

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA GEOTECHNIKY



NÁVRH A 3D ANALÝZA ZALOŽENÍ VÝŠKOVÉ BUDOVY

**DESIGN AND 3D ANALYSIS OF THE FOUNDATIONS
OF HIGH-RISE BUILDING**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Achmed Mouzaev
Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Šiška
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Praha, 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

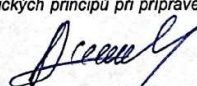
I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Achmed	Jméno: Mouzaev	Osobní číslo: 484595
Zadávací katedra: Katedra geotechniky		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh a 3D analýza založení výškové budovy</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design and 3D analysis of the foundations of high-rise building</u>	
Pokyny pro vypracování: Výběr vhodného stávajícího objektu a stanovení jeho silových účinků na podloží. Stručná rešerše geotechnických podmínek příslušné lokality. Návrh založení objektu klasickými metodami. 3D MKP analýza návrhu založení a porovnání výsledků.	
Seznam doporučené literatury: Vaníček, Ivan. Stavební fakulta. Geomechanika 10: Mechanika Zemin. ČVUT, Praha, 2000. Vaníček, Ivan, et al. Projektování Základových a Zemních Konstrucí. ČVUT, Praha, 2016. Turček, Peter. Zakládání Staveb. Jaga, Bratislava, 2005. Čiháková, Tereza, et al. EC7 Navrhování geotechnických konstrukcí Příručka k ČSN EN 1997-1; 1997-2. ČSSI, Praha, 2016 Masopust, Jan. Navrhování Základových a Pažicích Konstrucí. ČKAIT, Praha, 2018. Jirásek, Milan. Přetváření a porušování materiálů: dotvarování, plasticita, lom a poškození. ČVUT, Praha, 2012.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Zdeněk Šiška</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>16. 2. 2022</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>15. 5. 2022</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.</i>	
<u>16. 2. 22</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 15.5.2022

.....

Achmed Mouzaev

Poděkování

Touto cestou bych rád velice poděkoval svým rodičům za podporu při studiu a také všem, kteří mi pomáhali s přípravou bakalářské práce. Zejména bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Zdeňku Šiškoví za ochotné vedení, předané znalosti, podnětné rady, věnovaný čas a trpělivost při zpracování bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením založení výškové administrativní budovy na ulici Studentská 95 v Pardubicích. Řešený objekt je navržen jako novostavba. V rámci práce byl proveden také předběžný statický výpočet horní stavby. Návrh je zpracován na základě architektonické studie objektu, předběžného statického výpočtu a na základě podrobného inženýrsko-geologického průzkumu.

V práci je zpracována rešerše geotechnických podmínek příslušné lokality. V rámci předběžného statického výpočtu je stanoveno silové zatížení na spodní stavbu. Jsou navrženy dvě varianty založení objektu na pilotách klasickými metodami s popisem použitých metod včetně postupu při návrhu a se stručnou rešerší. Dále je provedena 3D analýza metodou konečných prvků pomocí geotechnického softwaru s následným porovnáním jednotlivých výsledků. Součástí bakalářské práce je také zjednodušená dokumentace navržených konstrukcí.

Klíčová slova

Statika, geotechnika, geologie, základy, piloty, základová deska, 3D analýza

Abstract

This bachelor's thesis deals with the design of the foundation of a high-rise office building at Studentská 95 street in Pardubice, Czech republic. The object is designed as a new building. A preliminary static calculation of the superstructure was also performed within the work. The design is made on the basis of an architectural study of the building, a preliminary static calculation and on the basis of a detailed engineering-geological survey.

The thesis deals with an overview of geotechnical conditions of the given locality. As part of the preliminary static calculation, the force load on the substructure was determined. Two variants of the building foundations on piles are designed using classical methods with a description of the used methods and the design procedure. Furthermore, 3D analysis by finite element method is performed using geotechnical software with subsequent comparison of the results. The bachelor's thesis also includes simplified documentation of designed structures.

Key words

Statics, geotechnics, geology, foundations, piles, piled raft, 3D analysis

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A JEHO OKOLÍ.....	12
1.1 Poloha řešeného objektu	12
1.2 Popis řešeného objektu	13
1.2.1 Obecný popis objektu	13
1.2.2 Popis nosné konstrukce objektu	14
1.2.2.1 Konstrukční schémata objektu	15
1.2.2.2 Statika horní stavby.....	18
1.2.2.3 Statické podepření nosných sloupů a stěn.....	18
1.3 Okolí staveniště.....	19
2 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY.....	20
2.1 Úvod.....	20
2.2 Geomorfologické poměry	21
2.3 Geologické poměry	22
2.3.1 Geologická stavba širšího okolí.....	22
2.3.2 Vrtná prozkoumanost	23
2.4 Hydrogeologické poměry	24
2.5 Základová půda.....	26
2.5.1 Nezámrzná hloubka	26
2.5.2 Shrnutí složení půdního profilu	27
2.6 Popis geologických vrtů.....	27
2.7 Celkový geologický model – GM1.....	32
2.8 Geotechnické vlastnosti zemin a hornin stanovené laboratorním zkoušením.....	33
2.9 Zatřídění zemin a jejich geomechanické charakteristiky.....	34
2.9.1 Geotechnický model.....	36
2.9.2 Geomechanické vlastnosti zemin a hornin	37

2.10	Možnosti založení objektu	39
2.10.1	Založení na základové desce	40
2.10.2	Založení na uměle zhutněném šterkopískovém polštáři.....	40
2.10.3	Založení na šachtových pilířích.....	41
2.10.4	Pilotový základ	42
3	NÁVRH A POSOUZENÍ ZALOŽENÍ OBJEKTU	43
3.1	Zvolený typ základů.....	43
3.1.1	Typ navržených pilot.....	43
3.2	Varianty návrhu založení na pilotách	44
3.2.1	Založení na osamělých pilotách bez základové desky – Varianta 1	44
3.2.2	Piloty podepírající základovou deskou – Varianta 2.....	45
3.3	3D model a analýza metodou konečných prvků pomocí geotechnického softwaru PLAXIS	46
3.4	Hydroizolace spodní stavby.....	46
3.5	Použité materiály	48
3.5.1	Beton.....	48
3.5.2	Ocel.....	49
3.6	Hloubka založení	50
3.7	Zatížení od horní stavby	50
3.7.1	Schéma půdorysu se zatížením od horní stavby.....	50
3.7.2	Zatížení osamělých pilot.....	50
3.7.3	Zatížení řad pilot.....	51
3.8	Schéma rozmístění pilot – Varianta 1	52
3.9	Geotechnická kategorie.....	52
3.10	Svislá únosnost pilot	53
3.11	Sedání osamělých pilot	53
3.12	Sedání skupiny pilot.....	55

3.13	Mezní hodnoty sednutí.....	56
3.14	Tuhost svislých pružin – skupina pilot.....	56
3.15	Statické připojení hlav pilot	57
3.16	Horizontální modul reakce podloží.....	58
3.17	Negativní plášťové tření.....	59
3.18	Účinnost skupiny pilot	61
3.19	Metodika výpočtu a dosazení.....	63
3.20	Výpočet základové desky.....	64
3.21	Varianta založení na pilotách 1	67
3.21.1	Postup návrhu pilot.....	67
3.21.1.1	Osamělé piloty	67
3.21.1.2	Řady pilot.....	68
3.21.2	Nastavení výpočtu osamělých pilot.....	69
3.21.3	Nastavení výpočtu řad pilot.....	69
3.21.4	Mezní stav porušení – ULS – Statický výpočet	71
3.21.4.1	Pilota typu A	73
3.21.4.2	Řada pilot ŘP1	77
3.21.5	Mezní stav použitelnosti – SLS – Statický výpočet.....	85
3.21.5.1	Pilota typu A	85
3.21.5.2	Řada pilot ŘP1	87
3.21.5.3	Nerovnoměrné sedání.....	89
3.21.6	Ostatní piloty a řady pilot.....	90
3.21.7	Výsledný návrh.....	90
3.22	Varianta založení na pilotách 2	92
3.22.1	Postup návrhu	92
3.22.2	Stanovení hloubky deformační zóny vrstevnatého geologického profilu	97

3.22.3	Výsledný návrh.....	98
4	3D ANALÝZA NAVRŽENÉHO ZALOŽENÍ.....	100
4.1	Zatížení spodní stavby	102
4.2	Materiálové modely	102
4.3	Geologický profil.....	105
4.4	Výpočet fází budování.....	107
4.5	Generování sítě	108
4.6	Výsledky	109
4.6.1	Svislá deformace	109
4.6.2	Napětí a vnitřní síly	118
4.7	Porovnání výsledků.....	122
	ZÁVĚR.....	124
	SEZNAM LITERATURY.....	126
	SEZNAM OBRÁZKŮ	131
	SEZNAM TABULEK.....	137
	PŘÍLOHY	138
	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	138
	OBSAH DVD PŘÍLOHY.....	138

ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je navrhnout bezpečné a efektivní založení novostavby výškové administrativní budovy v Pardubicích na ulici Studentská. Součástí práce je předběžný statický výpočet horní stavby s návrhem všech nosných prvků včetně výpočtu zatížení na podloží. Podkladem pro provedení návrhu byla architektonická studie administrativní budovy.

Volba základové konstrukce je ovlivněna několika faktory, obzvláště geotechnickými podmínkami, rozsahem a složitostí objektu. Základové konstrukce se dělí na plošné, hlubinné či kombinované. Vhodný návrh založení by měl být ekonomicky přijatelný a splňovat všechny podmínky na únosnost i použitelnost.

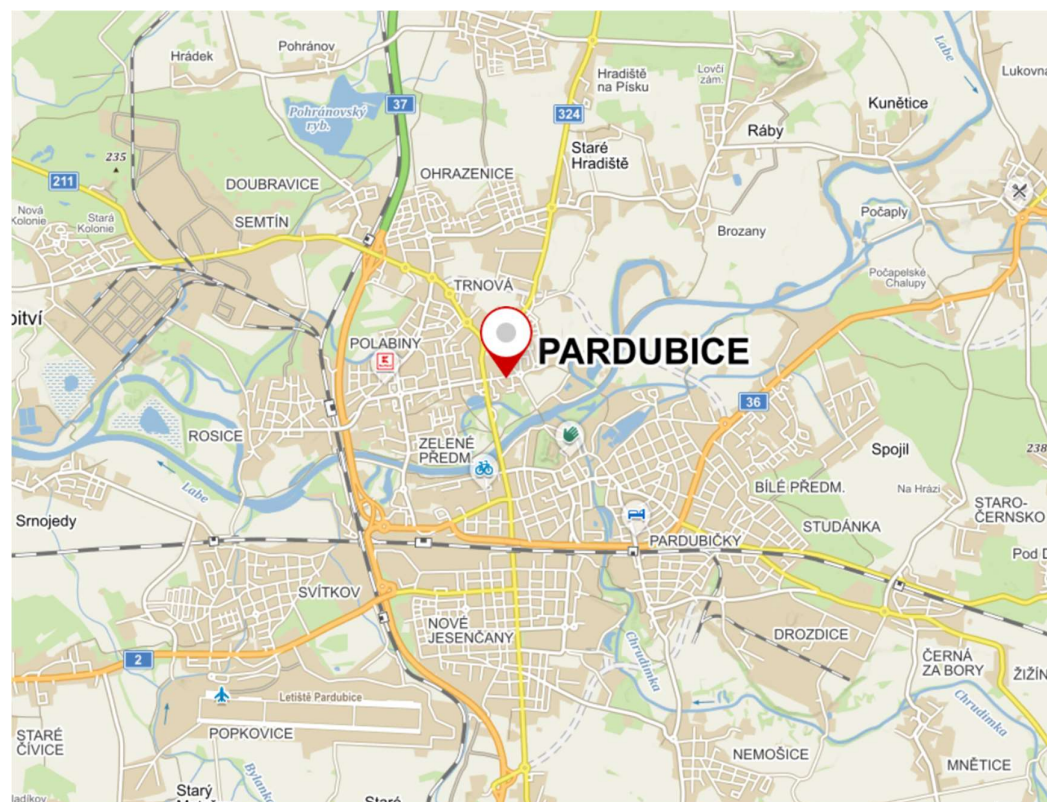
V místě objektu byly v minulosti provedeny inženýrsko – geologické průzkumy, kde jeden z průzkumů je velmi podrobný a obsahuje všechny potřebné informace o podloží, potřebné k vhodnému a bezpečnému návrhu založení jakékoliv stavby podobného rozsahu v daném okolí. Údaje o průzkumech byly získány z archívu Geofondu České geologické služby.

V práci je proveden komentovaný variantní návrh hlubinného a kombinovaného založení použitím klasických ověřených metod včetně ostatních prvků spodní stavby. V poslední části bakalářské práce je provedena 3D analýza metodou konečných prvků jedné z navržených variant založení v geotechnickém softwaru Plaxis s porovnáním výsledků 3D analýzy s výsledky klasické metody.

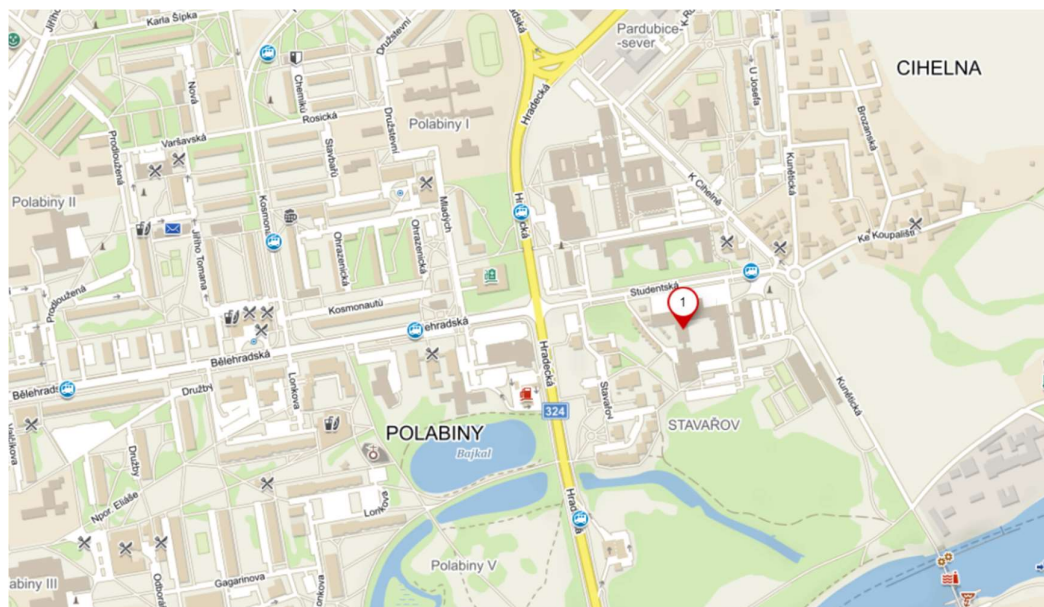
1 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A JEHO OKOLÍ

1.1 Poloha řešeného objektu

Bakalářská práce se zabývá založením novostavby administrativní budovy v Pardubicích, která se bude nacházet v městské části Polabiny II, katastrální území obce Pardubice, na ulici Studentská, číslo popisné 95, na jihozápadní části pozemku s parcelním číslem č. 7195. Zájmové území je na *Obr. 1* označeno červeným kroužkem a nachází se naproti rektorátu univerzity Pardubice. Stavbou nebudou dotčeny žádné stávající objekty, avšak na ní budou ze severní a jižní strany pouze komunikačním prvkem napojeny nezávislé objekty.



Obr. 1 Mapa znázorňující zájmové území [1]



Obr. 2 Poloha řešeného objektu [2]

1.2 Popis řešeného objektu

1.2.1 Obecný popis objektu

Navrhovaná administrativní budova je nepodsklepená, pravidelného obdélníkového půdorysu s částečně předsazeným schodišťovým jádrem, s plochou střechou a s osmi nadzemními podlažími. Celkové půdorysné rozměry nosné konstrukce objektu jsou 30,5 x 16,5 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 32 m nad úrovní okolního terénu – ztužující jádro s výtahovou šachtou. Konstrukční výška všech podlaží je 3 500 mm. V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní část administrativní budovy, zástřešk (s terasou), chodba, výtah, sklad, úklidová místnost, sociální zařízení, relax/handicap, kuchyňka, kanceláře, laboratoře, schodiště. Ve 2. NP až 8. NP se nachází chodba, výtah, schodiště, lodžie, úklidová místnost, sociální zařízení, kuchyňka, jednací místnost, kanceláře, sklad. Střecha nejvyššího podlaží je plochá, nepochozí a je k ní umožněn přístup prostřednictvím hlavního schodiště objektu. Druhé až osmé nadzemní podlaží jsou typické a mají stejná dispozice. Nachází se v nich kanceláře.

Na Obr. 3 je zobrazena vizualizace plánovaného vzhledu budovy z pohledu vnitrobloku.



Obr. 3 Vizualizace plánovaného objektu [3]

1.2.2 Popis nosné konstrukce objektu

Objekt bude založen na hlubinných základech, a to na osamělých železobetonových vrtaných pilotách (bezprostředně pod sloupy) a na řadách pilot (bezprostředně pod nosnými stěnami). Nosný systém budovy je kombinovaný – převážně příčný skeletový se sloupy a příčnými průvlaky doplněný o obvodové příčné a vnitřní podélné ztužující nosné stěny, které budovu ztužují vůči negativním účinkům větru. V podélném směru tvoří obvodový plášť budovy nenosné kovové panely s tepelnou izolací. V příčném směru tvoří obvodový plášť systém ETICS s tepelnou izolací z minerální vlny, který se bude provádět na nosné příčné ŽB stěny. Jelikož je požární výška budovy větší jak 22,5 metrů, bylo nutné navrhnout tepelnou izolaci z nehořlavé minerální vlny. Dále obsahuje nosný systém budovy uzavřené ztužující jádro kolem výtahové šachty a také částečně uzavřené schodišťové jádro.

