má široké uplatnenie. Okrem paženia stavebných jám a ich tesnenie sa ďalej využíva napríklad na podchycovanie alebo zosilňovanie existujúcich základov alebo ako základy pod nové konštrukcie.

Podstatou technológie je injektovanie cementových alebo ílocementových zmesí do okolitej zeminy. Po vyhlíbení vrtu sa do trysiek pod vysokým tlakom čerpá cementová suspenzia, z ktorých sa táto zmes prúdom vnáša do okolia. Hornina sa rozpojuje na jednotlivé úlomky alebo zrná a dochádza k vzájomnému premiešaniu. Pomocou tryskovej injektáže je možné vytvoriť stĺpy alebo rovinné prvky.

Keďže stĺpy vytvorené pomocou tryskovej injektáže majú dobrú tesniacu funkciu, navrhujú sa niekedy v kombinácii s iným typom paženia, napríklad spolu so záporovým pažením alebo pilótovej sien voľne stojacich alebo tangenciálnych.

V prípade potreby sa kotvia v jednej alebo viacerých pracovných úrovniach.



Obr. 10 Princíp technológie tryskovej injektáže metódou M1 a M2 [5]

1a) injekčná zmes

2b) stlačený vzduch

1c) vyplavený materiál

1d) lúč injekčnej zmesi

1e) lúč injekčnej zmesi a stlačeného vzduchu

1f) preinjektovaný stĺp zeminy

3 Popis stavby

3.1 Informácie o projekte

Názov projektu Celková prestavba a rozšírenie Ústrední čistírny odpadných vod (ÚČOV) Praha na Císařském ostrově, stavba č. 6963, etapa 0001 – Nová vodní linka (NVL)

Objednávateľ Hlavné mesto Praha

Zhotoviteľ Sdružení ÚČOV Praha

3.2 Účel stavby

3.2.1 História ČOV v Prahe - Bubeneč

Základy moderného kanalizačného systému hlavného mesta Prahy siahajú viac ako 100 rokov dozadu. Hlavné stoky a pôvodná Ústredná čistiareň odpadových vôd v Prahe-Bubeneč boli budované medzi rokmi 1897-1914. Pôvodná ÚČOV bola uvedená do prevádzky v roku 1906 a používala sa do roku 1968. V súčasnej dobe slúži ako technické múzeum.



Obr. 11 Pôvodná ÚČOV¹ [6]

Súčasná ÚČOV bola postavená v 60. rokoch na Cisárskom ostrove, čo je na dohľad od pôvodnej. Jedná sa o klasickú mechanicko-biologickú čistiareň s jednodupňovým biologickým procesom. Medzi rokmi 1974-1985 došlo k dvom intenzifikáciám prevádzky ÚČOV pristavením ďalších čistiarenských jednotiek a objektov kalového hospodárstva, čím sa zvýšila kapacita biologického stupňa. Ďalšia, a zároveň posledná, intenzifikácia prebehla v rokoch 1994-1997, ktorá zvýšila kapacitu biologického čistenia. Pôvodný návrh však zahŕňal aj zabezpečenie vyššieho odstraňovania dusíku a vyriešenie kalovej koncovky. To už ale nebolo realizované.



Obr. 12 Letecký pohľad na súčasnú ÚČOV [7]

V súčasnej dobe je veľkosť aktivačných nádrží súčasnej ÚČOV nedostatočná a do čistiarenskej linky nie je zaradená „klasická“ denitrifikačná nádrž. Produkované oxidované formy dusíku –

¹ Na tejto fotografii je vidieť všetky tri ÚČOV. Vpredu pôvodná, v ľavom hornom rohu je súčasná a v pravom hornom rohu je rozostavaná administratívna budova Novej vodnej linky.

dusičnany nie sú dostatočne redukované v denitrifikačnej nádrži, čo má za následok tvorbu kalu v dosadzovacích nádržiach v teplom období. Zvyšuje sa tak koncentrácia nerozpustných látok na odtoku z ÚČOV a ostatných parametrov znečistenia.

Kaly produkované na ÚČOV sú anaeróbne stabilizované v dvojstupňových vyhnívacích nádržiach. Odvodnený vyhnitý kal je v kontajneroch odvázaný na spracovanie na priemyslový kompost, ktorý je využitý k rekultivácii skládok.

Produkovaný bioplyn sa spaľuje v energocentre.

3.2.2 Účel Novej vodnej linky

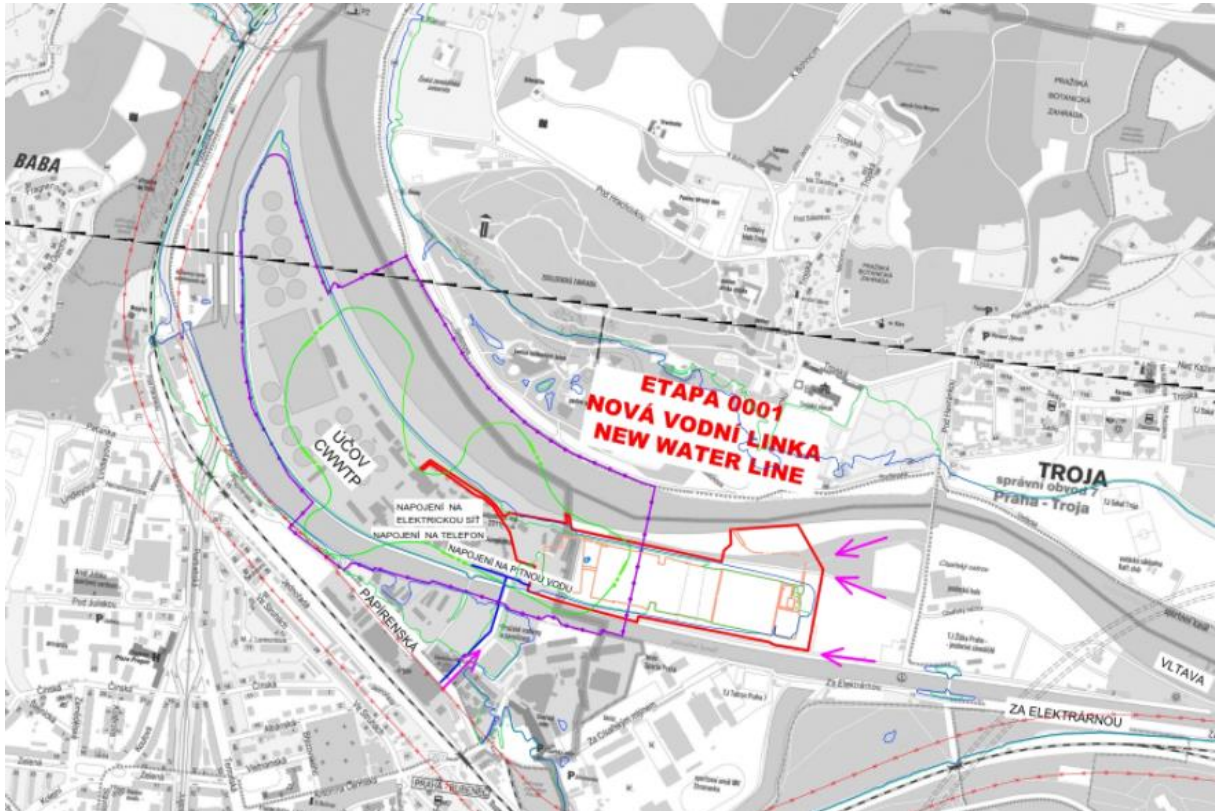
Nová vodná linka (ďalej len NVL) je rozšírením súčasnej čistiarene odpadových vôd, ktorá je situovaná v západnej časti Cisárskeho ostrova. Dostavbou NVL sa splaškové odpadové vody prerozdedia medzi stávajúcu ČOV a NVL.

Súčasná čistiareň odpadových vôd dlhodobo nespĺňa požiadavky národnej a európskej legislatívy na kvalitu vyčistených odpadových vôd, ktoré sa vypúšťajú do Vltavy, najmä čo sa týka dusíku a fosforu, čo má nepriaznivý dopad na vodný ekosystém. Vybudovaním NVL a následným prerozdelím odpadových vôd medzi tieto dve vodné linky dôjde k zlepšeniu kvality odpadných vôd vypúšťaných do Vltavy. Okrem toho je do budúcnosti naplánovaná modernizácia súčasnej vodnej linky aby odpovedala požiadavkám legislatívy. Počas tejto modernizácie, budú všetky odpadové vody čistené v NVL.

3.3 Umiestenie stavby

Stavba je situovaná na Cisárskom ostrove v Prahe východne od súčasnej Ústrednej čističky odpadových vôd. Na severe sa nachádza koryto rieky Vltava a južná hranica je tvorená plavebným kanálom.

Toto územie sa nachádza v aktívnej zóne záplavového územia. Z tohto dôvodu musí byť stavba počas výstavby ochránená proti povodni.



Obr. 13 Situácia širších vzťahov [8]



Obr. 14 Celkový situačný výkres [8]

3.4 Popis Novej vodnej linky

Nová vodná linka je navrhnutá v prevažnej väčšine ako podzemný objekt. Nad úroveň upraveného terénu vystupuje administratívna budova, únikové výlezy a komíny vzduchotechniky ostatných objektov pochovaných pod zemou. Na povrchu bude rásť stepná tráva, ľudia sa tam môžu prísť poprechádzať a oddychovať pri pohľade na Vltavu a na Zoo.

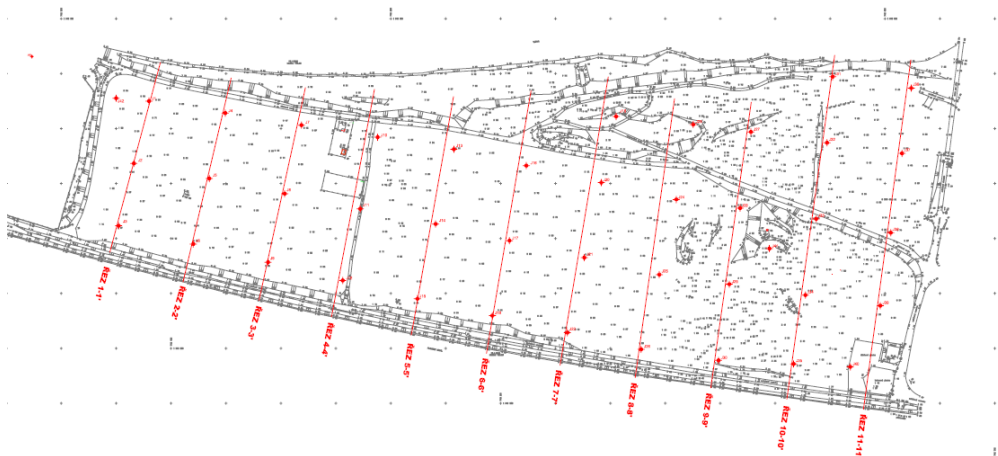


Obr. 15 Vizualizácia NVL [8]

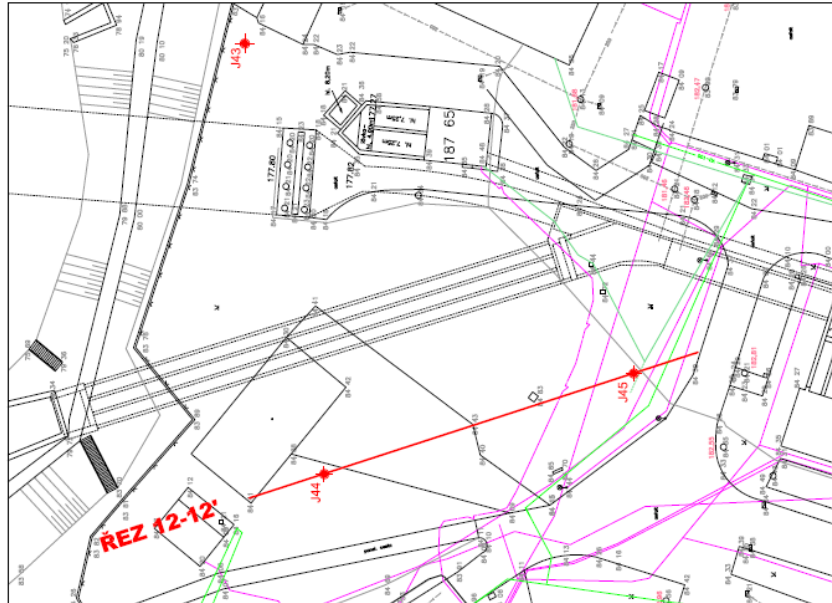
Nová vodná linka je navrhnutá ako nízko záťažová kaskádová aktivácia s odstraňovaním nutričov. Je doplnená o terciárny stupeň čistenia vrátane zrážania fosforu a dávkovania externého substrátu a regeneračnú nádrž vratného kalu. Mechanické predčistenie odpadnej vody je na lamelových usadzovacích nádržiach. Kaskádová aktivácia je rozdelená do 4 samostatných línií s pozdĺžnymi dosadzovacími nádržami. Odtok z dosadzovacích nádrží je zavedený na tretí stupeň čistenia. Produkovaný zahustený kal je čerpaný do stávajúceho kalového hospodárstva na ÚČOV, ktorý je spoločný pre obidve linky. [8]

4 Inžiniersko-geologický prieskum

Na zistenie geológie územia bolo realizovaných 45 prieskumných vrtov rozmiestnených podľa situácie. 43 vrtov sa nachádzalo v oblasti určenej pre výstavbu NVL a zvyšné dva boli v mieste súčasnej ČOV, kde bola navrhnutá nová čerpacia stanica.



Obr. 16 Situácia IG vrtov J1-J42 [9]



Obr. 17 Situácia IG vrtov J43-J45 [9]

Podložie záujmového územia je možné rozdeliť do troch geologických období – holocén, kvartér a proterozoikum. Mocnosť jednotlivých vrstiev je premenlivá (kvartér), závisí na priebehu krajinného terénu a na priebehu skalného podložia.

Horná vrstva podložia, holocén, je tvorená stredne zľahnutými, zvyčajne jemnými až veľmi jemnými pieskami (S-F, SM), s miestami s jemnozrnnými hlinitými a ílovými zeminami (MI, CI, MS, CS). Táto vrstva je približne do hĺbky 4 metre, najmenšia mocnosť bola zistená vo vrte J 33 a to 3,4 m, najväčšia vo vrtoch J 27, a to 9 m, a J 41, ktorý bol umiestnený na vrchol miestnej elevácie, a bola tu nameraná hodnota vrstvy 8 m.

K tejto holocénnej vrstve sú priradené aj navážky. Tvoria ich vyššie spomínané zemné materiály zmiešané so stavebným odpadom. Tieto navážky sa tam dostali v niekoľkých etapách. Jedna etapa, v oblasti vrtov J 19, 23, 26, 27, 31-35 a 38-40, súvisela s vyrovnávaním povrchu Cisárskeho ostrova v čase jeho širšieho využitia. Mocnosť tejto vrstvy je približne 2-3 m. Ďalšia etapa súvisela s demoláciou záhradných stavieb súvisiacou s likvidáciou následkov po povodni z roku 2002. Zasiahla pomerne veľkú plochu, oblasť vrtov J 1-26, ale má malú mocnosť.

Humusová vrstva, súčasť holocénu, má premenlivú hrúbku. V niektorých oblastiach úplne chýba alebo je zastúpená drnovou vrstvou hrúbky 0,1-0,2 m, vrty J 1, 2, 5, 19-21, 23, 26, 31, 34-35, 37-42). V ostatných vrtoch bola nameraná priemerná hodnota 0,65 m. Táto vrstva je tvorená prevažne veľmi jemnými pieskami (SM až S-F), iba približne 20 % humusového horizontu je hlinitý (MS, MI, MG).

Holocénna vrstva je uložená na vrstve zľahnutých kvartérnych štrkov, ktoré náležia najstaršej (manínskej) terase. Štrky sú tvorené opracovanými úlomkami až okrúhliakmi kremeňa a buližníka, veľkosť zrna 5-10 cm, s jemnozrnným podielom stredne zrnitého až hrubozrnného piesku (GP, G-F, GC).

Mocnosť vrstvy je premenlivá a zo západu na východ sa redukuje. V oblasti vrtov J 1-12 je priemerná hrúbka vrstvy cca 6,8 m, ďalej pokračuje s hrúbkou okolo 3 m až po východný okraj

záujmového územia, profil vrtov J 38-40, kde dochádza naopak k zvýšeniu hrúbky vrstvy na približne 5,5 m.

Pod kvartérou vrstvou začína skalné podložie. To je tvorené bridlicou barrandienského proterozoika. Najnižšia úroveň skalného podložia bola zistená vo vrte J 1 na kóte 168,23 m. n.m a najvyššia vo vrte J 39 na kóte 175,05 m. n.m. Je vidieť, že oproti predchádzajúcej vrstve, dochádza v smere zo západu na východ k nárastu vrstvy.

Skalné podložie je tvorené vo vrchných častiach zvetranými horninami, piesky ílovité (SC) až štrkovité íle (CG), ktoré pomerne rýchlo prechádzajú do hornín štrkového charakteru (GC, GM, G-F) a hlbšie do zvetranej horniny triedy R3.

Vo vrtoch v oblasti budúcej čerpacej stanice, J 44 a 45, boli zistené vo vrchnej časti navážky jemného prevažne hlinito až ílovito-pieskového materiálu hrúbky cca 5 m, pod ktorými je pôvodná humusová vrstva o mocnosti 0,6 m. Tá leží na holocénnych sedimentoch z pieskového ílu a hlinitého piesku. Ďalej nasledujú terasové štrky s mocnosťou 6,7 m vo vrte J 44 a 5 m vo vrte J 45. Posledná vrstva, skalné podložie, je tvorená spočiatku zvetranými ílovými štrkami (GC), ktoré prechádzajú do zdravej horniny triedy R3.

Nadmorská výška záujmového územia sa pohybuje v rozmedzí 179 – 183 m n.m. Najvyšším bodom je elevácia na východe, vrt J 41, kde územie dosahuje nadmorskú výšku 186 m n.m.

Charakter hydrogeologických pomerov závisí na prítomnosti medzizrnových zvodnených kvartérnych sedimentoch, ktoré sú reprezentované predovšetkým štrkami maninskej terasy a tvoria v záujmovom území kolektor s medzizrnovou priepustnosťou. Ich mocnosť je v západnej časti (rez 1-1' – 4-4') približne 6,80 m, vo zvyšnej časti územia okolo 3,10 m. Granulometricky majú zvyčajne charakter hrubého štrku s prímiesou jemnozrnných zemín, lokálne sa vyskytuje štrk ílovitý, ktorý ale nemá vplyv na komunikáciu v celkom homogénnom profile. Koeficient filtrácie sa pochybuje rádovo 10^{-3} - 10^{-6} m/s.

Nad kvartérnymi sedimentami ja nachádza vrstva holocénnych sedimentov, najčastejšie jemné piesky a hliny, ktoré majú koeficient filtrácie priemerne o jeden až dva rády nižší.

Celková mocnosť kvartérneho pokryvu, na ktorý sa viaže prítomnosť podzemnej vody, je priemerne 11,10 m v oblasti prvých štyroch rezov a v ostatnej časti to je priemerne 7,40 m.

Hladina podzemnej vody má voľný alebo slabo napätý charakter. Generálne dochádza k zaklesnutiu hladiny v smere juh – sever, to znamená od plavebného kanálu k rieke, a z východu na západ v smere toku rieky.

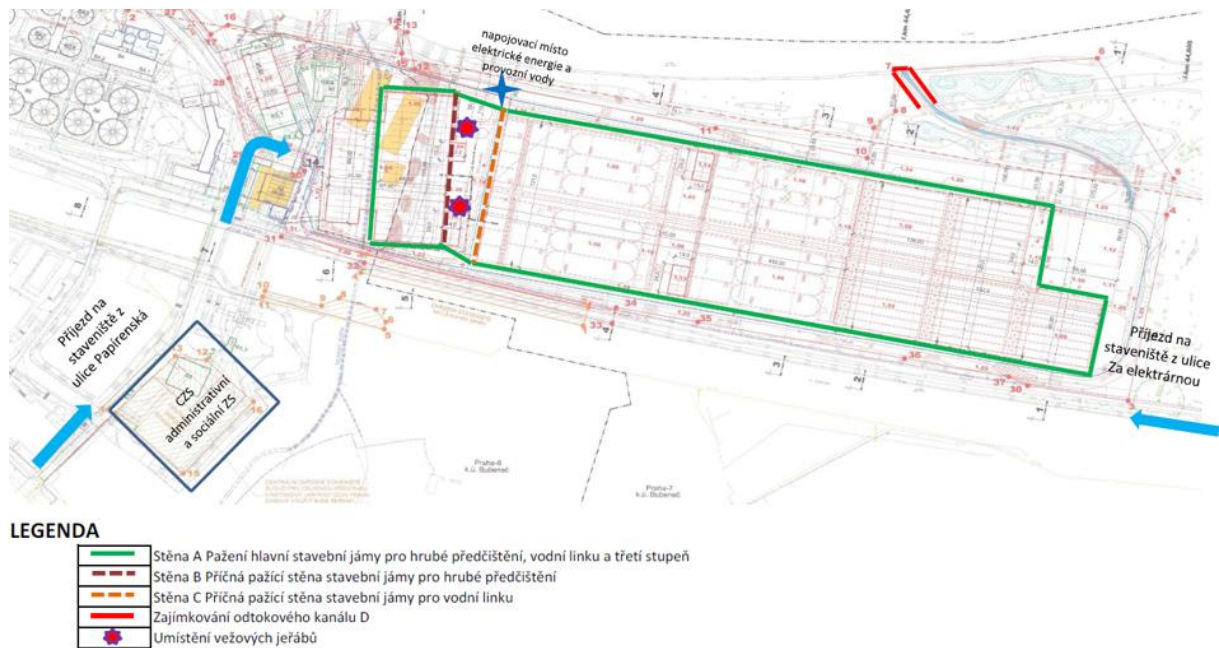
Najvyššie sa hladina podzemnej vody vyskytuje pozdĺž plavebného kanálu, kde je v rozmedzí 0,96 – 3,55 m pod úrovňou terénu. Na severe popri Vltave sa podzemná voda nachádza 2,50 – 4,27 m pod terénom. V oblasti vrtov J 44 a 45 sa ustálená hladina podzemnej vody pochybuje 9,02 – 8,94 m pod úrovňou terénu.

Podzemná voda má strednú agresivitu voči betónovým konštrukciám a veľmi vysokú na oceľ.

5 Zaistenie stavebnej jamy

5.1 Zadanie predmetu diela

Predmetom diela je zaistenie hlavnej stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka a realizácia priečných pažiacich stien pre stavebný pre objekt hrubého predčistenia a pre vodnú linku.



Obr. 18 Schematický situačný výkres predmetu diela [9]

Požiadavkom na zabezpečenie hlavnej stavebnej jamy je pažiaca a tesniaca funkcia. Koeficient nepriepustnosti je $k=1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Stena musí byť navrhnutá na prevádzkové zaťaženie staveniskovej komunikácie na hrane podzemnej steny, tzn. doprava materiálu pomocou nákladných automobilov a doprava betónu pomocou autodomiešavačov s objemom bubnu 8 m³. Predpokladom je, že stena bude realizovaná ako kombinácia podzemnej steny, prevrtavanej pilótovej steny a ílocementovej steny s oceľovými profilmi. Železobetónová konštrukcia nie je súčasťou budúcej stavby, má iba dočasnú funkciu, bude odsadená o cca 1 m od budúcich objektov.

Priečne pažiace steny sú dlhé 125 bm. Na rozdiel od podzemnej steny zaisťujúcej hlavnú stavebnú jamu nemajú tesniacu funkciu. Predpokladom je, že steny budú realizované ako pažiace záporové s kotvením. Musia byť navrhnuté na prevádzkové zaťaženie staveniskovej komunikácie na hrane podzemnej steny, tzn. doprava materiálu pomocou nákladných automobilov a doprava betónu pomocou autodomiešavačov s objemom bubnu 8 m³. Stena pre objekt hrubého predčistenia (stena B v situačnom výkrese) musí byť navyše navrhnutá na osadenie dvoch vežových žeriavov referenčného typu LIEBHERR 280 EC-H, ktoré budú bodovo umiestené pri pažiacej stene.

Pri návrhu dokumentácie pre stavebné povolenie bola vybraná kombinácia podzemnej steny MIP a prevrtavanej pilótovej steny. V realizačnej dokumentácii bol ale systém paženia zmenený na kombináciu štetovnicovej steny a prevrtavanej pilótovej steny.

6 Návrh zaistenia stavebnej jamy na úrovni DSP

6.1 Popis navrhnutého systému zaistenia stavebnej jamy

Pri návrhu dokumentácie pre stavebné povolenie bolo paženie stavebnej jamy navrhnuté do úrovne pôvodného terénu. Po obvode paženia bola navrhnutá stavenisková komunikácia a za ňou ochranná hrádza s korunou na úrovni 181,00 m n.m., ktorá mala stavbu ochrániť proti povodni na prietok $Q_5 + 20$ cm.

V tejto úrovni dokumentácie bolo paženie hlavnej stavebnej jamy navrhnuté ako kombinácia technológie „Deep soil mixing“ (ďalej DSM) a prevrtavanej pilotovej steny. Pričná stena pre objekt hrubého predčistenia bola navrhnutá ako DSM a pričná stena pre novú vodnú linku ako záporová.

Technológia DSM predstavuje akési hĺbkové zlepšovanie zeminy, tzn. zemina podložia je na mieste premiešaná s tekutým spojivom na ílocementovej báze pomocou špirálového vrtáku.

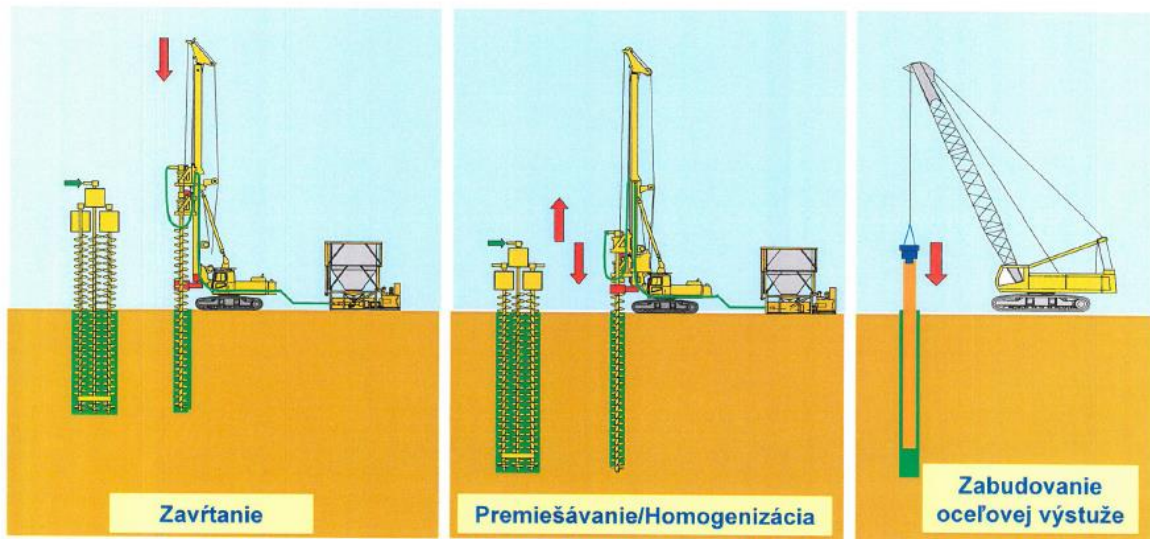
Stena navrhnutá technológiou DSM je hrúbky 550 mm, vysoká 6,6 m až 15,3 m. Skladá sa z primárnych a sekundárnych oválnych elementov, ktoré sú vzájomne prevrtané. Do čerstvých elementov sa vkladajú oceľové valcované profily. Stena musí byť votknutá do nepriepustného podlažia. Na realizáciu tejto steny bola vybraná technológia MIP, ktorá je popísaná nižšie.

Stena pri objekte SO 10 je navrhnutá ako prevrtavaná pilótová z dôvodu príliš pevného podložia, ktoré by nebolo možné metódou DSM vŕtať. Pilóty sú priemeru 880 mm v osovej vzdialenosti 750 mm, čím tvoria vodonepriepustnú kontinuálnu stenu.

Stena pre novú vodnú linku bola navrhnutá ako záporová, tvorená záporami profilu IPE 330 dĺžky 8,0 m v osovej vzdialenosti 2,0 m. Medzi záporu sa vkladajú drevené pažiny hrúbky 80 mm z nehraného ihličnatého reziva.

6.2 Technológia MIP

Technológiou MIP, „Mixed-in-place“, sa rozumie mechanické zmiešanie zeminy na mieste so spojivom. Póry zeminy sa vyplnia suspenziou, zemina plní funkciu plniva a vzniká tzv. zemný betón.



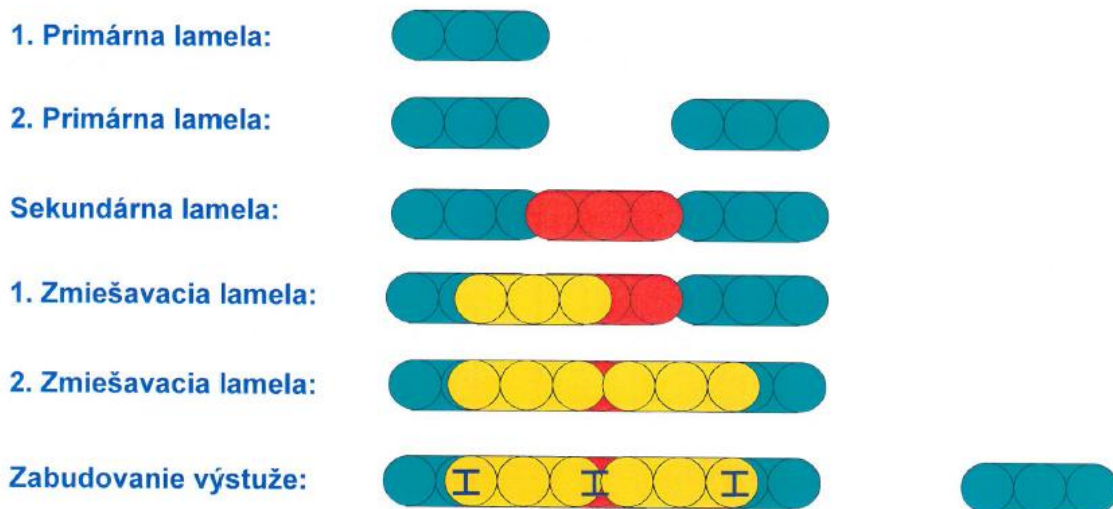
Obr. 21 Technológia MIP [10]

Suspenzia je do zemiiny pridávaná pomocou vrtnej súpravy, využíva sa jednoduchý alebo trojitý vrták. Pri vrtaní súčasne dochádza k plynulému prísunu suspenzie. Po dosiahnutí požadovanej hĺbky sa zmení smer otáčania vrtákov a pomocou tejto rotácie a vysúvania vrtáku dochádza k premiešaniu zemiiny so suspenziou a tým k homogenizácii podložia.

Do ešte nestuhnutej MIP-hmoty sa osadzujú potrebné oceľové nosníky alebo štetovnice.

Stena sa buduje po lamelách, ktoré sa navzájom prekrývajú, vďaka čomu vzniká priebežná podzemná stena bez pracovných škár. K realizácii jednotlivých lamiel sa využíva tzv. „Metóda zvratného kroku“.

Realizácia podzemnej steny “Metóda zvratného kroku”



Obr. 22 Postup vytvárania podzemnej steny [10]

Výhody tejto technológie sú:

- jedná sa bezvýkopovú technológiu
- zemina je využitá pri realizácii samotnej podzemnej steny
- nedochádza k otrasom pri realizácii, do podlažia sa vrta
- je minimalizovaný počet pracovných škár podzemnej steny

6.3 Pokus zakladania technológiou MIP

Počas príprav na realizáciu pažiaceho systému bol realizovaný pokus založenia pomocou technológie MIP. Na stavenisko bol privezená vrtná súprava a do pripravenej plochy budovala lamely.

Medzitým však došlo ku zmene poistných podmienok po povodni v roku 2013 a bolo nutné zmeniť ochranu stavby z prietoku Q5 na Q20. To znamenalo zrealizovať pažiace steny o cca 3 metre vyššie než sa pôvodne zamýšľalo v DSP. Na toto nové technické riešenie nebola z dôvodu veľkej výšky steny metóda MIP vhodná.

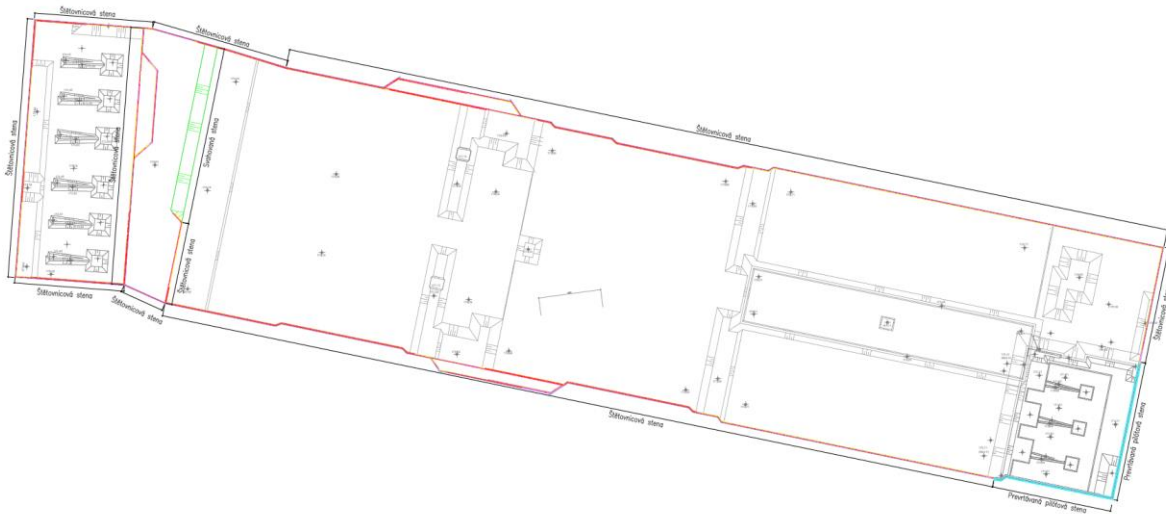


Obr. 23 Vrtná súprava (obrázok nie je zo stavby NVL) [11]

7 Súčasný návrh zaistenia stavebnej jamy

Medzi návrhom zaistenia stavebnej jamy v rámci DSP a samotnou realizáciou zaistenia došlo ešte ku zmene zadania. Kvôli zmene poistných podmienok po povodni v roku 2013 bolo potrebné navrhnuť ochranu stavby proti povodni miesto prietoku Q5 na Q20, čo odpovedá nadmorskej výške cca 183,00 m n.m. Z toho dôvodu bol navrhnutý nový tvar ochrannej hrádze s korunou na kóte 184,00 m n.m. Stavenisková komunikácia bola navrhnutá na korune hrádze.

7.1 Popis navrhnutého systému zaistenia stavebnej jamy



Obr. 24 Súčasný návrh zaistenia stavebnej jamy

Hlavná stavebná jama má rozmery cca 560x123m, obvod 1360 m a ohraničuje plochu 68150m². Zaistenie stavebnej jamy je navrhnuté ako kombinácia pažiacej steny zo štetovnic, ktoré sú osadené do ílocementovej tesniacej podzemnej steny a prevrtavanou pilótovou stenou.

Priečna pažiaca stena pre objekt hrubého predčistenia je tiež navrhnutá zo štetovnic. Napriek tomu, že v pôvodnom zadaní stena nemusela spĺňať podmienku na vodotesnosť, pri plánovaní prací bola táto podmienka dodatočne doplnená. Dôvodom bolo skoršie prevzatie staveniska v priestore objektu hrubého prečistenia. To znamená, že zatiaľ čo sa čakalo na prevzatie zvyšnej časti staveniska pre NVL a realizáciu pažiacej konštrukcie pre celú hlavnú stavebnú jamu, ktorá by zaistila jej vodotesnosť, vybudovaním priečnej steny zo štetovnic sa mohli v predstihu začať práce okolo objektu hrubého predčistenia (výkop, hrubá stavba).

Priečna pažiaca stena pre novú vodnú linku je navrhnutá čiastočne ako štetovnicová a čiastočne ako svahovaná. Štetovnice tu sú navrhnuté z dôvodu potreby realizácie zjazdu medzi objektom hrubého predčistenia a zvyšnou časťou NVL v južnej časti staveniska. Priestor medzi objektami je v tejto časti užší než v severnej časti staveniska, preto nie je možné mať svahovanú stenu po celej dĺžke.

7.1.1 Pažiaca a tesniaca stena zo štetovnic

Systém zaistenia výkopu pažiacou stenou zo štetovnic je použitý takmer po celom obvode stavebnej jamy. Štetovnice sú typu Larssen VL603 a VL604 a ich dĺžka sa pohybuje v rozmedzí 7,0-14,0 m. Koruna štetovnice je na kóte 183,0 m n.m.

Štetovnice sú osadené do ílocementovej tesniacej podzemnej steny, ktorá je široká 0,6 m. Stena je votknutá do pevnej bridlice min. 0,5 m.

Pažiaca stena je zakotvená v 1-2 úrovniach. Prvá kotevná úroveň sa nachádza nad hladinou podzemnej vody, druhá kotevná úroveň je pod úrovňou podzemnej vody. Miesta, v ktorých prechádzajú kotvy stenou, sú v prvej kotviacej úrovni zatesnené penou alebo injektážou.

V druhej úrovni, ktorá je trvalo pod úrovňou podzemnej vody, sú tieto miesta tesnené privareným nátrubkom s „endpackerom“.

Na prenos síl z kotiev do štetovnic sú navrhnuté oceľové UNI prevázky.

Stavebná jama je na troch miestach rozšírená o vjazdové rampy. Vnútoraná hrana rampy je tiež pažená štetovnicou stenou, ktorej stabilita je zabezpečená tiahkami navarenými na obvodovú stenu.

7.1.2 Prevrtávaná pilótovej stena

Prevrtávaná pilótovej stena zaisťuje výkop na juhovýchodnom okraji stavebnej jamy. Zmena zaistenia výkopu z pažiacej steny zo štetovnic na stenu pilótovej je z dôvodu, že základová škára objektu SO 10 sa nachádza vo vrstvách prekremenelých bridlíc, ktoré nie je možné vyťažiť drapákom.

Pilótovej stena je tvorená z pilót \varnothing 880 mm. Tie sú vzájomne prevrtávané v osovej vzdialenosti 700 mm, čím je splnená požiadavka na vodonepriepustnosť. Koruna pilóty je na kóte 180,00 a je stužená železobetónovým vencom, do ktorého sú zakotvené kotvy z 1. kotevnej úrovne. Na veniec je dobetónovaná železobetónová stena, ktorej koruna je buď na kóte 183,00 m n.m. alebo na kóte 184,00 m n.m.

Primárne (nevystužené) pilóty sú navrhnuté z betónu C 16/20, konzistencie S4. Sekundárne (vystužené) pilóty sú z betónu C 25/30, konzistencie S4. Pilóty sú vystužené zvaranými armokošmi z ocele B500B. Zvislá nosná výstuž je profilu R25, šmyková výstuž je špirálová profilu R8.

Pilótovej stena je, rovnako ako štetovnicová stena, kotvená v 1-2 úrovniach. Prvá kotevná úroveň sa nachádza nad hladinou podzemnej vody, prestupy sú tesnené penou. Druhá kotevná úroveň je pod úrovňou podzemnej vody, prestupy sú tesnené „endpackerom“.

Na prenos síl z kotiev do pilót sú navrhnuté v 1. kotevnej úrovni oceľové UNI prevázky. V 2. kotevnej úrovni sú navrhnuté železobetónové prevázky s priechodkami.

7.1.3 Svahovaná priečna stena

Svahovaná časť je tvorená svahom v sklone 1:1. Pôvodný návrh predpokladal stabilizáciu svahu striekaným betónom s kari sieťou. Nakoniec pri realizácii bol svah prikrytý geotextíliou.

7.1.4 Kotvenie

Kotvenie je navrhnuté v 1 alebo 2 kotevných úrovniach pomocou dočasnej pramencovej kotvy 3-6x Lp \varnothing 15,7mm (0,62“) 1570/1770 MPa. Zálievka a vysokotlaková injektáž je cementovou zálievkou.

Sily v kotvách sú do pažiacej konštrukcie prenášané pomocou oceľových UNI prevázok alebo betónových prevázok.

Kotvenie steny prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

7.2 Technologický postup

7.2.1 Pažiacia a tesniaca stena zo štetovnic

Použité mechanizmy: Drapák
 Vibračné baranidlo
 Hydraulický agregát
 Nosič beranidiel
 Bager-žeriav

Pažiacia stena je navrhnutá zo štetovnic uložených do ílocementovej tesniacej podzemnej steny. Steny sú budované po lamelách. Dĺžka lemíel je premenlivá, najviac dĺžok je v rozmedzí 2,00 - 14,05 m. Nájdú sa ale aj lamely, ktoré prekračujú dĺžku 20,0 a 30,0 m.

Pred samotnou realizáciou podzemnej steny sú vybudované vodiace múriky, ktoré vytyčujú trasu budúcej steny. Hĺbenie ryhy sa realizuje kontinuálne drapákom z úrovne pôvodného terénu. Ryha je vyplnená pažiacou samotuhnúcou na bázi cementu, strusky a bentonitu. Hĺbenie končí na úrovni min. 0,50 m pod pevnou bridlicou, do ktorej bude podzemná stena votknuta.

Štetovnice sa osadzujú do ílocemntovej steny vibrovaním. Touto technológiou sa buď vibrujú alebo rázovo barania. Pri zavibrovaní vyvodzuje vibrátor vibrácie vďaka ktorým vniká štetovnica do zeminy. Rázovým baraním sú na hlave prvku vyvolané rázy baranidlom a tým sa štetovnica vniká do zeminy. Optimálna rýchlosť vnikania prvku do zeminy je 0,5 - 1,0 m/min. Medzná hodnota pre vnikanie prvku do zeminy je 20 mm za posledných 5 min, kedy je vibrovanie neúčinné a ukončuje sa.

Vyťahovanie štetovnic je realizované rovnakou technológiou.

Kotvenie steny prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

7.2.2 Prevrtávaná pilótová stena

Ako už z názvu konštrukcie vyplýva, konštrukcia je vrtaná pomocou vrtákov do skalného podlažia. Vrty sú pažené pomocou ocelevej dvojplášťovej pažnice. Počas vrtania mať pažnica dostatočný predstih pred vrtným zariadením.

Pilóty sú rozdelené na primárne a sekundárne. Ako prvé sú realizované primárne (nevstužené) pilóty, do ktorých sa prevrtávajú sekundárne (vystužené) pilóty.

Koruna pilóty je na kóte 180,00 a je stužená železobetónovým vencom, do ktorého sú zakotvené kotvy z 1. kotevnej úrovne. Na veniec je dobetónovaná železobetónová stena, ktorej koruna je buď na kóte 183,00 m n.m. alebo na kóte 184,00 m n.m.

Kotvenie steny prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

7.3 Monitoring pažiacej konštrukcie

7.3.1 Návrh monitoringu

Pažiacia konštrukcia bola počas výstavby sledovaná na deformácie ako zvislé tak aj vodorovné. Presnosť deformácii ≤ 2 mm.

Meranie deformácií prebiehalo v nasledujúcich etapách:

- 0. etapa – osadenie štetovnic a stvrdnutie ílocementovej zmesi, v tejto etape boli nainštalované meracie body
- 1. etapa – nasypenie terénu za štetovnicovú stenu na kótu 183,00 m n.m.
- 2. etapa – doťaženie na 2 kotevnú úroveň alebo na konečný výkop, pokiaľ je v danom profile len jedna kotevná úroveň
- 3. etapa – doťaženie na konečnú úroveň
- Ďalšie etapy prebiehali v rozmedzí 14 dní až 2 mesiace, na základe predchádzajúcich meraní

Varovné stavy

Hodnoty nepredstavujú kritickú medzu, jedná sa o varovný signál kedy je potrebné sa zaujímať o príčinu deformácie.

- 1. varovný stav
 - Horizontálna deformácia 30 mm
 - Vertikálna deformácia zápor 10 mm
- 2. varovný stav
 - Horizontálna deformácia 40 mm
 - Vertikálna deformácia zápor 15 mm

7.3.2 Priebeh monitoringu

Súradnicový systém	S-JTSK
Výškový systém	Bpv
Spôsob stabilizácie	odrazné štítky, odrazné terče
Použité prístroje	totálna stanica Leica TCRA 1202+

Vysvetlivka k znamienkam a označeniu bodov

$\Delta k +$ = vychýlenie do stavebnej jamy

$\Delta k -$ = vychýlenie zo stavebnej jamy

bod xx.1 - v úrovni hlavy štetovnic je umiestnená odrazná fólia

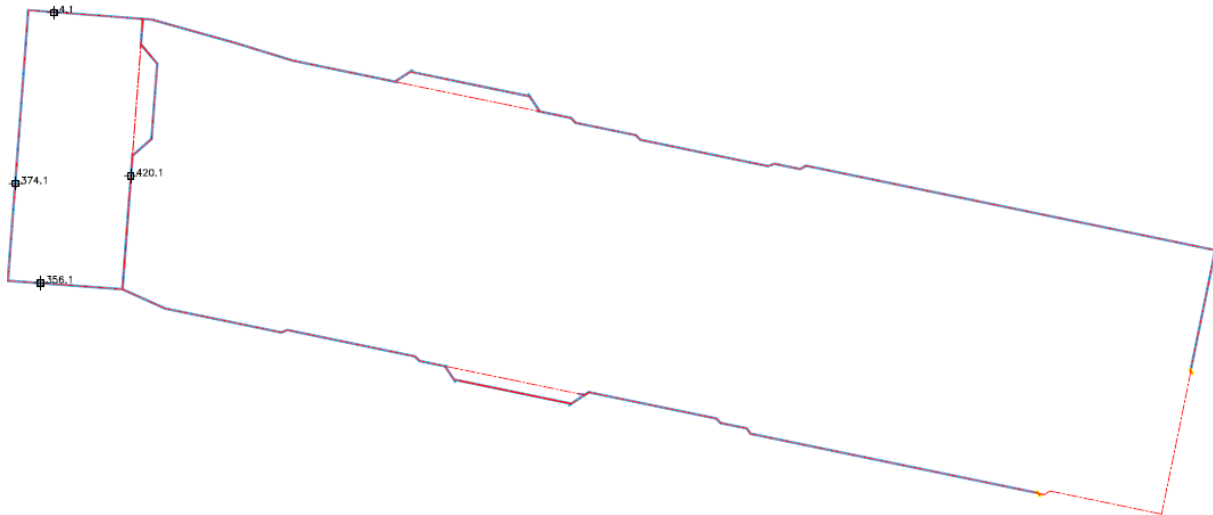
bod xx.T - v úrovni hlavy štetovnic je umiestnený odrazný terč

bod xx.2 - v 2. kotevnej úrovni je umiestnená odrazná fólia

Monitoring vyhodnocuje vodorovné a zvislé posuny. Výsledkom monitoringu sú odchýlky od nulte etapy a od predchádzajúcej etapy.

Monitoring začal v decembri 2015 kedy boli stabilizované prvé 4 body okolo objektu SO 04. Body boli umiestnené v úrovni hlavy štetovnic. V januári 2016 boli do rovnakého profilu pridané

body v 2. kotevnej úrovni. Vo februári 2016 boli stabilizované body okolo zvyšnej časti NVL v úrovni hlavy štetovnic. Po druhej etape merania týchto bodov prebehla nová stabilizácia odraznými terčmi v úrovni hláv štetovnic a pred štvrtou etapou boli osadené body v 2. kotevnej úrovni.



Obr. 25 Situácia monitorovaných bodov okolo SO 04 [12]

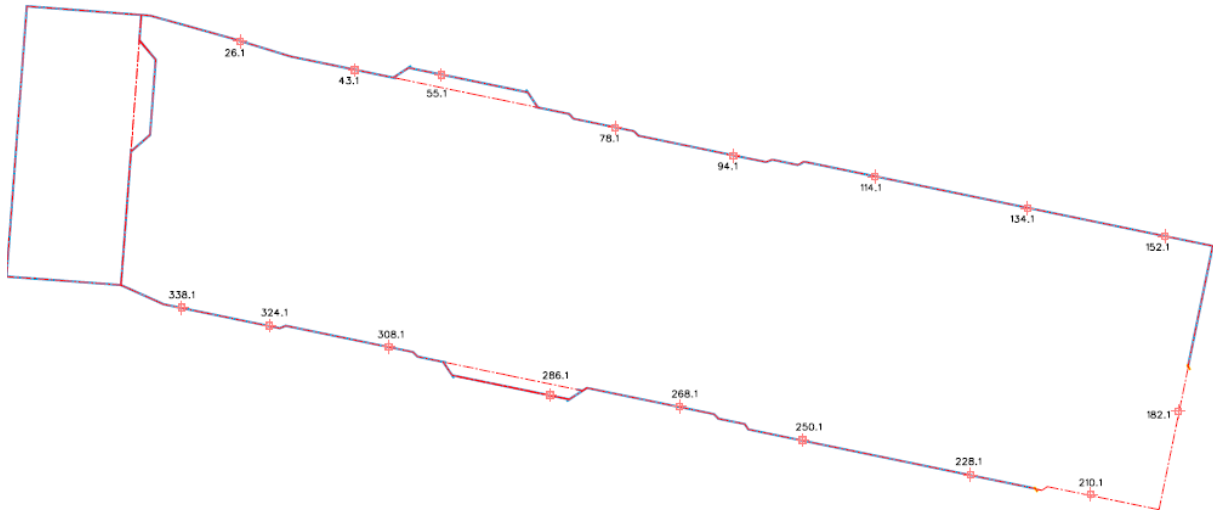
Namerané odchýlky

0. etapa 18.12.2015				1. etapa 6.1.2016		2. etapa 26.1.2016		3. etapa 11.2.2016		4. etapa 7.3.2016		5. etapa 23.3.2016				
bod	Y_0 m	X_0 m	H_0 m	k_1-k_0 mm	h_1-h_0 mm	k_2-k_0 mm	h_2-h_0 mm	k_3-k_0 mm	h_3-h_0 mm	k_4-k_0 mm	h_4-h_0 mm	Y_p m	X_p m	H_p m	k_4-k_0 mm	h_4-h_0 mm
4.1	743539.978	1040060.548	183.501	-5	2	-8	-4	-8	-3	-7	-4	743539.982	1040060.540	183.498	-8	-3
356.1	743545.991	1040184.987	183.243	2	-1	2	-4	12	-4	13	-4	743546.001	1040184.974	183.239	12	-4
374.1	743557.623	1040139.298	183.157	1	-1	8	-5	7	-3	8	-3	743557.615	1040139.297	183.156	8	-2
420.1	743504.405	1040135.712	181.861	-1	1	-1	-4	2	-3	3	-4	743504.406	1040135.713	181.858	1	-3

0. etapa 26.1.2016				1. etapa 7.3.2016					
bod	Y_0 m	X_0 m	H_0 m	Y_p m	X_p m	H_p m	Δk k_1-k_0 mm	Δh h_1-h_0 mm	
4.2	743540.651	1040060.935	177.518	743540.651	1040060.938	177.518	3	0	
356.2	743545.408	1040184.617	177.496	743545.408	1040184.615	177.494	2	-2	
374.2	743557.106	1040137.442	176.286	743557.106	1040137.444	176.285	0	-1	
420.2	743504.912	1040135.730	178.307	743504.911	1040135.731	178.308	-1	1	

Namerané hodnoty sa pohybujú v norme.

Diplomová práca
Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
Cisárskom ostrove v Prahe



Obr. 26 Situácia monitorovaných bodov okolo zvyšnej časti NVL [12]

Namerané odchýlky

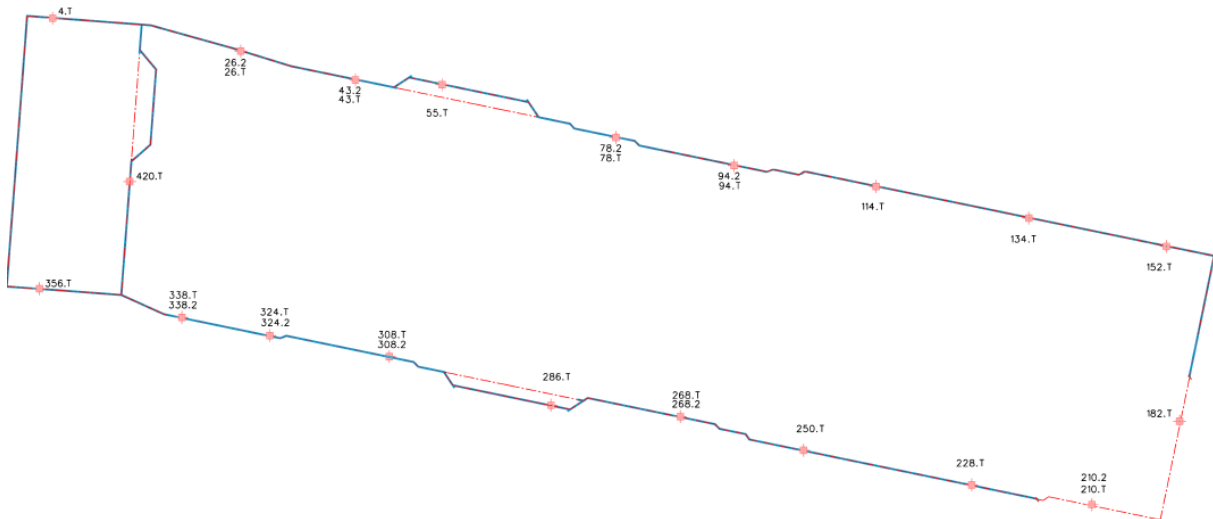
		0. etapa 12. a 18.2. 2016			1. etapa 9.3.2016		2. etapa 4.4.2016				3. etapa 12.5.2016						
					od 0. etapy		od 1. etapy		od 0. etapy					od 2. etapy		od 0. etapy	
bod	obj.	Y ₀	X ₀	H ₀	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Y _p	X _p	H _p	Δk	Δh	Δk	Δh
		m			k ₁ -k ₀	h ₁ -h ₀	k ₂ -k ₁	h ₂ -h ₁	k ₂ -k ₀	h ₂ -h ₀	m			k ₃ -k ₂	h ₃ -h ₂	k ₃ -k ₀	h ₃ -h ₀
		mm			mm		mm		mm		mm			mm		mm	
26.1		743453.043	1040075.299	183.059	-42	-2	2	0	-40	-2	743453.028	1040075.270	183.056	6	-1	-34	-3
43.1		743399.952	1040088.985	183.079	-8	-1	6	1	-2	0	743399.945	1040088.974	183.077	7	-2	5	-2
55.1		743360.166	1040091.070	183.009	-32	1	3	0	-29	1	743360.155	1040091.052	183.004	7	-6	-22	-5
78.1		743280.111	1040115.366	183.087	-44	0	3	0	-41	0	743280.100	1040115.336	183.087	8	0	-34	0
94.1		743225.315	1040128.285	182.834	-18	-1	4	0	-15	-1	743225.314	1040128.277	182.833	5	0	-10	-1
114.1		743161.502	1040137.680	182.929	-40	-1	1	-2	-39	-3	neměřeno - bod zasypán						
134.1		743090.559	1040152.356	183.133	-10	-1	4	-2	-6	-3	743090.564	1040152.352	183.131	2	1	-4	-2
152.1		743026.738	1040165.502	183.092	-37	2	13	-3	-24	-1	743026.735	1040165.479	183.091	1	0	-23	-1
182.1		743019.932	1040246.097	182.940	-8	-3	8	-1	0	-4	743019.938	1040246.091	182.938	6	2	6	-2
210.1		743060.462	1040284.285	183.903	3	0	3	-3	5	-3	743060.466	1040284.277	183.900	1	0	6	-3
228.1		743115.153	1040275.408	183.063	2	0	6	-2	8	-2	743115.147	1040275.389	183.062	8	1	16	-1
250.1		743193.304	1040259.370	183.064	2	-1	5	-1	7	-2	743193.300	1040259.364	183.063	-1	1	7	-1
268.1		743250.282	1040243.945	183.087	3	-1	9	0	12	-1	743250.274	1040243.928	183.087	4	1	16	0
268.1		743310.276	1040238.613	183.058	9	-4	12	-2	21	-6	743310.263	1040238.595	183.050	-1	-2	20	-9
308.1		743384.443	1040216.380	182.911	5	1	1	-1	7	0	743384.437	1040216.340	182.911	10	0	17	0
324.1		743440.087	1040206.483	183.078	0	0	1	0	1	0	743440.080	1040206.474	183.076	7	-2	7	-2
338.1		743480.230	1040198.346	183.094	-1	2	0	0	-2	2	743480.224	1040198.341	183.094	5	-2	3	0

Namerané hodnoty po 1. etape na severe pažiacej konštrukcie privolali na seba pozornosť. Hodnoty výrazne prekračovali deformácie, ktoré boli rozhodné pre 2. varovný stav (15 mm). Na základe vyjadrenia statika, hodnoty uvedené pre varovné stavy platia výhradne pre deformácie do vnútra jamy. Namerané deformácie boli naopak von z jamy, boli spôsobené predopnutím kotiev v dôsledku rôznej kvality materiálu hutneného za stenou a nepoužívajú sa k určovaniu varovných stavov.

Odporúčaním statika bolo znovu zamerať konštrukciu a v prípade ustálenia deformácií v korune štetovnic, bude tento stav považovaný za počiatkový, od ktorého sa budú sledovať deformácie do vnútra konštrukcie.

Namerané deformácie v 1. etape boli v normálu. Deformácie v korune steny v smere von z jamy sú u konštrukcií s dodatočne dosypávaným terénom bežné.

Diplomová práca
Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
Cisárskom ostrove v Prahe



Obr. 27 Situácia meraných bodov od 05/2016 [12]

Namerané odchýlky

0. etapa 12. a 18.2. 2016				3. etapa 12.5.2016			4. etapa 17.6.2016							
bod	obj.	Y ₀ m	X ₀ m	H ₀ m	Y _P m	X _P m	H _P m	Y _P m	X _P m	H _P m	od 3. etapy		od počiatku	
											Δk mm	Δh mm	Δk mm	Δh mm
182.1	SO 10	743019.932	1040246.097	182.940	743019.938	1040246.091	182.938	743019.935	1040246.090	182.939	-3	1	3	-1
210.1	SO 10	743060.462	1040284.285	183.903	743060.466	1040284.277	183.900	743060.461	1040284.275	183.900	3	0	9	-3
4.T	SO 04	743539.961	1040080.524	183.699	743539.969	1040080.525	183.701	743539.969	1040080.525	183.701	1	2	1	2
356.T		743545.955	1040185.002	183.437	743545.961	1040185.004	183.437	743545.961	1040185.004	183.437	-2	0	-2	0
420.T		743504.374	1040135.684	181.867	743504.379	1040135.687	181.868	743504.379	1040135.687	181.868	5	1	5	1
26.T		743452.998	1040075.256	183.332	743453.006	1040075.257	183.333	743453.006	1040075.257	183.333	3	1	3	1
43.T		743399.957	1040088.946	183.373	743399.963	1040088.950	183.375	743399.963	1040088.950	183.375	5	2	5	2
55.T		743360.171	1040091.032	183.312	743360.175	1040091.032	183.312	743360.175	1040091.032	183.312	1	0	1	0
78.T		743280.099	1040115.315	183.419	743280.101	1040115.315	183.421	743280.101	1040115.315	183.421	0	2	0	2
94.T		743225.322	1040128.247	183.286	743225.323	1040128.248	183.286	743225.323	1040128.248	183.286	1	0	1	0
114.T		743172.057	1040135.528	183.375	743172.058	1040135.529	183.376	743172.058	1040135.529	183.376	2	1	2	1
134.T		743090.550	1040152.339	183.404	743090.551	1040152.339	183.404	743090.551	1040152.339	183.404	0	0	0	0
152.T		743026.734	1040165.467	183.370	743026.732	1040165.465	183.371	743026.732	1040165.465	183.371	-2	1	-2	1
182.T		-	-	-	743016.522	1040229.974	183.191	743016.522	1040229.974	183.191	-	-	-	-
210.T		-	-	-	743060.478	1040284.335	184.153	743060.478	1040284.335	184.153	-	-	-	-
228.T		743115.159	1040275.416	183.322	743115.156	1040275.417	183.323	743115.156	1040275.417	183.323	0	1	0	1
250.T	743193.313	1040259.385	183.305	743193.312	1040259.388	183.307	743193.312	1040259.388	183.307	-3	2	-3	2	
268.T	743250.261	1040243.958	183.350	743250.262	1040243.960	183.350	743250.262	1040243.960	183.350	-2	0	-2	0	
286.T	743310.249	1040238.615	183.351	743310.249	1040238.616	183.351	743310.249	1040238.616	183.351	-1	0	-1	0	
308.T	743383.269	1040216.591	183.266	743383.270	1040216.593	183.267	743383.270	1040216.593	183.267	-2	1	-2	1	
324.T	743440.137	1040206.473	183.357	743440.139	1040206.474	183.359	743440.139	1040206.474	183.359	-1	2	-1	2	
338.T	743480.237	1040198.356	183.314	743480.240	1040198.359	183.316	743480.240	1040198.359	183.316	-3	2	-3	2	
26.2	SO 06, 08, 10	-	-	-	743453.272	1040076.211	176.381	743453.272	1040076.211	176.381	-	-	-	-
43.2		-	-	-	743399.433	1040089.512	176.758	743399.433	1040089.512	176.758	-	-	-	-
78.2		-	-	-	743279.706	1040115.944	176.739	743279.706	1040115.944	176.739	-	-	-	-
94.2		-	-	-	743226.141	1040128.699	176.801	743226.141	1040128.699	176.801	-	-	-	-
210.2		743060.257	1040283.827	175.442	743060.257	1040283.826	175.442	743060.257	1040283.826	175.442	1	0	1	0
268.2		-	-	-	743249.675	1040243.430	177.039	743249.675	1040243.430	177.039	-	-	-	-
308.2		-	-	-	743383.854	1040215.897	176.862	743383.854	1040215.897	176.862	-	-	-	-
324.2		-	-	-	743440.520	1040205.906	176.813	743440.520	1040205.906	176.813	-	-	-	-
338.2	-	-	-	743480.492	1040197.683	176.387	743480.492	1040197.683	176.387	-	-	-	-	

Diplomová práce

Alternativny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
Cisárskom ostrove v Prahe

0. etapa 12. a 18.2. 2016				4. etapa 17.6.2016				5. etapa 12.7.2016				6. etapa 12.8.2016								
bod	obj.	Y ₀ m	X ₀ m	H ₀ m	od 3. etapy		od počátku		od 4. etapy		od počátku		od 5. etapy		od počátku					
					Δk	Δh	k ₄ -k ₃	h ₄ -h ₃	k ₄ -k ₀	h ₄ -h ₀	k ₅ -k ₄	h ₅ -h ₄	k ₅ -k ₀	h ₅ -h ₀	k ₆ -k ₅	h ₆ -h ₅	k ₆ -k ₀	h ₆ -h ₀		
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm				
4.T	SO 04	nová stabilizace odraznými terčí provedena po 2. etapě monitoringu				1	2	1	2	3	-1	4	1	743539.966	1040080.529	183.700	1	0	5	1
356.T						-2	0	-2	0	-1	2	-4	2	743545.961	1040185.004	183.440	-1	1	-5	3
420.T						5	1	5	1	4	2	9	3	743504.384	1040135.690	181.869	2	-1	11	2
26.T						3	1	3	1	-2	0	1	1	743453.004	1040075.256	183.334	1	1	2	2
43.T						5	2	5	2	1	2	6	4	743399.962	1040088.951	183.375	0	-2	6	2
55.T						1	0	1	0	1	2	1	2	743360.178	1040091.031	183.313	-1	-1	0	1
78.T						0	2	0	2	-1	-1	-1	1	743280.102	1040115.313	183.420	0	0	-1	1
94.T						1	0	1	0	0	1	2	1	743225.323	1040128.250	183.288	2	1	4	2
114.T						2	1	2	1	0	0	2	1	743172.057	1040135.530	183.376	1	0	3	1
134.T						0	0	0	0	-1	-1	0	-1	743090.544	1040152.340	183.492	1	-1	1	-2
152.T						-2	1	-2	1	1	-1	-1	0	743026.732	1040165.468	183.371	2	1	1	1
182.T						-	-	-	-	7	1	7	1	743016.531	1040229.976	183.190	2	-2	9	-1
210.T						-	-	-	-	1	0	1	0	743080.477	1040234.334	184.153	-1	0	0	0
228.T						0	1	0	1	1	0	0	1	743115.155	1040275.416	183.323	0	0	0	1
250.T						-3	2	-3	2	2	-2	-1	0	743193.311	1040259.387	183.306	1	1	0	1
268.T						-2	0	-2	0	-2	1	-4	1	743250.264	1040243.964	183.349	2	-2	-2	-1
286.T						-1	0	-1	0	-2	3	-3	3	743310.249	1040238.618	183.354	0	0	-3	3
308.T				-2	1	-2	1	-1	2	-3	3	743383.273	1040216.593	183.268	-1	-1	-4	2		
324.T				-1	2	-1	2	-1	1	-3	3	743440.138	1040206.475	183.360	0	0	-3	3		
338.T				-3	2	-3	2	-5	0	-9	2	743480.241	1040198.365	183.317	1	1	-8	3		
26.2	SO 06, 09, 10	body druhé kotevní úrovně osazeny před 4. etapou monitoringu				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43.2						-	-	-	-	0	1	0	1	743399.436	1040089.512	176.759	0	0	0	1
78.2						-	-	-	-	-3	1	-3	1	743279.705	1040115.942	176.740	1	2	-2	3
94.2						-	-	-	-	-2	0	-2	0	743226.145	1040128.695	176.801	-2	1	-4	1
210.2						1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
268.2						-	-	-	-	1	0	1	0	743249.678	1040243.429	177.039	0	-1	1	-1
308.2						-	-	-	-	-8	1	-8	1	743383.854	1040215.906	176.863	1	-2	-7	-1
324.2						-	-	-	-	-1	2	-1	2	743440.518	1040205.908	176.815	1	0	0	2
338.2						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