Všechny nosné konstrukce vyjma železobetonových prefabrikovaných schodišťových ramen jsou železobetonové, monolitické. Sloupy jsou čtvercového průřezu o rozměrech 400x400 mm. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové

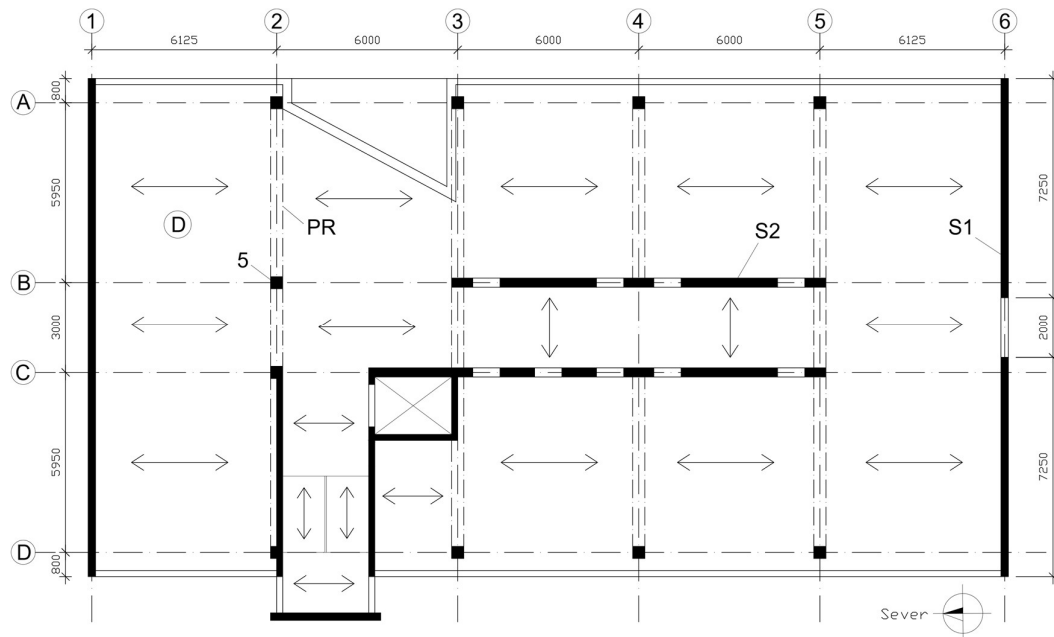
deskové, plné a jednosměrně pnuté k příčným průvlakům či k podélným nosným ztužujícím ŽB stěnám. Tloušťka všech stropních desek je 200 mm.

Výkres tvaru stropu typického podlaží je v příloze ve výkresu č. 1.

Hlavní schodiště je řešeno jako železobetonové deskové dvouramenné s prefabrikovanými rameny a monolitickými podestami. Ramena a podesty schodiště jsou též jednosměrně pnuté, jako všechny ostatní vodorovné nosné konstrukce horní stavby. Tloušťka podest a mezipodest je 200 mm a tloušťka schodišťového ramene je 152,6 mm.

Ztužení objektu je zajištěno párem železobetonových monolitických ztužujících stěn v příčném a v podélném směru v kombinaci s železobetonovým jádrem. Nosné ztužující stěny v příčném směru jsou tloušťky 250 mm včetně předsazené stěny schodišťového prostoru a nosné ztužující stěny v podélném směru mají tloušťku 300 mm. Všechny ostatní ŽB stěny jsou tloušťky 200 mm.

Na Obr. 4 jsou patrné směry pnutí nosných vodorovných konstrukcí budovy.

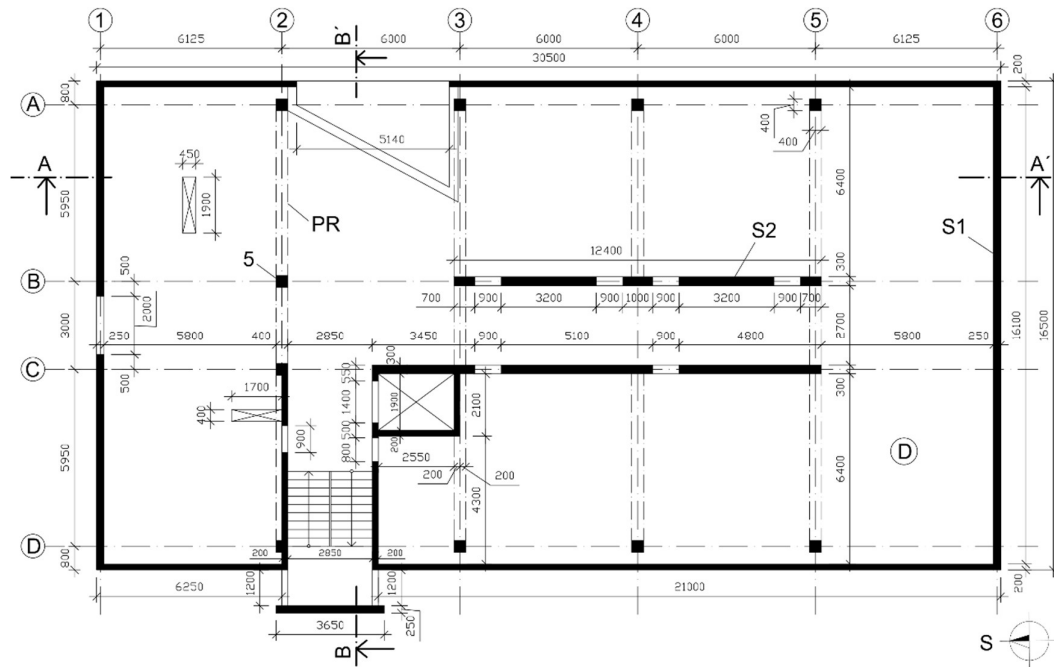


Obr. 4 Schéma pnutí vodorovných nosných konstrukcí horní stavby

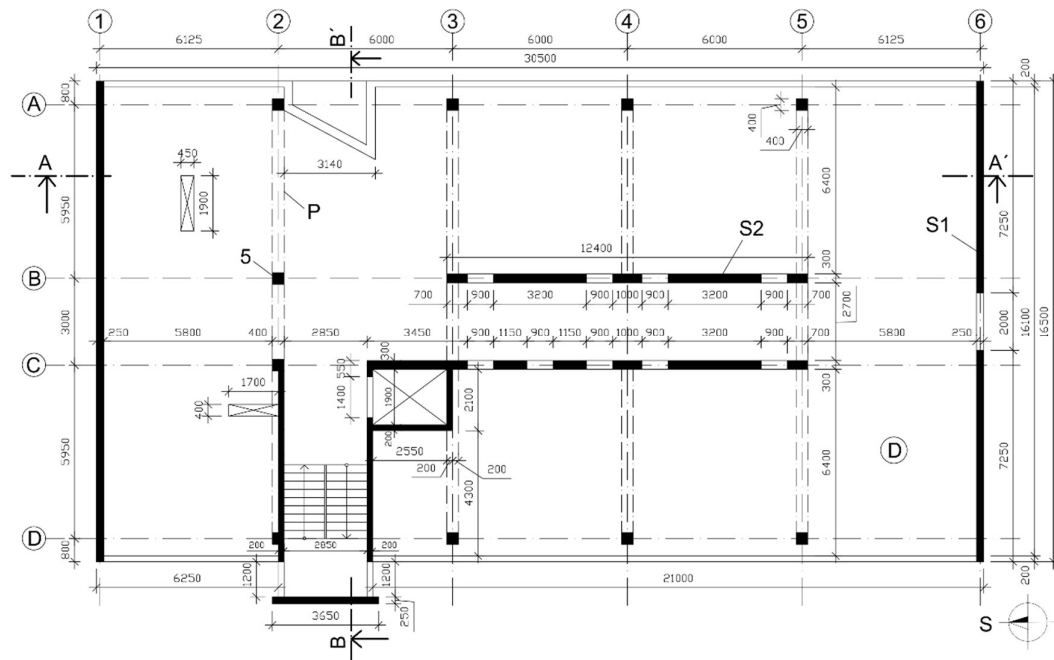
1.2.2.1 Konstruktivní schémata objektu

Všechna podlaží jsou konstruktivně identická, jinými slovy typická. Rozdíly jsou v počtu otvorů v nosných stěnách v jednotlivých podlažích. Přízemí se konstruktivně liší

pouze v tom, že má na obvodu v podélném směru od železobetonové základové desky vytažené železobetonové parapety výšky 1,2 metrů taktéž zateplené systémem ETICS s tepelnou izolací z minerální vlny. Na Obr. 5 je konstrukční schéma půdorysu přízemí, tj. 1.NP a na Obr. 6 je konstrukční schéma typických podlaží, tj. 2.NP až 8.NP.

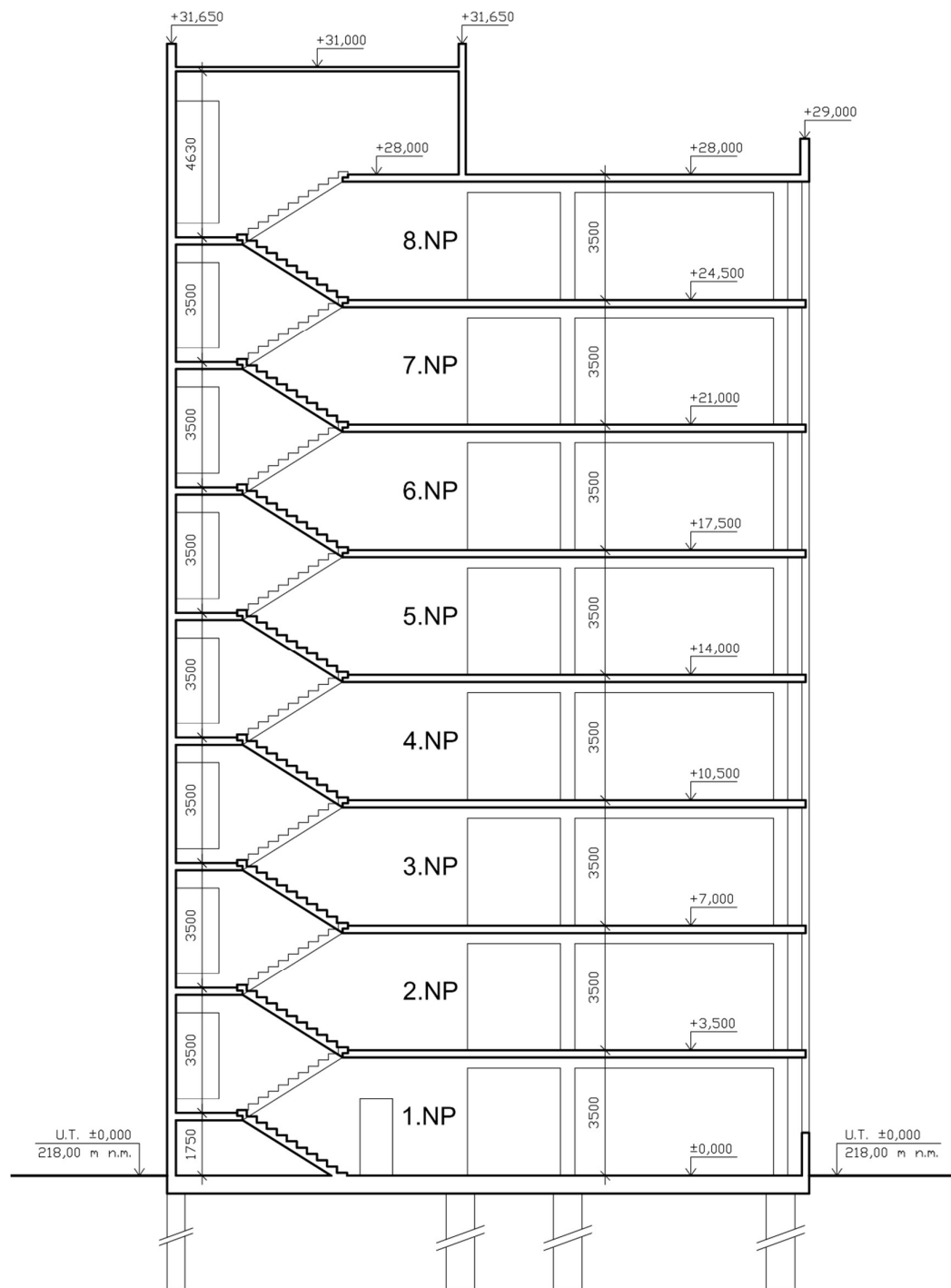


Obr. 5 Konstrukční schéma půdorysu přízemí (1.NP)

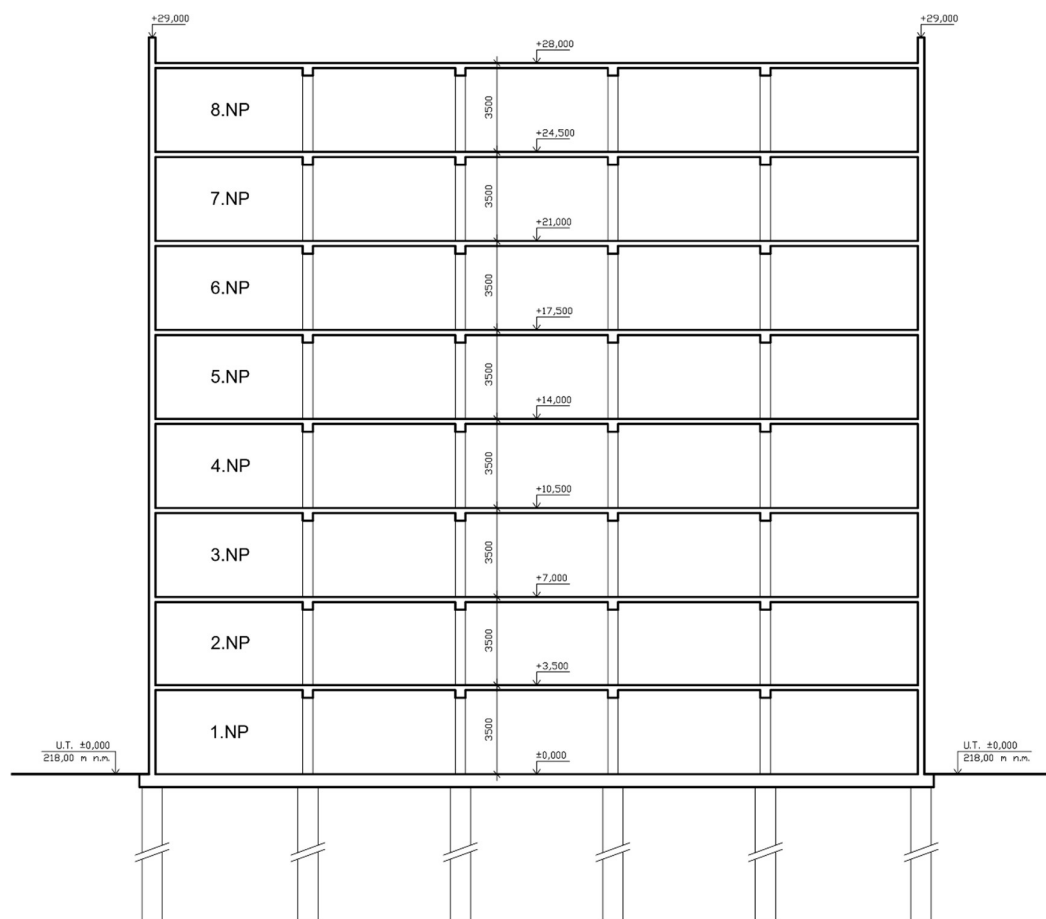


Obr. 6 Konstrukční schéma typického podlaží (2.NP až 8.NP)

Dále jsou na *Obr. 7* a *Obr. 8* zobrazeny konstrukční řezy, jeden příčný a jeden podélný.



Obr. 7 Konstrukční příčný řez objektem B-B'



Obr. 8 Konstrukční podélný řez A-A'

1.2.2.2 Statika horní stavby

V rámci návrhu objektu jsem provedl předběžný statický výpočet horní stavby řešené administrativní budovy včetně návrhu všech rozměrů nosných prvků. Dále jsem stanovil zatížení od horní stavby, tj. jeho silové účinky na základy, tj. podloží včetně vodorovného silového zatížení od účinků větru. Všechny tyto výpočty, návrhy a posouzení jsem prováděl dle platných norem, tj. Eurokódů – viz příloha č. 1.

1.2.2.3 Statické podepření nosných sloupů a stěn

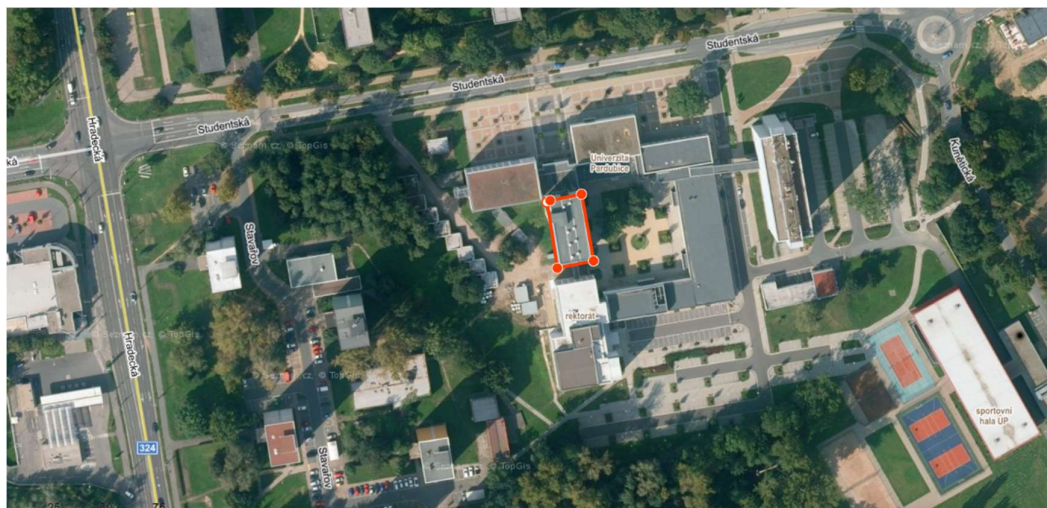
Nosné železobetonové sloupy jsou navrženy a uvažovány jako kloubově podepřené s určitou rezervou na případný ohybový moment a vodorovnou sílu v podepření. Kvůli malé ohybové tuhosti sloupů ve srovnání s nosnými železobetonovými ztužujícími stěnami se bude veškeré vodorovné zatížení primárně od větru přenášet ohybově tuhými nosnými železobetonovými ztužujícími stěnami jak v příčném, tak i v podélném směru. Nosné stěny jsou navrženy a uvažovány jako

vetknuté do podloží, jelikož jsou podepřeny řadou pilot. Stěny mají velkou ohybovou tuhost a v patách nosných stěn je velká tlaková rezerva, což je doloženo v předběžném statickém výpočtu v příloze č. 1.