0. etapa 12. a 18.2. 2016				7. etapa 15.9.2016				8. etapa 13.10.2016				9. etapa 16.11.2016								
bod	obj.	Y ₀ m	X ₀ m	H ₀ m	od 6. etapy		od počátku		od 7. etapy		od počátku		od 8. etapy		od počátku					
					Δk	Δh	k ₇ -k ₆	h ₇ -h ₆	k ₇ -k ₀	h ₇ -h ₀	k ₈ -k ₇	h ₈ -h ₇	k ₈ -k ₀	h ₈ -h ₀	k ₉ -k ₈	h ₉ -h ₈	k ₉ -k ₀	h ₉ -h ₀		
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm				
4.T	SO 04	nová stabilizace odraznými terčí provedena po 2. etapě monitoringu				3	-1	8	0	-1	-1	7	-1	743539.964	1040080.532	183.698	1	0	8	-1
356.T						2	-2	-3	1	-2	1	-5	2	743545.960	1040185.002	183.438	2	-1	-3	1
420.T						2	1	13	3	5	-2	18	1	743504.390	1040135.692	181.867	-1	-1	17	0
26.T						1	-2	3	0	0	0	3	0	743453.001	1040075.254	183.330	-3	-2	0	-2
43.T						4	0	10	2	-1	-2	9	0	743399.960	1040088.953	183.373	-1	0	8	0
55.T						1	0	1	1	0	-2	1	-1	743360.177	1040091.032	183.309	0	-2	1	-3
78.T						-1	-1	-2	0	1	-1	-1	-1	743280.099	1040115.315	183.415	2	-3	1	-4
94.T						1	-2	5	0	1	1	6	1	743225.322	1040128.252	183.284	0	-3	6	-2
114.T						0	1	3	2	0	-2	3	0	743172.055	1040135.531	183.373	1	-2	4	-2
134.T						0	2	1	0	1	0	2	0	743090.541	1040152.340	183.492	-1	-2	1	-2
152.T						1	2	2	3	0	-1	2	2	743026.727	1040165.467	183.369	-2	-3	0	-1
182.T						-1	1	8	0	-2	0	6	0	743016.529	1040229.972	183.192	1	1	7	1
210.T						1	-1	1	-1	-1	1	0	0	743060.481	1040284.332	184.152	2	-1	2	-1
228.T						1	-1	1	0	0	1	1	1	743115.152	1040275.415	183.322	0	-1	1	0
250.T						-2	2	-2	3	3	-1	1	2	743193.306	1040259.385	183.305	1	-2	2	0
268.T						-1	-2	-3	-3	3	2	0	-1	743250.264	1040243.961	183.348	1	-1	1	-2
286.T						-1	0	-4	3	-1	-3	-5	0	743310.252	1040238.622	183.352	-2	1	-7	1
308.T				0	0	-4	2	-1	0	-5	2	743383.275	1040216.598	183.269	-2	1	-7	3		
324.T				-3	0	-6	3	-2	1	-8	4	743440.140	1040206.477	183.357	3	-4	-5	0		
338.T				-10	-1	-18	2	-1	1	-19	3	743480.238	1040198.368	183.312	8	-5	-11	-2		
26.2	SO 06, 09, 10	body druhé kotevní úrovně osazeny před 4. etapou monitoringu				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43.2						1	-1	1	0	-2	1	-1	1	743399.433	1040089.512	176.780	1	1	0	2
78.2						3	-1	1	2	-1	1	0	3	-	-	-	-	-	-	
94.2						5	2	1	3	1	-1	2	2	-	-	-	-	-	-	
210.2						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
268.2						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
308.2						-2	-1	-9	-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
324.2						0	2	0	4	2	-1	2	3	743440.516	1040205.905	176.813	1	-3	3	0
338.2						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Diplomová práce

Alternativní návrh zaistění stavební jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
Cisárskom ostrove v Prahe

0. etapa 12. a 18.2. 2016				10. etapa 15.12.2016				11. etapa 18.1.2017				12. etapa 15.2.2017								
bod	obj.	Y ₀ m	X ₀ m	H ₀ m	od 9. etapy		od počátku		od 10. etapy		od počátku		od 11. etapy		od počátku					
					Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh				
					k ₁₀ -k ₉	h ₁₀ -h ₉	k ₁₀ -k ₀	h ₁₀ -h ₀	k ₁₁ -k ₁₀	h ₁₁ -h ₁₀	k ₁₁ -k ₀	h ₁₁ -h ₀	Y _p	X _p	H _p	k ₁₂ -k ₁₁	h ₁₂ -h ₁₁	k ₁₂ -k ₀	h ₁₂ -h ₀	
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	m	m	mm	mm	mm	mm	
4.T	SO 04				-4	-1	4	-2	-5	-1	-1	-3	743539.969	1040060.543	183.697	2	1	1	-2	
356.T					-	-	-	-	-	-	-	-	bod zasypán				-	-	-	-
420.T					-3	2	14	2	2	0	16	2	743504.409	1040135.885	181.886	-18	-3	-2	-1	
26.T					1	3	1	1	2	-2	3	-1	743453.001	1040075.249	183.330	-2	-1	1	-2	
43.T					2	1	10	1	0	0	10	1	743399.957	1040088.951	183.379	0	3	10	4	
55.T					0	4	1	1	0	-1	1	0	743360.171	1040091.030	183.316	-2	1	-1	1	
78.T					0	4	1	0	-3	-1	-2	-1	743280.098	1040115.314	183.421	-4	2	-6	1	
94.T					-1	0	5	-2	-4	-1	1	-3	743225.318	1040128.253	183.283	-4	0	-3	-3	
114.T					1	1	5	-1	1	0	6	-1	743172.053	1040135.533	183.374	4	0	10	-1	
134.T					1	-2	2	-4	2	4	4	0	743090.542	1040152.337	183.495	0	-1	4	-1	
152.T					-1	-2	-1	-3	2	3	1	0	743026.723	1040165.466	183.367	0	-3	1	-3	
182.T					3	-1	10	0	0	1	10	1	743018.524	1040229.974	183.191	-2	-1	8	0	
210.T					-1	-2	1	-3	-1	2	0	-1	743080.472	1040294.330	184.153	0	1	0	0	
228.T					-2	-3	-1	-3	-1	1	-2	-2	743115.149	1040275.411	183.322	1	2	-1	0	
250.T					0	-2	2	-2	0	1	2	-1	743193.306	1040259.387	183.305	-2	1	0	0	
268.T					-1	-2	0	-4	2	0	2	-4	743250.257	1040243.964	183.349	-2	2	0	-2	
286.T					2	3	-5	4	-4	-2	-9	2	743310.254	1040238.624	183.351	-4	-2	-13	0	
308.T					-1	1	-9	4	-2	-2	-11	2	743383.278	1040216.594	183.267	-1	-1	-12	1	
324.T					1	1	-4	1	-4	1	-8	2	743440.146	1040206.471	183.357	3	-2	-5	0	
338.T					2	3	-9	1	0	1	-9	2	743480.246	1040198.364	183.315	6	-1	-3	1	
26.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
78.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
94.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
210.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
268.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
308.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
324.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
338.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

0. etapa 12. a 18.2. 2016				13. etapa 17.3.2017				14. etapa 18.4.2017				15. etapa 23.5.2017								
bod	obj.	Y ₀ m	X ₀ m	H ₀ m	od 12. etapy		od počátku		od 13. etapy		od počátku		od 14. etapy		od počátku					
					Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh				
					k ₁₃ -k ₁₂	h ₁₃ -h ₁₂	k ₁₃ -k ₀	h ₁₃ -h ₀	k ₁₄ -k ₁₃	h ₁₄ -h ₁₃	k ₁₄ -k ₀	h ₁₄ -h ₀	Y _p	X _p	H _p	k ₁₅ -k ₁₄	h ₁₅ -h ₁₄	k ₁₅ -k ₀	h ₁₅ -h ₀	
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	m	m	mm	mm	mm	mm	
4.T	SO 04				1	0	2	-2	-2	1	0	-1	743539.967	1040060.543	183.698	1	0	1	-1	
356.T					-	-	-	-	-	-	-	-	bod zasypán				-	-	-	-
420.T					4	-1	2	-2	-	-	-	-	bod zasypán				-	-	-	-
26.T					1	1	2	-1	0	-1	2	-2	743453.000	1040075.252	183.333	2	3	4	1	
43.T					2	-2	12	2	-1	0	11	2	743399.960	1040088.950	183.377	-1	0	10	2	
55.T					-1	0	-2	1	3	2	1	3	743360.169	1040091.033	183.317	1	-1	2	2	
78.T					1	-1	-5	0	3	-2	-2	-2	743280.099	1040115.313	183.420	-3	2	-6	0	
94.T					-1	-2	-4	-5	2	1	-2	-4	743225.322	1040128.260	183.285	8	3	6	-1	
114.T					2	-2	12	-3	0	0	12	-3	743172.055	1040135.539	183.374	6	2	18	-1	
134.T					2	-1	6	-2	1	2	7	0	743090.543	1040152.338	183.493	-2	-3	5	-3	
152.T					1	1	2	-2	-2	1	0	-1	743026.723	1040165.465	183.370	0	1	0	0	
182.T					-1	0	7	0	-	-	-	-	bod zasypán				-	-	-	-
210.T					2	2	2	2	1	1	3	3	bod zasypán				-	-	-	-
228.T					0	-1	-1	-1	-2	2	-3	1	743115.151	1040275.417	183.322	-4	-1	-7	0	
250.T					-1	1	-1	1	2	-3	1	-2	743193.308	1040259.387	183.306	-1	3	0	1	
268.T					2	-1	2	-3	3	0	5	-3	743250.257	1040243.961	183.350	-3	2	2	-1	
286.T					3	0	-10	0	0	1	-10	1	743310.253	1040238.620	183.353	1	1	-9	2	
308.T					0	-2	-12	-1	-1	1	-13	0	743383.273	1040216.596	183.268	0	2	-13	2	
324.T					3	1	-2	1	-1	-2	-3	-1	743440.145	1040206.474	183.359	-5	3	-8	2	
338.T					2	0	-1	1	0	2	-1	3	743480.245	1040198.364	183.316	-2	-1	-3	2	
26.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
43.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
78.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
94.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
210.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
268.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
308.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
324.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
338.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

0. etapa 12. a 18.2. 2016				16. etapa 21.6.2017				17. etapa 28.7.2017				18. etapa 22.8.2017				19. etapa 25.10.2017							
bod	obj.	Y ₀ m	X ₀ m	H ₀ m	od 15. etapy		od počátku		od 16. etapy		od počátku		od 17. etapy		od počátku		od 18. etapy		od počátku				
					Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh	Δk	Δh			
					k ₁₆ -k ₁₅	h ₁₆ -h ₁₅	k ₁₆ -k ₀	h ₁₆ -h ₀	k ₁₇ -k ₁₆	h ₁₇ -h ₁₆	k ₁₇ -k ₀	h ₁₇ -h ₀	k ₁₈ -k ₁₇	h ₁₈ -h ₁₇	k ₁₈ -k ₀	h ₁₈ -h ₀	k ₁₉ -k ₁₈	h ₁₉ -h ₁₈	k ₁₉ -k ₀	h ₁₉ -h ₀			
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
4.T	SO 04				2	-2	3	-3	0	-1	3	-4	-	-	-	-	-	-	-				
356.T					-	-	-	-	-	-	-	-	štetovnice odstraněny				-	-	-	-			
420.T					-	-	-	-	-	-	-	-	štetovnice odstraněny				-	-	-	-			
26.T					-1	-3	3	-2	2	1	5	-1	21	3	26	2	-	-	-				
43.T					1	-2	11	0	0	-2	11	-2	1	1	12	-1	743399.969	1040088.952	183.375	0	1	12	0
55.T																							

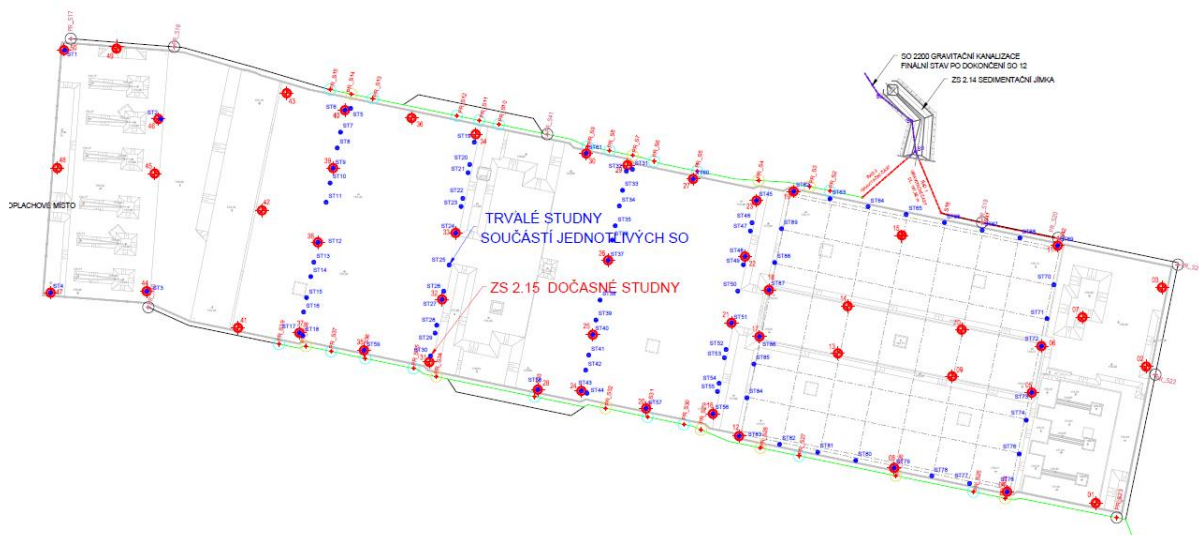
Namerané hodnoty v ostatných etapách sa pohybovali v norme. Vyššie namerané hodnoty boli v smere od stavebnej jamy, čo nevyvoláva varovný stav.

Od 16. etapy boli zaznamenané väčšie výchylky v bodoch 114.T, 134.T, 125.T, 228.T a 250.T. Presnú príčinu nepoznám. Môj názor je, že tieto odchýlky mohli byť spôsobené dosypávaním zeminou pred štetovnicovou stenou a uvoľnením prevážek.

7.4 Odvodnenie stavebnej jamy

Odvodnenie stavebnej jamy je zabezpečené pomocou systémom drenáží na dne jamy a dočasnými čerpacími studňami v ktorých sú osadené čerpadlá na znižovanie hladiny vody pod úroveň dna stavebnej jamy. Studne sa nachádzajú jak v priestore stavebnej jamy, tak aj za pažiacou stenou.

Voda je taktiež odvádzaná drenážou položenou po obvodu stavebnej jamy na ktorej sú umiestnené prefabrikované šachty. Drenáž je odvedená do sedimentačnej jímky na severe staveniska.



Obr. 28 Situácia odvodnenia stavebnej jamy [13]

7.5 Fotografie z realizácie

Fotografie boli vyhotovené stavebným združením ÚČOV. Fotografie sú z februára 2016.



Diplomová práca
Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
Cisárskom ostrove v Prahe



Diplomová práca
Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
Cisárskom ostrove v Prahe

Realizácia stužujúceho venca a dobetonávka železobetónovej steny



Takto to vyzeralo v máji 2017



8 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy

8.1 Popis zaistenia stavebnej jamy

Zaistenie hlavnej stavebnej jamy musí spĺňať kritérium vodonepriepustnosti. Preto je paženie navrhnuté ako kombinácia monolitckej železobetónovej podzemnej steny a prevrtavanej pilótovej steny.

U priečnej steny pri objekte hrubého predčistenia, je rovnako ako v súčasnom návrhu, uvažované kritérium vodonepriepustnosti z dôvodu skoršieho prevzatia staveniska v mieste objektu hrubého predčistenia a tým aj skoršou výstavbou samotného objektu. Stena je navrhnutá ako monolitická železobetónová.

Priečna stena je zabezpečená voľne stojacou pilótovou stenou. Priestor medzi pilótami je vyplnený striekaným betónom.

8.1.1 Monolitická železobetónová podzemná stena

Zaistenie hlavnej stavebnej jamy a priečnej steny pre objekt hrubého predčistenia je navrhnuté ako monolitická železobetónová podzemná stena hrúbky 0,60 m. Výška steny sa pohybuje v rozmedzí 10,30 až 14,50 m. Koruna podzemnej steny je na kóte 183 m n.m. po celom obvode hlavnej stavebnej jamy. Koruna priečnej steny je v mieste zjazdu (na juhu) na kóte 184,00 m n.m., zvyšná časť steny je na kóte 179,50 m n.m.

V priestore, kde je podzemná stena realizovaná z kóty terénu 179,50 m n.m, je stena rozdelená na dve časti, ktoré sa realizujú samostatne. Časť steny je budovaná do ryhy, druhá časť je vybetónovaná do debnenia.

Podzemná stena je navrhnutá z betónu C 25/30 XA1 XF1 $D_{max}=22$ mm. Výstuž je buď vo forme armokoša alebo je vyviazaná pred osadením debnenia. Priemery prútov a ich vzdialenosti nie sú jednotné po celom obvode, každý charakteristický rez má vlastný návrh vystuženia.

Zabezpečenie stability podzemnej steny je pomocou dočasných pramencových kotiev kotvených v 1-2 úrovniach. Miesta prestupov kotvy konštrukciou sú zainjektované, aby sa zabránilo prieniku podzemnej vody za lícom steny. Na prenos síl z kotiev do konštrukcie sú navrhnuté priebežné betónové prevázky.

Podzemná stena je budovaná po lamelách, tzn. že jednotlivé lamely sa musia navzájom utesniť, aby bola zabezpečená vodotesnosť konštrukcie. Škóry sú zatesnené pomocou tesniacich pásov, tzv. „waterstop“.

8.1.2 Prevrtávaná pilótová stena

Prevrtávaná pilótová stena zostáva podľa súčasného návrhu.

Pilótová stena je tvorená z pilót \varnothing 880 mm. Tie sú vzájomne prevrtávané v osovej vzdialenosti 700 mm. Koruna pilóty je na kóte 180,00 a je stužená železobetónovým vencom, do ktorého sú zakotvené kotvy z 1. kotevnej úrovne. Na veniec je dobetónovaná železobetónová stena, ktorej koruna je buď na kóte 183,00 m n.m. alebo na kóte 184,00 m n.m.

Primárne (nevystužené) pilóty sú navrhnuté z betónu C 16/20, konzistencie S4. Sekundárne (vystužené) pilóty sú z betónu C 25/30, konzistencie S4. Pilóty sú vystužené zvaranými armokošmi z ocele B500B. Zvislá nosná výstuž je profilu R25, šmyková výstuž je špirálová profilu R8.

Pilótovej stena je kotvená v 1-2 úrovniach. Prvá kotevná úroveň sa nachádza nad hladinou podzemnej vody, prestupy sú tesnené penou. Druhá kotevná úroveň je pod úrovňou podzemnej vody, prestupy sú tesnené „endpackerom“.

Na prenos síl z kotiev do pilót sú navrhnuté v 1. kotevnej úrovni oceľové UNI převázky. V 2. kotevnej úrovni sú navrhnuté železobetónové převázky s priechodkami.

8.1.3 Voľne stojaca pilótovej stena

Priečna stena pre NVL je navrhnutá ako voľne stojaca pilótovej stena z pilót \varnothing 700 mm, ktoré sú od seba vzdialené v osovej vzdialenosti 1,50 m. Výška pilót je 10,30 m. Koruna pilóty je na kóte 179,50 m n.m.

Pilóty sú železobetónové, z betónu C 20/25. Výstuž je z ocele B500B. Šmyková výstuž je špirálovo obmotaná okolo ohybovej výstuže. Priemery výstuže sú rôzne v závislosti na umiestení v konštrukcii.

Priestor medzi pilótami je vyplnený striekaným betónom C12/15 s kari sieťou hrúbky 150 mm. Odvodnenie rubu striekaného betónu je pomocou perforovaných PE hadíc.

Pilóty sú kotvené v jednej kotevnej úrovni pomocou dočasných pramencových kotiev. Miesta prestupov kotvy konštrukciou sú zainjektované, aby sa zabránilo prieniku podzemnej vody za lícom steny. Na prenos síl z kotiev do konštrukcie sú navrhnuté priebežné betónové převázky.

8.1.4 Kotvenie

Pažiacia konštrukcia je kotvená v 1-2 kotevných úrovniach. Kotvy sú navrhnuté dočasné pramencové 3-4xLp 15,7 mm 1570/1770 u ŽB steny a voľne stojacej pilótovej steny. U prevrtavanej pilótovej steny je počet prameňov v kotve 6. Dĺžka kotiev sa pohybuje v rozmedzí 9,0 – 14,0 m. Odklon kotiev od vodorovnej osy je 20-27,5°, v západnej časti v mieste dejvického potoka sú sklony navrhnuté tak, aby ho nezasiahli.

Sily v kotvách sú prenášané do okolitej konštrukcie priebežnými betónovými převázkami.

Kotvenie steny prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

8.2 Technologický postup

8.2.1 Monolitická železobetónová podzemná stena

Pred samotnou realizáciou podzemnej časti steny je potrebné vytýčiť jej polohu. To sa urobí pomocou dvojice betónových vodiacich múrikov, ktoré kopírujú trasu budúcej podzemnej steny. Betón je vystužený pomocou kari siete. Múriky zasahujú do hĺbky 1,0 m od terénu.

Hrúbka oboch múrikov je 200 mm. Svetlosť medzi múrikmi je o 50 mm ako je hrúbka podzemnej steny. Po vybudovaní sa múriky zaistia pomocou drevených rozper.

Podzemná stena sa realizuje v prevažnej väčšine z kóty terénu 179,50 m n.m. Koruna steny je na kóte 183,00 m n.m. Tzn. stena musí byť vybudovaná v dvoch krokoch. V prvom je vybudovaná do podlažia, v druhom kroku je vybudovaná nad úroveň terénu.

V západnej časti staveniska je kóta terénu 183,00 m n.m. V tejto časti je stena vybudovaná v jednom kroku.

Prvý krok

Stena je budovaná po lamelách, ktoré sú betónujú naraz na celú výšku. Ryha sa hĺbi pomocou drapáku. Stabilita ryhy je zaistená ílovou pažiacou suspenziou. Po dokončení hĺbenia musí byť pažiaca suspenzia vyčistená.

Po vyčistení pažiacej suspenzie sa do ryhy vkladá výstuž, ktorá je navrhnutá formou armokoša. Svislá výstuž je navrhnutá tak, aby vytŕčala nad úroveň terénu a na ňu bude naviazaná výstuž steny budovanej nad terénom. Po osadení armokoša a začne s betónovaním a čerpaním pažiacej suspenzie.

Druhý krok

Pred realizáciou steny nad terénom je potrebné vybrať znehodnotený betón vybetónovanej steny.

Stena je budovaná po lamelách. Po vyviazaní výstuže sa nainštaluje debnenie a stena sa vybetónuje.

Hrádza za stenou bude nasypaná v dvoch etapách. V prvej etape sa nasype na kótu 181,00 m n.m, po osadení a predopnutí kotiev môže byť dosypaná na finálnu výšku.

Osadzovanie a predpínanie kotiev prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. V častiach, kde sa dosypáva hrádza, je 1. KÚ osadzovaná a predpínaná po dosypaní na kótu 181,00 m n.m. V častiach, kde je celá stena budovaná ryhe, a pre 2. KÚ platí, že sa kotvy osadzujú, keď je výkop pred podzemnou stenou 0,50 m pod kotevnou úrovňou. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

8.2.2 Prevrtávaná pilótová stena

Technologický postup je podľa súčasného návrhu.

Konštrukcia je vŕtaná pomocou vrtákov do skalného podlažia. Vrty sú pažené pomocou oceľovej dvojplášťovej pažnice. Počas vrtania má pažnica dostatočný predstih pred vrtným zariadením.

Pilóty sú rozdelené na primárne a sekundárne. Ako prvé sú realizované primárne (nevystužené) pilóty, do ktorých sa prevrtávajú sekundárne (vystužené) pilóty.

Koruna pilóty je na kóte 180,00 a je stužená železobetónovým vencom, do ktorého sú zakotvené kotvy z 1. kotevnej úrovne. Na veniec je dobetónovaná železobetónová stena, ktorej koruna je buď na kóte 183,00 m n.m. alebo na kóte 184,00 m n.m.

Kotvenie steny prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

8.2.3 Voľne stojaca pilótová stena

Voľne stojaca pilótová stena bude realizovaná rovnako ako prevrtávaná pilótová stena pomocou vrtákov a zapažením ocelevej výpažnice.

Po vybudovaní pilót sa priestor medzi kotvami vyplní striekaným betónom s kari sieťou. Rub striekaného betónu je odvodnený perforovanou PE hadicou.

Osadzovanie a predpínanie kotiev prebieha v koordinácii s výkopom stavebnej jamy. Kotva je osadzuje, keď je výkop pred podzemnou stenou 0,50 m pod kotevnou úrovňou. Predpínanie a skúšanie kotiev je v súlade s ČSN EN 1537 Provádění speciálních geotechnických prací – Horninové kotvy.

8.3 Statický výpočet

8.3.1 Použitý software

Statický výpočet je realizovaný v nasledujúcich programoch

- Geo 5 2018 – Pažení posudek
- Scia Engineer 16.1

8.3.2 Normy

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro podzemní stavby

ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecné pravidla

ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce

8.3.3 Nastavenie výpočtu pre Geo 5

Posúdenie je podľa EN 1997, návrhový prístup 2, tzn. dielčie súčinitele sú aplikované na zaťaženie a na odpor materiálu (únosnosť).

Výpočet tlakov

- Aktívny tlak – počítaný z Coulombovej teórie
- Pasívny tlak – počítaný z Caquot-Keriselovej teórie

K výpočtu je použitá metóda závislých tlakov, ktorá vychádza z predpokladu, že zemina resp. hornina v okolí podzemnej steny sa chová ako ideálne pružno-plastická Winklerova hmota.

Hmota je určená modulom reakcie podložia, ktorý charakterizuje pretvorenie v pružnej oblasti, a deformáciami, ktoré keď sa prekročia, tak sa hmota chová ako ideálne plastická.

Modul reakcie podložia k_h je počítaný podľa Schmitta, tzn. sa počíta z edometrického modulu zeminy a ohybovej tuhosti konštrukcie.

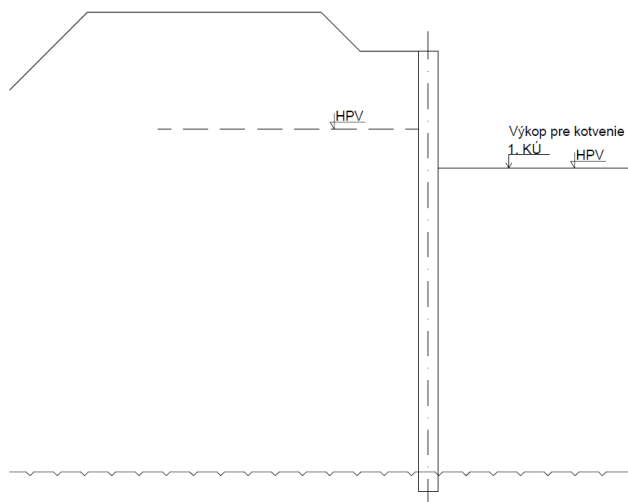
Stabilita svahu je posudzovaná podľa Bishopovej teórie.

8.3.3.1 Fáze výpočtu

Výpočet pažiacej konštrukcie je rozdelený na jednotlivé fáze. Počet fáz závisí na tom či je paženie kotvené v jednej alebo dvoch úrovniach. Pokiaľ je kotevná úroveň jedna, výpočet je rozdelený do troch fáz, pokiaľ sú úrovne dve, tak do piatich.

Fáza 1

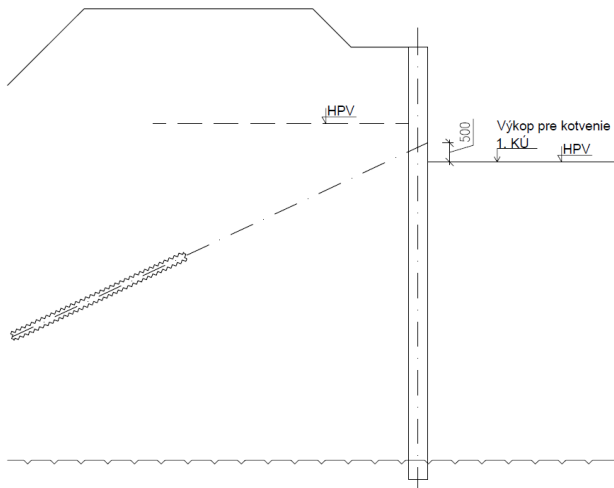
Fáza jedna je pre obe varianty (1 KÚ, 2 KÚ) rovnaká. Výkop je realizovaný 0,50 m pod hlavu dočasnej horninovej kotvy v 1.KÚ. Hladina podzemnej vody (ďalej len HPV) za konštrukciou je v ustálenej výške, podzemná voda pred konštrukciou je sčerpávaná na úroveň výkopu.



Obr. 29 Statický výpočet - fáza 1

Fáza 2

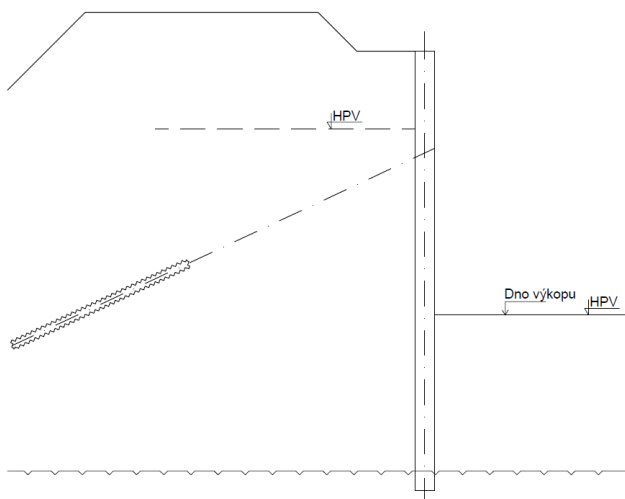
Počas fáze 2 je kotva v 1.KÚ zabudovaná do podložia a predpätá na požadovanú silu. Fáza je rovnaká pre obe varianty. HPV pred a za konštrukciou je v ustálenej výške.



Obr. 30 Statický výpočet - fáza 2

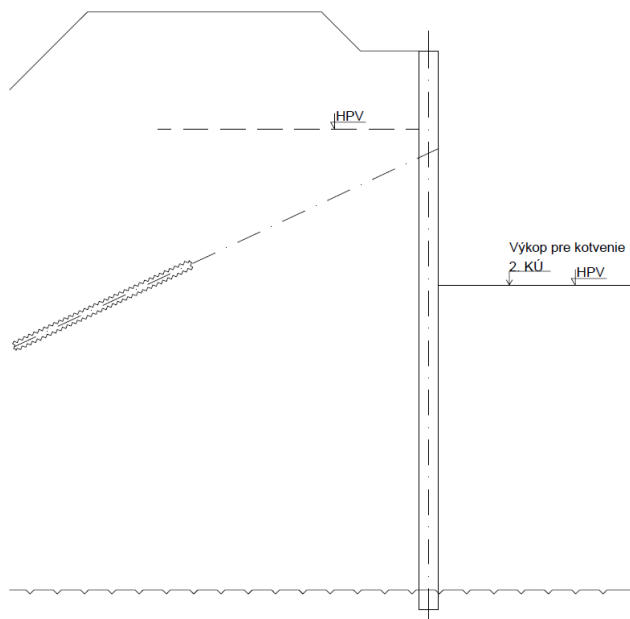
Fáza 3

Pre paženie s jednou kotevnou úrovňou je fáza 3 konečná, výkop je realizovaný až na finálnu kótu dna výkopu. HPV konštrukciou je v ustálenej výške, podzemná voda pred konštrukciou je sčerpaná na úroveň výkopu.



Obr. 31 Statický výpočet - fáza 3 pre 1KÚ

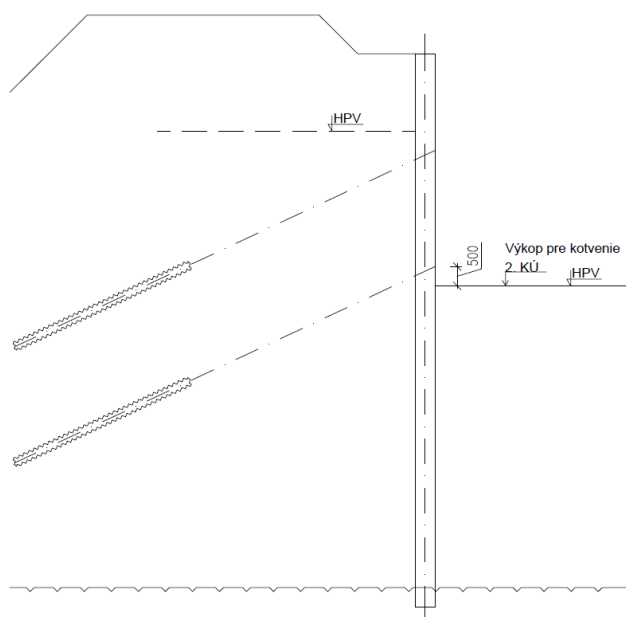
U konštrukcie s dvoma kotevnými úrovňami je výkop realizovaný 0,50 m pod hlavu dočasnej horninovej kotvy v 2.KÚ. HPV za konštrukciou je v ustálenej výške, podzemná voda pred konštrukciou je sčerpaná na úroveň výkopu.



Obr. 32 Statický výpočet - fáza 3 pre 2 KÚ

Fáza 4

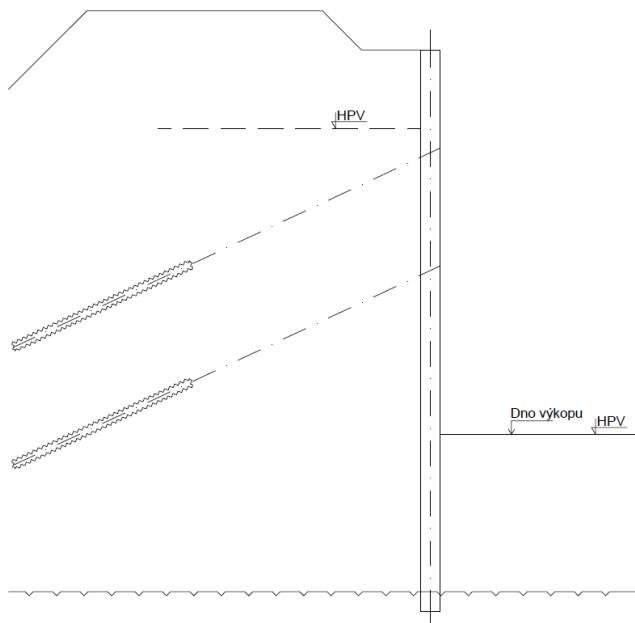
Kotva v 2.KÚ je zabudovaná do podlažia a predpätá na požadovanú silu. HPV pred a za konštrukciou je v ustálenej výške.



Obr. 33 Statický výpočet - fáza 4

Fáza 5

Výkop je realizovaný na finálnu kótu dna výkopu. HPV za konštrukciou je v ustálenej výške, podzemná voda pred konštrukciou je sčerpaná na úroveň výkopu.



Obr. 34 Statický výpočet - fáza 5

8.3.1 Parametre zemín

Parametre jednotlivých zemín vychádzajú z inžiniersko-geologického prieskumu, ktorý bol realizovaný v záujmovom území. (viď kap. 4)

Názov zeminy	Typ	γ	γ_{su}	φ_{ef}	c_{ef}	δ	E_{def}	ν
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
S3	nesúdržná	18,00	8,00	30,00	0,00	15,00	15,00	0,30
S4	nesúdržná	18,00	8,00	28,00	8,00	14,00	10,00	0,30
G3	nesúdržná	19,00	9,00	38,00	0,00	18,00	95,00	0,25
G4	nesúdržná	19,50	9,50	30,00	6,00	15,00	50,00	0,30
R5	súdržná	20,50	10,50	26,00	20,00	13,00	25,00	0,35
R3	súdržná	23,50	13,50	32,00	50,00	13,50	200,00	0,25

Tab. 3 Parametre zemín

8.3.1 Materiál konštrukcie

Železobetónová podzemná stena

Betón 25/30

Valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Stredná hodnota pevnosti v ťahu	$f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$
Stredná hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 31\,000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti v šmyku	$G = 12\,917 \text{ MPa}$

Oceľ B500B

Medza klzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E = 200\,000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti v šmyku	$G = 80\,000 \text{ MPa}$

Voľne stojaca pilótovej stena

Betón C20/25

Valcová pevnosť v tlaku $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
 Stredná hodnota pevnosti v ťahu $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$
 Stredná hodnota modulu pružnosti $E_{cm} = 30\,000 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti v šmyku $G = 12\,500 \text{ MPa}$

Oceľ B500B

Medza klzu $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti $E = 200\,000 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti v šmyku $G = 80\,000 \text{ MPa}$

Kotvy

Základní parametry pramencových kotev pro ocel 1570/1770 MPa

počet pramenců	průřezová plocha A [mm ²]		zatižení na mezi kluzu $P_{0,1k} = A \cdot f_{0,1k}$ [kN]		zatižení na mezi pevnosti $P_{1k} = A \cdot f_{1k}$ [kN]		kotevní síla $P_o \leq 0,6P_{1k}$ [kN]		hmotnost pramenců [kg/m]		doporučený průměr vrtu [mm]
	0,60" (140 mm2)	0,62" (150 mm2)	0,60" (140 mm2)	0,62" (150 mm2)	0,60" (140 mm2)	0,62" (150 mm2)	0,60" (140 mm2)	0,62" (150 mm2)	0,60" (140 mm2)	0,62" (150 mm2)	
2	280	300	440	471	496	531	297	319	2,20	2,36	90 - 120
3	420	450	659	707	743	797	446	478	3,30	3,54	
4	560	600	879	942	991	1062	595	637	4,40	4,72	
5	700	750	1099	1178	1239	1328	743	797	5,50	5,90	105-140
6	840	900	1319	1413	1487	1593	892	956	6,60	7,08	
7	980	1050	1539	1649	1735	1859	1041	1115	7,70	8,26	
8	1120	1200	1758	1884	1982	2124	1189	1274	8,80	9,44	130-150
9	1260	1350	1978	2120	2230	2390	1338	1434	9,90	10,62	
10	1400	1500	2198	2355	2478	2655	1487	1593	11,00	11,80	130-150
12	1680	1800	2638	2826	2974	3186	1784	1912	13,20	14,16	
15	2100	2250	3297	3533	3717	3983	2230	2390	16,50	17,70	150-195
19	2660	2850	4176	4475	4708	5045	2825	3027	20,90	22,42	
22	3080	3300	4836	5181	5452	5841	3271	3505	24,20	25,96	

Obr. 35 Základné parametre pramencových kotev [14]

8.3.2 Posudok

Pažiacia konštrukcia je posúdená v niekoľkých charakteristických rezoch. V tejto kapitole sú zobrazené tieto rezy a zhrnuté výsledky jednotlivých fáz, dimenzovanie prierezov, návrh a posúdenie kotev.

Hodnoty vnútorných síl vypočítané v Geo 5 sú charakteristické hodnoty. Pri dimenzovaní sa tieto hodnoty prenasobujú príslušným koeficientom na získanie návrhových hodnôt.

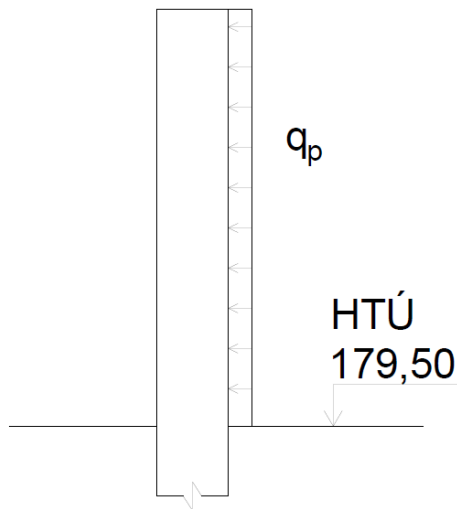
Podrobný statický výpočet vid' samostatná príloha - Príloha č. 1 Statický posudok alternatívneho návrhu zaistenia stavebnej jamy

8.3.2.1 Monolitická železobetónová podzemná stena

8.3.2.1.1 Stena nad úrovňou terénu

Jedná sa o posúdenie steny vo fázy, keď ešte nie je zrealizovaná hrádza na ochranu proti povodni. Stena je posudzovaná na účinky od vetra. Modelovaná stena je dlhá 50 m. Predpokladom je, že nezasypané úseky budú dlhšie ako 35 m, čo má vplyv na zvolenie súčiniteľa tlaku pri výpočte zaťaženia vetrom.

Schéma konštrukcie



Geometria konštrukcie

Hrúbka steny	0,60 m
Výška steny	3,50 m
Dĺžka steny	50,00 m

Zaťaženie vetrom

Kategória terénu	I
Vetrová oblasť	II

Vstupujúce parametre

z	3,00 m
z_0	0,01
z_{min}	2,00
$z_{0,II}$	0,05 m
$v_{b,0}$	25 m/s
c_{dir}	1
c_{season}	1
c_0	1
l_v	0,175
ρ	1,25 kg/m ³

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \cdot 1 \cdot 1 = 25 \text{ m/s}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,01}{0,05} \right)^{0,07} = 0,1697$$

$$c_r = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,167 \cdot \ln \frac{3}{0,01} = 0,968$$

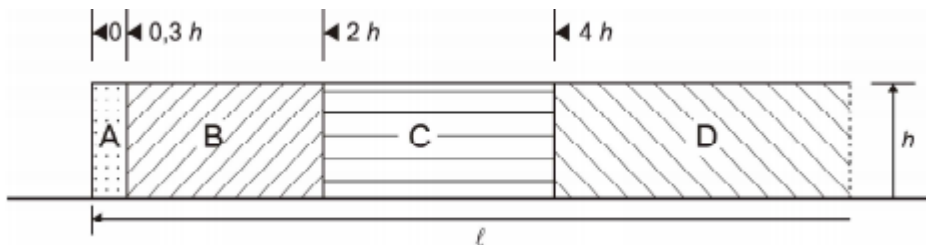
$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,968 \cdot 1 \cdot 25 = 24,206 \text{ m/s}$$

$$q_p = (1 + 7 \cdot l_v(z)) \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = (1 + 7 \cdot 0,175) \cdot 1,25 \cdot 24,206^2 = 815,66 \text{ N/m}^2 = 0,82 \text{ kN/m}^2$$

Hodnota q_p je násobená súčiniteľom tlaku $c_{p,net}$, ktorý pre pomer dĺžky/výšky steny > 10 je pre:

Oblasť A	$c_{p,net} = 3,4$
Oblasť B	$c_{p,net} = 2,1$
Oblasť C	$c_{p,net} = 1,7$
Oblasť D	$c_{p,net} = 1,2$

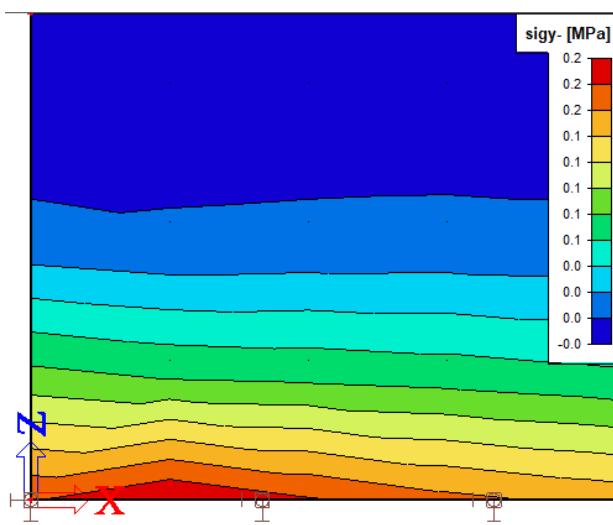
Oblasti pôsobenia zaťaženia vetrom pre $l > 4h$

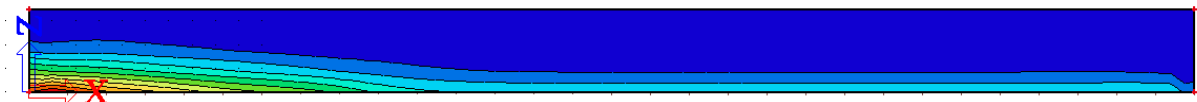


Výsledky

Posudok je na základe vznikajúcich napätí. Maximálna hodnota napätia, ktoré spôsobuje ťah na strane pôsobiaceho zaťaženia, vzniká v päte steny, kde pôsobí najväčší účinok zaťaženia od vetra, je $0,20 \text{ MPa}$. Toto napätie by dokázal preniesť prostý betón.

$f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa} > 0,2 \text{ MPa} = \sigma_y$ **stena vyhovuje**



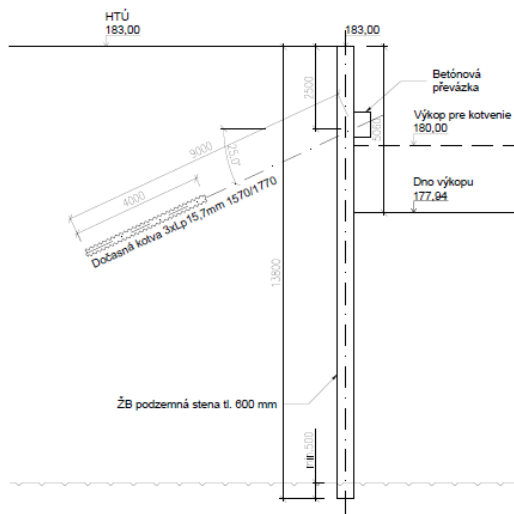


Obr. 36 Priebeh napätia na stene na strane pôsobiaceho zaťaženia

8.3.2.1.2 Charakteristický rez 1

Schéma konštrukcie

Charakteristický rez 1

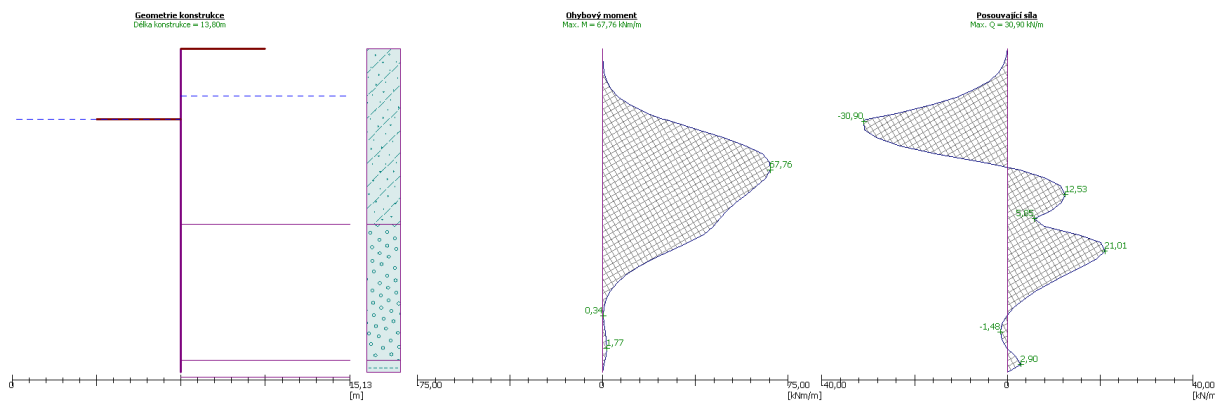


Geometria konštrukcie

Dĺžka konštrukcie 13,80 m
 Hrúbka steny 0,60 m

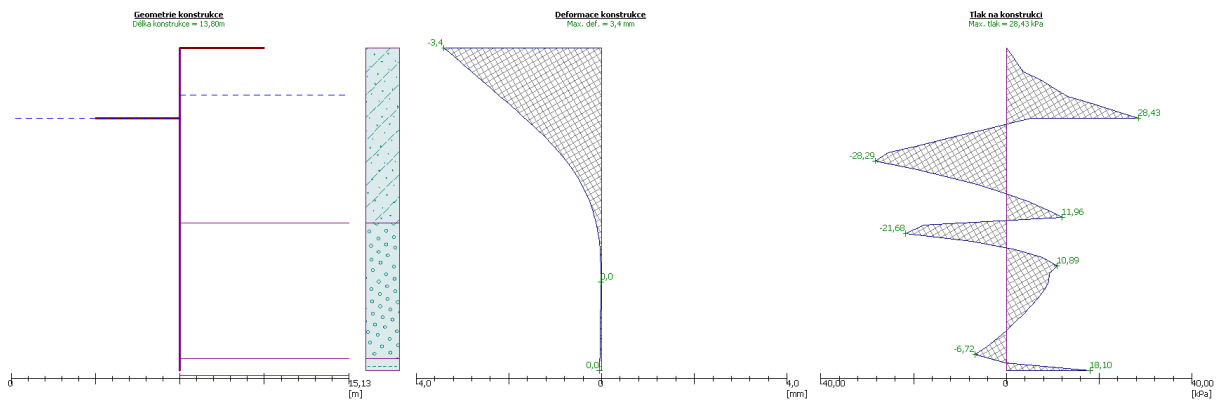
Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily



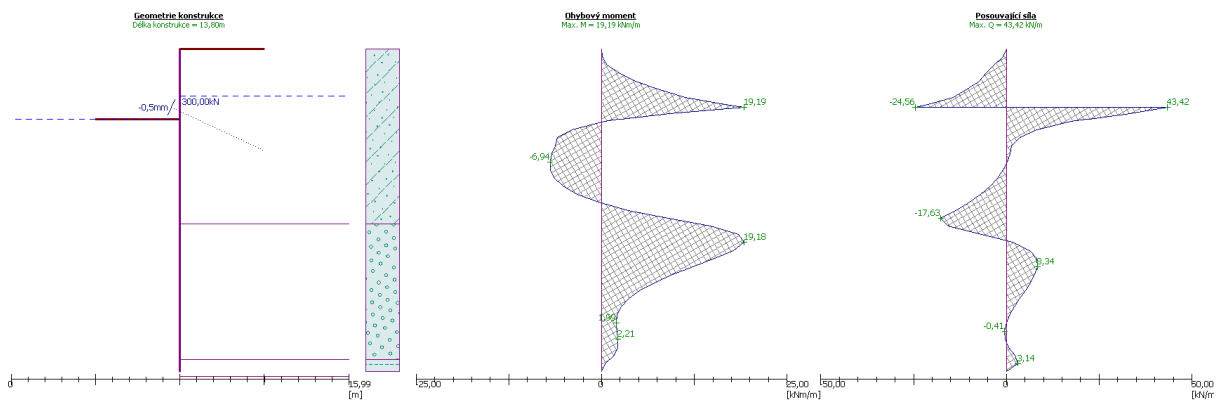
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 1 – deformácie a napätie

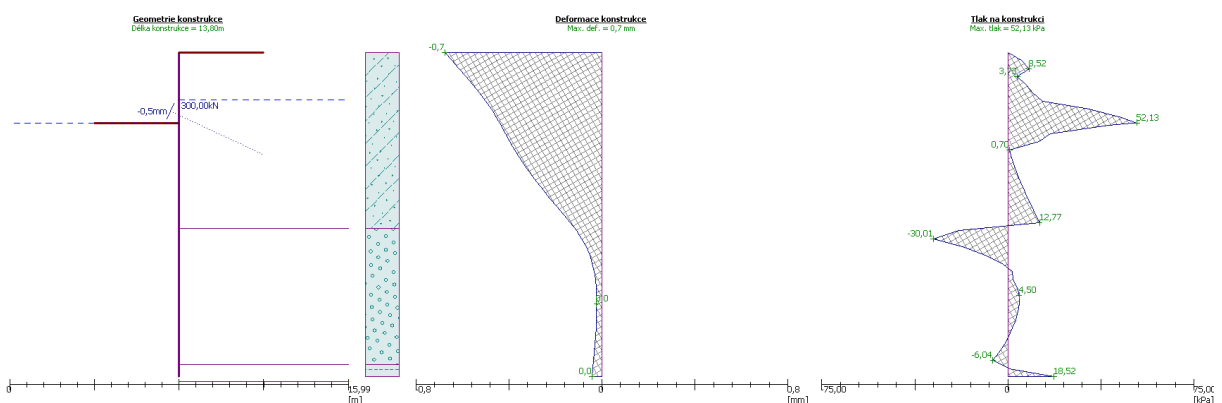


Max. deformácia = 3,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 30,90 kN/m
 Max. moment = 67,76 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



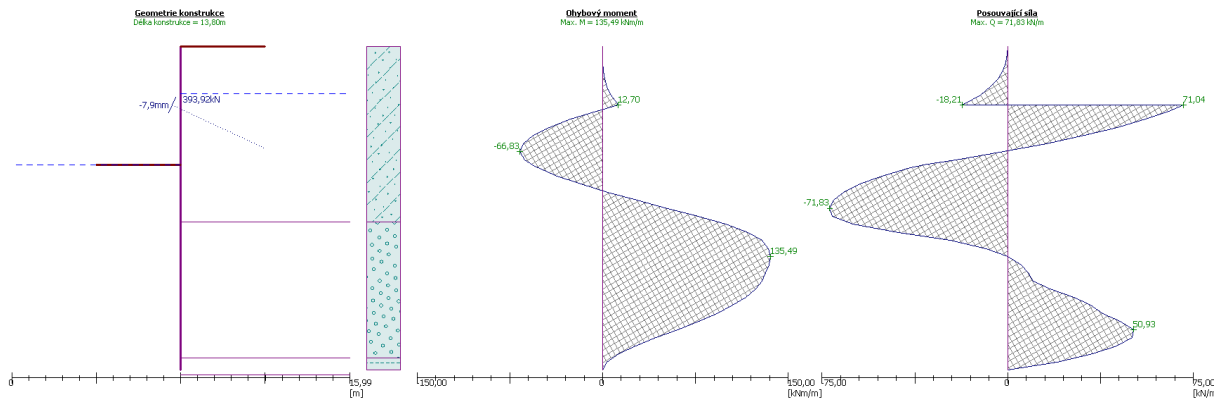
Fáza 2 – deformácie a napätie



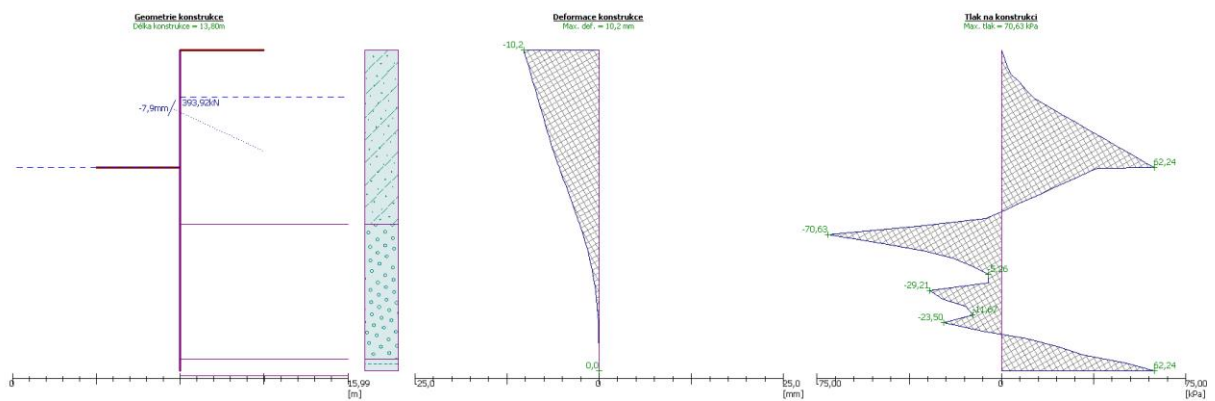
Max. deformácia = 0,70 mm
 Max. posúvajúca sila = 43,42 kN/m
 Max. moment = 19,19 kNm/m

Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 3 – vnútorné sily



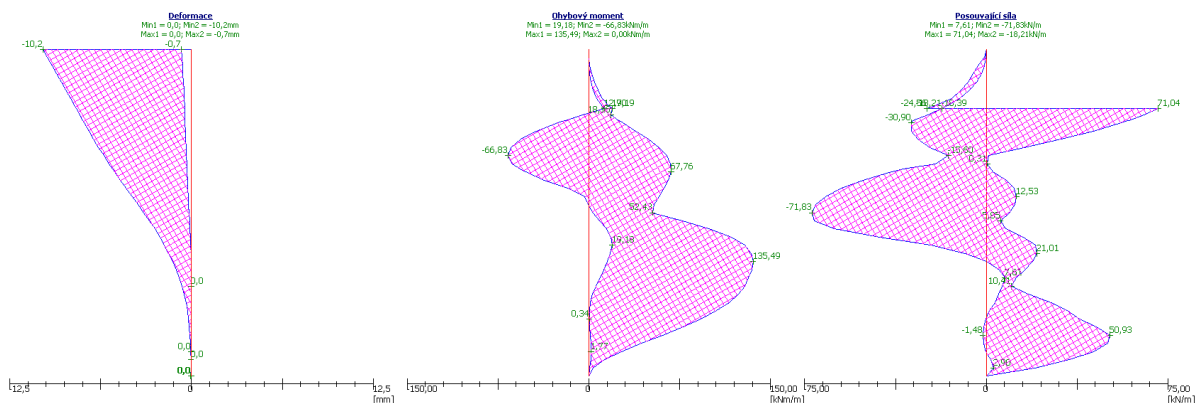
Fáza 3 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 10,20 mm
 Max. posúvajúca sila = 71,83 kN/m
 Max. moment = 135,49 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -10,20 mm
 Max. posúvajúca sila = 96,97 kN/m
 Max. moment = 182,91 kNm/m

Návrh a posúdenie výstuže

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 6 ks profil 14 mm; krytie 40,0 mm

Stupeň vystuženia $\rho = 0,170 \% > 0,140 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálnej osy $x = 0,03 \text{ m} < 0,34 = x_{\max}$

Posúvajúca sila na medzi únosnosti $V_{Rd} = 196,11 \text{ kN/m} > 96,97 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 217,23 \text{ kNm/m} > 182,91 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez VYHOVUJE.

Vodorovná výstuž je navrhnutá tak, aby bola viac ako 20 % zvislej výstuže.

Plocha zvislej výstuže: $A_{zvislá} = 924 \text{ mm}^2 \Rightarrow 20\% A_{zvislá} = 183 \text{ mm}^2$

Navrhnutá výstuž: 5 ks profil 12 mm; $A_{vodorovná} = 565 \text{ mm}^2$

Konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

=> Výstuž je navrhnutá ako armokoš. Zvislá výstuž $\varnothing 14$ à 167 mm, vodorovná $\varnothing 12$ à 200 mm, konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

Návrh a posúdenie kotiev

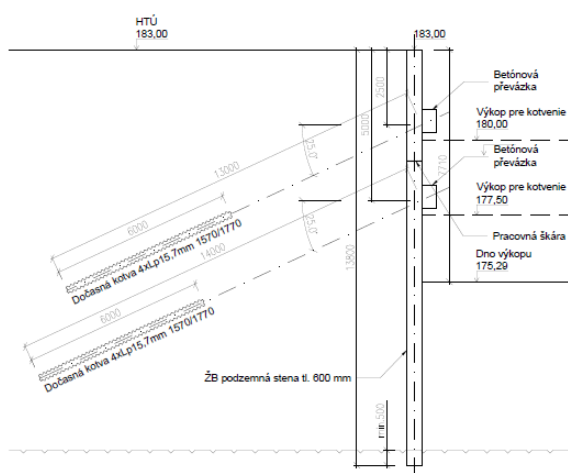
Sila v kotve v 1. KÚ = 393,92 kN

Návrh kotvy v 1. KÚ – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 393,92 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.1.3 Charakteristický rez 2

Schéma konštrukcie

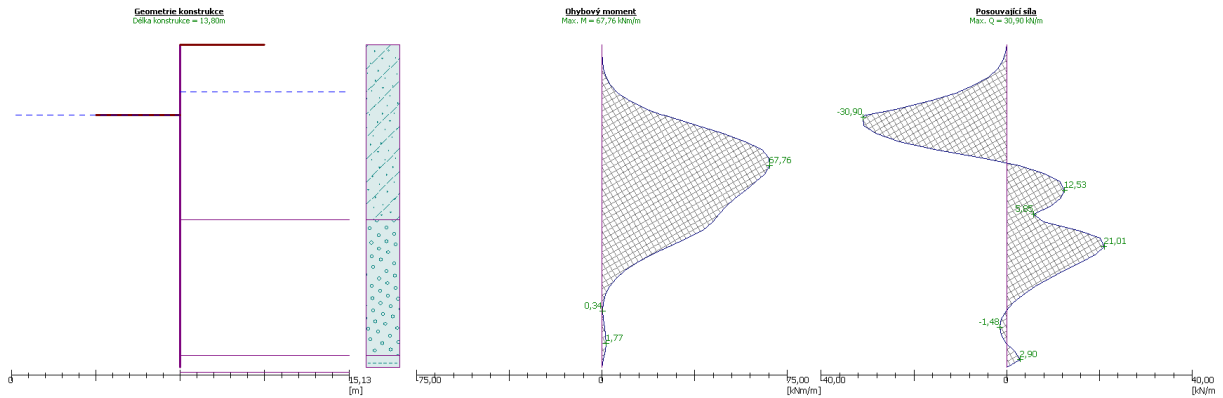


Geometria konštrukcie

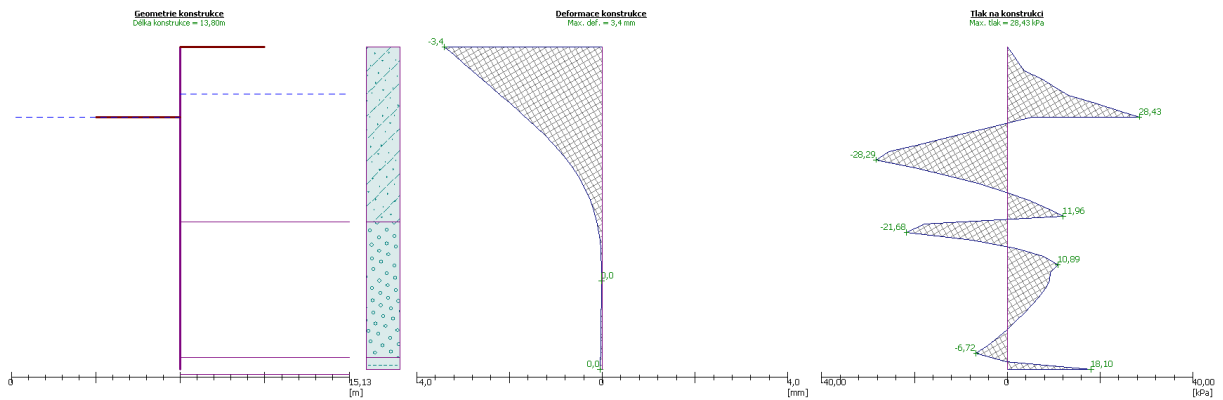
Dĺžka konštrukcie 13,80 m
Hrúbka steny 0,60 m

Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily

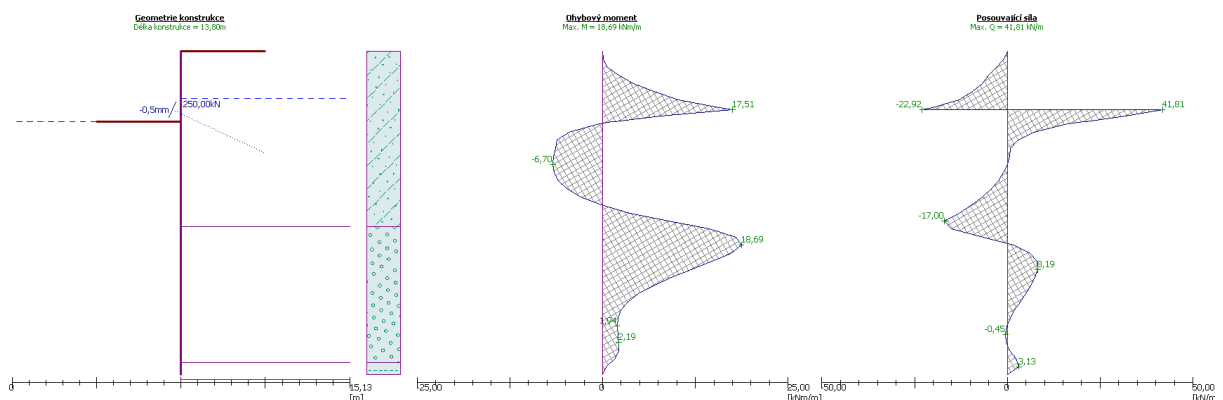


Fáza 1 – deformácie a napätie



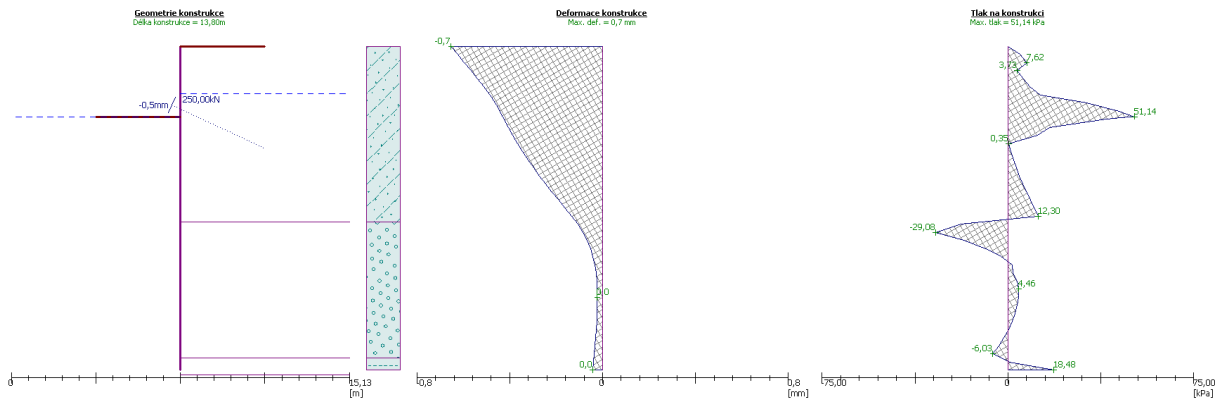
Max. deformácia = 3,40 mm
 Max. posuvajúca sila = 30,90 kN/m
 Max. moment = 67,76 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



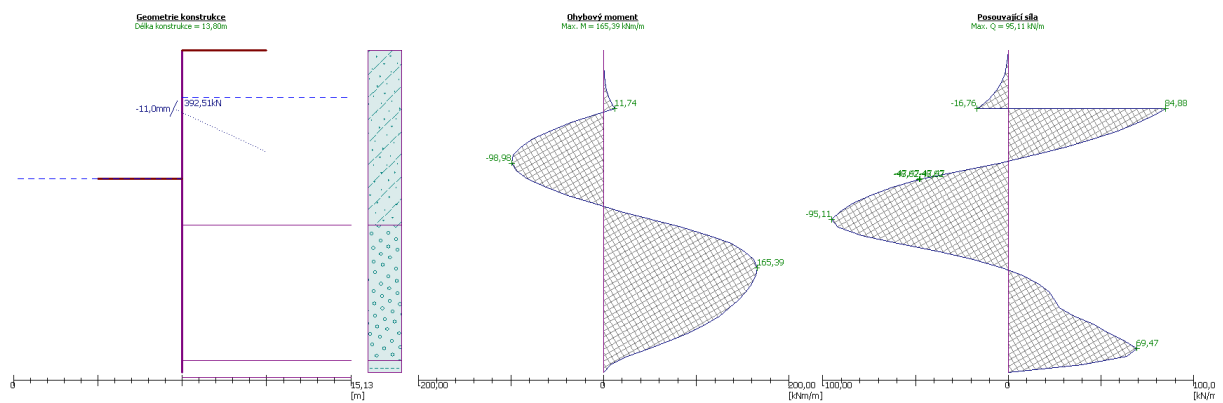
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 2 – deformácie a napätie

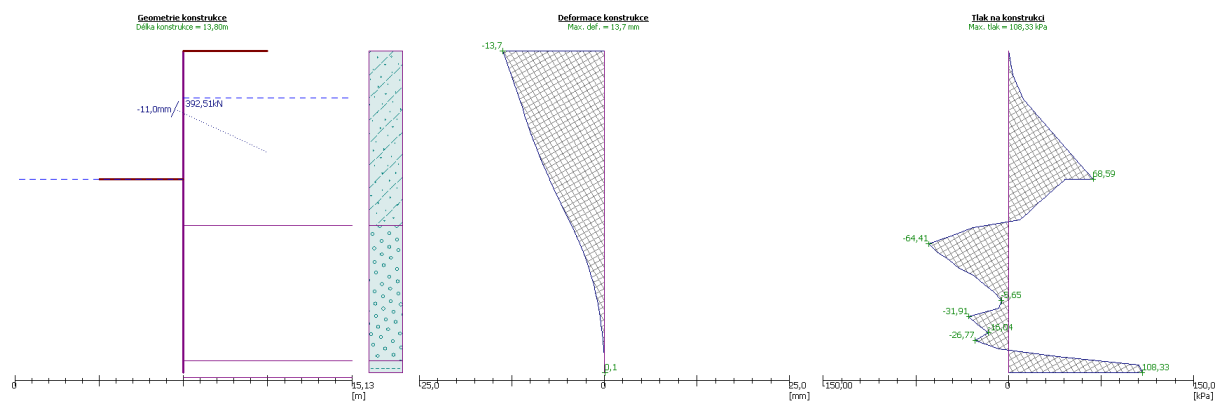


Max. deformácia = 0,70 mm
 Max. posúvajúca sila = 41,81 kN/m
 Max. moment = 18,69 kNm/m