1.3 Okolí staveniště

Staveniště se nachází nedaleko řeky Labe. Terén je zde převážně rovinný s nadmořskou výškou okolo 218 m n.m. Okolí místa je zastavěno převážně administrativními a bytovými objekty.

Objekt bude napojen z jižní strany na nezávislý sousední nepodsklepený čtyřpodlažní objekt přes komunikační můstek ve 2.NP. Vzdálenost sousedního objektu od navrhovaného objektu je 10 metrů. Ze severní strany bude řešený objekt napojen na nepodsklepený jednopodlažní vestibul. Nebude třeba provádět žádné pažící konstrukce kolem objektu.



Obr. 9 Družicový snímek se zakreslením staveniště [4]

2 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY

2.1 Úvod

Dobrá znalost geologických a geotechnických poměrů je velmi důležitá pro správné založení jakékoli pozemní či jiné stavby. Z části určuje, jak složitá bude konstrukce stavby a také jak ekonomicky a časově náročná bude následná výstavba. Jejich podcenění může mít následky na životech lidí, zvířat a majetku. Nesmí dojít ke kolapsu konstrukce a k jejím nadměrným deformacím. Je proto potřeba mít co nejvíce přesných a aktuálních informací o inženýrsko-geologických a hydrogeologických poměrech, úrovni a chemismu podzemní vody, vlastnostech zemin a hornin.

Jelikož se v místě stavby prováděl podrobný inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum včetně rozsáhlých sondážních prací, vrtných prací a laboratorních zkoušek příslušných vzorků zemin a hornin, nebude třeba provádět další doplňující průzkumy či vrtné práce. Zmiňovaný archivní podrobný inženýrsko-geologický průzkum byl proveden v roce 1974 a určen především pro výstavbu objektu výpočetního střediska, avšak v lokalitě se vyskytují nezávislé vrtly z 50. a 90. let 20. století, které víceméně potvrzují a komplementují výsledky zmiňovaného inženýrsko-geologického průzkumu z roku 1974. Záznamy jednotlivých průzkumů jsou uchovávány ČGS – Geofond Praha.

Většina vlastností a informací o podloží byla převzata z výše uvedeného podrobného inženýrsko-geologického průzkumu z roku 1974 (zakázka číslo 476-73, signatura P67424) včetně některých průzkumných vrtů v okolí stavby.

2.2 Geomorfologické poměry

Zájmové území spadá s přihlédnutím ke geomorfologickému členění České republiky pod:

Kód geomorfologické jednotky:	VIC-1C-2
Systém:	Hercynský systém
Subsystem:	Hercynská pohoří
Provincii:	Česká vysočina
Subprovincii:	Česká tabule
Oblast:	Východočeská tabule
Celek:	Východolabská tabule
Podcelek:	Pardubická kotlina
Okrsek:	Kunětická kotlina

Pardubická kotlina utváří jihovýchodní část Východolabské tabule a je tvořena převážně kvarterními horninami – oblast českého křídového útvaru. Jedná se o erozně denudační sníženinu s rovinným reliéfem na svrchnokřídových slínovcích, spongilitech a na nízkých říčních terasách. Nejvyšším bodem Pardubické kotliny je Kunětická hora s nadmořskou výškou 307 m n. m. Terén zájmového území je rovinný s nadmořskou výškou okolo 218 m n. m.



Obr. 10 Geomorfologické členění ČR [5]

2.3 Geologické poměry

2.3.1 Geologická stavba širšího okolí

Zájmová lokalita patří z hlediska geologického členění České republiky do oblasti České křídové pánve či východní části bohemia. Spadá do svrchně křídové jednotky českého masívu. Po stránce geologické je územní celek řazen k jednotvárné labské oblasti Východočeského křídového útvaru. Z hlediska geologického období se jedná o mezozoikum, tj. druhohory. Horniny podílející se na geologické skladbě, jsou turonského stáří, petrograficky jde hlavně o slíny a slínovce, tedy horniny vyložně pelitického charakteru. Slíny a slínovce jsou horninami málo odolnými vůči erozivním činitelům, velmi brzy střípkovitě rozpadají. Slínovce byly zpevněny cementací a kompakcí. Cementace je část diagenetického pochodu, kdy dochází k chemické reakci mezi CaCO_3 (vápencem – uhličitanem vápenatým), jílovitými minerály a SiO_2 (křemenem – oxidem křemičitým). Kompakce je zmenšení objemu sedimentu následkem jiného uspořádání částic, ke kterému došlo při cementaci. Křídové slínovce jsou silně zvětralé ve slíny a značně puklinaté. V okolí Pardubic jsou křídové horniny překryty poměrně mocnou vrstvou zemin kvarterního stáří – šterky a šterkopisky říčních teras Chrudimky a Labe. Mocnost kvarterního pokryvu je různá, nepřesahuje většinou 10 metrů. [6]



Obr. 11 Geologická mapa území M 1:50 000 [7]

Legenda:

	5	nivní sediment
	6	nivní sediment
	9	slatina, rašelina, hnílokal
	15	navátý písek
	22	písek, štěrk

Sondážními pracemi na lokalitě bylo zjištěno, že je půdní profil tvořen přímo od povrchu terénu písky a štěrkopísky labské říční terasy. V půdním profilu se vyskytují vločky dřevité hmoty kmenů stromů. Půdně – mechanicky je základová půda velmi různorodá ve směru vertikálním i horizontálním. Na bázi kvarterních zemin, tj. přibližně na kótě 211 m n.m., jsou křídové slínovce. Ve štěrkopíscích a píscích se v základové půdě vyskytují kmeny stromů a soudržné zeminy se sníženou konzistencí. Křídové podloží je v okolí objektu víceméně na stejné hloubkové úrovni. Materiál štěrků kvarterních zemin pochází hlavně z Krystalinika, v menší míře je křídového původu. Štěrků dosahují velikosti max. 5 až 10 cm. Křídový slínovec pod vrstvou kvarterních zemin je navětralý, deskovitě odlučný. Mocnost navětraleho slínovce je mocná do 1 metru. [6]

2.3.2 Vrtaná prozkoumanost

Z *Obr. 12* je patrné, že okolí zájmové lokality bylo v minulosti prozkoumáno řadou inženýrsko-geologických průzkumů. Jelikož vrty VS-12 (z roku 1974), PV-1 (z roku 1974), PV-11 (z roku 1974), S-44 (z roku 1959), V-2 (z roku 1981) a vrt V-4 (z roku 1981) jsou k místu objektu nejbližší, byly při vytváření geotechnického modelu uvažovány právě ony.

Z těchto šesti vrtů má největší prioritu vrt VS-12, jelikož je k řešenému objektu ze všech dostupných geologických vrtů nejbližší. Vrty byly prováděny nárazotočivou vrtnou soupravou typu RNM. Z vrtů z roku 1974 byly odebrány zkušební vzorky jednotlivých zemin pro stanovení jejich geotechnických vlastností. Slínovce, které tvoří bázi kvarterních zemin byly podrobeny celé řadě zkoušek. Laboratorní zkoušky na vzorcích slínovců byly prováděny na několika lokalitách v labské oblasti Křídý. [6]



Obr. 12 Vrtná prozkoumanost okolí [8]

Hloubka vrtných sond:

Vrtná prozkoumanost

Vrty

- | | |
|---|-----------|
| + | 5 - 10 m |
| + | 10 - 15 m |

2.4 Hydrogeologické poměry

Na staveništi administrativní budovy existuje poměrně mocný překryv kvarterních zemin. Kvarterní zeminy jsou tvořeny velmi propustnými písky a štěrkopísky labské říční terasy. Vodonosný horizont ve štěrkopíscích je dotován přímou infiltrací vody z řeky Labe. Další dotace pochází z puklinatých křídových slínovců. Čerpací zkouškou byla zjištěna poměrně vysoká vydatnost vodního zdroje. V prostoru staveniště zřejmě existuje přehloubené labské koryto, jímž proudí voda. V průběhu sondážních prací byla zjištěna hladina spodní vody ve všech sondách. [6]

Hladina ustálené spodní vody byla zjištěna v těchto sondách a úrovních:

Tab. 1 Hladina spodní vody v jednotlivých vrtech [6]

<i>Označení vrtu (rok)</i>	<i>Hloubka pod terénem [m]</i>	<i>Kóta HPV [m n.m.]</i>
<i>VS – 12 (1974)</i>	<i>3,60</i>	<i>214,51</i>
<i>PV – 1 (1974)</i>	<i>2,52</i>	<i>213,85</i>
<i>PV – 11 (1974)</i>	<i>3,72</i>	<i>213,86</i>
<i>S – 44 (1959)</i>	<i>1,90</i>	<i>215,63</i>
<i>V – 2 (1981)</i>	<i>2,10</i>	<i>215,70</i>
<i>V – 4 (1981)</i>	<i>2,30</i>	<i>215,80</i>

Jak z výše uvedených hodnot vyplývá, voda se udržuje víceméně přibližně na stejné kótě. Lze předpokládat, že hladina podzemní vody v propustném podloží je řízena především výškovou úrovní hladiny vody v Labi.

Spodní voda vytváří souvislý vodní horizont ve velmi propustných píscích a štěrkopíscích labské říční terasy. Staveniště je situováno v místech přehloubeného labského koryta. Výskyt vody ve štěrkopíscích je trvalého rázu. V průběhu čerpací zkoušky v rámci inženýrsko – geologického průzkumu byly odebírány vzorky vody a bylo provedeno laboratorní zhodnocení spodní vody. Z výsledků laboratorních rozborů vyplývá, že voda není vzhledem k normě ČSN 73 1001 agresivní. Obsah agresivního CO₂ a jiných chemicky agresivních látek je nízký. Tudíž se nepředpokládá rozsáhlé, cílené použití materiálů odolných vůči agresivnímu prostředí pro základy, avšak chemická odolnost základů by se neměla podcenit, jelikož je inženýrsko – geologický průzkum starý více jak 45 let. [6]

Z výsledků čerpací zkoušky byl také vypočten součinitel propustnosti k (známý též jako součinitel hydraulické vodivosti). K výpočtu součinitele propustnosti bylo použito Dupuitovy rovnice. Výsledek inženýrsko – geologického průzkumu z roku 1974 doporučuje používat hodnotu součinitele propustnosti $k = 0,2$ cm/s například pro případný výpočet přítoku vody do stavební jámy. [6]

Kvůli velikým přítokům do stavební jámy, není účelné navrhovat základy, při kterých bude třeba snižovat úroveň hladiny spodní vody.

2.5 Základová půda

Základová půda na celé ploše staveniště administrativní budovy je tvořena přibližně stejně mocnou vrstvou kvarterních zemin – písky a štěrkopísky. Na bázi kvarterních zemin jsou křídové slíny a slínovce. Sondážními pracemi byly v půdním profilu v prostoru objektu zjištěny vložky dřevní hmoty se soudržnou zeminou nízké konzistence. Tyto vložky velmi podstatně snižují kvalitu základové půdy. Mocnost kvarterního překryvu v místě stavby se pohybuje kolem 6 metrů. Báze křídového podloží byla jednotlivými sondami zjištěna v těchto hloubkách a kótách:

Tab. 2 Hloubka křídového podloží v jednotlivých vrtech [6]

Označení vrtu (rok)	Hloubka křídového podloží pod terénem	Kóta [m n.m.]
VS – 12 (1974)	6,80 m	211,31
PV – 1 (1974)	6,20 m	210,17
PV – 11 (1974)	5,50 m	212,08
S – 44 (1959)	5,30 m	212,23
V – 2 (1981)	5,70 m	212,10
V – 4 (1981)	5,30 m	212,80

Půdně – mechanický charakter štěrkopísků a písků je proměnný. Přímo pod terénem jsou hlinité písky a povodňové hlíny. S rostoucí hloubkou pod úroveň terénu vzrůstá podíl hrubozrnné frakce, při styku s křídovými slínovci jsou štěrkopísky, případně štěrky s pískem. Výskyt dřevité hmoty ve štěrkopískových terasách je nepravidelný. Sondážními pracemi byla dřevitá (organická) hmota zjištěna v několika sondách včetně vrtu VS – 12, který je k řešenému objektu nejbližší. Výskytem dřevité hmoty v půdním profilu se velmi podstatně snižují deformační charakteristiky štěrkopískové vrstvy. Založení osmipodlažní administrativní budovy do štěrkopískové vrstvy s vložkami dřevité hmoty je problematické. [6]

2.5.1 Nezámrzná hloubka

Minimální hloubka zakládání dle inženýrsko – geologického průzkumu, vzhledem k namrzání čili nezámrzná hloubka je 0,80 m pod povrchem terénu. [6]

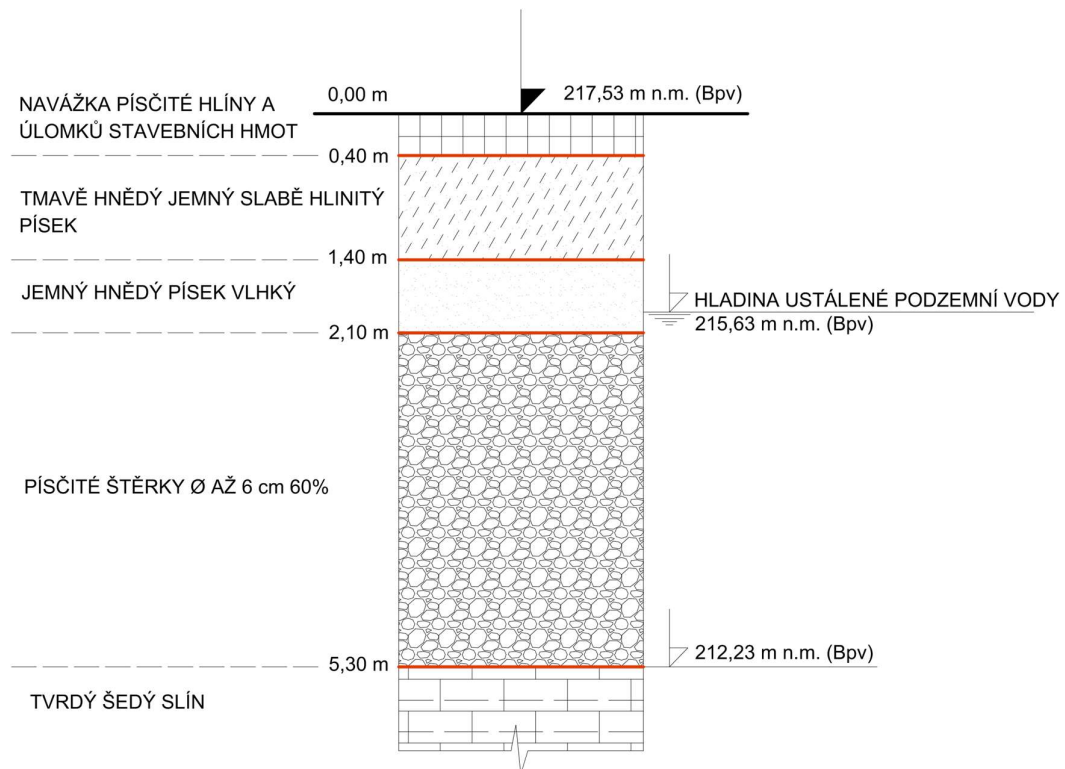
2.5.2 Shrnutí složení půdního profilu

Základovou půdu staveniště tvoří 6 až 7 metrů mocná vrstva kvarterních šterkopísků a písků, rozdílného půdně – mechanického složení. V půdním profilu se zcela nepravidelně vyskytují vložky dřevité (organické) hmoty s hlinitou výplní tuhé a měkké konzistence. Na bázi kvarterních sedimentů jsou křídové slínovce tvrdé konzistence.

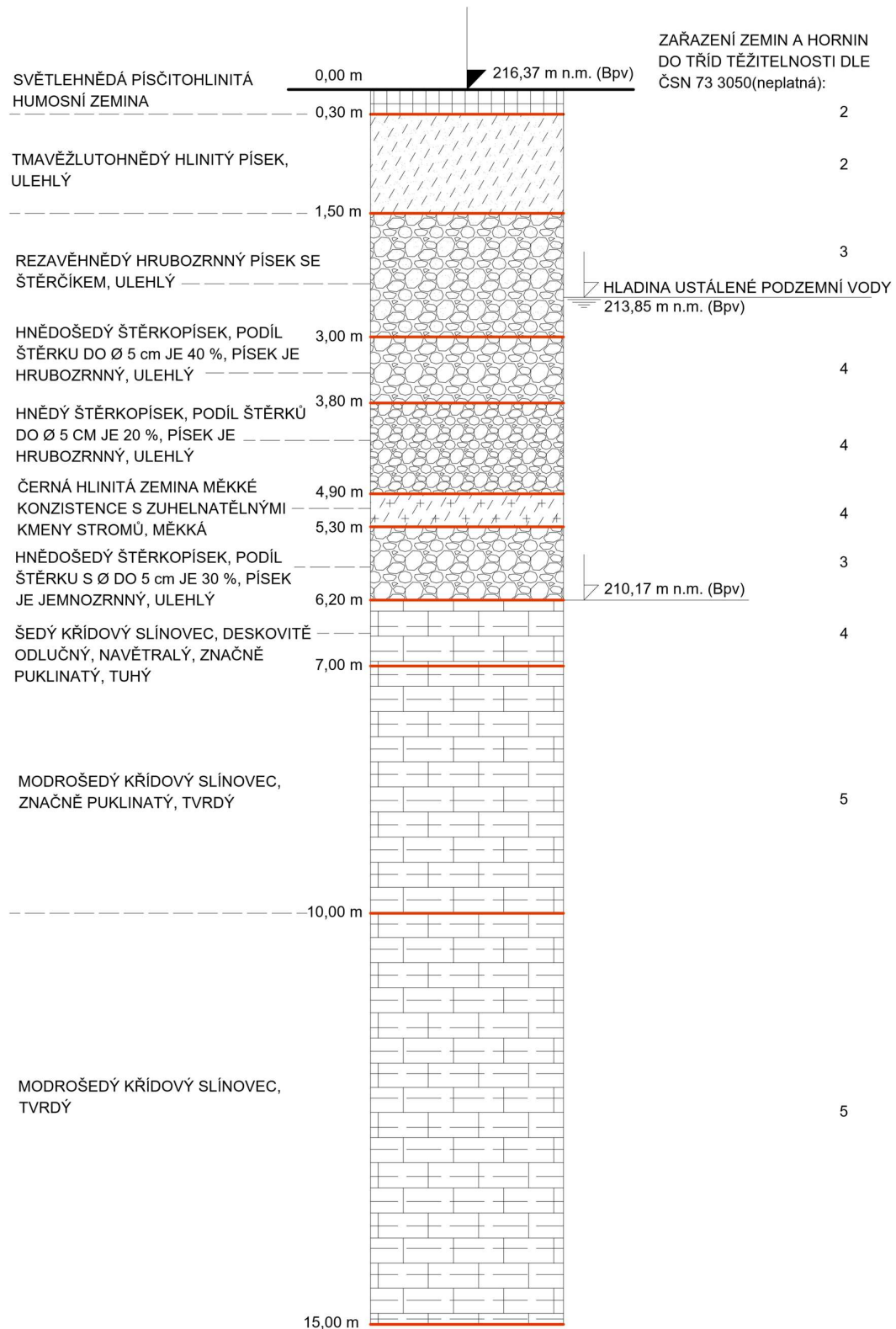
2.6 Popis geologických vrtů

Pro zařídění a určení geomechanických charakteristik zemin a hornin bylo zkoumáno šest geologických vrtů (VS-12, PV-1, PV-11, S-44, V-2, V-4), které byly provedeny bezprostředně v blízkém okolí řešené administrativní budovy kromě vrtu P-1, který je od místa staveniště vzdálen 105 metrů, avšak bylo vhodné porovnat i tento vrt s ostatními vrty pro lepší přehled proměnnosti podloží. Všechny geologické profily byly převzaty z příslušných inženýrsko – geologických průzkumů. Geologické profily všech šesti vrtaných sond jsou zdokumentovány na následujících příslušných obrázcích.