Fáza 3 – vnútorné sily



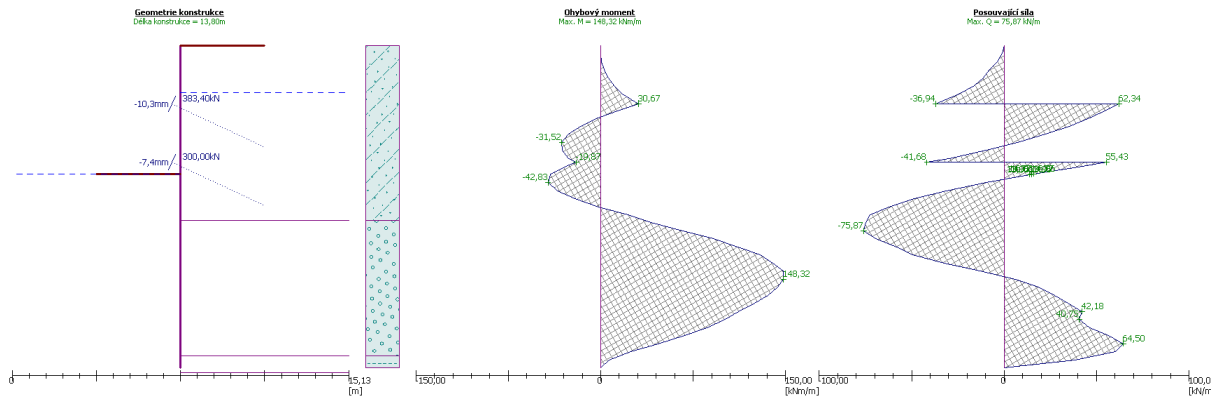
Fáza 3 – deformácie a napätie



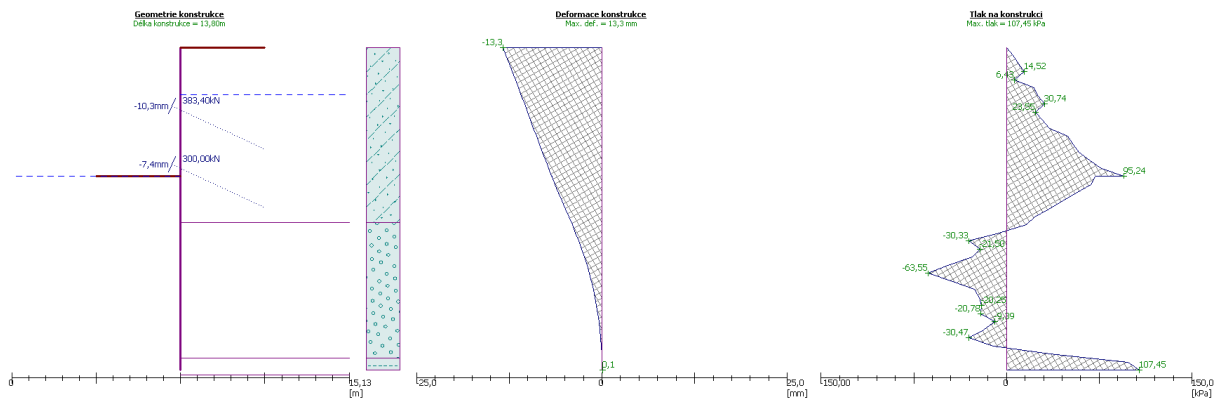
Max. deformácia = 13,70 mm
 Max. posúvajúca sila = 95,11 kN/m
 Max. moment = 165,39 kNm/m

Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 4 – vnútorné sily

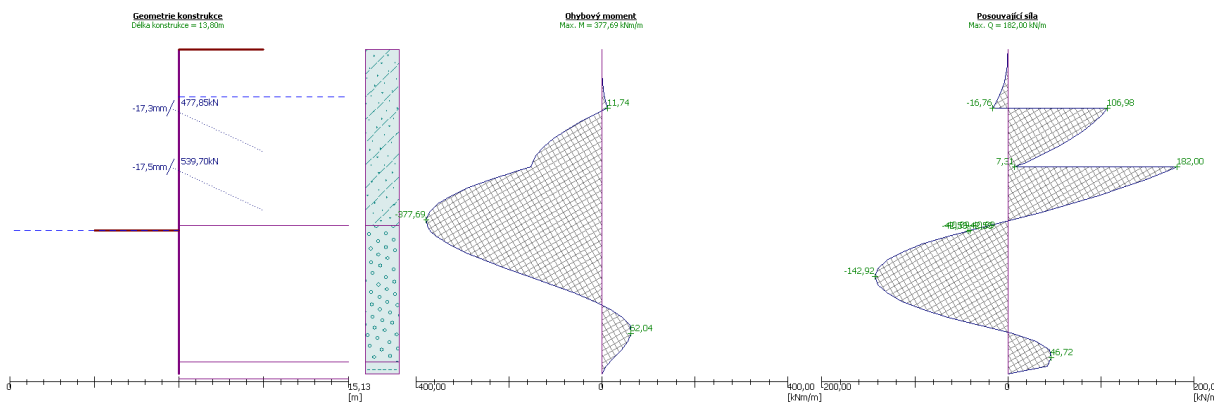


Fáza 4 – deformácie a napätie

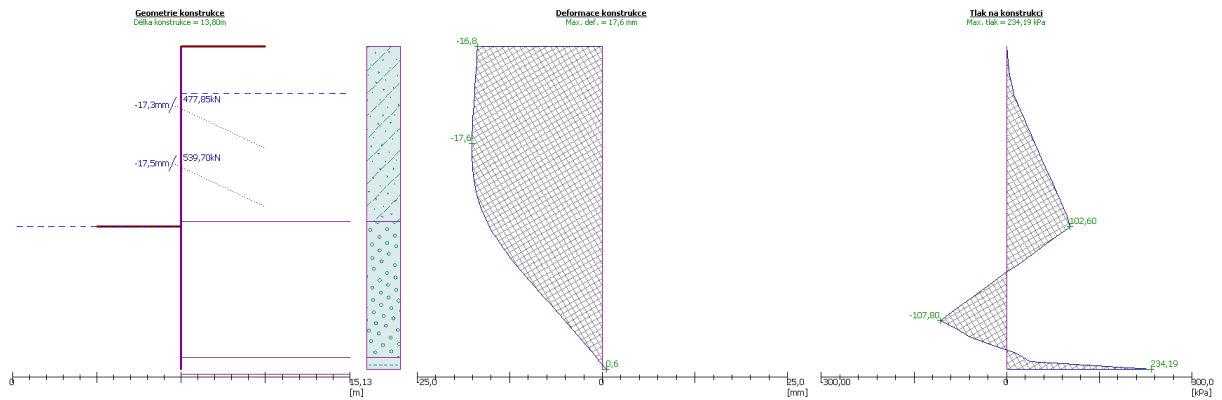


Max. deformácia = 13,30 mm
 Max. posuvajúca sila = 75,87 kN/m
 Max. moment = 148,32 kNm/m

Fáza 5 – vnútorné sily



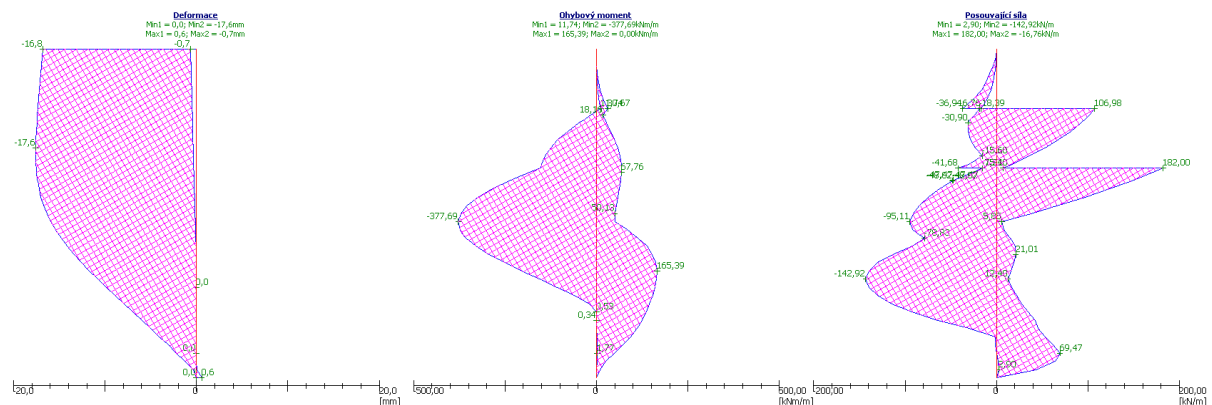
Fáza 5 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 17,60 mm
 Max. posúvajúca sila = 182,00 kN/m
 Max. moment = 377,69 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -17,60 mm
 Max. posúvajúca sila = 245,70 kN/m
 Max. moment = 509,88 kNm/m

Posúdenie

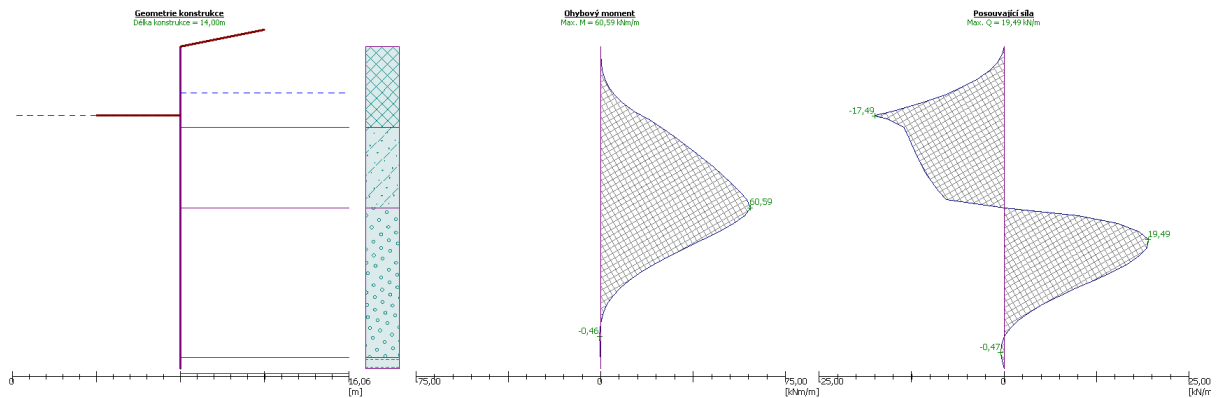
Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 8 ks profil 25 mm; krytie 40,0 mm
 Stupeň vystuženia $\rho = 0,720 \% > 0,140 \% = \rho_{min}$
 Poloha neutrálnej osy $x = 0,13 \text{ m} < 0,34 = x_{max}$
 Posúvajúca sila na medzi únosnosti $V_{Rd} = 275,90 \text{ kN/m} > 245,70 \text{ kN/m} = V_{Ed}$
 Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 847,34 \text{ kNm/m} > 509,88 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

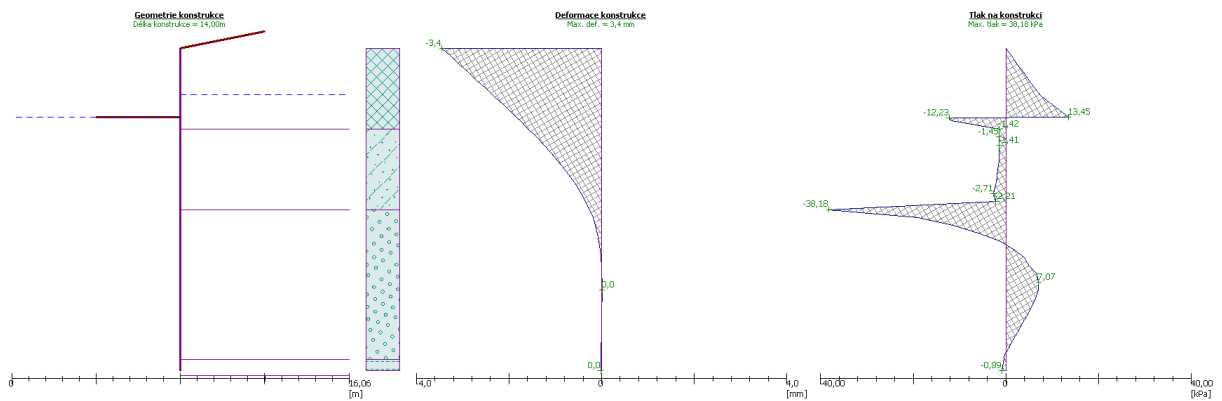
Prierez VYHOVUJE.

Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily

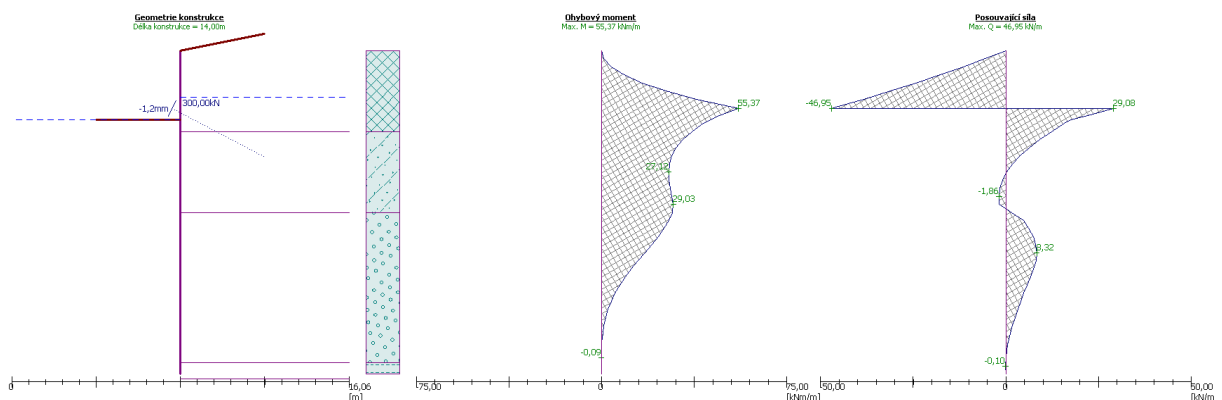


Fáza 1 – deformácie a napätie



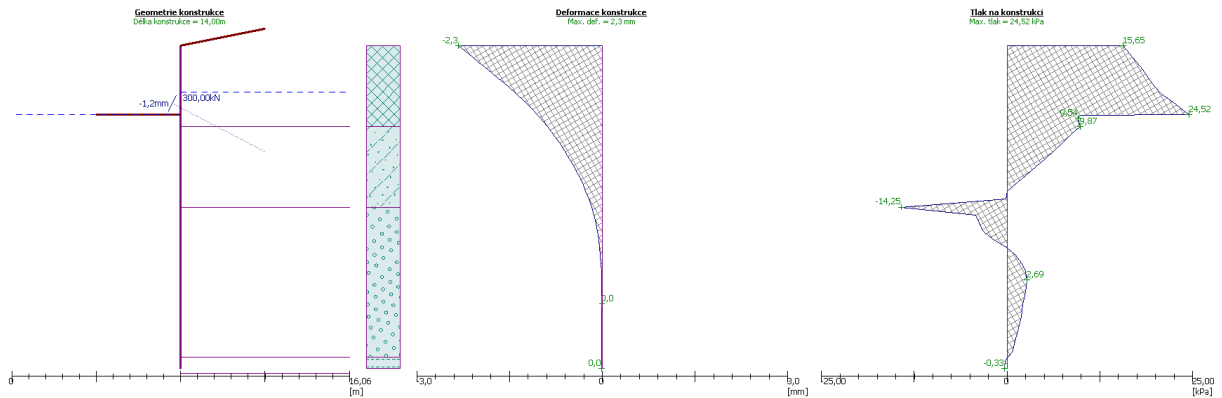
Max. deformácia = 3,40 mm
 Max. posuvajúca sila = 19,49 kN/m
 Max. moment = 60,59 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



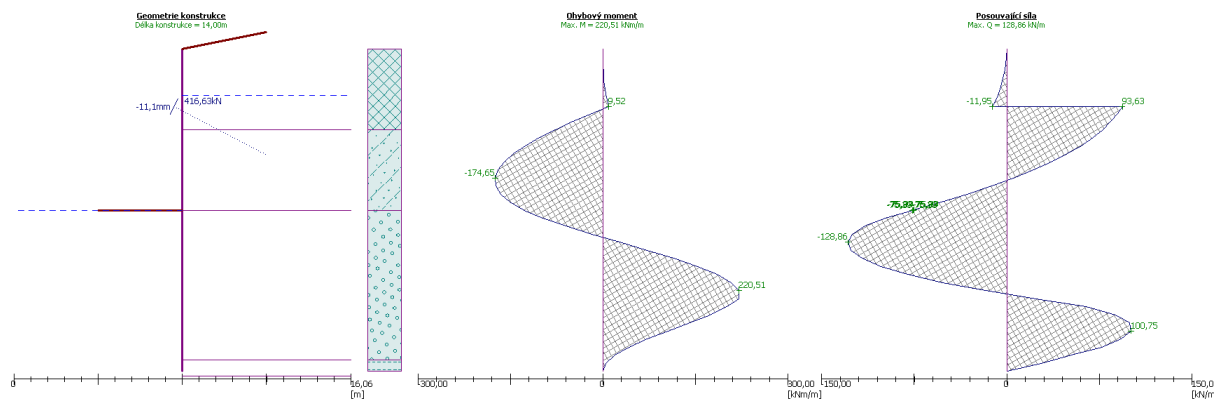
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 2 – deformácie a napätie

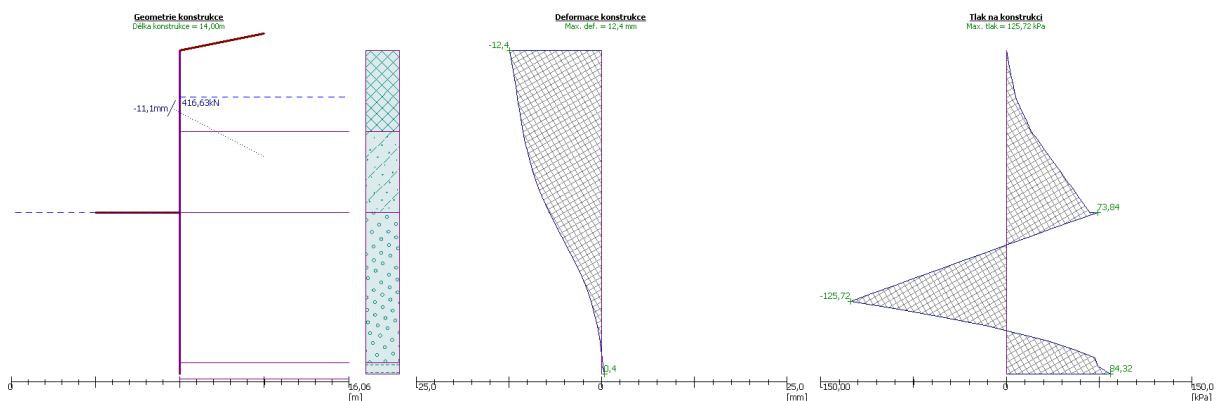


Max. deformácia = 2,30 mm
 Max. posúvajúca sila = 46,95 kN/m
 Max. moment = 55,37 kNm/m

Fáza 3 – vnútorné sily



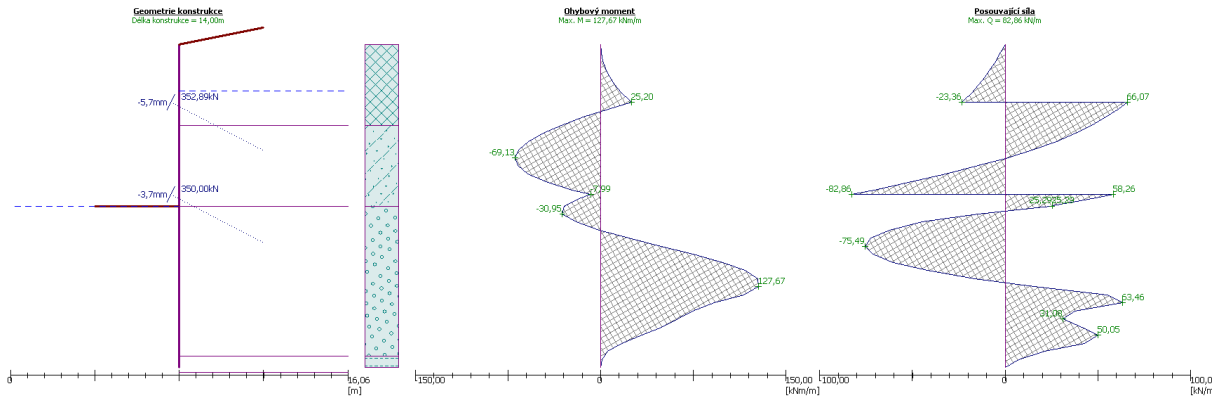
Fáza 3 – deformácie a napätie



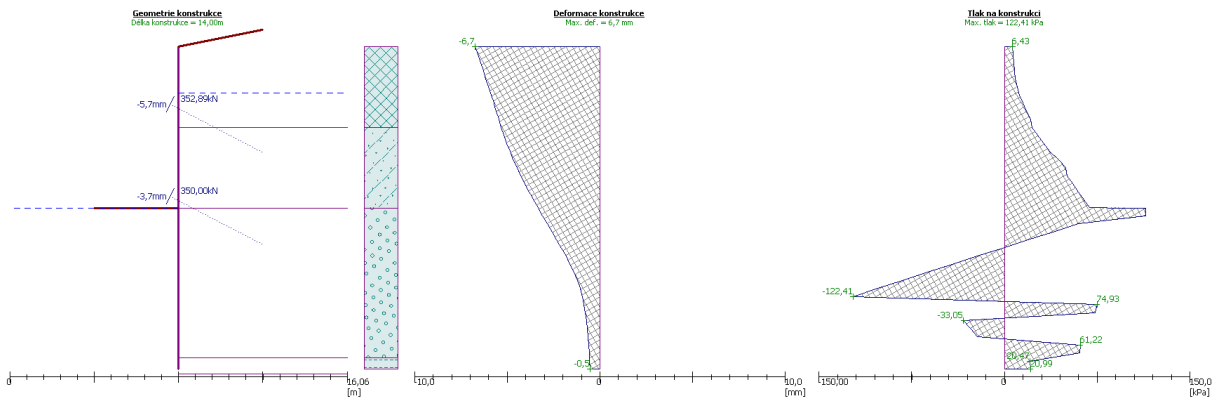
Max. deformácia = 12,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 128,86 kN/m
 Max. moment = 220,51 kNm/m

Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 4 – vnútorné sily

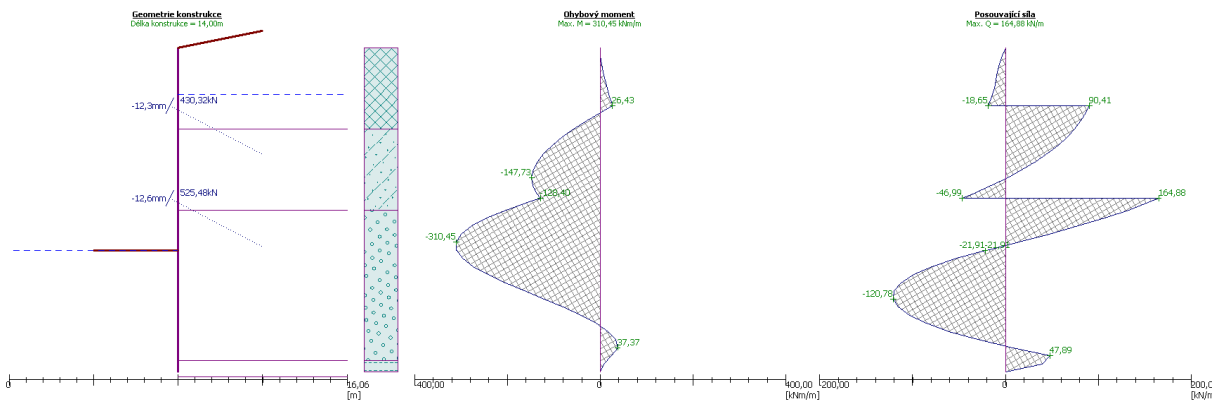


Fáza 4 – deformácie a napätie

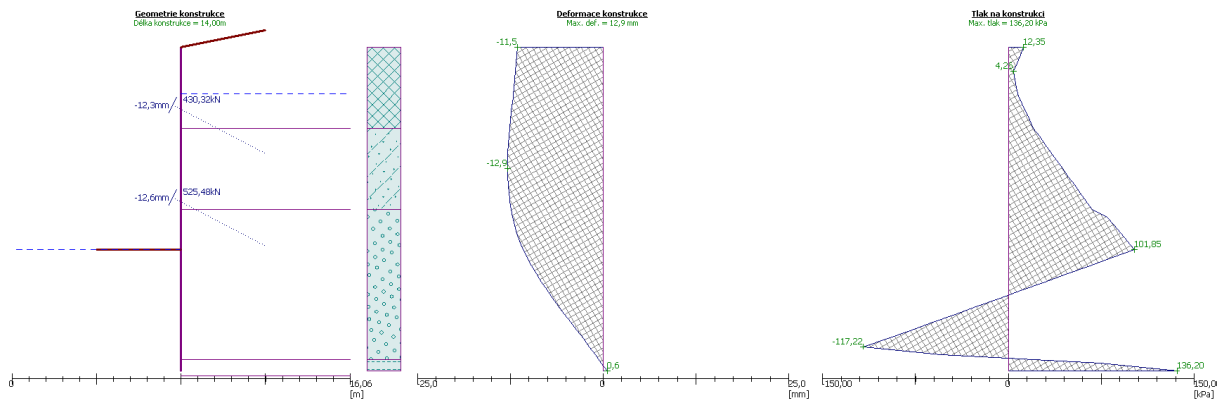


Max. deformácia = 6,70 mm
 Max. posuvajúca sila = 82,86 kN/m
 Max. moment = 127,67 kNm/m

Fáza 5 – vnútorné sily



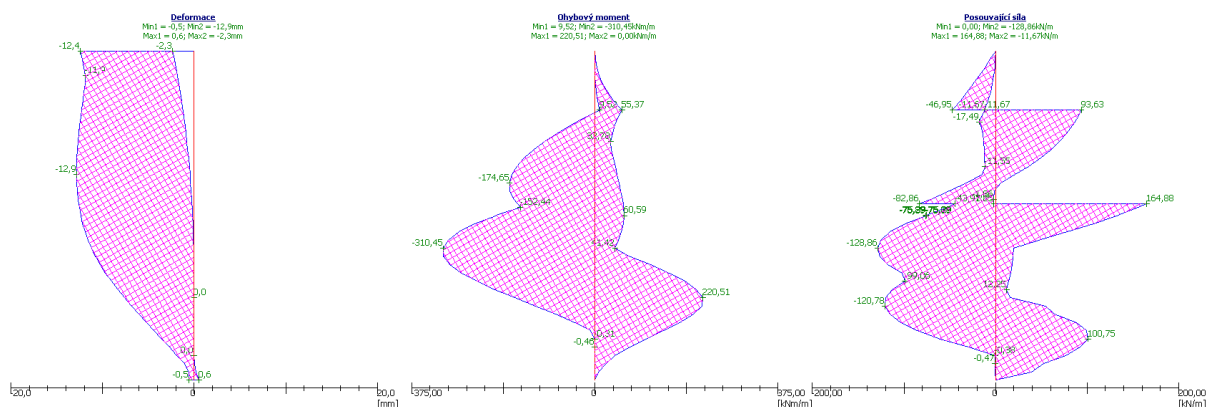
Fáza 5 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 12,90 mm
 Max. posúvajúca sila = 164,88 kN/m
 Max. moment = 310,45 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -12,90 mm
 Max. posúvajúca sila = 222,58 kN/m
 Max. moment = 419,10 kNm/m

Posúdenie

➤ Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 8 ks profil 20 mm; krytie 40,0 mm

Stupeň vystuženia $\rho = 0,460 \% > 0,140 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálnej osy $x = 0,08 \text{ m} < 0,34 = x_{\max}$

Posúvajúca sila na medzi únosnosti $V_{Rd} = 238,28 \text{ kN/m} > 222,58 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 565,18 \text{ kNm/m} > 419,10 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez VYHOVUJE.

Vodorovná výstuž je navrhnutá tak, aby bola viac ako 20 % zvislej výstuže.

Plocha zvislej výstuže: $A_{zvislá} = 2513 \text{ mm}^2 \Rightarrow 20\% A_{zvislá} = 503 \text{ mm}^2$

Navrhnutá výstuž: 5 ks profil 14 mm; $A_{vodorovná} = 770 \text{ mm}^2$

Konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

=> Výstuž je navrhnutá ako armokoš. Zvislá výstuž $\varnothing 20$ à 125 mm, vodorovná $\varnothing 14$ à 200 mm, konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

Návrh a posúdenie kotiev

Sila v kotve v 1. KÚ = 430,32 kN

Sila v kotve v 2. KÚ = 525,48 kN

Návrh kotvy v 1. KÚ – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

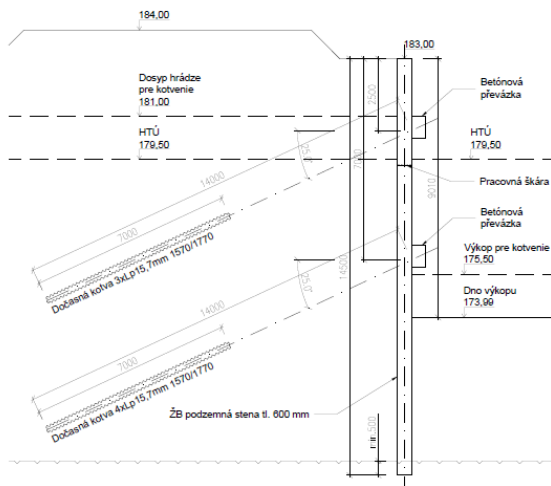
$P_0 = 430,32 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

Návrh kotvy v 2. KÚ – 4 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 525,48 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 637,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.1.5 Charakteristický rez 5

Schéma konštrukcie

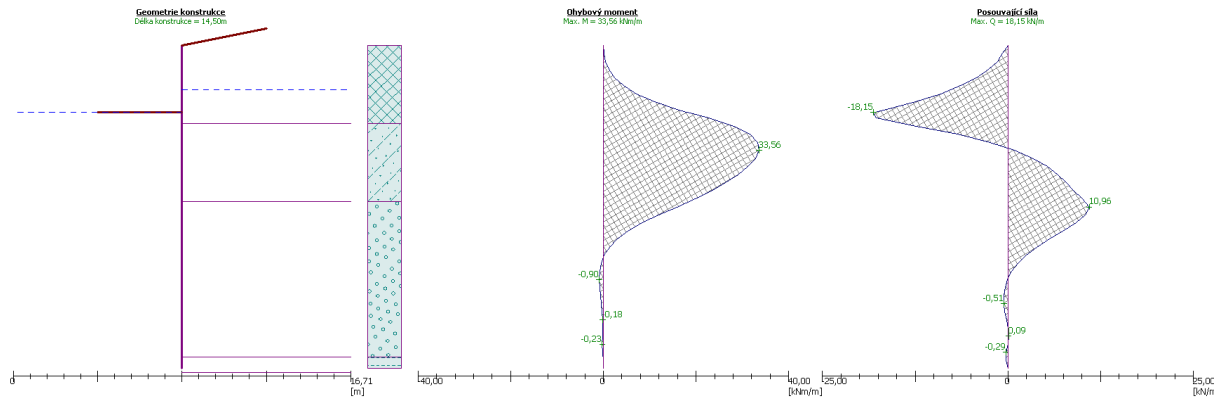


Geometria konštrukcie

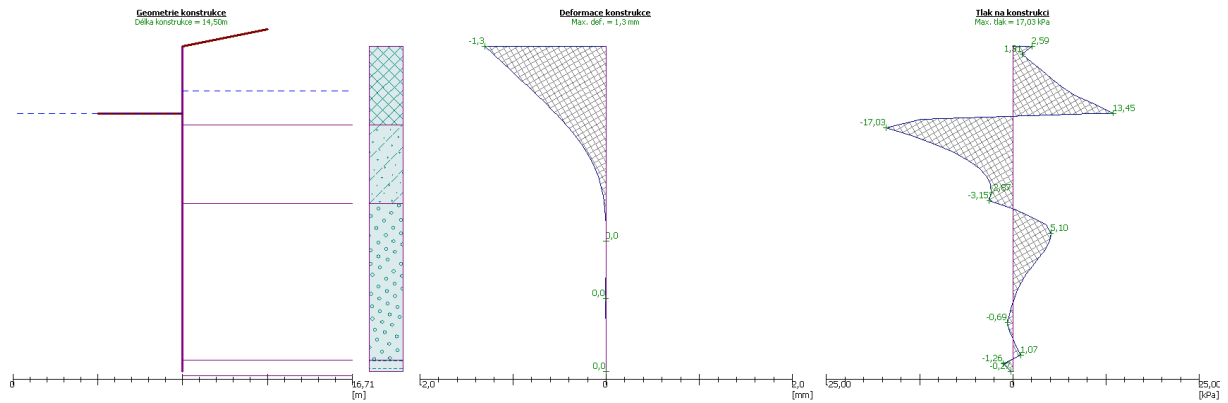
Dĺžka konštrukcie	14,50 m
Hrúbka steny	0,60 m

Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily

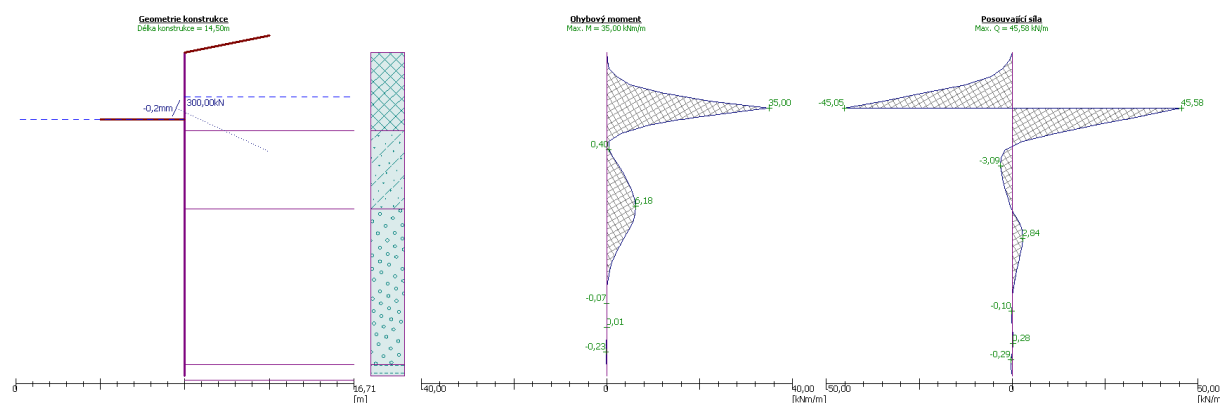


Fáza 1 – deformácie a napätie



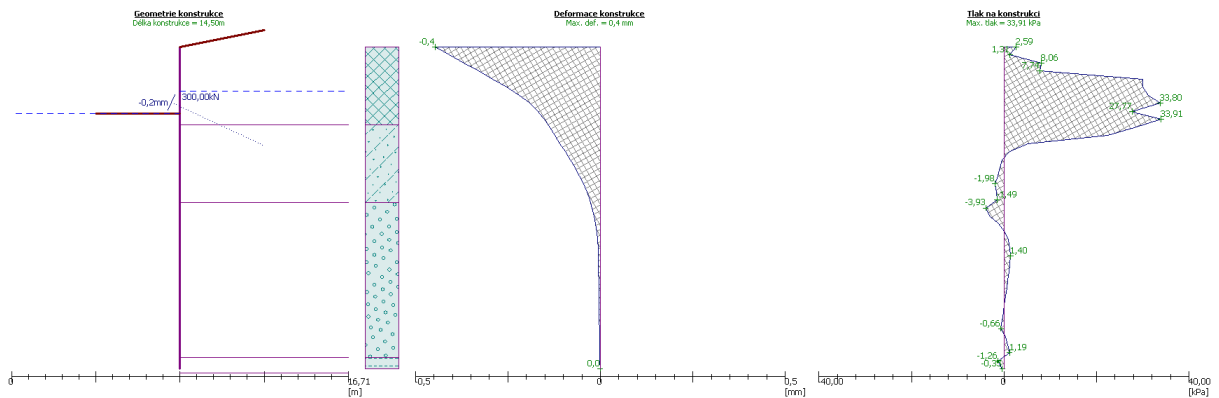
Max. deformácia = 1,30 mm
 Max. posuvajúca sila = 18,15 kN/m
 Max. moment = 33,56 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



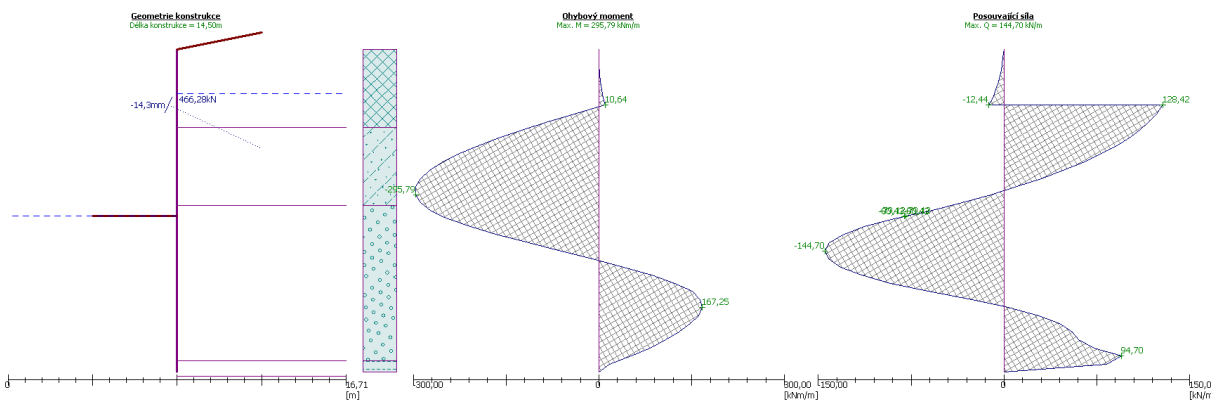
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 2 – deformácie a napätie

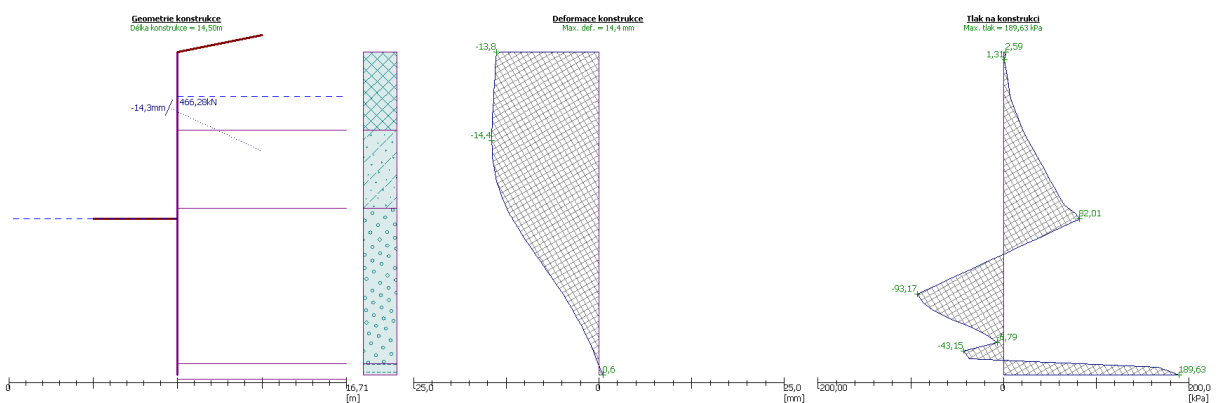


Max. deformácia = 0,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 45,58 kN/m
 Max. moment = 35,00 kNm/m

Fáza 3 – vnútorné sily



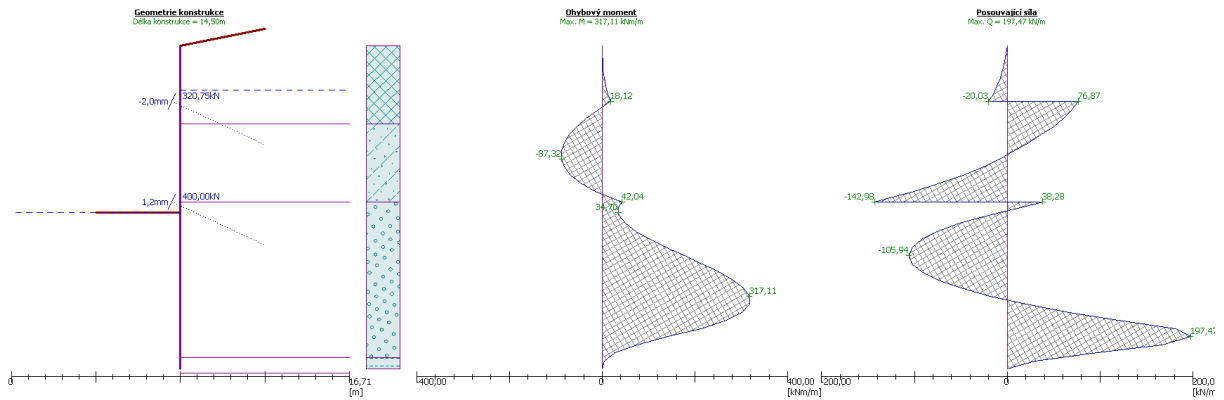
Fáza 3 – deformácie a napätie



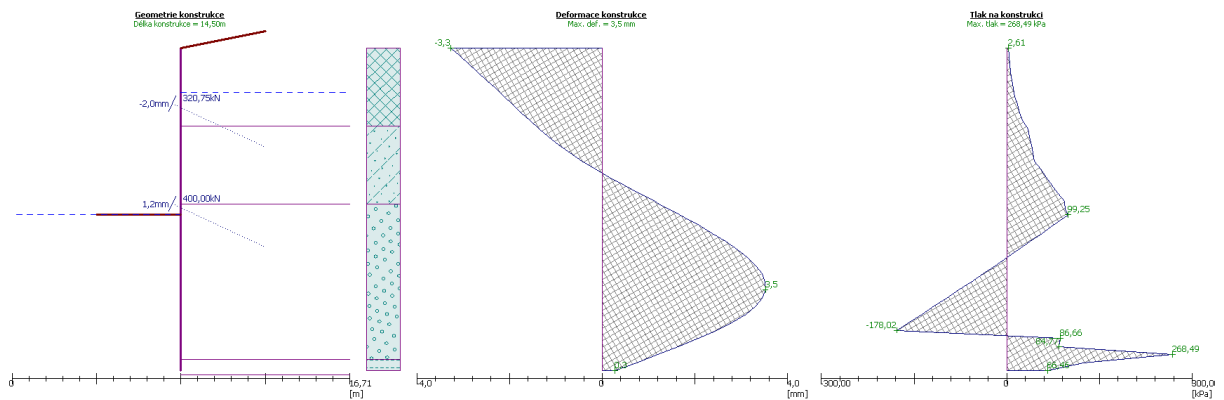
Max. deformácia = 14,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 144,70 kN/m
 Max. moment = 295,79 kNm/m

Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 4 – vnútorné sily

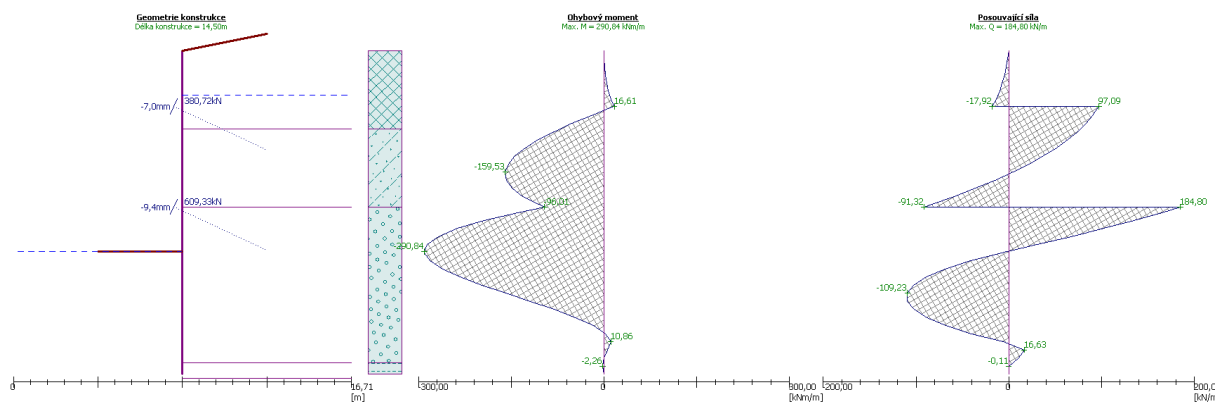


Fáza 4 – deformácie a napätie



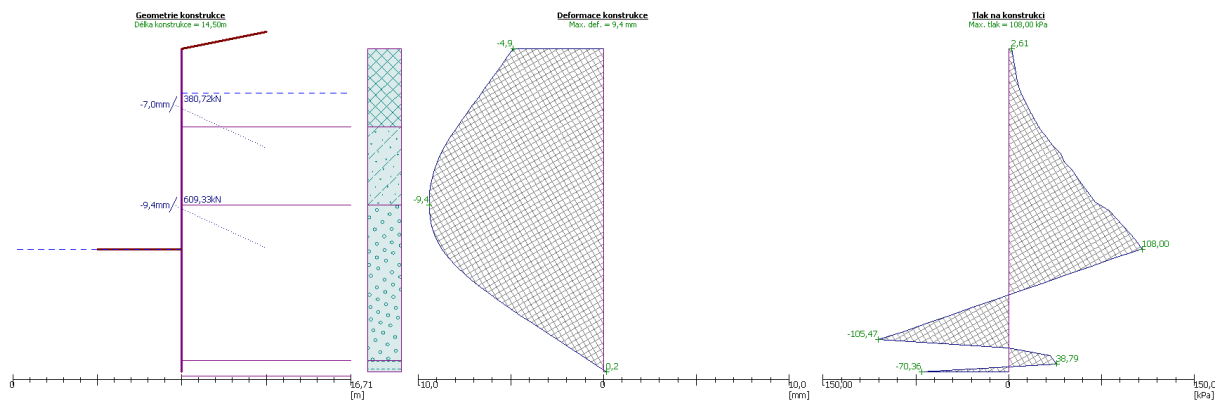
Max. deformácia = 3,50 mm
 Max. posuvajúca sila = 197,47 kN/m
 Max. moment = 317,11 kNm/m

Fáza 5 – vnútorné sily



Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

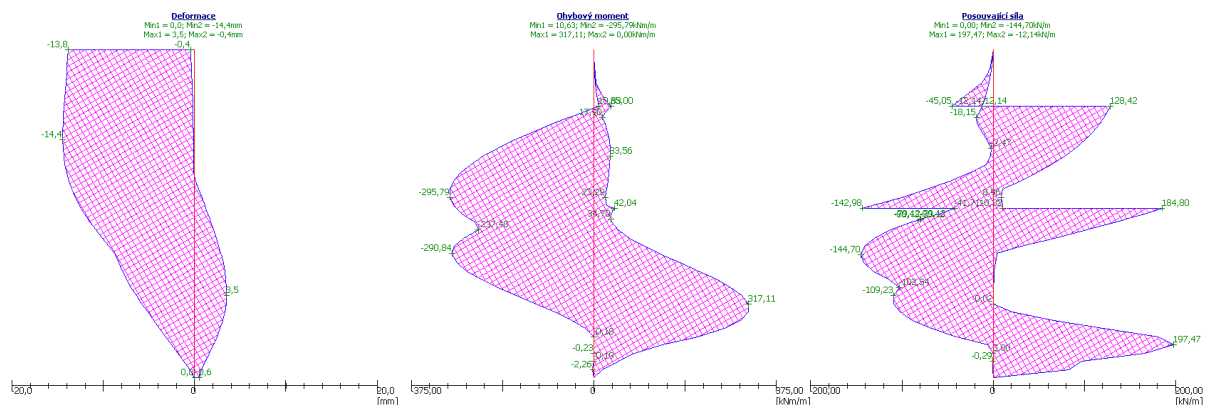
Fáza 5 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 9,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 184,80 kN/m
 Max. moment = 290,84 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -14,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 266,58 kN/m
 Max. moment = 428,09 kNm/m

Posúdenie

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 8 ks profil 25 mm; krytie 40,0 mm
 Stupeň vystuženia $\rho = 0,720 \% > 0,140 \% = \rho_{min}$
 Poloha neutrálnej osy $x = 0,13 \text{ m} < 0,34 = x_{max}$
 Posúvajúca sila na medzi únosnosti $V_{Rd} = 275,90 \text{ kN/m} > 266,58 \text{ kN/m} = V_{Ed}$
 Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 847,34 \text{ kNm/m} > 428,09 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez VYHOVUJE.

Vodorovná výstuž je navrhnutá tak, aby bola viac ako 20 % zvislej výstuže.

Plocha zvislej výstuže: $A_{zvislá} = 3927 \text{ mm}^2 \Rightarrow 20\% A_{zvislá} = 786 \text{ mm}^2$

Navrhnutá výstuž: 5 ks profil 16 mm; $A_{vodorovná} = 1005 \text{ mm}^2$

Konštrukčná výstuž je $\varnothing 12$.

=> Výstuž je navrhnutá ako armokoš. Zvislá výstuž $\varnothing 25$ à 125 mm, vodorovná $\varnothing 16$ à 200 mm, konštrukčná výstuž je $\varnothing 12$.

Návrh a posúdenie kotiev

Sila v kotve v 1. KÚ = 380,72 kN

Sila v kotve v 2. KÚ = 609,33 kN

Návrh kotvy v 1. KÚ – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 380,72 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

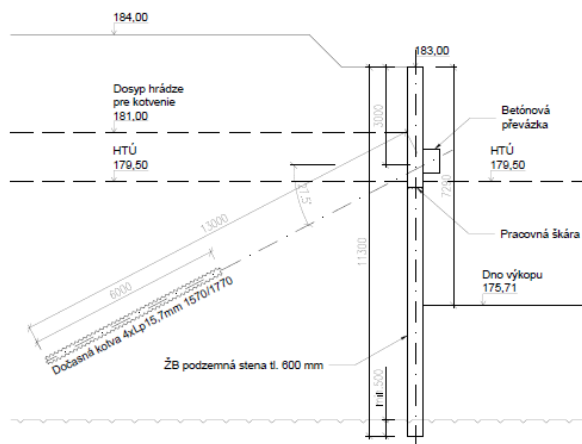
Návrh kotvy v 2. KÚ – 4 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 609,33 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 637,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.1.6 Charakteristický rez 6

Schéma konštrukcie

Charakteristický rez 6



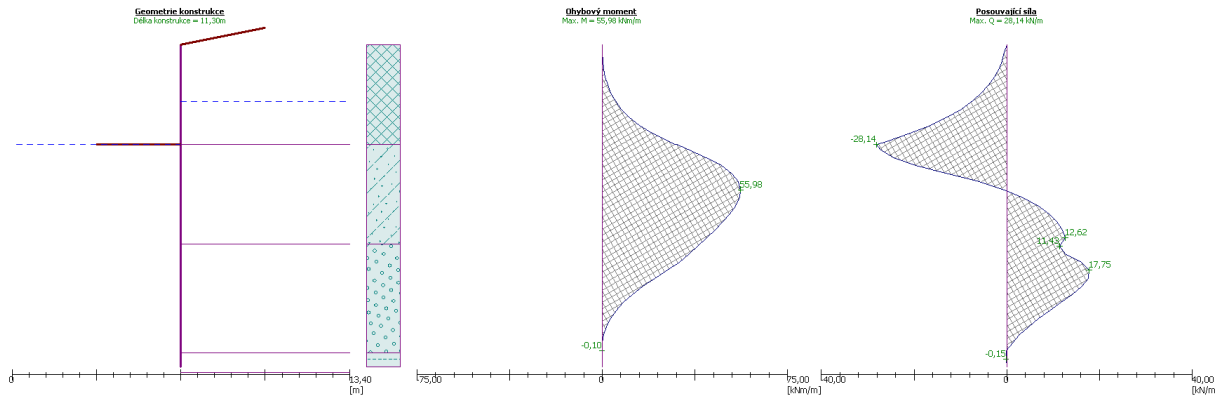
Geometria konštrukcie

Dĺžka konštrukcie 11,30 m

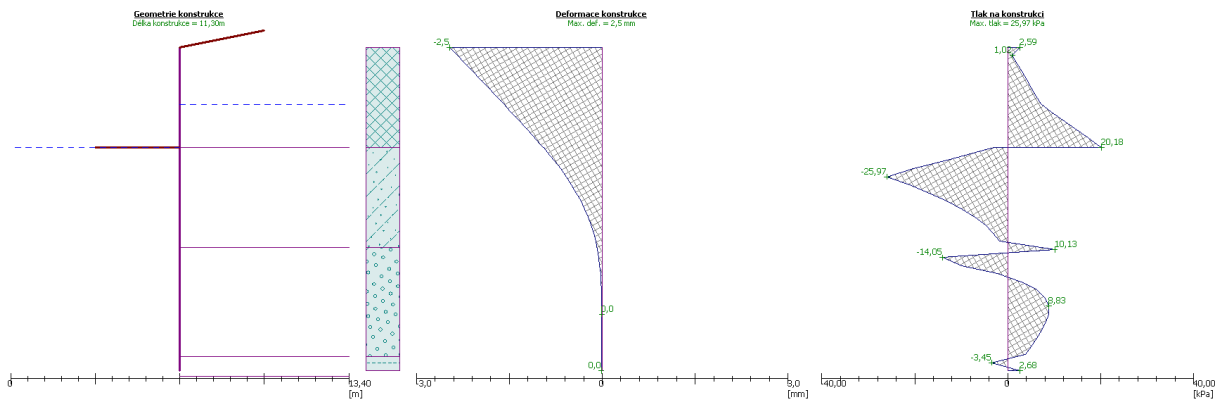
Hrúbka steny 0,60 m

Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily

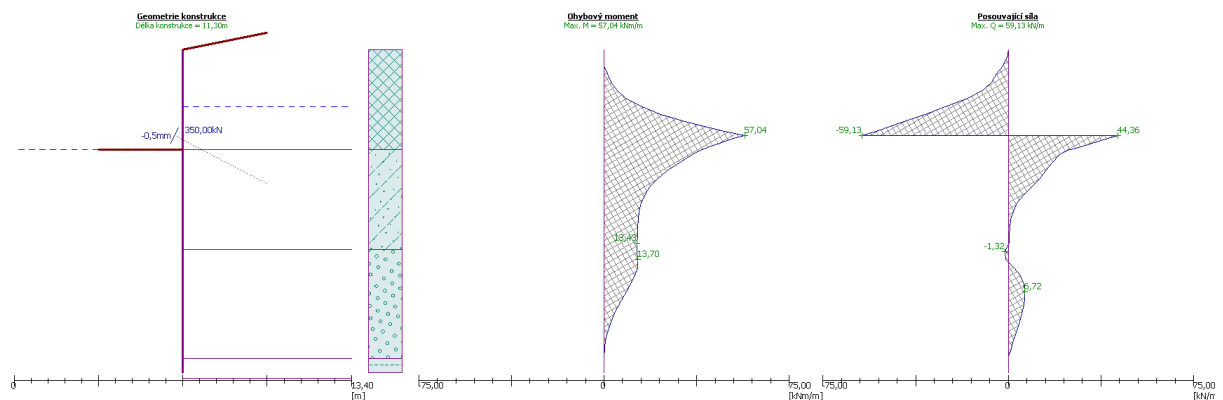


Fáza 1 – deformácie a napätie



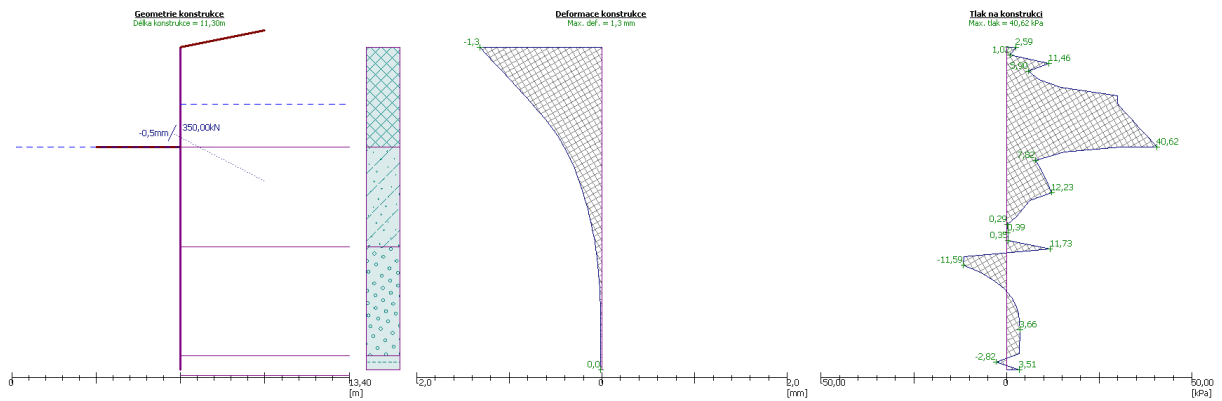
Max. deformácia = 2,50 mm
 Max. posuvajúca sila = 28,14 kN/m
 Max. moment = 55,98 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



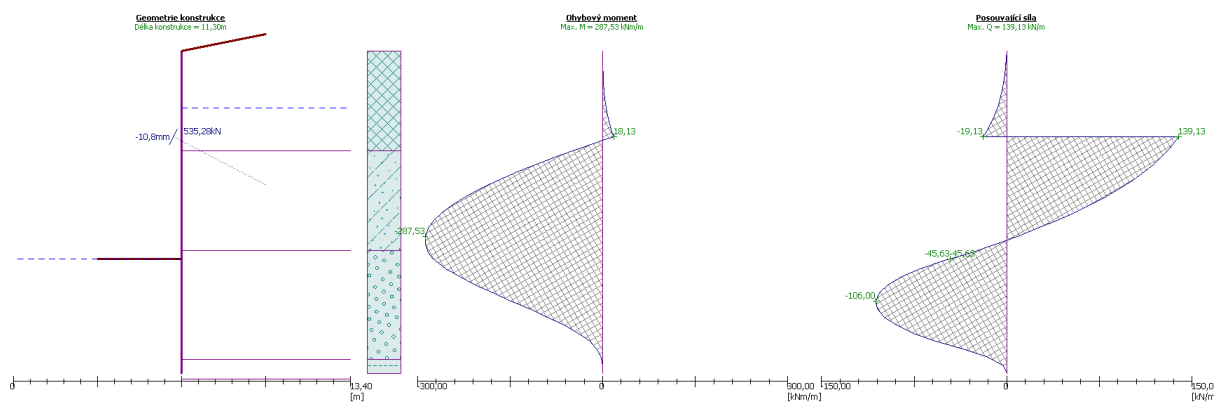
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 2 – deformácie a napätie

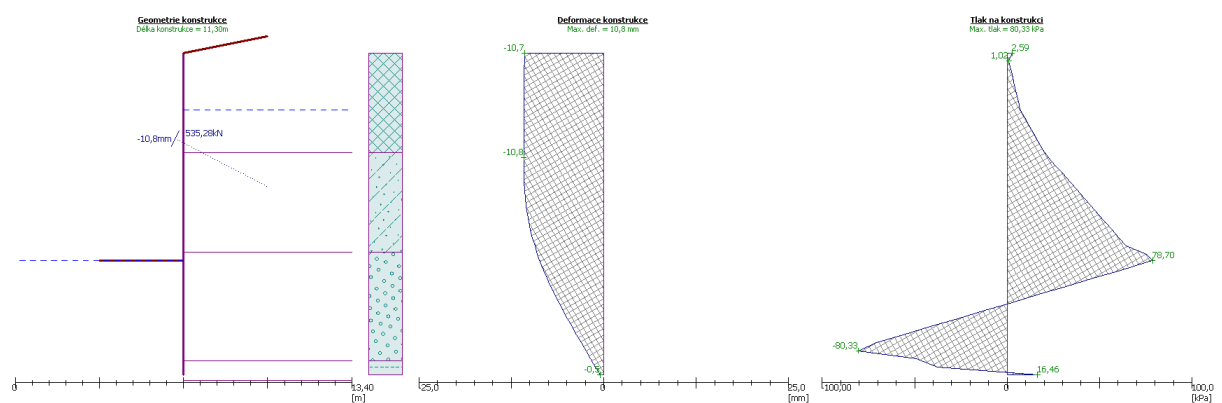


Max. deformácia = 1,30 mm
 Max. posúvajúca sila = 59,13 kN/m
 Max. moment = 57,04 kNm/m

Fáza 3 – vnútorné sily



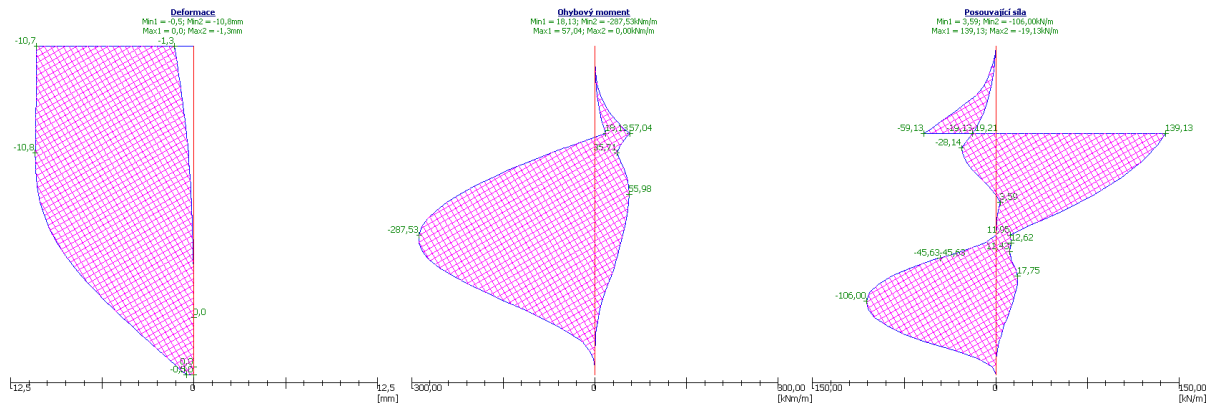
Fáza 3 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 10,80 mm
 Max. posúvajúca sila = 139,13 kN/m
 Max. moment = 287,53 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -10,80 mm
Max. posúvajúca síla = 187,83 kN/m
Max. moment = 388,16 kNm/m

Posúdenie

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 8 ks profil 18 mm; krytie 40,0 mm

Stupeň vystuženia $\rho = 0,370 \% > 0,140 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálnej osy $x = 0,07 \text{ m} < 0,34 = x_{\max}$

Posúvajúca síla na medzi únosnosti $V_{Rd} = 222,31 \text{ kN/m} > 187,83 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 464,19 \text{ kNm/m} > 388,16 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez VYHOVUJE.

Vodorovná výstuž je navrhnutá tak, aby bola viac ako 20 % zvislej výstuže.

Plocha zvislej výstuže: $A_{zvislá} = 2036 \text{ mm}^2 \Rightarrow 20\% A_{zvislá} = 408 \text{ mm}^2$

Navrhnutá výstuž: 5 ks profil 14 mm; $A_{vodorovná} = 770 \text{ mm}^2$

Konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

\Rightarrow Výstuž je navrhnutá ako armokoš. Zvislá výstuž $\varnothing 18$ à 125 mm, vodorovná $\varnothing 14$ à 200 mm, konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

Návrh a posúdenie kotiev

Síla v kotve v 1. KÚ = 535,28 kN

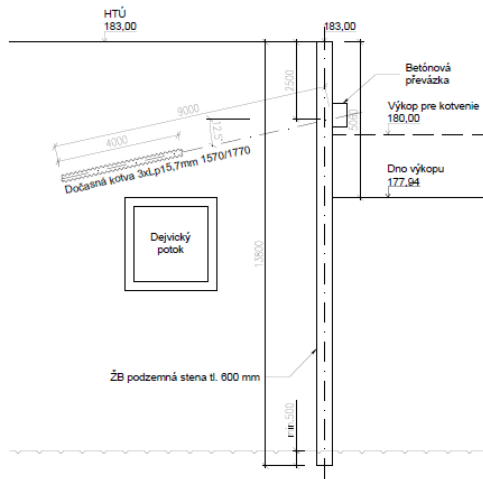
Návrh kotvy č.1 – 4 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 535,28 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 637,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.1.7 Charakteristický rez A

Schéma konštrukcie

Charakteristický rez A

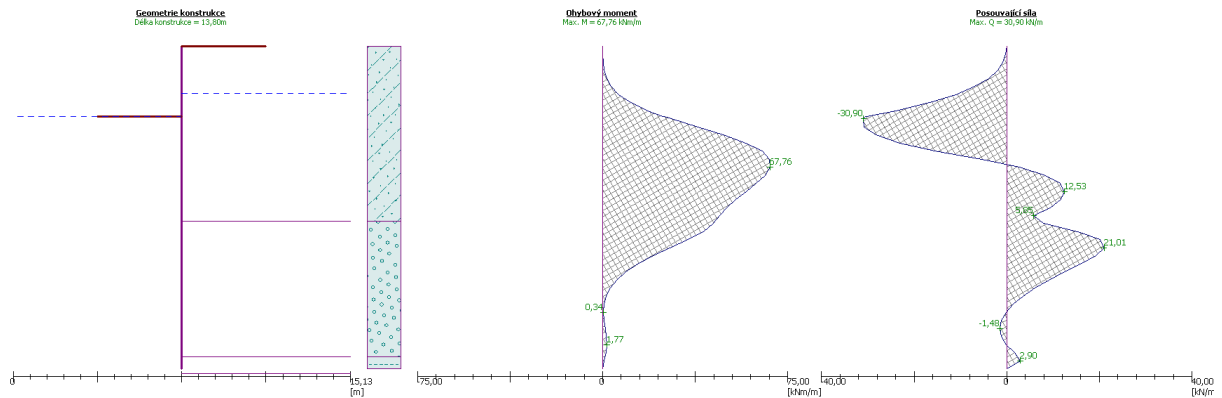


Geometria konštrukcie

Dĺžka konštrukcie 13,80 m
 Hrúbka steny 0,60 m

Výsledky

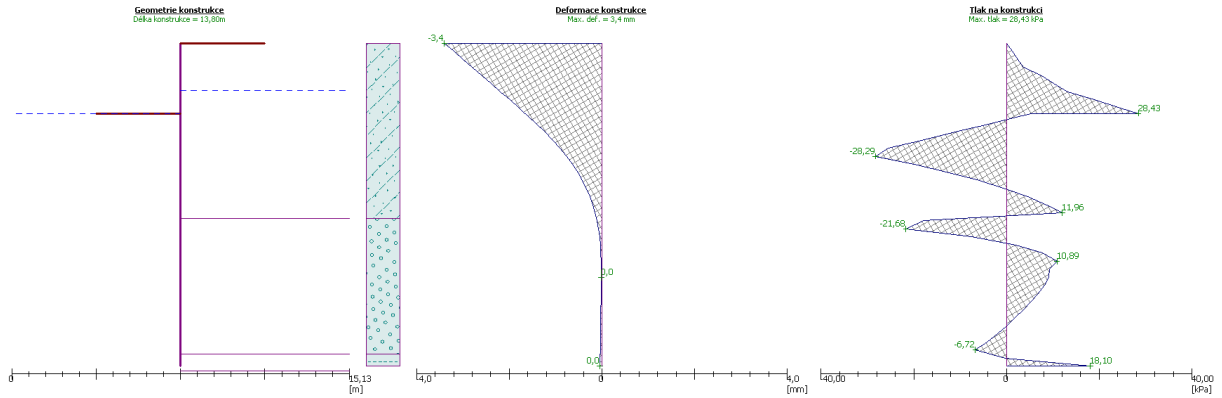
Fáza 1 – vnútorné sily



Fáza 1 – deformácie a napätie

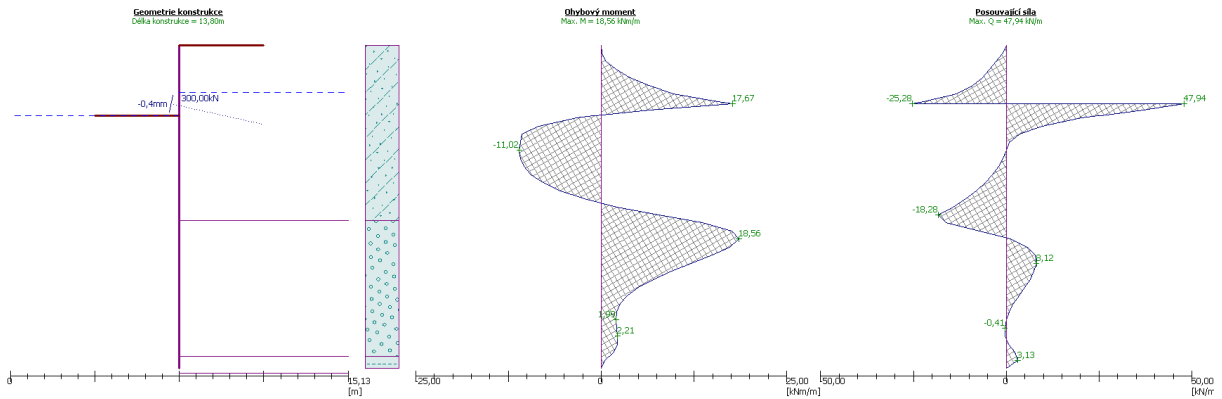
Diplomová práca

Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na Cisárskom ostrove v Prahe

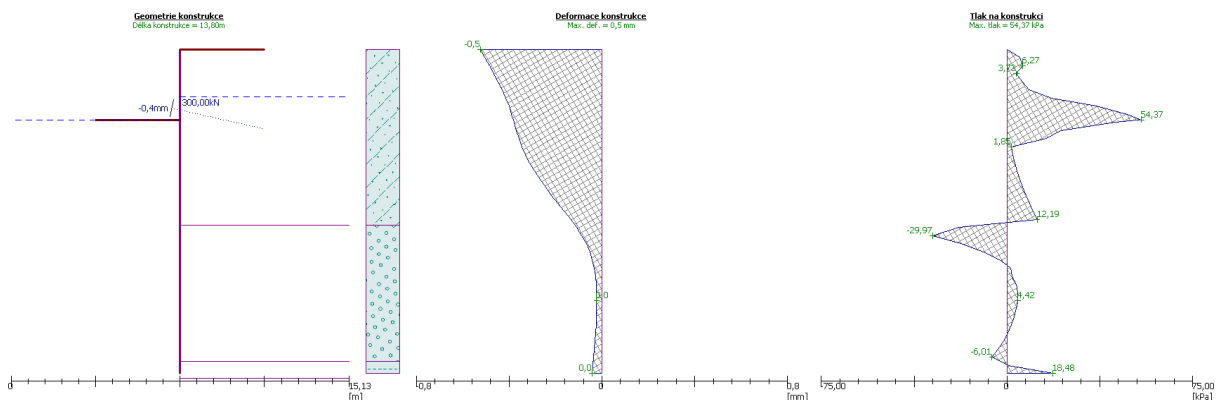


Max. deformácia = 3,40 mm
 Max. posúvajúca sila = 30,90kN/m
 Max. moment = 67,76kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



Fáza 2 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 0,50 mm
 Max. posúvajúca sila = 47,94 kN/m
 Max. moment = 18,56 kNm/m

Posúdenie

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 6 ks profil 14 mm; krytie 40,0 mm

Stupeň vystuženia $\rho = 0,170 \% > 0,140 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálnej osy $x = 0,03 \text{ m} < 0,34 = x_{\max}$

Posúvajúca sila na medzi únosnosti $V_{Rd} = 196,11 \text{ kN/m} > 97,82 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 217,23 \text{ kNm/m} > 157,56 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez VYHOVUJE.

Vodorovná výstuž je navrhnutá tak, aby bola viac ako 20 % zvislej výstuže.

Plocha zvislej výstuže: $A_{zvislá} = 924 \text{ mm}^2 \Rightarrow 20\% A_{zvislá} = 185 \text{ mm}^2$

Navrhnutá výstuž: 5 ks profil 12 mm; $A_{vodorovná} = 565 \text{ mm}^2$

Konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

=> Výstuž je navrhnutá ako armokoš. Zvislá výstuž $\varnothing 14$ à 167 mm, vodorovná $\varnothing 12$ à 200 mm, konštrukčná výstuž je $\varnothing 10$.

Návrh a posúdenie kotiev

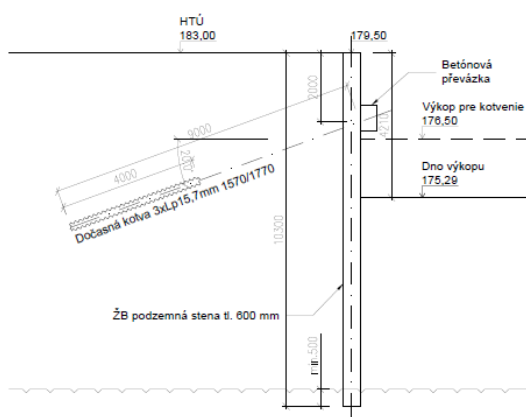
Sila v kotve v 1. KÚ = 365,53 kN

Návrh kotvy č.1 – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 365,53 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.1.8 Charakteristický rez B

Schéma konštrukcie

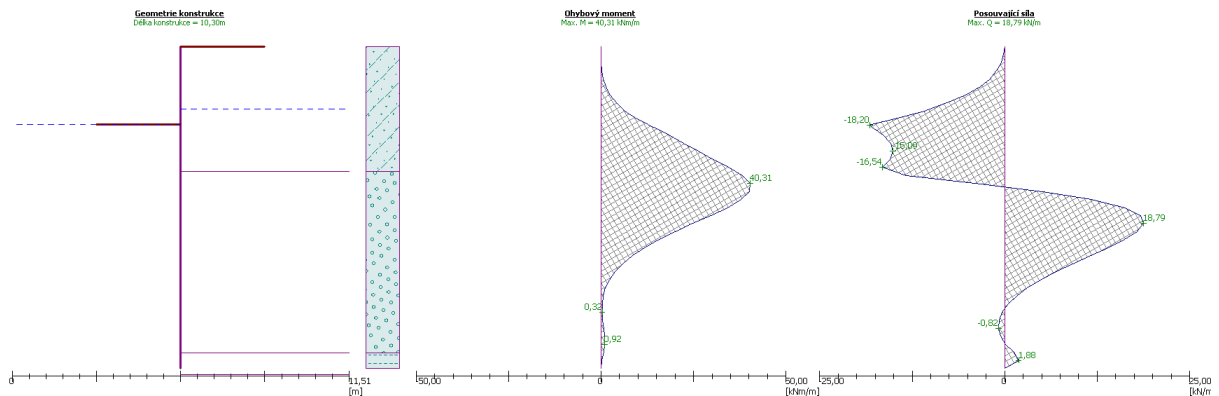


Geometria konštrukcie

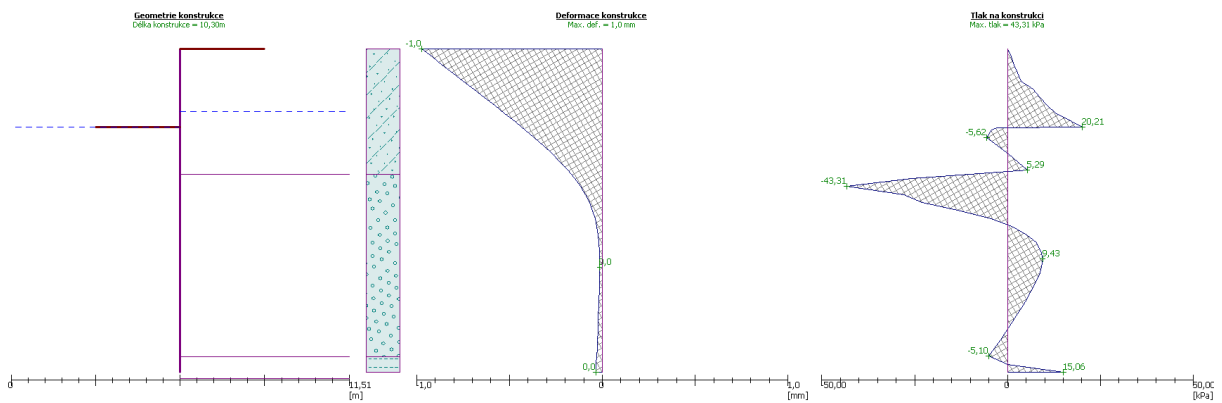
Dĺžka konštrukcie	10,30 m
Hrúbka steny	0,60 m

Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily

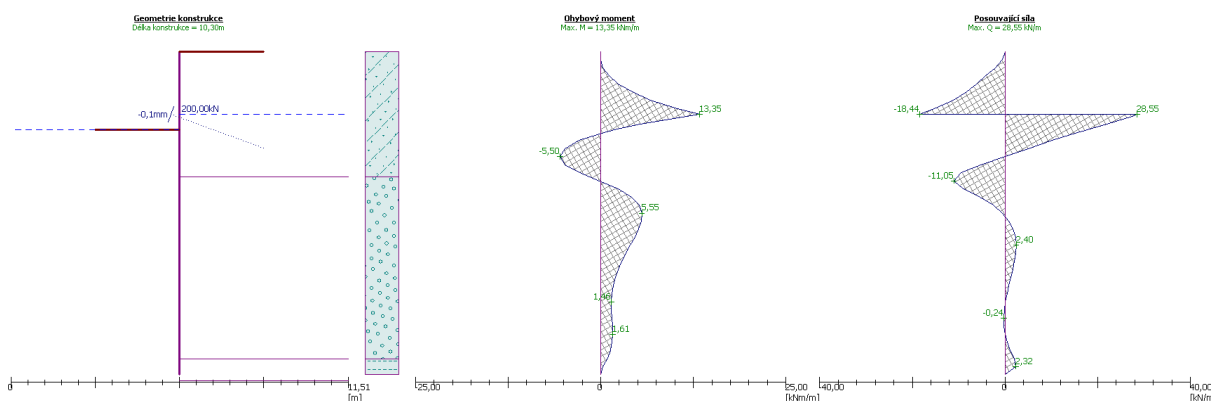


Fáza 1 – deformácie a napätie



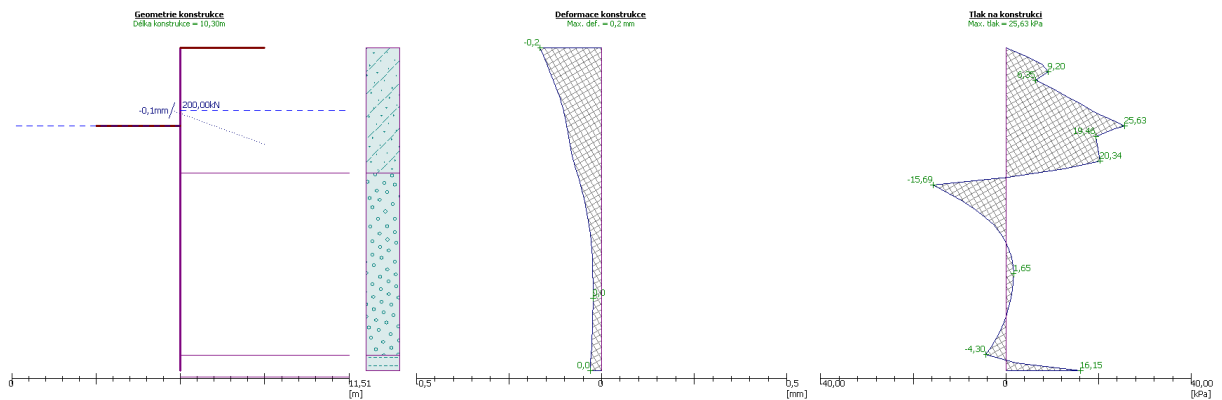
Max. deformácia = 1,00mm
 Max. posuvajúca sila = 18,79 kN/m
 Max. moment = 40,31 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



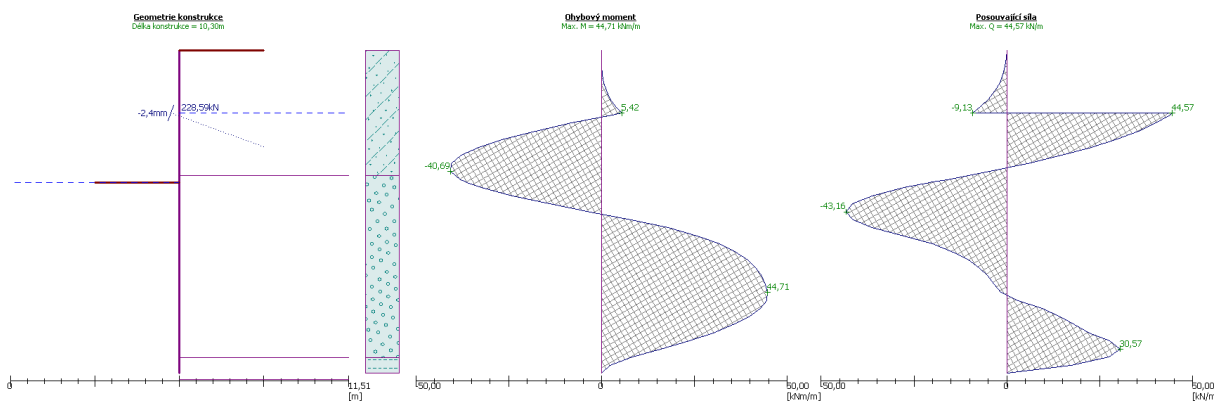
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 2 – deformácie a napätie

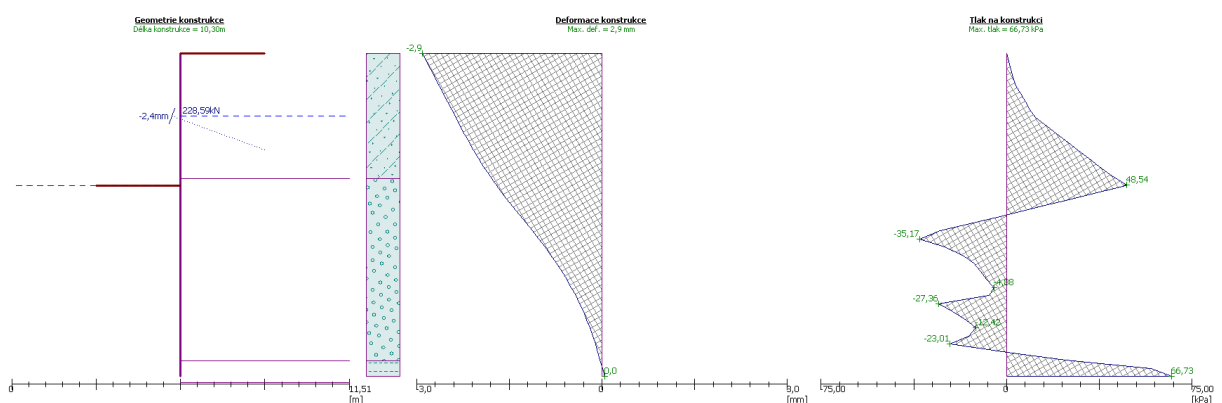


Max. deformácia = 0,20 mm
 Max. posúvajúca sila = 28,55 kN/m
 Max. moment = 13,35 kNm/m

Fáza 3 – vnútorné sily



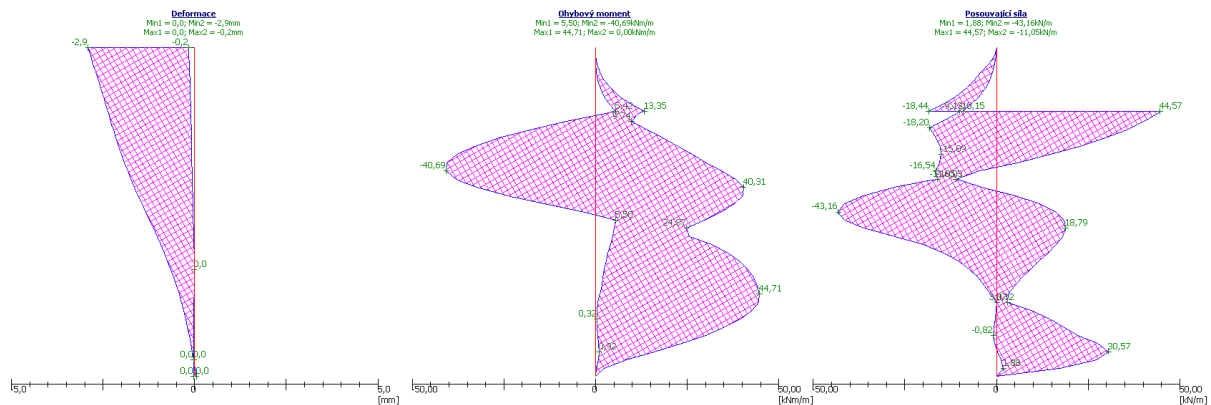
Fáza 3 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 2,90 mm
 Max. posúvajúca sila = 44,57 kN/m
 Max. moment = 44,71 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -2,90 mm
Max. posúvajúca sila = 60,17 kN/m
Max. moment = 60,35 kNm/m

Posúdenie

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 6 ks profil 14 mm; krytie 40,0 mm

Stupeň vystuženia $\rho = 0,170 \% > 0,140 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálnej osy $x = 0,03 \text{ m} < 0,34 = x_{\max}$

Posúvajúca sila na medzi únosnosti $V_{Rd} = 196,11 \text{ kN/m} > 60,17 \text{ kN/m} = V_{Ed}$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 217,23 \text{ kNm/m} > 60,35 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez VYHOVUJE.

Vodorovná výstuž je navrhnutá tak, aby bola viac ako 20 % zvislej výstuže.

Plocha zvislej výstuže: $A_{zvislá} = 924 \text{ mm}^2 \Rightarrow 20\% A_{zvislá} = 185 \text{ mm}^2$

Navrhnutá výstuž: 5 ks profil 12 mm; $A_{vodorovná} = 565 \text{ mm}^2$

Konštrukčná výstuž je $\emptyset 10$.

=> Výstuž je navrhnutá ako armokoš. Zvislá výstuž $\emptyset 14$ à 125 mm, vodorovná $\emptyset 12$ à 200 mm, konštrukčná výstuž je $\emptyset 10$.

Návrh a posúdenie kotiev

Sila v kotve v 1. KÚ = 228,59 kN

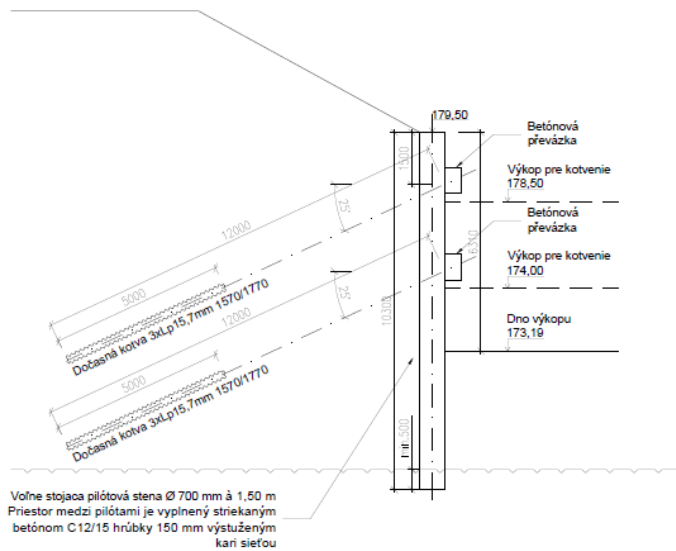
Návrh kotvy č.1 – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 228,59 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.2 Voľne stojaca pilóťová stena

8.3.2.2.1 Charakteristický rez C.1

Schéma konštrukcie

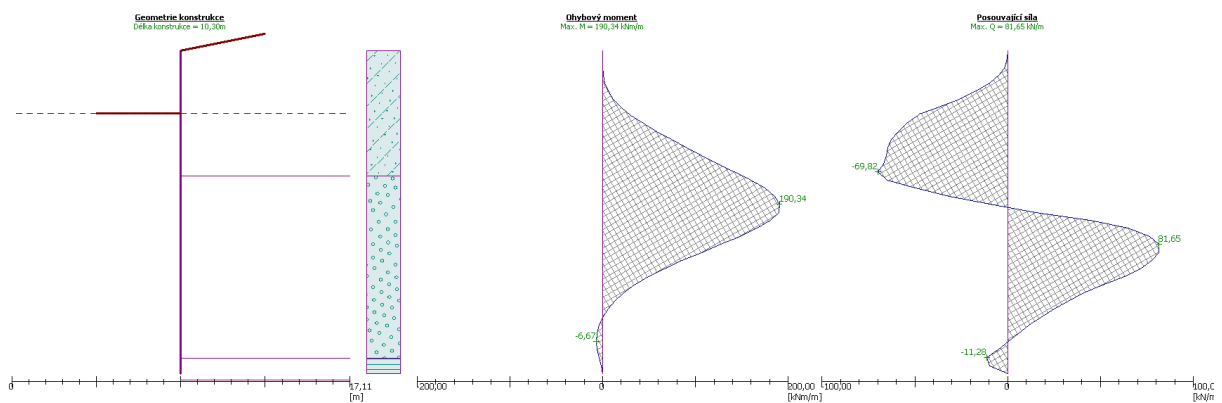


Geometria konštrukcie

Dĺžka konštrukcie	10,30 m
Priemer pilóty	0,70 m
Osová vzdialenosť pilót	1,50 m

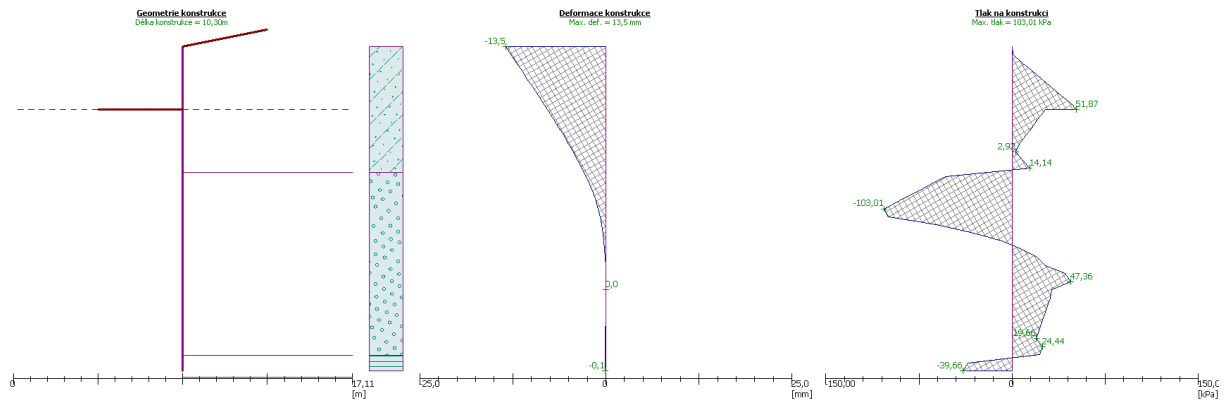
Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily



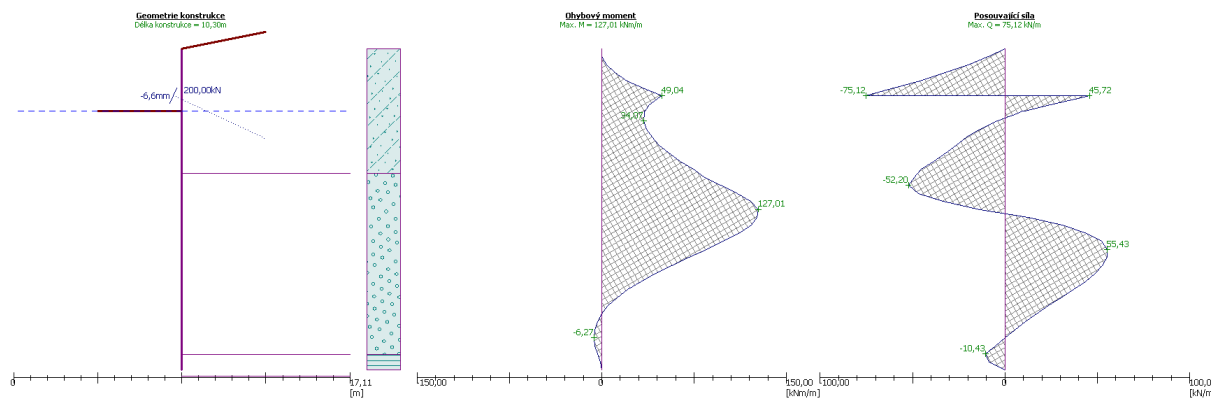
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 1 – deformácie a napätie

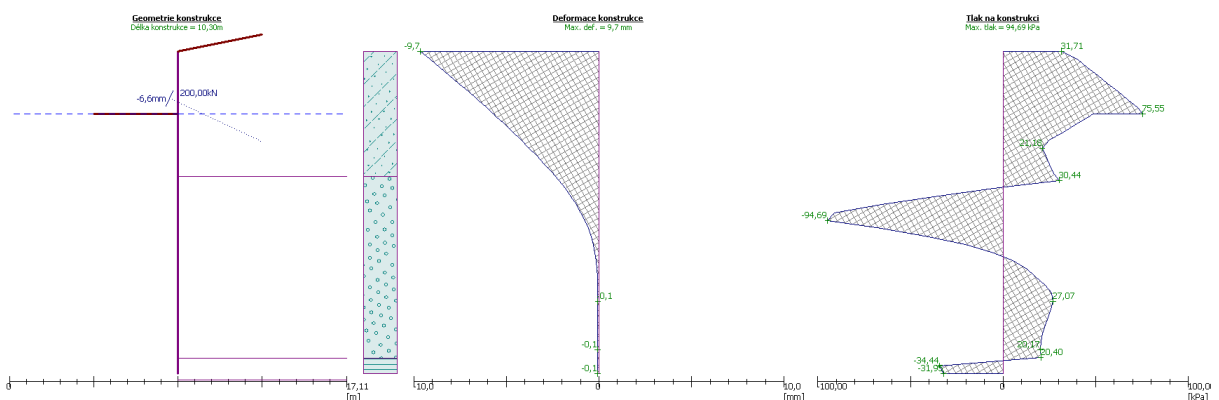


Max. deformácia = 13,50 mm
 Max. posúvajúca sila = 81,65 kN/m
 Max. moment = 190,34 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



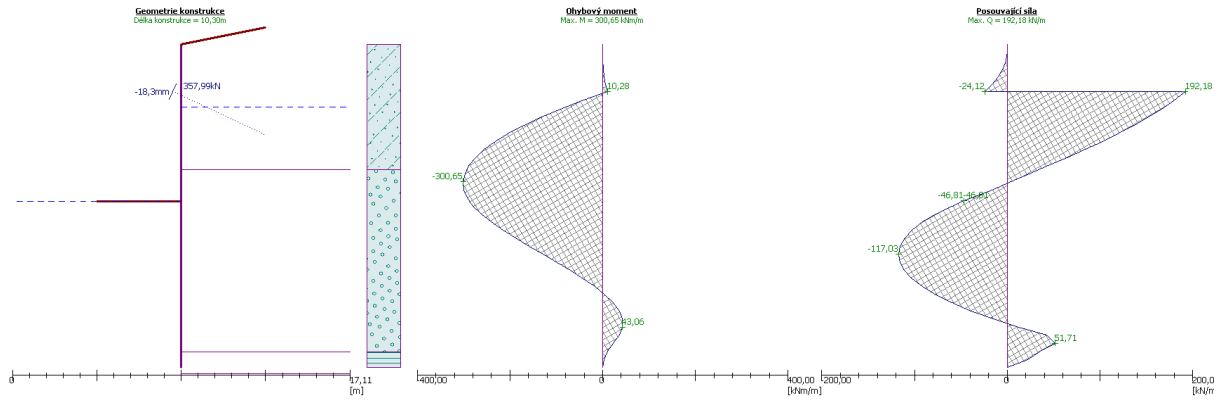
Fáza 2 – deformácie a napätie



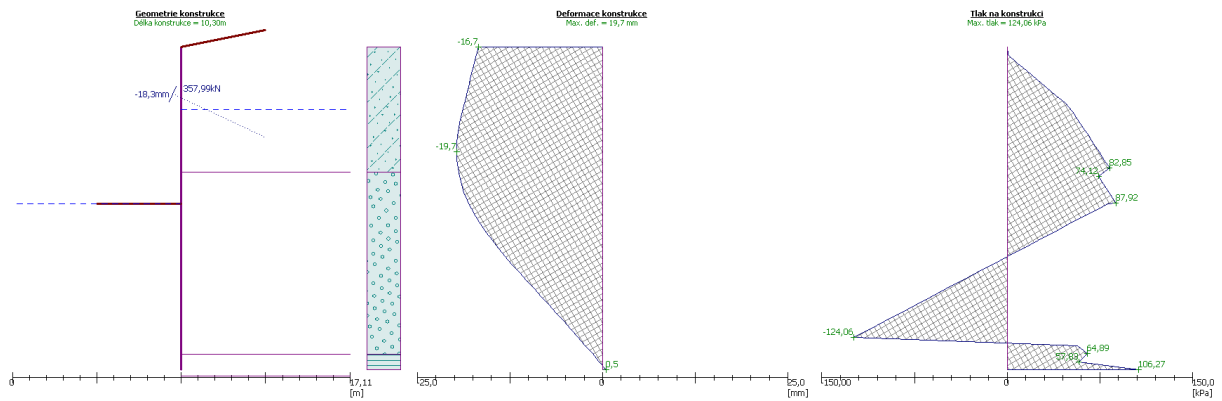
Max. deformácia = 9,70 mm
 Max. posúvajúca sila = 75,12 kN/m
 Max. moment = 127,01 kNm/m

Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 3 – vnútorné sily

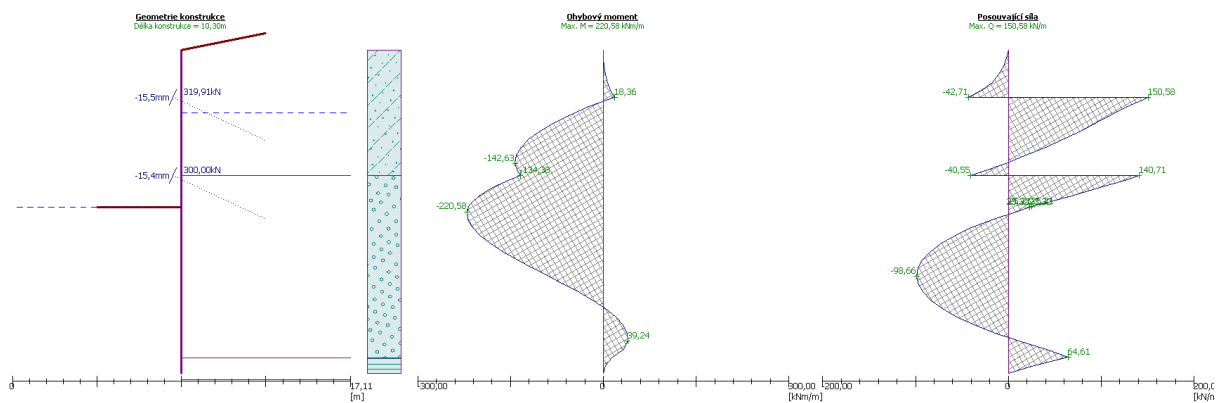


Fáza 3 – deformácie a napätie



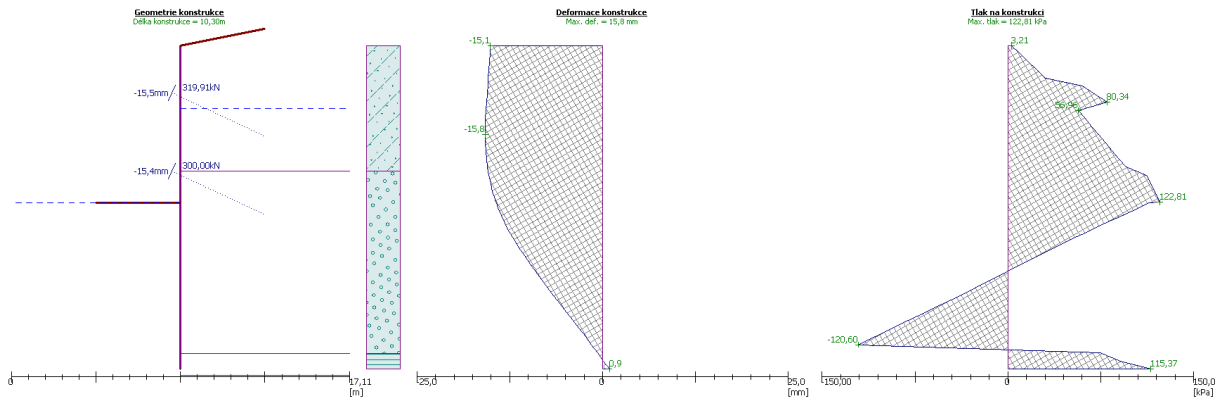
Max. deformácia = 19,70 mm
 Max. posouvajúca sila = 192,18 kN/m
 Max. moment = 300,65 kNm/m