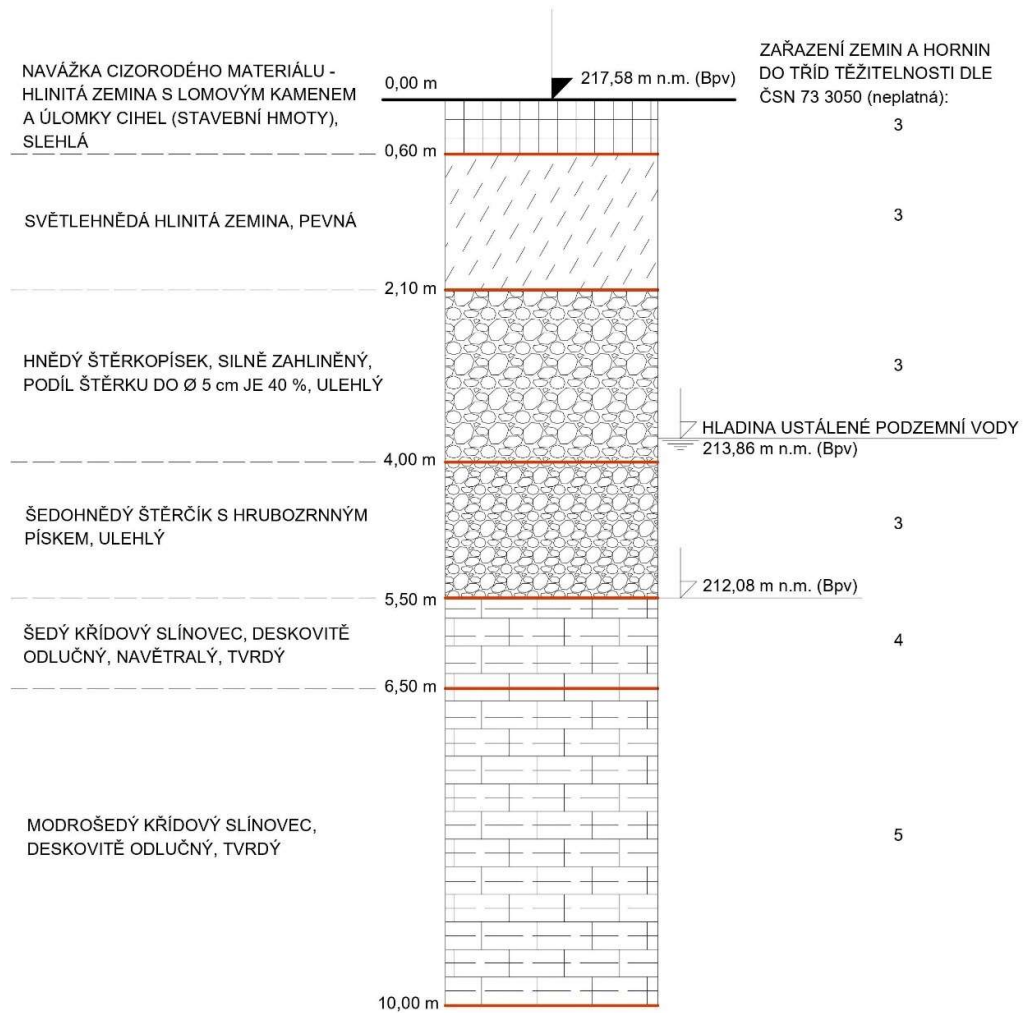
Vrt S – 44:



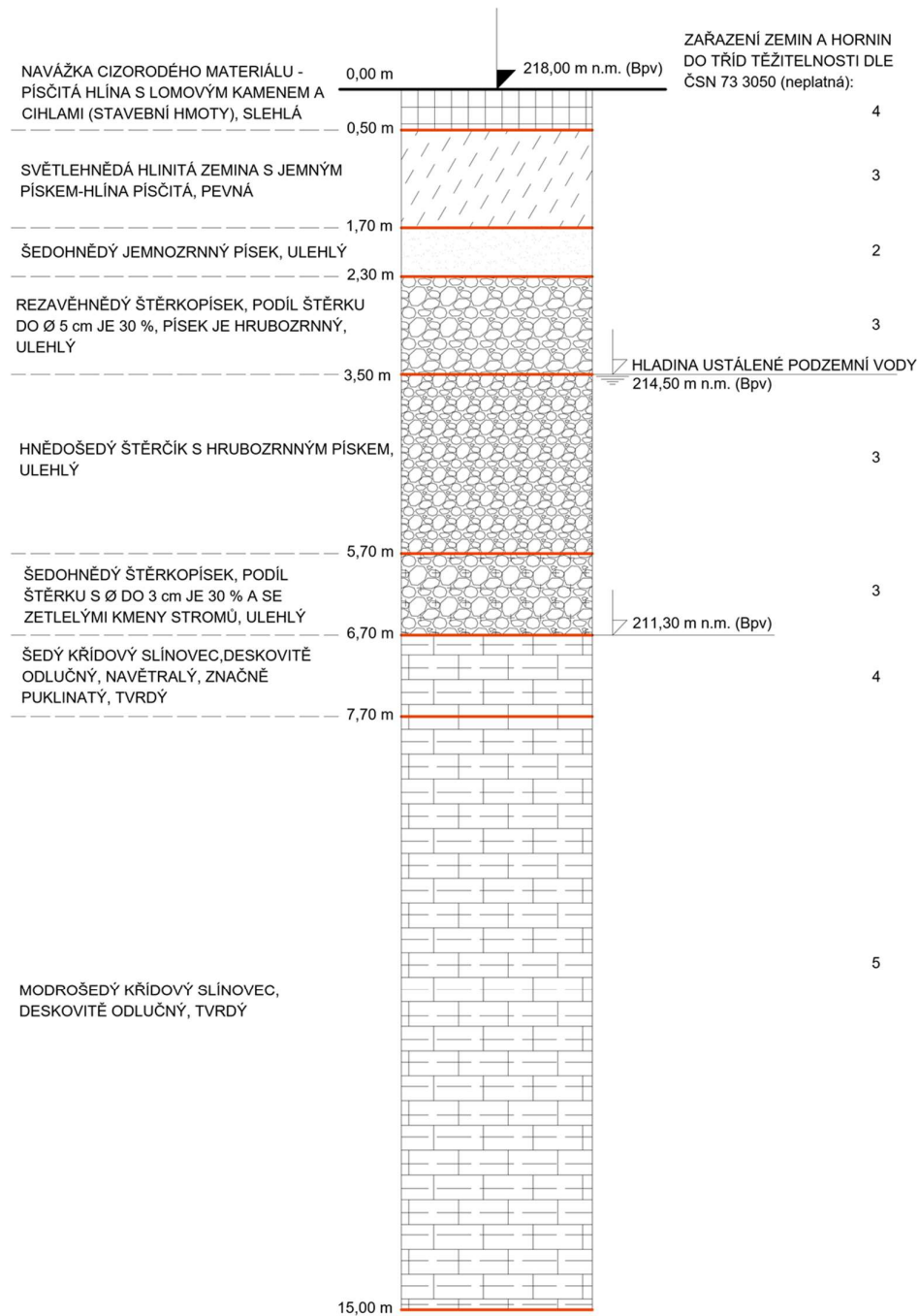
Obr. 13 Geologický profil vrtu S-44

Vrt PV – 1:

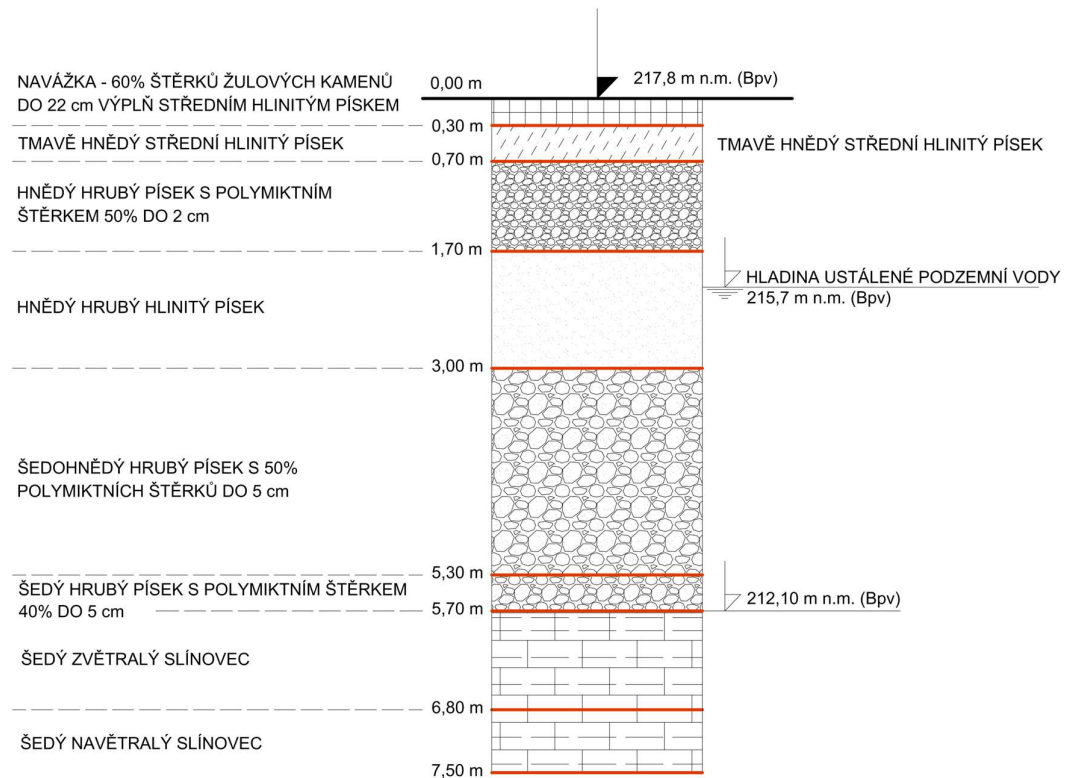
Obr. 14 Geologický profil vrtu PV-1

Vrt PV – 11:

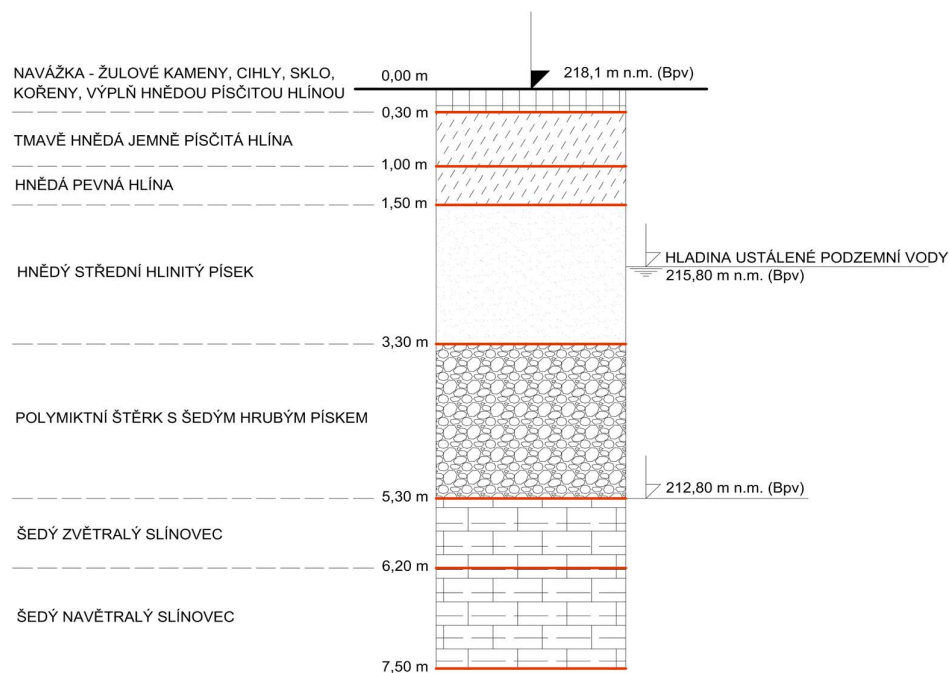
Obr. 15 Geologický profil vrtu PV-11

Vrt VS-12:

Obr. 16 Geologický profil vrtu VS-12

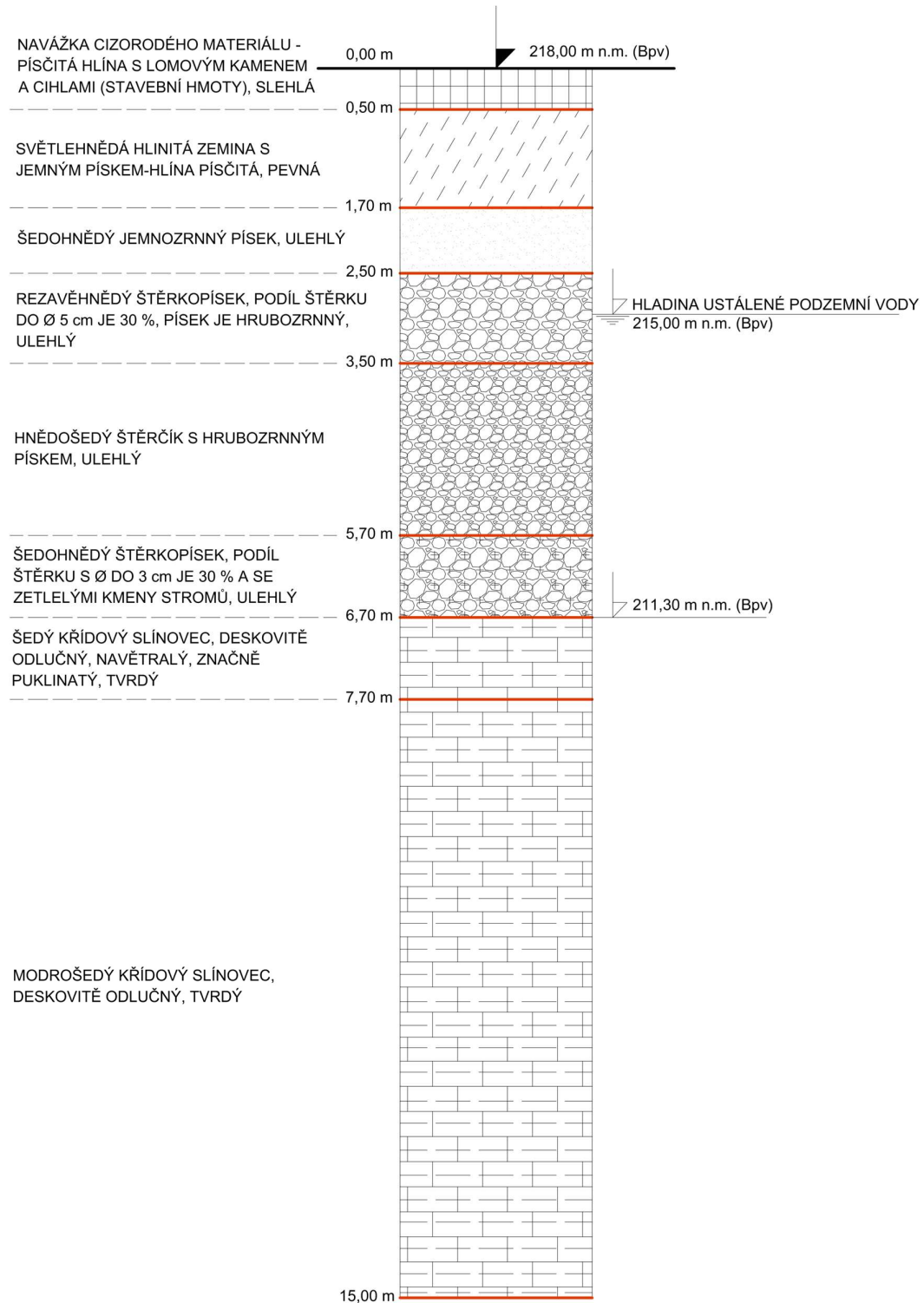
Vrt V-2:

Obr. 17 Geologický profil vrtu V-2

Vrt V-4:

Obr. 18 Geologický profil vrtu V-4

2.7 Celkový geologický model – GM1



Obr. 19 Geologický model GM1

2.8 Geotechnické vlastnosti zemin a hornin stanovené laboratorním zkoušením

Slínovce jsou horniny s obsahem 25–75 % CaCO_3 . Předpokládá se, že CaCO_3 se podílí na celkovém obsahu slínovců v kalcitové formě. Není však přesně známo, zda jde o karbonát vysrážený z vod výlučně chemickými pochody nebo za spolupůsobení organismů, anebo je tvořen materiálem klastického původu. Slínovce jsou zpevněny hlavně účinkem cementace a kompakce. [6]

Pro slínovce je charakteristický náhlý vzrůst pevnostních a deformačních charakteristik. Bezprostředně při styku kvarterních sedimentů se slínovci je modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 98 \text{ Mpa}$. Vzrůst modulu přetvárnosti slínovců s hloubkou je náhlý, změny jsou řádového charakteru. Hodnoty modulu přetvárnosti a prosté pevnosti v tlaku jsou dle inženýrsko – geologického průzkumu přímo úměrné. Zcela náhlý vzrůst pevnostních a deformačních charakteristik slínovce je závislý na hloubce periglaciálního promrzání. [6]

Zcela náhlý vzrůst pevnostních a deformačních charakteristik zemin a hornin byl na lokalitě dle inženýrsko – geologického průzkumu zjištěn v hloubce kolem 12 metrů pod úrovní terénu. [6]

Pro návrh základů a geotechnické výpočty se dle laboratorních zkoušek inženýrsko – geologického průzkumu z roku 1974 (signatura P67424) uvádějí následující geomechanické vlastnosti zemin a hornin:

1) Hrubozrnný písek se štěrkem a štěrčikem, ulehlý

(zeminy tř. 12 dle bývalé ČSN 73 1001)

Modul přetvárnosti: $E_{\text{def}} = 78,5 \text{ MPa}$

Efektivní úhel vnitřního tření: $\varphi_{\text{ef}} = 38^\circ$

2) Štěrkopísek, ulehlý

(zeminy tř. 10 dle bývalé ČSN 73 1001)

Modul přetvárnosti: $E_{\text{def}} = 98 \text{ MPa}$

Efektivní úhel vnitřního tření: $\varphi_{\text{ef}} = 40^\circ$

- 3) Štěrcík s hrubozrnným pískem, ulehlý
(zeminy tř. 12 dle bývalé ČSN 73 1001)

$$\begin{aligned} \text{Modul přetvárnosti:} & E_{\text{def}} = 98 \text{ MPa} \\ \text{Efektivní úhel vnitřního tření:} & \varphi_{\text{ef}} = 39^\circ \end{aligned}$$

- 4) Šedý křídový slínovec, navětralý, značně puklinatý, tvrdý
(horniny tř. 4 dle bývalé ČSN 73 1001)

$$\text{Modul přetvárnosti:} \quad E_{\text{def}} = 98 \text{ MPa}$$

- 5) Křídový slínovec, tvrdý do hloubky 12,00 m pod terénem
(horniny tř. 3 dle bývalé ČSN 73 1001)

$$\text{Modul přetvárnosti:} \quad E_{\text{def}} = 490 \text{ MPa}$$

- 6) Křídový slínovec od 12,00 m pod terénem níže
(horniny tř. 3 dle bývalé ČSN 73 1001)

$$\text{Modul přetvárnosti:} \quad E_{\text{def}} = 980 \text{ MPa}$$

- 7) Vrstva zemin s dřevitou hmotou
(zeminy tř. 20 dle bývalé ČSN 73 1001)

$$\text{Modul přetvárnosti:} \quad E_{\text{def}} = 3,92 \text{ MPa}$$

2.9 Zatřídění zemin a jejich geomechanické charakteristiky

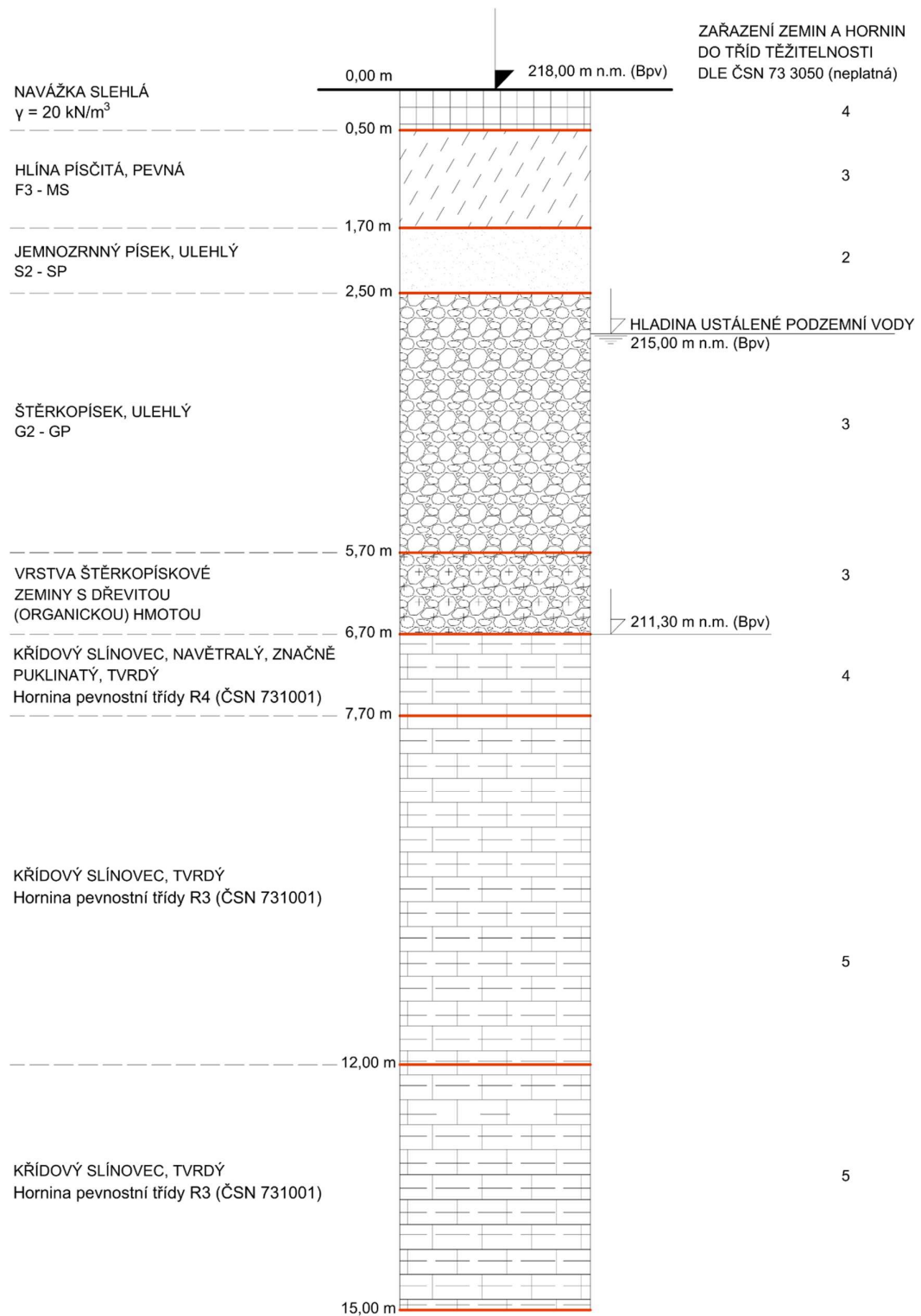
Vytvoření geotechnického modelu a zatřídění zemin jsem provedl s přihlédnutím ke všem šesti vrtaným sondám s tím, že největší prioritu měl vrt VS – 12, jelikož je k místu objektu nejbližší. V rámci inženýrsko – geologického průzkumu z roku 1974 byly zeminy a horniny zatříděny do příslušných tříd dle normy ČSN 73 1001 (viz. Geotechnické vlastnosti zemin a hornin stanovené laboratorním zkoušením), avšak pouze zatřídění slínovců, tj. hornin bude pro účel tohoto projektu užitečné a použitelné. [6]

Hladinu ustálené spodní vody jsem bezpečně volil v menší hloubce, a to v hloubce 3 m pod terénem, tj. na kótě 215,00 m n.m, protože staveniště je v blízkosti řeky Labe a předpokládá se periodická změna úrovně hladiny spodní vody.

Ty charakteristické geomechanické vlastnosti zemin a hornin, které byly laboratorně stanoveny v rámci inženýrsko – geologického průzkumu byly mnou automaticky použity pro příslušné zeminy a horniny bez další redukce obezřetným odhadem, jelikož tyto hodnoty jsou dle inženýrsko – geologického průzkumu uvedeny jako důvěryhodné a bezpečné. [6]

Všechny ostatní charakteristické hodnoty mechanicko – fyzikálních vlastností zemin a hornin byly na základě vhodného zatřídění zemin a hornin a na základě jejich stavu, tj. konzistence či ulehlosti a případně stupni zvětrání konzervativně zvoleny z rozsahů uvedených v tabulkách doporučených pro navrhování geotechnických konstrukcí v České republice (tzv. směrné normové charakteristiky). Jedná se o lehce modifikované tabulkové hodnoty z ČSN 73 1001. Tento postup je v souladu s platnou normou ČSN EN 1997-1 a je umožněn pro konstrukce spadající do 2. Geotechnické kategorie. [24] [26]

2.9.1 Geotechnický model



Obr. 20 Geotechnický model

2.9.2 Geomechanické vlastnosti zemin a hornin

Tab. 3 Geomechanické parametry hlíny písčité F3–MS

Hlína písčítá, Pevná		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	F3 – MS	
Poissonovo číslo	ν [-]	0,35
Převodní součinitel	β [-]	0,62
Objemová tíha	γ [kN/m ³]	18
Modul přetvárnosti	E_{def} [MPa]	10
Efektivní soudržnost	c_{ef} [kPa]	13
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef} [°]	24
Totální soudržnost	c_u [kPa]	60
Totální úhel vnitřního tření	φ_u [°]	10

Tab. 4 Geomechanické parametry jemnozrnného písku S2–SP

Jemnozrnný písek, Ulehlý		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	S2 – SP	
Poissonovo číslo	ν [-]	0,28
Převodní součinitel	β [-]	0,78
Objemová tíha	γ [kN/m ³]	18,5
Modul přetvárnosti	E_{def} [MPa]	35
Efektivní soudržnost	c_{ef} [kPa]	0
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef} [°]	34
Totální soudržnost	c_u [kPa]	-
Totální úhel vnitřního tření	φ_u [°]	-

Tab. 5 Geomechanické parametry štěrkopísku G2–GP

Štěrkopísek, Ulehlý		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	G2 – GP	
Poissonovo číslo	ν [-]	0,20
Převodní součinitel	β [-]	0,90
Objemová tíha	γ [kN/m ³]	20
Modul přetvárnosti	E_{def} [MPa]	98
Efektivní soudržnost	c_{ef} [kPa]	0
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef} [°]	39
Totální soudržnost	c_u [kPa]	-
Totální úhel vnitřního tření	φ_u [°]	-

Tab. 6 Geomechanické parametry zeminy s dřevitou hmotou

Vrstva štěrkopískové zeminy s dřevitou (organickou) hmotou		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	-	
Poissonovo číslo	ν [-]	0,35
Převodní součinitel	β [-]	0,62
Objemová tíha	γ [kN/m ³]	19
Modul přetvárnosti	E_{def} [MPa]	3,92
Efektivní soudržnost	c_{ef} [kPa]	0
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef} [°]	24
Totální soudržnost	c_u [kPa]	-
Totální úhel vnitřního tření	φ_u [°]	5

Tab. 7 Geomechanické parametry navětralého slínovce R4

Křídový slínovec navětralý, značně puklinatý, tvrdý		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	R4	
Poissonovo číslo	ν [-]	0,30
Převodní součinitel	β [-]	0,74
Objemová tíha	γ [kN/m ³]	20
Modul přetvárnosti	E_{def} [MPa]	98
Efektivní soudržnost	c_{ef} [kPa]	60
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef} [°]	24
Totální soudržnost	c_u [kPa]	-
Totální úhel vnitřního tření	φ_u [°]	-

Tab. 8 Geomechanické parametry slínovce R3 v hloubce do 12 metrů

Křídový slínovec, tvrdý, do hloubky 12,00 m pod terénem		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	R3	
Poissonovo číslo	$\nu [-]$	0,25
Převodní součinitel	$\beta [-]$	0,83
Objemová tíha	$\gamma [kN/m^3]$	22
Modul přetvárnosti	$E_{def} [MPa]$	490
Efektivní soudržnost	$c_{ef} [kPa]$	80
Efektivní úhel vnitřního tření	$\varphi_{ef} [^\circ]$	35
Totální soudržnost	$c_u [kPa]$	-
Totální úhel vnitřního tření	$\varphi_u [^\circ]$	-

Tab. 9 Geomechanické parametry slínovce R3 v hloubce od 12 metrů níže

Křídový slínovec, tvrdý, od 12,00 m pod terénem níže		
Zatřídění dle ČSN 73 1001:	R3	
Poissonovo číslo	$\nu [-]$	0,25
Převodní součinitel	$\beta [-]$	0,83
Objemová tíha	$\gamma [kN/m^3]$	23
Modul přetvárnosti	$E_{def} [MPa]$	980
Efektivní soudržnost	$c_{ef} [kPa]$	100
Efektivní úhel vnitřního tření	$\varphi_{ef} [^\circ]$	40
Totální soudržnost	$c_u [kPa]$	-
Totální úhel vnitřního tření	$\varphi_u [^\circ]$	-

2.10 Možnosti založení objektu

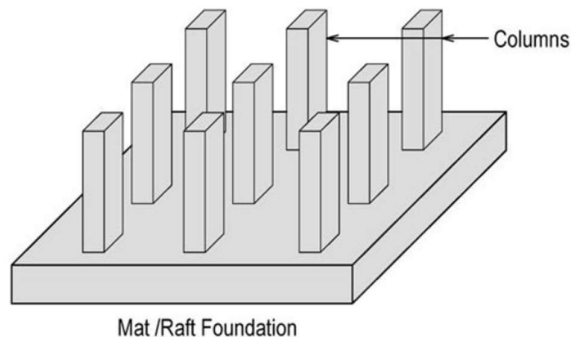
Navrhovaná stavba je konstrukce střední náročnosti a v podloží se vyskytuje silně stlačitelná vrstva organické zeminy. Z těchto důvodů je nevhodné, neefektivní a velice nebezpečné zakládat mnou řešenou osmipodlažní budovu na plošných základech, tj. na základových pasech a patkách vyjma základové desky. Pro návrh zakládání je třeba uvažovat vliv silně stlačitelné vrstvy.

V podrobném inženýrsko – geologickém průzkumu z roku 1974 (signatura P67424) je konstatováno a uvedeno, že se nedoporučuje založení rozsáhlejších objektů na plošných základech. Dále je v průzkumu řečeno, že jako nejvhodnější způsob založení se jeví základ na pilotách či šachtových pilířích. Není účelné navrhnout základy, při kterých bude třeba snižovat úroveň hladiny spodní vody, protože přítoky do stavební jámy jsou veliké. [6]

Z těchto důvodů jsem se rozhodl založit budovu na hlubinných základech konkrétně na vrtaných železobetonových pilotách.

2.10.1 Založení na základové desce

Z důvodu existence silně stlačitelných vložek v půdním profilu by musela být základová deska navržena tak tuhá, aby nerovnoměrnosti vlastností základové půdy byly eliminovány. Předpokládá se nadměrně velká absolutní i nerovnoměrná sedání. Dalším problémem se založením objektu na samotné základové desce je protlačení desky sloupy, jelikož svislé silové zatížení od horní stavby je veliké. Základová deska by musela být hodně tlustá, což je neefektivní, neekonomické a nevhodné. Proto je založení řešeného objektu na samotných plošných základech v daném půdním profilu vyloučeno.



Obr. 21 Schéma založení sloupů na základové desce [9]

2.10.2 Založení na uměle zhutněném štěrkopískovém polštáři

Další možností je odstranění štěrkopísku s méně únosnými dřevitými organickými vložkami a jeho nahrazení zhutněnou štěrkopískovou vrstvou. Hutnění štěrkopísku by bylo možné uskutečnit za předpokladu trvalého snižování úrovně hladiny spodní vody, což je na této lokalitě velmi problematické. Po nahrazení méně únosné

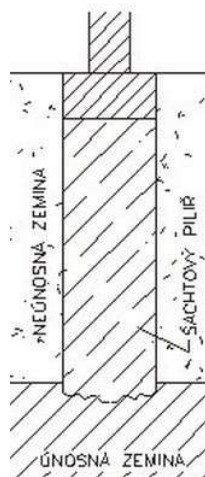
vrstvy zhutněnou štěrkopískovou vrstvou by bylo založení na plošných základech méně rizikové.



Obr. 22 Vrstva štěrkopískového polštáře pod budoucími pasy [10]

2.10.3 Založení na šachtových pilířích

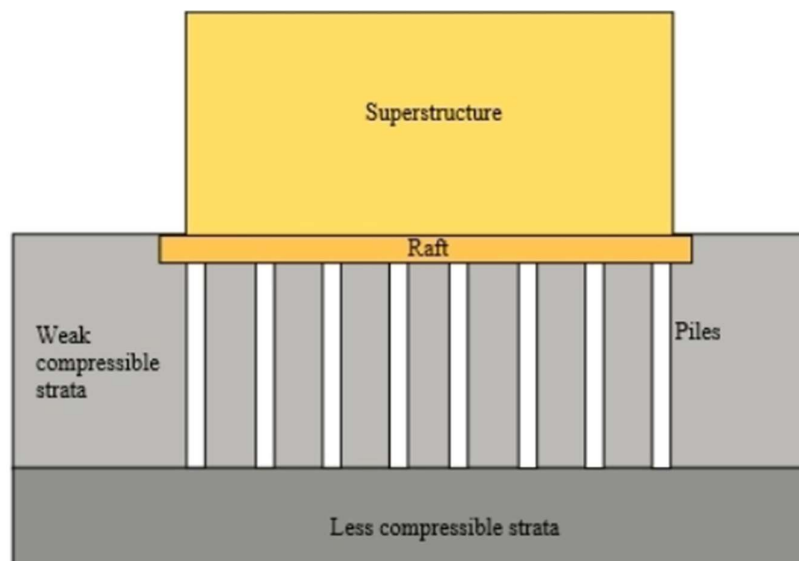
Založení objektu na šachtových pilířích je sice v inženýrsko – geologickém průřezu z roku 1974 uvedeno jako vhodné [6], ale v dnešní době se jedná již o zastaralou a zbytečně složitou technologii pro zakládání pozemních staveb a je nahrazeno velkopřůměrovými pilotami.