Fáza 4 – vnútorné sily



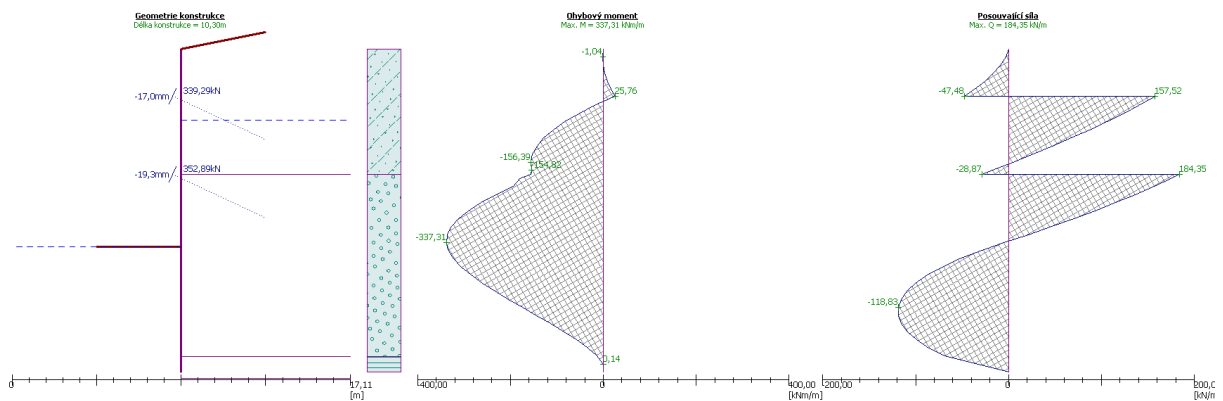
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 4 – deformácie a napätie

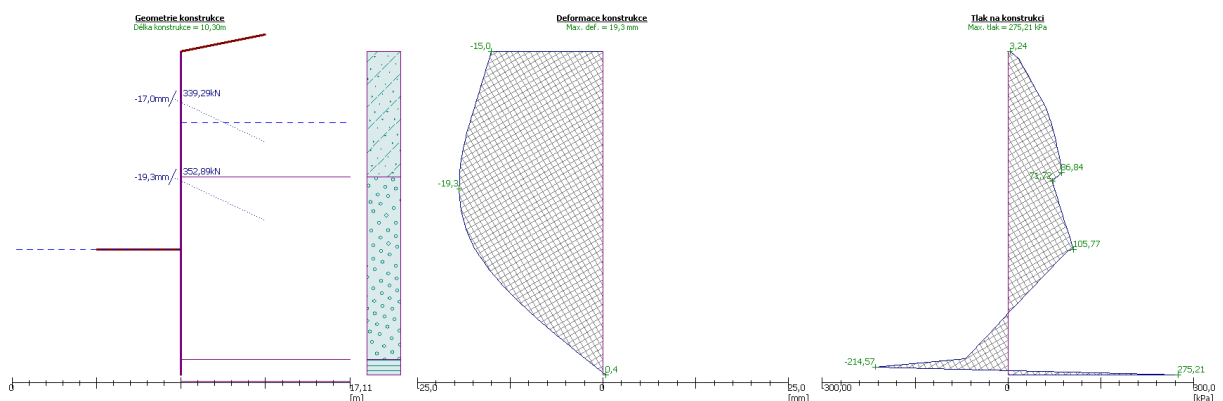


Max. deformácia = 15,80 mm
 Max. posúvajúca sila = 150,58 kN/m
 Max. moment = 220,58 kNm/m

Fáza 5 – vnútorné sily



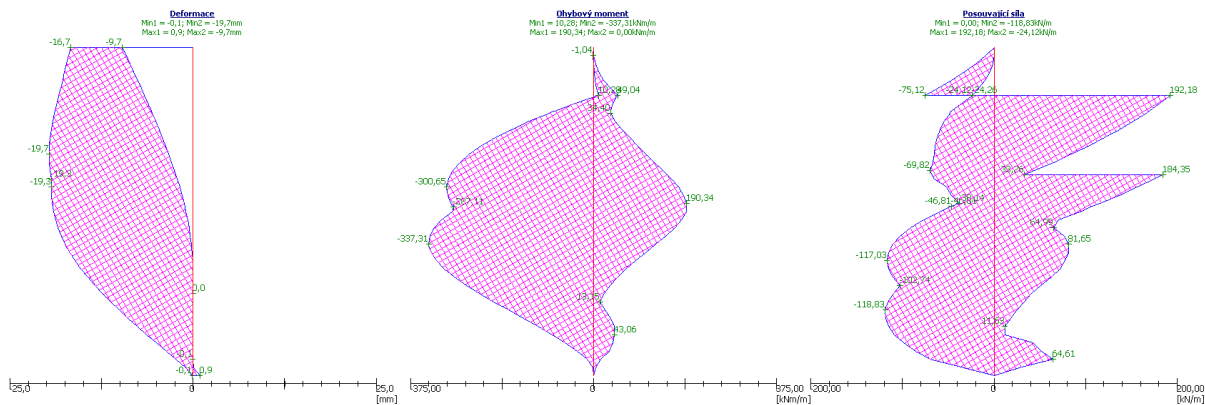
Fáza 5 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 19,30 mm
 Max. posúvajúca sila = 184,35 kN/m
 Max. moment = 337,31 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -19,70 mm
Max. posúvajúca sila = 389,17 kN/m
Max. moment = 683,06 kNm/m

Posúdenie

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 16 ks profil 25 mm; krytie 40,0 mm

Typ konštrukcie (stupňa vystuženia): nosník

Stupeň vystuženia $\rho = 1,020 \% > 0,130 \% = \rho_{\min}$

Zaťaženie : $M_{Ed} = 683,06$ kNm

Únosnosť : $M_{Rd} = 797,27$ kNm

$M_{Ed} = 683,06$ kNm < $M_{Rd} = 797,27$ kNm

Navrhnutá výstuž pilóty VYHOVUJE.

Na šmyk

Navrhnutá výstuž: profil 12 mm; vzdialenosť 140 mm

Zaťaženie: $V_{Ed} = 389,17$ kN

Únosnosť: $V_{Rd} = 442,55$ kN

$V_{Ed} = 389,17$ kN < $442,55$ kN = V_{Rd}

Prierez VYHOVUJE.

=> Ohybová výstuž je navrhnutá $\varnothing 25$, šmyková výstuž je $\varnothing 12$ à 140 mm špirálovo omotaná okolo ohybovej výstuže.

Návrh a posúdenie kotiev

Sila v kotve v 1. KÚ = 339,29 kN

Sila v kotve v 2. KÚ = 352,89 kN

Návrh kotvy v 1. KÚ – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150$ mm²

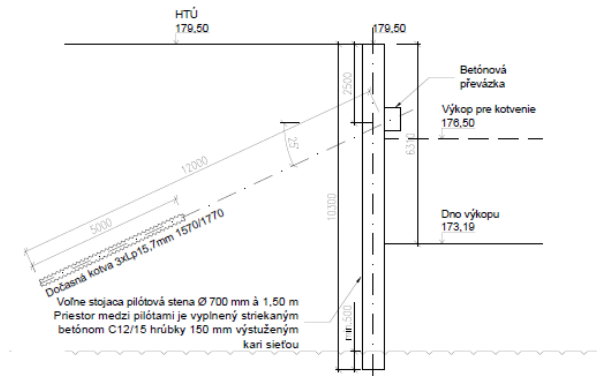
$P_0 = 339,29 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

Návrh kotvy v 2. KÚ – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 352,89 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

8.3.2.2.2 Charakteristický rez C.2

Schéma konštrukcie

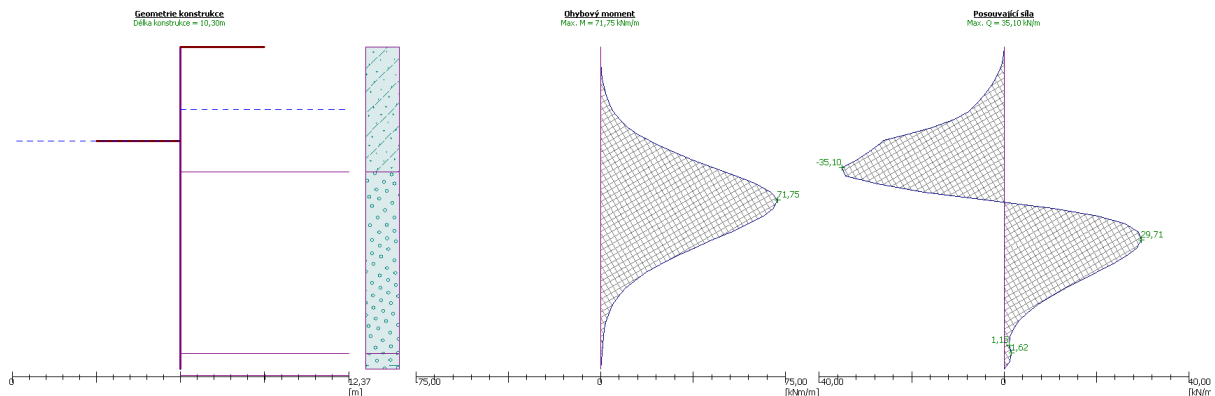


Geometria konštrukcie

Dĺžka konštrukcie	10,30 m
Priemer pilóty	0,70 m
Osová vzdialenosť pilót	1,50 m

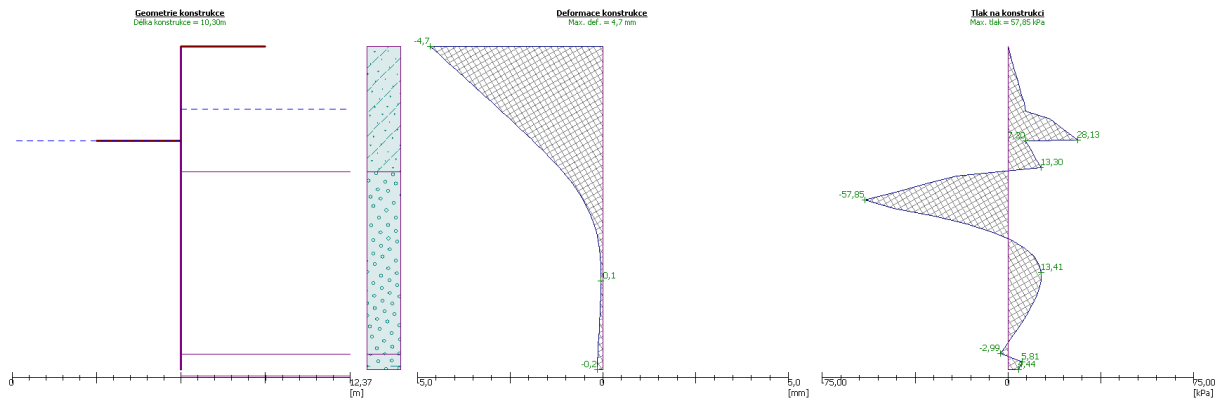
Výsledky

Fáza 1 – vnútorné sily



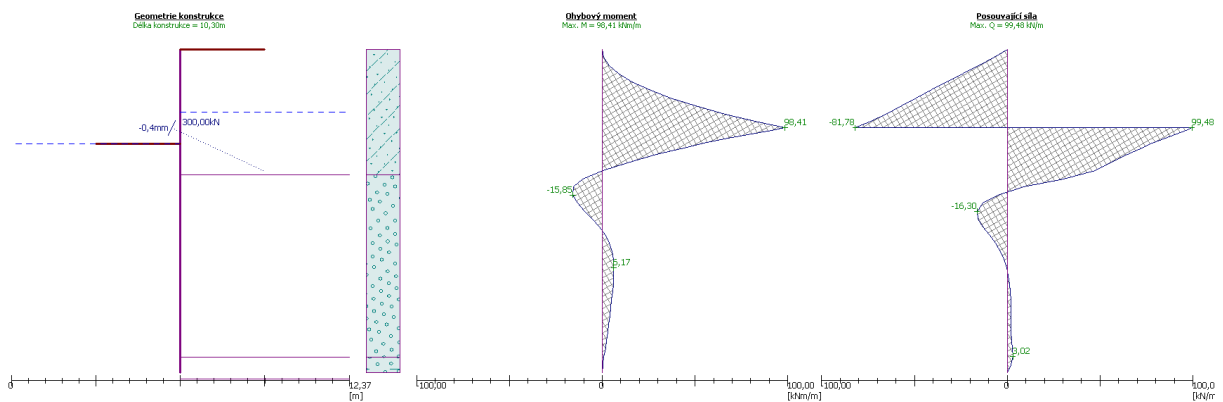
Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 1 – deformácie a napätie

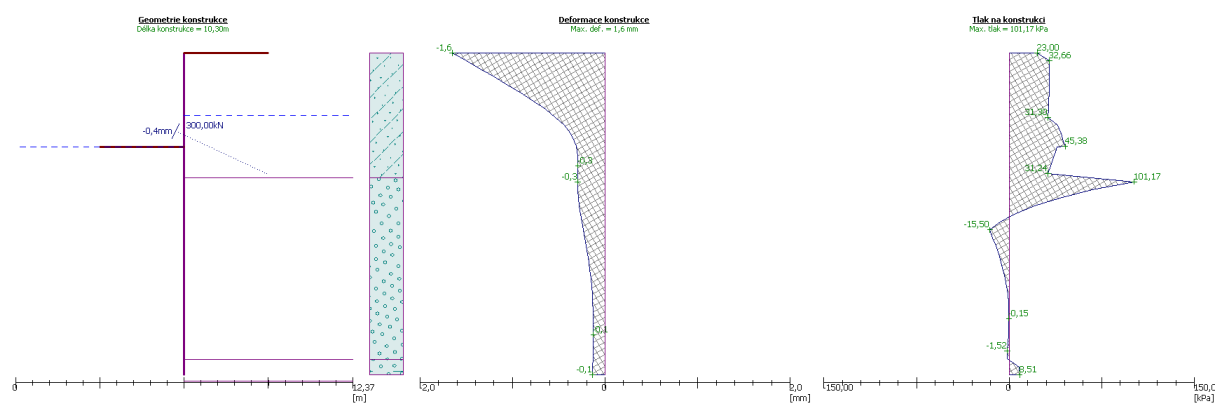


Max. deformácia = 4,70 mm
 Max. posúvajúca sila = 35,10 kN/m
 Max. moment = 71,75 kNm/m

Fáza 2 – vnútorné sily



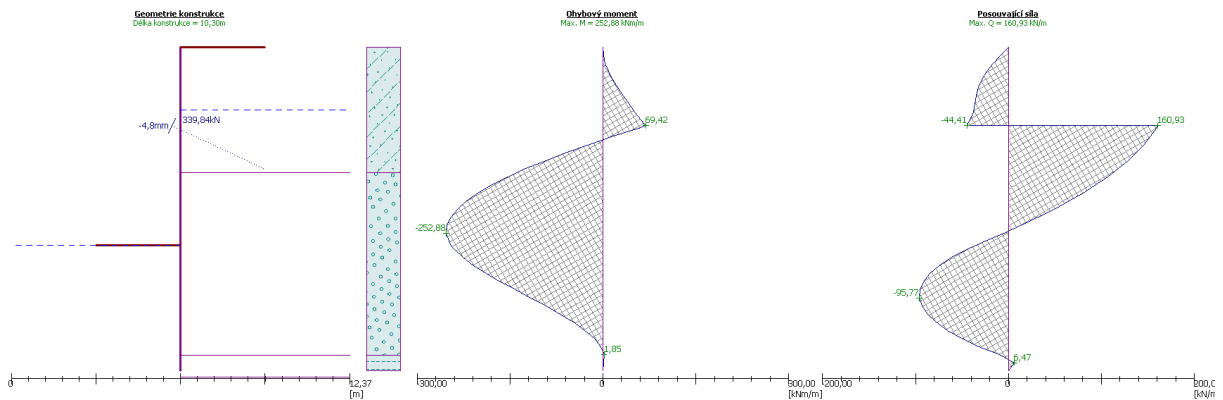
Fáza 2 – deformácie a napätie



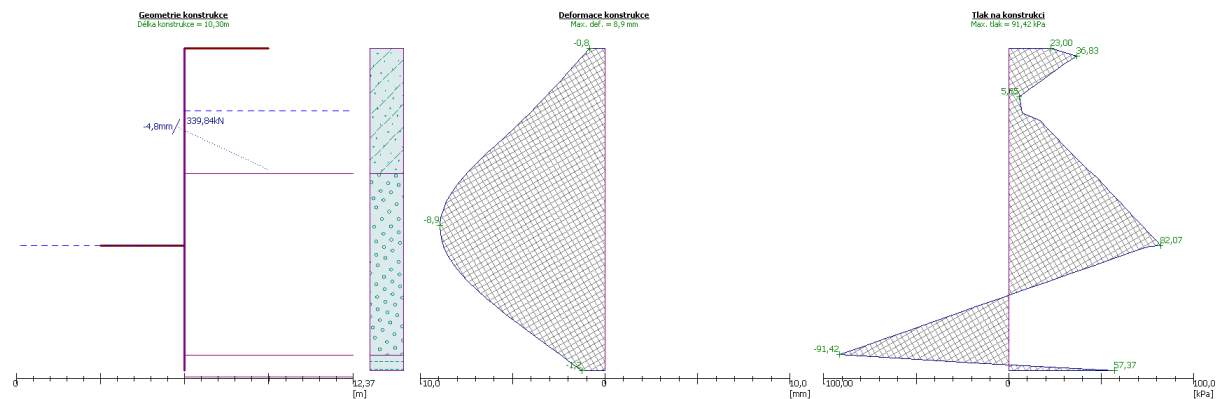
Max. deformácia = 1,60 mm
 Max. posúvajúca sila = 99,48 kN/m
 Max. moment = 98,41 kNm/m

Diplomová práca
 Alternatívny návrh zaistenia stavebnej jamy pre stavbu ÚČOV – Nová vodná linka na
 Cisárskom ostrove v Prahe

Fáza 3 – vnútorné sily



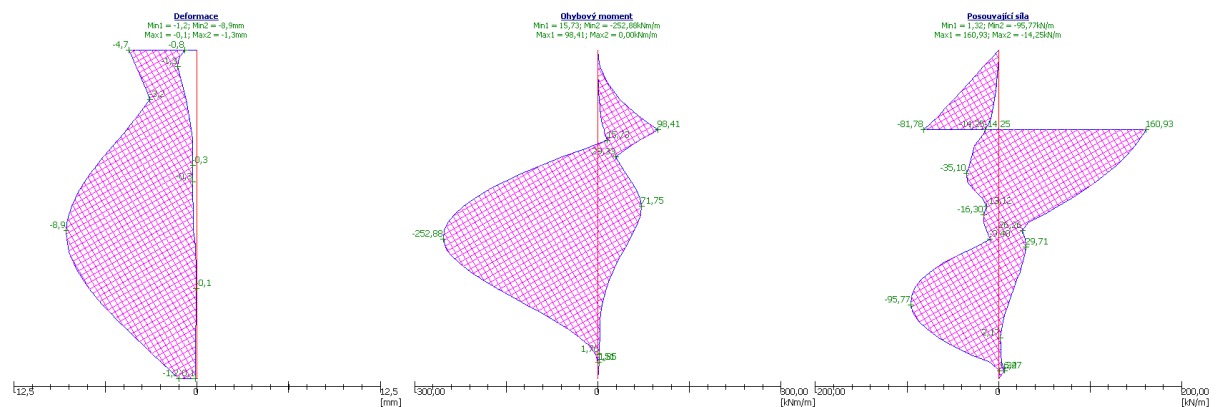
Fáza 3 – deformácie a napätie



Max. deformácia = 8,90 mm
 Max. posúvajúca sila = 160,93 kN/m
 Max. moment = 252,88 kNm/m

Dimenzovanie prierezu

Obálka vnútorných síl a deformácií



Max. deformácia = -8,90 mm
 Max. posúvajúca sila = 325,88 kN/m
 Max. moment = 512,09 kNm/m

Posúdenie

Na ohyb

Navrhnutá výstuž: 14 ks profil 22 mm; krytie 40,0 mm

Typ konštrukcie (stupňa vystuženia): nosník

Stupeň vystuženia $\rho = 0,691 \% > 0,130 \% = \rho_{\min}$

Zaťaženie : $M_{Ed} = 512,09 \text{ kNm}$

Únosnosť : $M_{Rd} = 574,49 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 512,09 \text{ kNm} < M_{Rd} = 574,49 \text{ kNm}$

Navrhnutá výstuž pilóty VYHOVUJE.

Na šmyk

Navrhnutá výstuž: profil 12 mm; vzdialenosť 180 mm

Zaťaženie: $V_{Ed} = 325,88 \text{ kN}$

Únosnosť: $V_{Rd} = 344,21 \text{ kN}$

$V_{Ed} = 325,88 \text{ kN} < V_{Rd} = 344,21 \text{ kN}$

Prierez VYHOVUJE.

=> Ohybová výstuž je navrhnutá $\emptyset 22$, šmyková výstuž je $\emptyset 12$ à 180 mm špirálovo omotaná okolo ohybovej výstuže.

Návrh a posúdenie kotiev

Sila v kotve v 1. KÚ = 339,84 kN

Návrh kotvy – 3 pramencová, prierezová plocha 1 prameňa $A = 150 \text{ mm}^2$

$P_0 = 339,84 \text{ kN} < 0,6P_{tk} = 478,00 \text{ kN}$ (kritérium vid' Obr. 30)

9 Porovnanie súčasného a alternatívneho návrhu zaistenia stavebnej jamy

9.1 Porovnanie z hľadiska prevedenia

Všeobecne medzi výhody štetovnicových stien sú v rýchlosti výstavby, možnosti okamžitého začatia výkopu po osadení štetovnic, vodotesnosť, možnosti variabilného zaistenia stavebnej jamy a možnosti znovu použiť štetovnice. Nevýhodou je obmedzená dĺžka daná výrobkom, ich nižšia tuhosť a relatívne vyššia cena.

Výhody podzemných stien sú v ich tuhosti a možnosti vyžitia steny trvalá ako súčasť budovanej konštrukcie.

Pri porovnaní súčasného návrhu a alternatívneho návrhu by som sa priklonila na stranu súčasného návrhu. Hlavnými dôvodmi je fakt, že podzemná stena je navrhovaná len ako dočasná a že je potrebné ju budovať po častiach.

Prvý spomínaný dôvod je dočasnosť železobetónovej podzemnej steny. Podzemné steny čisto k pažiacim účelom sa skoro nenavrhujú. Navrhujú sa ako trvalé a tvoria napríklad obvodové suterénne steny objektov.

Na novej vodnej linke to však nie je možné realizovať. Jedným z dôvodov, že okolo objektov sú vedené kanále a tým vzniká odskok od väčších objektov, u ktorých by sa dala zväziť možnosť použitia podzemnej steny ako trvalej. Ďalším dôvodom je fakt, že sa objekty nachádzajú pod hladinou podzemnej vody a tým vzniká množstvo zložitých detailov napojenia, aby sa zabránilo vnikaniu vody do objektu spomedzi škáre. Taktiež by bolo potrebné vymyslieť vhodné odvodnenie dna. Pri súčasnom návrhu je odvodnenie pomocou, ktoré studní po obvode stavebnej jamy. A nakoniec je dôležitá aj povrchová úprava. Líc podzemnej steny je po odťažení zeminy nerovný a nevhodný do vnútorných priestorov NVL. Stena by musela byť upravená aby spĺňala požiadavky na povrch.

Ďalším hlavným dôvodom je fakt, že stena nie je realizovaná z úrovne terénu, ktorý tam bude počas celej stavby. Paženie sa realizuje z pôvodného, resp. pripraveného terénu a po vybudovaní konštrukcie bude vonkajšia strana zasypaná, aby sa vytvorila hrádza na ochranu proti povodni.

To znamená, že podzemná stena musí byť realizovaná v dvoch častiach. Najskôr sa vybuduje v ryhe a následne na to bude vybetónovaná nad úroveň terénu do debnenia. Tento postup je oproti osadzovaniu štetovnic do tesniacej steny časovo náročnejší a prácnejší.

Postup štetovnicovej steny je nasledujúci. Vyhĺbená rýha sa môže hneď po odťažení vyplniť ílocemntovou suspenziou. Následne na to sa do nej osadia štetovnice, ktoré z nej vytŕčajú na požadovanú výšku a sú pripravené na začatie hĺbenia. Betónovaná stena naopak musí nabráť počiatočnú pevnosť aby sa vôbec mohla oddebniť.

Ďalším pozitívom pri realizovaní tesniacej steny je, že sa predíde náročnej manipulácii s armokošom, ktorý sa osadzuje do železobetónovej steny pred jej vybetónovaním. Manipulácia so štetovnicami je vzhľadom k ich rozmerom menej náročná.

V neposlednej rade je výhoda štetovnic v tom, že sa dajú po skončení stavby znovu použiť. Betónová stena musí byť vybúraná alebo zostane osadená v zemi bez nejakého ďalšieho významu. Význam by mala v prípade, že by naďalej tesnila priestor, v ktorom je vybudovaná Nová vodná linka.

9.2 Porovnanie z hľadiska ceny

Finálna cena oboch je stanovená pomocou cenovej databázy URS Praha 2018 01.KD. Cena súčasného návrhu neodpovedá skutočnej cene. Súpis prác bol nanovo vytvorený a ocenený, aby platili rovnaké podmienky pri oceňovaní ako pri alternatívnom návrhu, tzn. rovnaká cenová databáza. V súpise prác sú ocenené len hlavné položky, nepočíta sa dopravou a skládkami.

Súpisy prác sú súčasťou príloh

- Príloha č. 2A Súpis prác súčasného návrhu zaistenia stavebnej jamy
- Príloha č. 2B Súpis prác alternatívneho návrhu zaistenia stavebnej jamy

Podľa ocenených súpisov prác vychádza alternatívny návrh o 10 % lacnejší ako súčasný návrh. Avšak na základe takto ocenených súpisov si nedovolím vyvodiť záver, že je to naozaj cenovo výhodnejšia varianta.

10 Záver

Súčasný návrh zaistenia stavebnej jamy je kombináciou ílo cementovej tesniacej steny, do ktorej sú osadené štetovnice a prevrtavanou pilótovou stenou.

Alternatívny návrh je navrhnutý ako kombinácia monolitickej železobetónovej podzemnej steny s prevrtavanou pilótovou stenou a priečna stena je navrhnutá ako voľne stojaca pilótová stena.

Myslím si, že súčasný návrh je na zaistenie stavebnej jamy s prihliadnutím na rozmery a počiatočné podmienky vhodnejší. Dôvodom je rýchlosť výstavby a jednoduchšia realizácia ako pri budovaní železobetónovej podzemnej steny, ktorú je ešte potrebné dobetónovať do konečnej výšky.

Z cenového hľadiska nepovažujem 10% rozdiel v cene ako dostačujúci dôkaz o tom, že alternatívny návrh je naozaj cenovo výhodnejší.

11 Registre

11.1 Použité zdroje

- [1] doc. Ing. Jan Masopust, CSc., *Zakládání staveb 2*, Praha 6: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2017.
- [2] Mobiko plus, Cube Studio, [Online]. Available: <http://www.mobikoplus.cz/reference/avion-shopping-park-ostrava-extension-north/#!prettyPhoto>. [Cit. 7 Máj 2018].
- [3] „Docplayer,“ [Online]. Available: <http://docplayer.cz/47115152-Pazici-konstrukce-shee2ng.html>. [Cit. 7 Máj 2018].
- [4] I. Z. Jeřichová, „Online zakladani,“ [Online]. Available: <http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-zakladani/obsahjama.html>. [Cit. 2018].
- [5] Zakládání staveb a.s., xliska.cz, NoDesign.cz, [Online]. Available: <http://www.zakladani.cz/cz/technologie>. [Cit. 7 Máj 2018].
- [6] „Prague City Tourism,“ [Online]. Available: <https://www.prague.eu/cs/objekt/mista/623/stara-cistirna-odpadnich-vod-v-bubenci?back=1>.
- [7] Pražské vodovody a kanalizace, VIZUS, [Online]. Available: <http://www.pvk.cz/ospolecnosti/technicka-a-vyrobni-data/zakladni-informace/cistirny-odpadnich-vod/>. [Cit. 13 Máj 2018].
- [8] „Nova čistírna,“ [Online]. Available: <http://www.novacistirna.cz/>. [Cit. 8 Máj 2018].
- [9] Stavební združení ÚČOV, *Podklady k poptávce*, 2011.
- [10] *Leták spoločnosti Bauer*.
- [11] Bauer Funderingstechnik, [Online]. Available: <http://www.bauernl.nl/nl/bauer-projectreference/Mixed-in-Place-wand-Hondsbroeksche-Pleij/>. [Cit. 19 Máj 2018].
- [12] Gefos a.s., *Podklad k monitoringu*.
- [13] Sweco Hydroprojekt, *Projektová dokumentácia NVL*.
- [14] FREYSSINET CS, 4site CMS, s.r.o., Creative Studio. [Online]. [Cit. 13 Máj 2018].

11.2 Normy

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro podzemní stavby

ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecné pravidla

ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce

11.3 Zoznam obrázkov

Obr. 1 Svahovaný výkop [2].....	12
Obr. 2 Hlavné časti konštrukcie paženej stavebnej jamy [1] a) rozperné paženie b) kotvené paženie 1 – pažiaca stena, 2 – převázky, 3 – horný veniec, 4 – kotvy, 5 – rozpery	12
Obr. 3 Schéma záporého paženia [3] a) pôdorys paženia, b) pohľad na paženie 1 – zápora, 2 – pažina, 3 – klín, 4 – zásypový materiál, 5 – terén, 6 – úroveň výkopu.....	14
Obr. 4 Pilótové steny [1] a) voľne stojaca pilótová stena, b) tangenciálna pilótová stena a – osová vzdialenosť pilót, d – priemer pilóty, 1 – striekaný betón, 2 - odvodnenie	14
Obr. 5 Mikrozáporová stena [5]	15
Obr. 6 Oceľová štetovnica typu Larssen [4]	16
Obr. 7 Technologický postup realizácie kotvenej monolitckej podzemnej steny [5] 1a) Ťažba jednotlivých záberov a hrázky drapákom pod ochranou pažiacej suspenzie; 1b) Osadenie armokoša a zámkovej pažnice s tesniacimi pásmi do lamely; 1c) Betonáž lamely; 1d) Postupné odkopávanie a kotvenie po kotevných úrovniach	17
Obr. 8 Schéma postupného osadzovania, zavesovania a dotesňovania zámkov prefabrikátov do ryhy [5]	17
Obr. 9 Prevrtávaná pilótová stena [1] a – osová vzdialenosť pilót, d – priemer pilóty, p – primárna pilóta, s – sekundárna pilóta	18
Obr. 10 Princíp technológie tryskovej injektáže metódou M1 a M2 [5] 1a) injekčná zmes 2b) stlačený vzduch 1c) vyplavený materiál 1d) lúč injekčnej zmesi 1e) lúč injekčnej zmesi a stlačeného vzduchu 1f) preinjektovaný stĺp zeminy	19
Obr. 11 Pôvodná ÚČOV [6].....	20
Obr. 12 Letecký pohľad na súčasnú ÚČOV [7]	20
Obr. 13 Situácia širších vzťahov [8]	22
Obr. 14 Celkový situačný výkres [8]	22
Obr. 15 Vizualizácia NVL [8]	23
Obr. 16 Situácia IG vrtov J1-J42 [9]	23

Obr. 17 Situácia IG vrtov J43-J45 [9]	24
Obr. 18 Schematický situačný výkres predmetu diela [9].....	26
Obr. 19 Pracovné úrovne pre realizáciu tesniacich stien [9]	27
Obr. 20 Schéma úrovne základovej škáry objektov ÚČOV [9]	27
Obr. 21 Technológia MIP [10]	29
Obr. 22 Postup vytvárania podzemnej steny [10].....	29
Obr. 23 Vrtná súprava (obrázok nie je zo stavby NVL) [11]	30
Obr. 24 Súčasný návrh zaistenia stavebnej jamy	31
Obr. 25 Situácia monitorovaných bodov okolo SO 04 [11].....	35
Obr. 26 Situácia monitorovaných bodov okolo zvyšnej časti NVL [11].....	36
Obr. 27 Situácia meraných bodov od 05/2016 [11].....	37
Obr. 28 Situácia odvodnenia stavebnej jamy [12]	40
Obr. 29 Statický výpočet - fáza 1	48
Obr. 30 Statický výpočet - fáza 2	49
Obr. 31 Statický výpočet - fáza 3 pre 1KÚ	49
Obr. 32 Statický výpočet - fáza 3 pre 2 KÚ	50
Obr. 33 Statický výpočet - fáza 4.....	50
Obr. 34 Statický výpočet - fáza 5.....	51
Obr. 35 Základné parametre pramencových kotiev [13]	52
Obr. 36 Priebeh napätia na stene na strane pôsobiaceho zaťaženia	55

11.4 Zoznam tabuliek

Tab. 1 Stabilní sklony svahů v nezvodnělých ^{x)} horninách a hrubozrnných zeminách [1]	11
Tab. 2 Stabilní sklony svahů v nezvodnělých jemnozrnných zeminách [1].....	11
Tab. 3 Parametre zemín	51

11.5 Použitý software

Geo 5 2018 – Pažení posudek
Scia Engineer 16.1
Kros 4
AutoCAD 2016

Microsoft Office – Word, Excel

11.6 Zoznam príloh

Príloha č. 1 – Statický posudok alternatívneho návrhu zaistenia stavebnej jamy

Príloha č. 2A – Súpis prác súčasného návrhu zaistenia stavebnej jamy

Príloha č. 2B - Súpis prác alternatívneho návrhu zaistenia stavebnej jamy

Výkresová dokumentácia