Obr. 23 Schéma šachtového pilíře [11]

2.10.4 Pilotový základ

Jako nejvhodnější a nejefektivnější způsob založení pro dané podmínky je založení na vrtaných železobetonových pilotách. Jakékoliv ostatní hlubinné zakládání, které předpokládá umělé snižování úrovně hladiny spodní vody bude velmi obtížné, pro velké přítoky vody do prostoru staveniště.



Obr. 24 Schéma založení na pilotách podepírajících základovou desku [12]

3 NÁVRH A POSOUZENÍ ZALOŽENÍ OBJEKTU

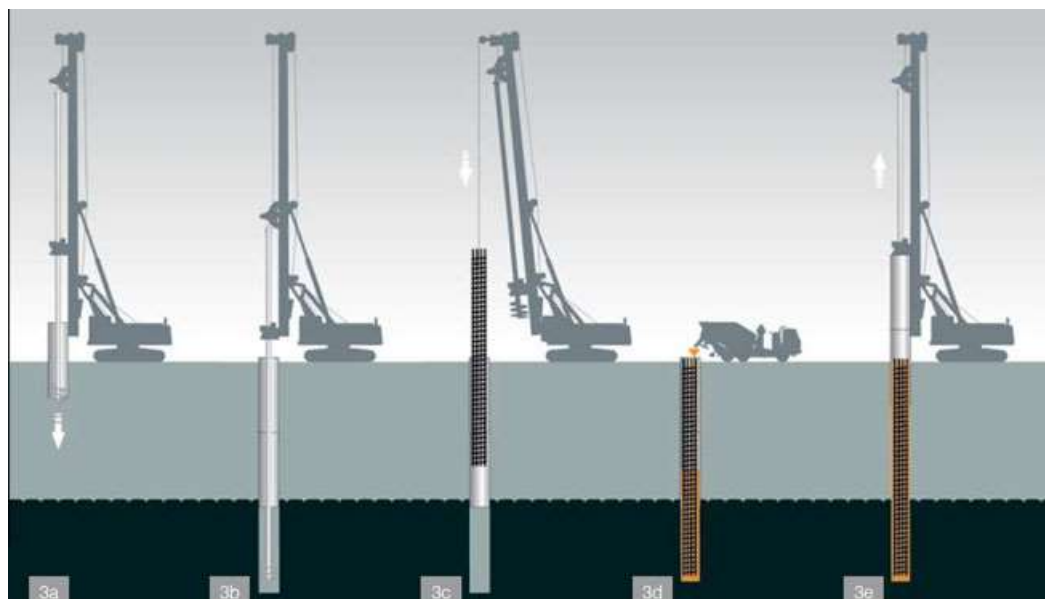
3.1 Zvolený typ základů

Objekt bude založen na velkopřůměrových vrtaných železobetonových pilotách zavrtaných do poloskalního až skalního podloží a pažených pomocí spojovatelných ocelových pažnic, které budou s postupem betonáže vytahovány.

Navrhl jsem dvě varianty založení budovy na pilotách. V první variantě budou navrženy a posouzeny piloty působící osaměle v absenci železobetonové základové desky. V druhé variantě bude navržena železobetonová základová deska, která bude podepírána pilotami. Samotné piloty budou v obou variantách umístěny pouze bezprostředně pod svislými nosnými konstrukcemi, tj. nosnými sloupy a stěnami.

3.1.1 Typ navržených pilot

Jsou navrženy kruhové vrtané železobetonové piloty pažené ocelovou výpažnicí. CFA piloty (piloty prováděné průběžným šnekem) nebylo možno navrhnout kvůli výskytu tvrdých hornin v geologickém profilu.



Obr. 25 Postup při provádění vrtaných pilot pažených ocelovou výpažnicí [13]

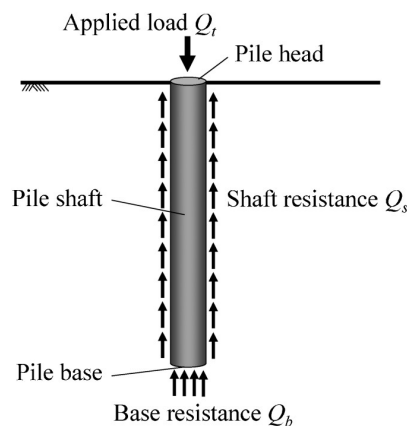
3.2 Varianty návrhu založení na pilotách

3.2.1 Založení na osamělých pilotách bez základové desky – Varianta 1

Nejprve jsem provedl návrh osamělých pilot, kde nebude přítomna základová železobetonová deska, která by s pilotami spolupůsobila. Všechno zatížení od horních pater stavby bude přenášeno pouze samotnými pilotami do podloží. Zatížení z přízemí, tj. 1.NP bude do podloží přenášeno vrstvou vyztuženého podkladního betonu, která mimo jiné slouží také jako podkladní vrstva pro podlahu přízemí.

Návrh a posouzení jsem provedl v programu GEO5 verze 2022. Z důvodu absence železobetonové základové desky, která se dá zároveň využít jako hydroizolace spodní stavby prostřednictvím tzv. „bílé vany“ neboli vodonepropustného betonu, bude nutno v této variantě založení použít druhou alternativu hydroizolace spodní stavby a tou je tzv. „černá vana“, kde hydroizolační funkci plní hydroizolační asfaltové pásy či fólie. Je nutno podotknout, že se nejedná v obou variantách doslova o „vanu“, jelikož řešený objekt není podsklepen, nicméně se tento termín často používá spíše pro zdůraznění typu zvolené hydroizolace spodní stavby nikoliv na zdůraznění toho, zda je budova podsklepená či ne.

Nosné sloupy budou opřeny na jednotlivých osamělých pilotách a nosné stěny budou opřeny přes železobetonové základové prahy na jednotlivých řadách pilot. Piloty podepírající sloupy mohou případně být v hlavě rozšířeny betonovou rozšiřovací „kostkou“ či hlavicí pro lepší opření sloupů na jednotlivé osamělé piloty.



Obr. 26 Statické působení osamělé piloty [14]

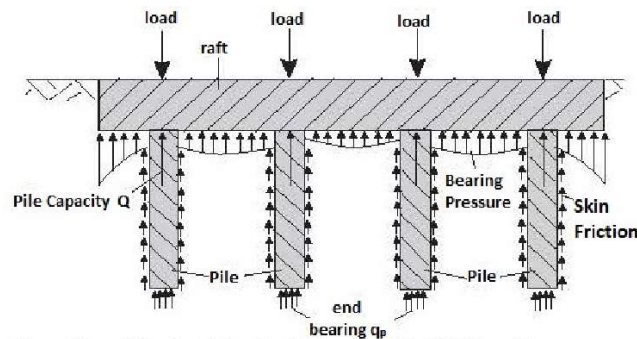
3.2.2 Piloty podepírající základovou deskou – Varianta 2

Druhou variantou návrhu založení objektu je založení na železobetonové desce tloušťky 400 mm z vodonepropustného betonu, která bude podepíraná piloty, umístěnými půdorysně v místech svislých nosných konstrukcí. V této variantě tvoří hydroizolaci spodní stavby samotná železobetonová deska z vodonepropustného betonu neboli tzv. „bílá vana“.

Spolupůsobením pilot se základovou deskou se zmenšuje zatížení na piloty, které tudíž mohou být kratší a staticky využíváme přítomnost tlusté tuhé základové desky z vodonepropustného železobetonu sloužící primárně jako hydroizolace od spodní vody a vlhkosti, aby byl návrh založení objektu přece jenom efektivnější a ekonomičtější. Vzájemnou interakcí pilot a základové desky se také zmenší celkové sedání budovy a umožní tudíž návrh kratších pilot. Základová deska tedy přenáší nejen zatížení z 1.NP, tj. přízemí, ale z části se také podílí na přenosu zatížení z horních pater.

Účinek spolupůsobení pilot se základovou deskou jsem stanovil pomocí programu GEO5 DESKA a PILOTA (verze 2022). Návrh základové desky z hlediska založení jsem taktéž provedl v programu GEO5 DESKA (verze 2022). Protlačení základové desky bylo posouzeno pomocí programu FIN EC PROTLAK (verze 2022).

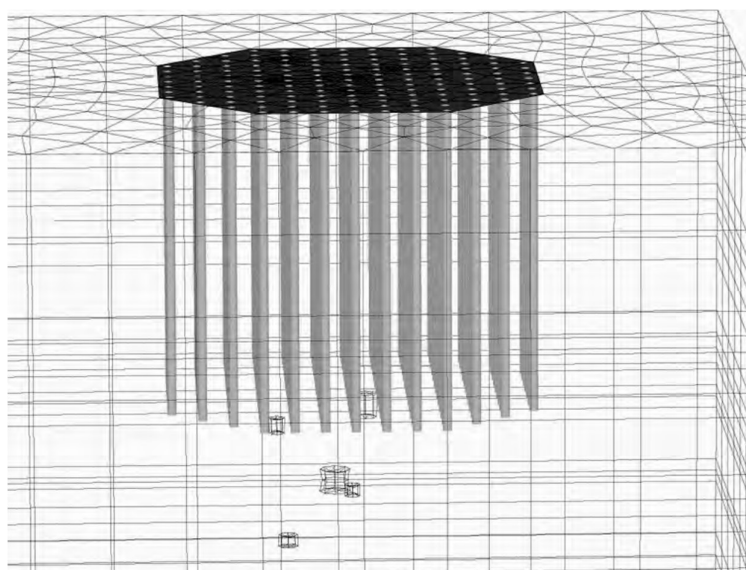
Tuhost lokálních podpor desky pilotami byla vhodně řešena a stanovována v několika iteračních krocích v závislosti na jednotlivých svislých deformacích v místech pilot. Jelikož jsou piloty umístěny bezprostředně v místech svislých nosných konstrukcí, a ne někde mezi nimi, tak se neočekává, že účinkem spolupůsobení základové desky a pilot se velká část zatížení bude přenášet základovou deskou. Větší část zatížení se bude nejkratší cestou přenášet primárně piloty. Dá se však očekávat, že základová deska bude přenášet přibližně 15–35 % celkového zatížení.



Obr. 27 Statické působení pilot podepírajících základovou deskou [15]

3.3 3D model a analýza metodou konečných prvků pomocí geotechnického softwaru PLAXIS

Součástí mé bakalářské práce je 3D analýza návrhu založení ve variantě s pilotami podepírajícími základovou desku z vodonepropustného železobetonu pomocí metody konečných prvků v geotechnickém softwaru PLAXIS 3D. Cílem bylo seznámit se s 3D analýzou metodou konečných prvků, analyzovat skutečné chování založení a porovnat výsledky s klasickými metodami. Tato metoda také ukáže vliv vzájemných interakcí deska – piloty, deska-zemina, pilota-pilota a pilota-zemina.



Obr. 28 Příklad 3D modelu založení [16]

3.4 Hydroizolace spodní stavby

Z důvodu vysoké hladiny spodní vody v geologickém podloží bylo třeba brát hydroizolaci spodní stavby vážněji, avšak se nejedná o tlakovou vodu, jelikož základová spára základových prahů, podkladního betonu či základové desky není pod hladinou podzemní vody.

Při volbě druhu hydroizolace spodní stavby jsem se rozhodoval mezi v současné době nejběžněji používanými typy hydroizolace spodní stavby pro pozemní stavby, a to mezi hydroizolací spodní stavby pomocí hydroizolačních asfaltových pásů či fólií (často nazývanou v případě podsklepených objektů jako „černá vana“) a základovou deskou z vodonepropustného betonu (často nazývanou v případě podsklepených objektů jako

„bílá vana“). Varianta s asfaltovými pásy či fóliemi je z hlediska náročnosti na správné, kvalitní a vodotěsné provedení a spolehlivosti a trvanlivosti horší nežli základová deska z vodonepropustného betonu obzvláště při izolování větších ploch.



Obr. 29 Příklad hydroizolace spodní stavby černou vanou [17]

Bylo třeba ještě před definitivním výběrem ověřit, zda se jedná o lokalitu s vysokým či středním radonovým indexem. Nesmí se používat samotná hydroizolace z vodonepropustného betonu v místech s vysokým či středním radonovým rizikem (indexem), kvůli nebezpečí pronikajícího radonového plynu na zdraví člověka a kvůli jeho karcinogenitě. Téměř celé město Pardubice včetně místa, kde se nachází navrhovaná stavba spadá do nízkého radonového indexu, a navíc je v zájmovém území vysoká hladina podzemní vody. Tudíž je možné bez omezení volit obě varianty hydroizolace spodní stavby.



Obr. 30 Příklad hydroizolace spodní stavby bílou vanou [18]

3.5 Použité materiály

Všechny nosné konstrukce horní i spodní stavby jsou navrženy jako železobetonové, vyztužené betonářskou ocelí.

3.5.1 Beton

Použitý beton musí mít požadovanou pevnost, odolnost vůči vnějšímu prostředí, složení a konzistenci tak, aby byly splněny všechny předpoklady návrhu. Při betonáži se musí dbát na dostatečné probetonování kolem výztuže. [19]

Prostředí, ve kterém se budou nacházet základové konstrukce je možné charakterizovat jako mokré, občas suché, vystavené dlouhodobému působení vody. Takové prostředí je dle ČSN EN 206+A1 charakterizováno stupněm nebezpečí koroze vlivem karbonatace XC2. Základová spára základové desky se nachází v nezámrazné hloubce, tj. v hloubce 0,8 m pod terénem dle inženýrsko-geologického průzkumu, tudíž na ní nebudou působit účinky mrazu a rozmrazování. Pro bezpečnost a trvanlivost však budu uvažovat stupeň vlivu prostředí pro základovou desku alespoň XF1. [20]

Národní příloha k normě ČSN EN 1992-1-1 udává minimální doporučenou pevnostní třídu betonu pro jednotlivé stupně vlivu prostředí. Pro stupeň vlivu prostředí XC2 je doporučena minimálně třída betonu C20/25 a pro třídu XF1 se doporučuje minimálně C25/30. V dnešní praxi se však používá pro základové konstrukce rozsáhlejších staveb beton pevnostní třídy minimálně C25/30. Dále je třeba dodržet minimální obsah cementu 300 kg/m^3 s maximálním vodním součinitelem 0,55. [20] [21]

Stupeň konzistence betonu do pilot je požadován alespoň třídy S4, což odpovídá sednutí Abramsova kužele 160 až 210 mm. Se stále se zvyšujícími požadavky na kvalitu betonu a povrchů betonových konstrukcí není v dnešní době třída konzistence S4 neobvyklá, proto bude použita konzistence S4 i pro základovou desku, pro kterou je požadována třída konzistence alespoň S3. Pevnostní třídu betonu základové desky navrhuji stejnou, jakou má beton navržený pro horní stavbu, tj. C35/45. [22] [23]

Prostředí, ve kterém se budou nacházet základové konstrukce není dle inženýrsko – geologického průzkumu agresivní, tudíž není třeba požadovat dodatečnou chemickou odolnost betonu. [6]

Na základě těchto informací byly zvoleny následující specifikace betonu pro základové konstrukce:

Vrtané piloty:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 25/30 – XC2 – Cl 0,2 – D_{max}22 – S4

Základová deska, podkladní deska, základový práh:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 35/45 – XC2, XF1 – Cl 0,2 – D_{max}16 – S4

Specifikace betonu pro horní stavbu:

Beton ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404:

C 35/45 – XC1 – Cl 0,2 – D_{max}16 – S4

Je nutné zajistit dostatečnou krycí vrstvu výztuže dle ČSN EN 1992-1-1, aby byla chráněna proti korozi. Minimální krytí výztuže s ohledem na provádění pro piloty s průměrem větším než 600 mm nesmí být menší než 60 mm dle ČSN EN 1536+A1. Po přičtení přídavku na návrhovou odchylku, která činí 10 mm se předepsaná hodnota krycí vrstvy pro piloty rovná 70 mm, kterou je nutno dodržet u všech pilot. [20] [21]

Základové desky se většinou k zajištění rovinnosti betonují na podkladní beton. Celková tloušťka nominální krycí vrstvy základové desky je po přičtení návrhové odchylky 10 mm rovna 30 mm. [21]

3.5.2 Ocel

Bude použita pouze betonářská ocel jako výztuž do betonu. Betonářská ocel musí odpovídat požadavkům normy ČSN EN 10080. Nejvíce používaná betonářská ocel do železobetonů je ocel s označením B500B, tj. s charakteristickou hodnotou meze kluzu rovnou 500 MPa a s třídou tažnosti B.

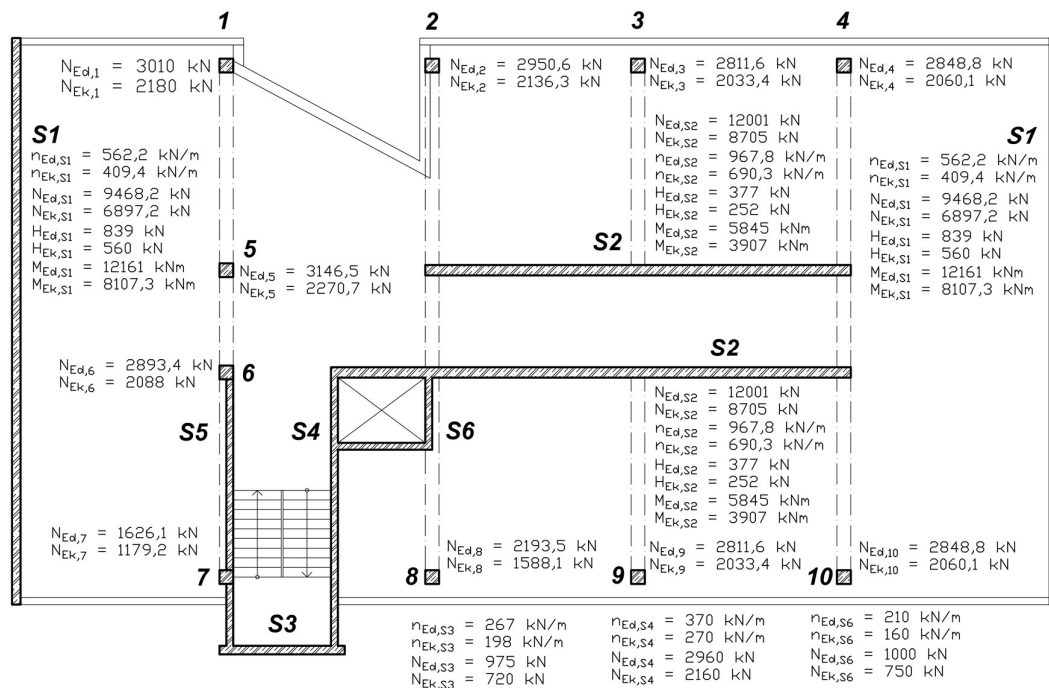
Do pilot se bude osazovat výztuž ve formě svařovaných armokošů, do základové desky pak ve formě svařovaných sítí.

3.6 Hloubka založení

Hloubka základové spáry základové desky je navržena na 80 cm. Byla snaha, aby úroveň čisté podlahy přízemí byla víceméně stejná s terénem. Základová deska je navržena o tloušťce 400 mm. Tloušťka skladby celé podlahy přízemí včetně tepelné izolace je 395 mm. Z důvodu snížení energetické náročnosti budovy a přiblížení se k standartu pasivních domů je navržena větší tloušťka tepelné izolace. V příloze je výkres č. 5 se stavebním detailem v místě založení u terénu, kde je patrné navržené řešení.

3.7 Zatížení od horní stavby

3.7.1 Schéma půdorysu se zatížením od horní stavby



Obr. 31 Schéma půdorysu se zatížením od horní stavby

3.7.2 Zatížení osamělých pilot

Osamělé piloty jsou zatížené svíslou normálovou silou od kloubově podepřených nosných sloupů. Pro bezpečnost je dále uvažováno rezervní zatížení osamělých pilot ohybovým momentem a vodorovnou silou. Tyto data o zatížení pochází z předběžného statického výpočtu horní stavby z přílohy č. 1.

Tab. 10 Zatížení osamělých pilot podepírajících nosné sloupy

Číslo piloty	Normálové zatížení návrhové (charakteristické) N_{Ed} (N_{Ek}) [kN]	Ohybové zatížení návrhové (charakteristické) M_{Ed} (M_{Ek}) [kNm]	Vodorovné zatížení návrhové (charakteristické) H_{Ed} (H_{Ek}) [kN]
P1	3010 (2180)	50 (35)	50 (35)
P2	2950,6 (2136,3)	50 (35)	50 (35)
P3	2811,6 (2033,4)	50 (35)	50 (35)
P4	2848,8 (2060,1)	50 (35)	50 (35)
P5	3146,5 (2270,7)	50 (35)	50 (35)
P6	2893,4 (2088)	50 (35)	50 (35)
P7	1626,1 (1179,2)	50 (35)	50 (35)
P8	2193,5 (1588,1)	50 (35)	50 (35)
P9	2811,6 (2033,4)	50 (35)	50 (35)
P10	2848,8 (2060,1)	50 (35)	50 (35)
P11	500 (375)	50 (35)	50 (35)

3.7.3 Zatížení řad pilot

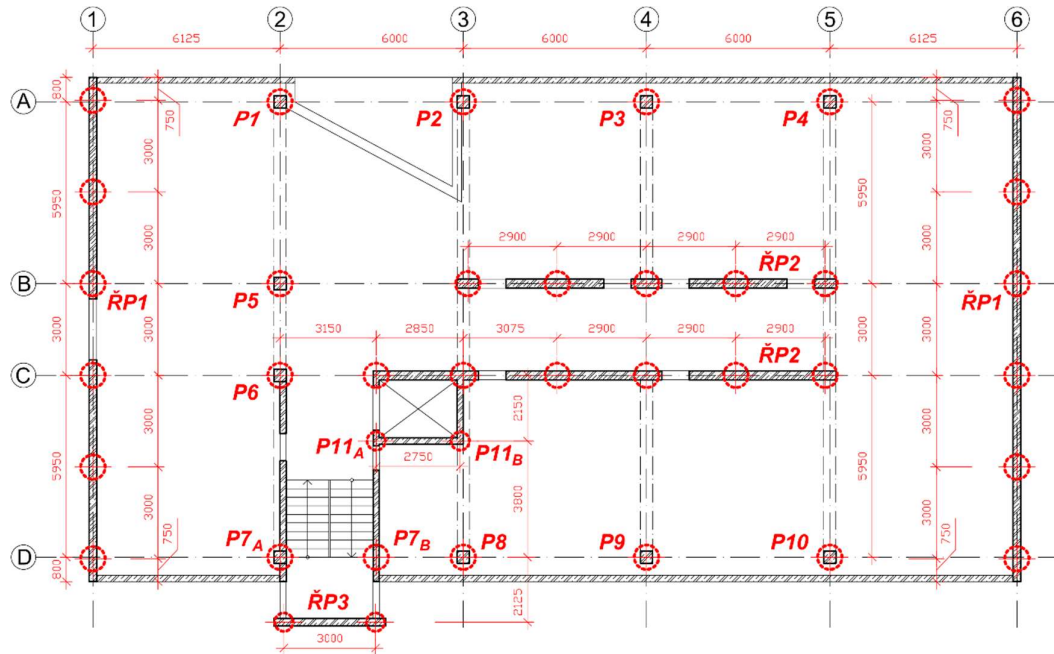
Jednotlivé řady pilot přenáší jak svislé silové zatížení, tak i vodorovné silové zatížení a ohybový moment od účinků větru na stavbu.

Žádné piloty nebudou namáhány tahem, jelikož je v patách nosných stěn a sloupů velká tlaková rezerva, jak je doloženo v statickém výpočtu horní stavby konkrétně v předběžném statickém výpočtu v příloze č. 1.

Tab. 11 Zatížení řad pilot podepírajících nosné stěny

Číslo řady pilot	Normálové zatížení návrhové (charakteristické) N_{Ed} (N_{Ek}) [kN]	Ohybové zatížení návrhové (charakteristické) M_{Ed} (M_{Ek}) [kNm]	Vodorovné zatížení návrhové (charakteristické) H_{Ed} (H_{Ek}) [kN]
ŘP1	9468,2 (6897,2)	12 161 (8107,3)	839 (560)
ŘP2	12 001 (8705)	5845 (3907)	377 (252)
ŘP3	975 (720)	100 (70)	50 (35)

3.8 Schéma rozmístění pilot – Varianta 1



Obr. 32 Schéma půdorysu přízemí s rozmístěním pilot – Varianta 1

3.9 Geotechnická kategorie

Norma ČSN EN 1997-1 rozděluje geotechnické konstrukce v závislosti na riziku spojené s jejich návrhem na tři geotechnické kategorie. V závislosti na tom, do jaké geotechnické kategorie daná konstrukce zapadá se bude výrazně lišit její návrh, průřez, tvorba modelu či posouzení. [24]

Do první geotechnické kategorie (1.GK) patří geotechnické konstrukce nenáročné, s jednoduchými základovými poměry a s malým či zanedbatelným vlivem konstrukce na okolí. [25]

Do třetí geotechnické kategorie (3.GK) patří velmi rozsáhlé a neobvyklé konstrukce, které často mívají náročný konstrukční systém, jako například mrakodrapy. Dále sem patří konstrukce s velmi složitými geologickými a geotechnickými podmínkami a konstrukce, jejichž selhání by mělo značné následky na okolí. [25]

Do druhé geotechnické kategorie (2.GK) patří všechny ostatní konstrukce, které nespádají do první a třetí geotechnické kategorie, a proto obsahuje široké spektrum konstrukcí. [25]

Mnou řešená administrativní budova se dle doporučení České geotechnické společnosti klasifikuje jako druhá geotechnická kategorie (2.GK) s vysokým rizikem, jelikož se jedná o středně složité geologické a geotechnické podmínky, středně náročnou geotechnickou konstrukci se středními možnými následky při selhání geotechnické konstrukce. Geologické a geotechnické podmínky jsem klasifikoval jako středně složité, jelikož se v geologickém profilu vyskytuje vrstva zeminy se silně stlačitelnou dřevní organickou hmotou. [25] Geotechnickou konstrukci jsem klasifikoval jako středně náročnou a možné následky při selhání konstrukce jako střední, jelikož se jedná o výškovou vysokopodlažní budovu (celkem osm podlaží) s výškou nad 30 metrů, která bude založena primárně na hlubinných základech, a to na vrtaných pilotách.

3.10 Svislá únosnost pilot

Na území České republiky je zvykem stanovovat svislou únosnost osamělých pilot pro posouzení mezního stavu porušení pomocí analytického řešení podle platné normy ČSN 73 1004. Výpočet se provádí pro odvozené podmínky. [27]

V dnešní době jsou v zemích Evropské unie platné Eurokódy a pro geotechnické konstrukce konkrétně Eurokód 7. V závislosti na zvoleném návrhovém přístupu se proto některé součinitele z národních norem, například takové, které redukuje vlastnosti zemin nebudou v rámci zvoleného návrhového přístupu při výpočtu únosnosti uvažovat. Pro výpočet svislé únosnosti osamělé piloty podle ČSN 73 1004 je to například součinitel zohledňující podmínky působení základové půdy v závislosti na hloubce, ve které se daná zemina nachází. [27]

Programy „GEO5 Pilota“ a „GEO5 Skupina pilot“ posuzují mezní stav porušení, tj. svislou únosnost pilot podle zmiňované platné ČSN 73 1004 s tím, že jsem volil dílčí součinitele bezpečnosti podle metodiky posouzení podle v dnešní době platné normy EN1997-1. Výpočet se provede pro maximální návrhové zatížení.

3.11 Sedání osamělých pilot

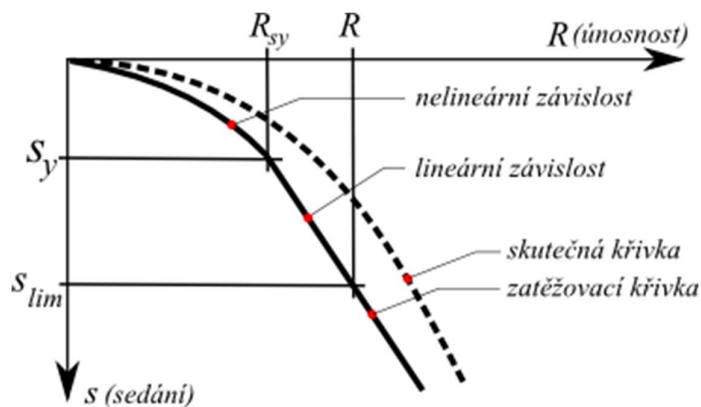
Sedání osamělých pilot se stanovuje v České republice většinou dle metody pana docenta Masopusta nebo také výjimečně u náročnějších staveb na základě zatěžovacích zkoušek či analýzou pomocí metody konečných prvků. Pro výpočet sedání mnou navržených pilot daného objektu jsem použil metodu pana docenta Masopusta.

Metoda podle pana docenta Masopusta je semi-empirická metoda a jedná se o nelineární teorii. Zatěžovací křivka piloty je sestrojena za předpokladu, že mezi nulovým zatížením piloty a zatížením, které odpovídá plné mobilizaci plášťového tření je závislost sedání a únosnosti piloty vyjádřena pomocí paraboly druhého stupně a pro další větší zatížení je tato závislost lineární, viz *Obr. 33*. [28]

Metoda vychází z rovnic regresních křivek, které byly určeny na základě statistické analýzy výsledků přibližně 350 statických zatěžovacích zkoušek reálných pilot v různých zeminách a pro stanovení svíslé únosnosti pláště a paty piloty používá tzv. regresní součinitele, které se volí v závislosti na druhu zeminy či horniny. Hodnoty těchto regresních součinitelů byly také odvozeny ze zmiňovaných rovnic regresních křivek. Rozsah hodnot regresních součinitelů pro jednotlivé typy zemin jsou uvedeny v tabulce v rámci metody pana docenta Masopusta. Dále se v rámci této metody volí hodnoty sečnového modulu deformace jednotlivých zemin a hornin, kdy jsou opět dostupné jejich tabulkové hodnoty. [28]

Tento postup je kompletně naprogramován v programu „GEO5 Pilota“ a sedání osamělých pilot počítá program právě podle něj. Všechny tabulkové hodnoty jsou taktéž zahrnuty v programu. Hodnoty regresních součinitelů a sečnových modulů deformace jsem volil dle příslušné tabulky pro jednotlivé třídy zemin a hornin.

Pro výpočet sedání bude uvažováno dlouhodobé zatížení v charakteristických hodnotách.

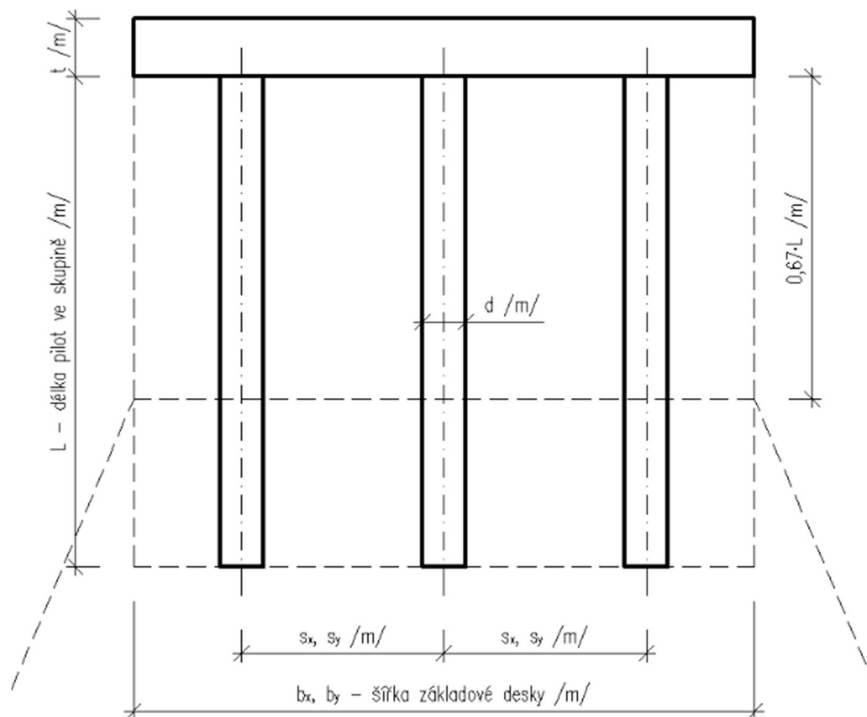


Obr. 33 Zatěžovací křivka piloty [29]

3.12 Sedání skupiny pilot

Výpočet sedání skupiny pilot v soudrzných zeminách, což je můj případ, se v programu „GEO5 Skupina pilot“ řeší jako sedání fiktivního plošného základu určité šířky a délky v hloubce 0,67 násobku délky pilot. Volil jsem metodu výpočtu podle ČSN 73 1001 pomocí edometrického modulu přetvárnosti s omezením deformační zóny procentem původního geostatického napětí, který je v České republice běžný. [30]

Tento postup, ale není v České republice osvědčený pro založení skupinou pilot, nýbrž pro plošné základy. Navíc mají v mém případě jednotlivé piloty v řadě celkem velkou osovou rozteč. Proto se výsledek sedání jednotlivých řad pilot z programu „GEO5 Skupina pilot“ porovná se sednutím piloty z příslušné řady pilot podle zatěžovací křivky dle doc. Masopusta a na mezní stav použitelnosti (SLS) se posoudí hodnota sednutí, která bude větší z nich. Pro výpočet sedání bude uvažováno pouze dlouhodobé zatížení, a to v charakteristických hodnotách, tj. svislé silové zatížení od horní stavby nikoliv zatížení větrem.



Obr. 34 Schéma fiktivního plošného základu – sedání skupiny pilot v soudrzné zemině [31]

3.13 Mezní hodnoty sednutí

Z hlediska MSP posuzujeme při návrhu založení stavby sedání základové konstrukce v mém případě sedání pilot, resp. základové desky, a to rovnoměrné a nerovnoměrné sedání. Sednutí základové konstrukce nesmí převýšit limitní hodnotu sednutí. Limitní hodnotu většinou stanovuje statik horní stavby na základě výpočtů, případně investor. Musí se však dbát i na národní normy i přesto, že jsou některé již neplatné jako například v České republice kdysi velice významná norma ČSN 73 1001, která udává pro různé typy konstrukčních systémů staveb hodnoty limitních absolutních a nerovnoměrných sednutí. Samozřejmě, že je vhodné neřkuli nutné respektovat tu hodnotu, která je přísnější. [26]

V následující tabulce jsou vypsány hodnoty mezních sednutí pro vícepodlažní železobetonové skeletové budovy:

Tab. 12 Hodnoty mezních sednutí [26]

Požadavek	Mezní sednutí	
	Absolutní (konečné celkové): $s_{lim} [mm]$	Nerovnoměrné: $(\Delta s/L)_{lim} [-]$
–		
Dle statika horní stavby	10	0,0015
Dle bývalé ČSN 73 1001	60	0,0015

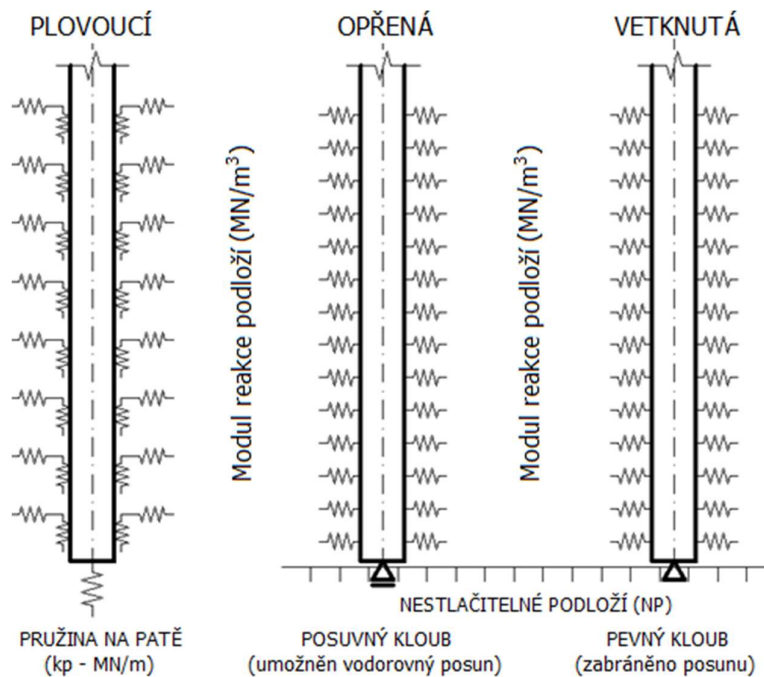
3.14 Tuhost svislých pružin – skupina pilot

Program „GEO5 Skupina pilot“ počítá piloty v jedné řadě pouze pružinovou metodou. Skupina pilot je v programu modelována deformační variantou MKP. Základová deska či práh jsou uvažovány jako nekonečně tuhé, což je v mém případě velmi přijatelný předpoklad, protože řady pilot podepírají ohybově a smykově tuhé nosné železobetonové stěny, které se téměř vůbec nebudou ve svislém směru prohýbat. Na skupinu (řadu) pilot se zadává obecné zatížení, kde pro svislé silové zatížení se zadává osová síla. V programu se volí jeden ze tří způsobů modelování pilot, a to buď piloty plovoucí či opřené nebo vetknuté do nestlačitelného podloží. Jako nestlačitelné podloží lze uvažovat dle normy ČSN 73 1004 horniny třídy R1 a R2. [27] [32]

V případě plovoucích pilot, což je můj případ, se pro mezní stav únosnosti programem dopočítávají tuhosti pružin ve svislém směru z charakteristik zemin

a charakteristického čili užitého zatížení. Napojení pilot na základovou desku či základový práh je navrženo kloubové, nikoliv tuhé.

Vlastní výpočet konstrukce provádí program metodou konečných prvků, kde rozděluje každou pilotu na deset dílků, ve kterých následně stanovuje velikost vodorovných a svislých pružin. Piloty na okrajích skupiny a uvnitř skupiny mají ve výpočtu programu redukovanou velikost vodorovných a smykových tuhostí pružin oproti osamělé pilotě. Vodorovnou tuhost pružin program redukuje součinitelem 0,5 pro okrajové piloty, resp. 0,25 pro vnitřní piloty. Smykovou tuhost pružin program redukuje součinitelem 0,5 pro okrajové piloty, resp. 0,1 pro vnitřní piloty. Tyto redukce jsou do programu zavedeny, aby se lépe vystihlo reálné chování skupiny pilot. Tuhosti svislých pružin na patě piloty nejsou programem redukovány. [32]



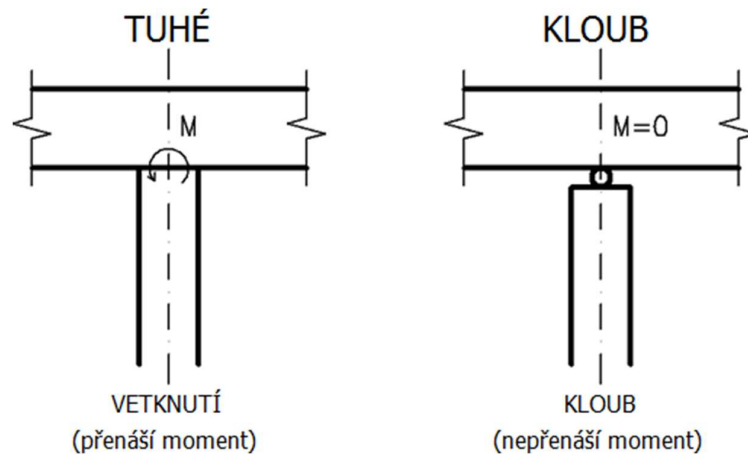
Obr. 35 Možnosti modelování pilot [33]

3.15 Statické připojení hlav pilot

V obou variantách bude uvažováno kloubové připojení pilot k základové desce, základovému prahu či sloupu. Nosné sloupy nejsou namáhané ohybovým momentem od žádných účinků zatížení od horní stavby. Nosné stěny jsou od větru namáhané vodorovnou silou a značným ohybovým momentem, který bude přenášen v obou variantách řadou kloubově připojených pilot prostřednictvím dvojic sil, avšak žádná

z pilot nebude nikdy tažená, jelikož v patách všech nosných stěn jsou veliké tlakové rezervy, tj. tlakové napětí, které je dáno velkými gravitačními přitížením nosných stěn a velkou ohybovou tuhostí nosných stěn ve směru působení horizontálních silových účinků od větru.

Pokud by se jednalo o piloty vetknuté do základové desky či prahu, potom jsou piloty namáhány v hlavách rovněž ohybovými momenty, které většinou nejsou zanedbatelné a výrazně ovlivňují namáhání pilot.



Obr. 36 Připojení pilot k desce, příp. k základovému prahu [34]

3.16 Horizontální modul reakce podloží

Při výpočtu vodorovné únosnosti pilot a skupiny (řady) pilot v programu GEO5 se programem dopočítává tzv. modul reakce podloží k_h podle platné normy ČSN 73 1004. Tento modul charakterizuje tuhost podloží ve vodorovném směru. [35] Modul reakce podloží pro soudržnou zeminu dopočítává program automaticky a počítá se podle následujícího vzorce:

$$k_h = \frac{2E_{def}}{3d} \quad [\text{MN/m}^3]$$

kde: E_{def} – modul přetvárnosti (deformace) zeminy [MPa]

d – průměr piloty [m]

Modul reakce podloží nesoudržných zemin se musí dopočítat ručně podle vzorce:

$$k_h = n_h \frac{z}{d} \quad [\text{MN/m}^3]$$

kde: n_h – modul horizontální stlačitelnosti [MN/m^3]
 z – hloubka daného úseku od původního terénu [m]
 d – průměr piloty [m]

Norma ČSN 73 1004 dále udává orientační hodnoty modulu horizontální stlačitelnosti n_h v závislosti na ulehlosti nesoudržných zemin:

Tab. 13 Orientační hodnoty modulu horizontální stlačitelnosti n_h , dle [27] [35]

Zemina	n_h [MN/m^3]		
Ulehlost zemin I_d [-]	0,3	0,5	0,9
Suchý písek a štěrky	2,5	7,0	18,0
Vlhký písek a štěrky	1,5	4,5	11,0

Moduly reakce podloží nesoudržných zemin jsem dopočítal podle výše uvedeného postupu.

3.17 Negativní plášťové tření

Negativní plášťové tření je smykové třecí zatížení působící na osamělou pilotu nebo skupinu pilot v důsledku pohybu okolní zeminy vzhledem k pilotám směrem dolů. Zemina sesedající kolem piloty zatahuje pilotu směrem dolů a snižuje tak její únosnost. [35]

Smýkání směrem dolů neovlivní geotechnickou kapacitu opřených pilot, ale zvýší namáhání piloty a paty piloty. [36] Niž jsou uvedeny některé z příčin negativního plášťového tření:

- Obecně sednutí terénu, zeminy či konsolidace zeminy v okolí piloty
- Pilota prochází stlačitelnou vrstvou zeminy, která konsoliduje
- Umístění výplně na stlačitelnou vrstvu zeminy způsobující její konsolidaci
- Snížení hladiny podzemní vody způsobující smršťování expanzivních půd
- Málo konsolidované přirozené a zhutňované zeminy
- Zmrazování a rozmrazování zemin

Pro skupinu pilot lze předpokládat, že nedochází k relativnímu pohybu mezi jednotlivými pilotami a zeminou mezi pilotami. Celková síla působící dolů se proto rovná váze bloku zeminy držené mezi pilotami, hmotnosti pilot včetně základové desky

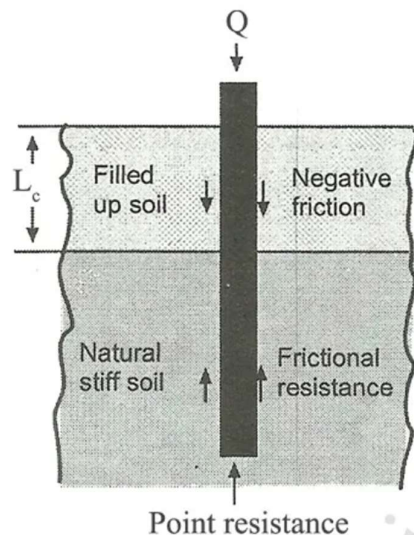
či základového prahu a tahu dolů po obvodu skupiny pilot v důsledku negativního plášťového tření. [36]

V případě, že sednutí zeminy bude okolo piloty velké, mohou některé smykové síly přenášené pláštěm piloty klesnout až k nule. Negativní plášťové tření může v extrémním případě zcela vyloučit vliv únosnosti pláště a pilota by v takovém případě byla podepírána pouze pružným podložím pod patou obdobně jako u piloty opřené. [35]

Vstupními hodnotami pro výpočet vlivu negativního plášťového tření v programu GEO5 je sednutí povrchu terénu a hloubka zóny vlivu této deformace, která udává hloubku, do níž se vliv sednutí povrchu projevuje a pod níž se již zemina nestlačuje. [35]

Výpočet negativního plášťového tření probíhá v programu GEO5, když se stanovují limitní smykové síly přenášené pláštěm piloty. Předpokládá se, že stlačení zeminy lineárně klesá s hloubkou, od hodnoty sednutí zeminy na povrchu terénu do hodnoty 0 v hloubce deformační zóny. Každé úrovni pod povrchem až do hloubky deformační zóny tedy odpovídá konkrétní hodnota stlačení zeminy. V pružinách jednotlivých úseků, na něž je pilota rozdělena, se dopočítávají síly, které v nich vznikají vlivem tohoto stlačení. A o tyto síly program zmenšuje hodnotu únosnosti piloty plášťovým třením. [35]

V mém případě založení na pilotách, při daných podmínkách a daném geologickém profilu není přítomné negativní plášťové tření, a tudíž nebude uvažováno.



Obr. 37 Znárodnění negativního plášťového tření piloty od výplňové vrstvy zeminy [37]

3.18 Účinnost skupiny pilot

Napětí, která se šíří z jednotlivých pilot ve skupině, se v závislosti na rozmístění pilot mohou navzájem překrývat. Zemina je v zónách překrývání napětí vysoce namáhána. Při dostatečném překrytí selže buď zemina, nebo si skupina pilot nadměrně sedne, protože kombinovaný tlakový balón zasahuje do značné hloubky pod základnu pilot. Proto je důležité redukovat únosnost každé piloty, která přenáší zatížení plášťovým třením v rámci skupiny pilot. U pilot opřených, které přenáší zatížení pouze opřením o pevné nestlačitelné podloží v patě se účinnost skupiny pilot nestanovuje, a tudíž se neredukuje únosnost skupiny pilot. [39]

Svislá únosnost pilotové skupiny se proto musí redukovat pomocí tzv. účinnosti skupiny pilot η_g , což je bezrozměrný součinitel. Je zřejmé, že čím menší bude osová vzdálenost pilot, tím se budou jednotlivé piloty ve skupině více ovlivňovat. Účinnost skupiny pilot nabývá obvykle hodnot 0,5 až 1,0. [42]

Všechny metody výpočtu součinitele účinnosti skupiny pilot η_g jsou empirické a závisí pouze na geometrii pilotové skupiny, konkrétně na:

- počtu pilot ve skupině n_x, n_y ;
- osové vzdálenosti pilot ve skupině s_x, s_y ;
- průměru pilot ve skupině d . [42]

Pro výpočet účinnosti skupiny pilot η_g se běžně používají následující metody:

- Metoda La Barrého: (která je preferována českou normou ČSN 73 1002)

$$\eta_g = 1 - \psi \frac{(n_x - 1)n_y + (n_y - 1)n_x}{90 n_x n_y};$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{d}{s}$$

- Seiler-Keeneyho metoda:

$$\eta_g = \left[1 - 0,479 \left(\frac{s}{s^2 - 0,093} \right) \left(\frac{n_x + n_y - 2}{n_x + n_y - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{n_x + n_y}$$

- Los Angeles metoda:

$$\eta_g = 1 - \frac{d}{\pi * s * n_x n_y} [n_x(n_y - 1) + n_y(n_x - 1) + \sqrt{2}(n_x - 1)(n_y - 1)]$$

Výše uvedené metody vyjadřují účinnost skupiny pilot procentem z teoretické celkové únosnosti skupiny pilot, která se rovná mezni únosnosti jedné osamělé piloty vynásobené celkovým počtem pilot ve skupině. [40] [42]

Pokud je osová vzdálenost pilot větší jak 6-ti násobek průměru pilot (některé zahraniční normy doporučují osmi násobek), tak se většinou uvažuje 100% účinnost jednotlivých pilot. [40]

U ražených pilot v nesoudržných zeminách ani užší rozteč nevede ke snížení kapacity pilot v důsledku zvýšení hustoty zeminy hnacím působením sousedních pilot. V tomto případě se piloty ve skupině nebudou vzájemně nepříznivě ovlivňovat a únosnost celé skupiny bude rovna součtu únosnosti jednotlivých osamělých pilot. [40]

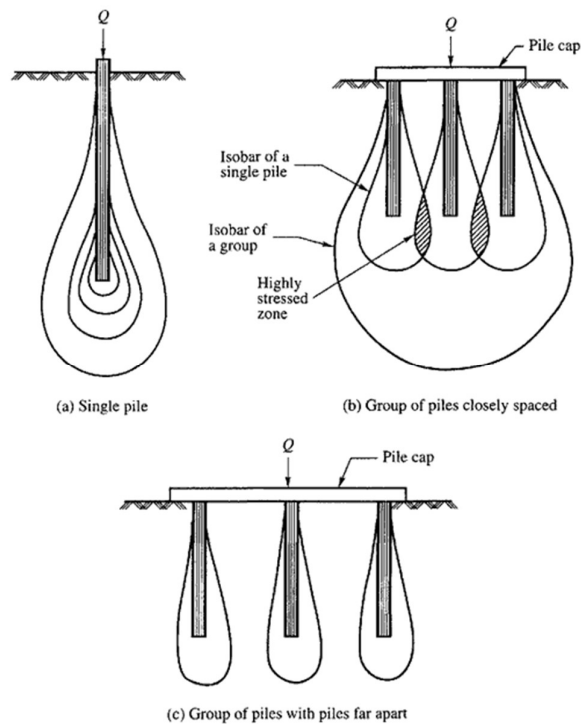
Pokud jsou však piloty zaraženy do nasycené jílovité zeminy, přemístěná zemina nezhuťne zeminu mezi pilotami. V důsledku toho se zemina mezi pilotami může pohybovat nahoru a tím zvednout základový práh pilot (případně základovou desku). V zeminách tohoto typu je vyžadován větší rozestup mezi pilotami, aby se zabránilo zvedání pilot. Když jsou piloty betonovány na místě, zeminy přiléhající k pilotám nejsou do takové míry namáhány a obecně jsou přípustné menší rozestupy. [38]

Obecně platí, že rozteč pilot opřených, což jsou piloty opřené o velmi pevnou skálu, může být mnohem menší než pro piloty plovoucí (třecí), protože vysoká lokální napětí a efekt superpozice překrytí lokálních napětí s největší pravděpodobností nepřetíží podkladový materiál a nezpůsobí nadměrné sednutí. [38]

Tab. 14 Porovnání součinitelů účinnosti skupiny pilot η_g jednotlivých řad pilot

–	Součinitel účinnosti skupiny pilot – η_g [-]		
Číslo řady pilot	La Barré (ČSN 73 1002)	Seiler – Keeney	Los Angeles
ŘP1	0,87	0,91	0,93
ŘP2	0,85	0,90	0,85
ŘP3	0,95	0,94	0,91

Na Obr. 38 je znázorněno, jak se ve skupině pilot překrývají tlakové izolinie jednotlivých pilot v případě, že jsou piloty blízko sebe. [39]



Obr. 38 Skupinové působení pilot [39]

3.19 Metodika výpočtu a dosazení

Navrhuje se pilotový základ 2. geotechnické kategorie. Norma ČSN EN 1997-1 umožňuje využívat pro návrh geotechnické konstrukce všechny 3 Návrhové přístupy. Je však vhodné respektovat dosavadní způsoby používané v ČR. Česká geotechnická společnost a Český svaz stavebních inženýrů (ČGtS a ČSSI) doporučuje pro návrh pilot (či kotev) Návrhový přístup 2, neboť se tento návrhový přístup nejlépe blíží dosavadním zvyklostem pro návrh těchto geotechnických konstrukcí v ČR. [24] [25]

Návrhový přístup 2 vychází z následující kombinace:

$$„A1“+ „M1“+ „R2“$$

Při tomto přístupu se dílčí součinitele bezpečnosti používají na zatížení a na odpor základové půdy. Parametry zeminy se neredukují a zůstávají na svých charakteristických hodnotách. [25]

Z pohledu mezního stavu porušení se jedná o typ porušení STR a GEO.

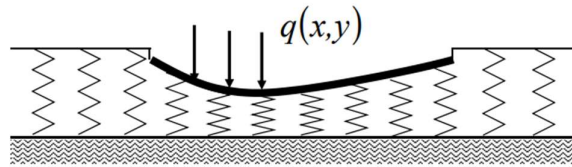
Tab. 15 Dílčí součinitele pro výpočet únosnosti pilot, dle [24]

A1			
Zatížení			
Klasifikace	Působení	Značka	Dílčí součinitel
Stálé	Nepříznivé	γ_G	1,35
	Příznivé		1,00
Proměnné	Nepříznivé	γ_Q	1,50
	Příznivé		0,00
M1			
Parametry základové půdy			
Parametr	Značka	Dílčí součinitel	
Úhel vnitřního tření	$\gamma_{\varphi'}$, γ_{φ_u}	1,00	
Soudržnost	$\gamma_{c'}$, γ_{c_u}	1,00	
Pevnost v prostém tlaku	γ_{q_u}	1,00	
Objemová tíha	γ_γ	1,00	
R2			
Únosnost pilotových základů – vrtané piloty			
Dílčí únosnost	Značka	Dílčí součinitel	
Únosnost paty	γ_b	1,10	
Únosnost pláště tlačných pilot	γ_s	1,10	
Celková únosnost tlačných pilot	γ_t	1,10	
Únosnost pláště tažených pilot	$\gamma_{s;t}$	1,15	

3.20 Výpočet základové desky

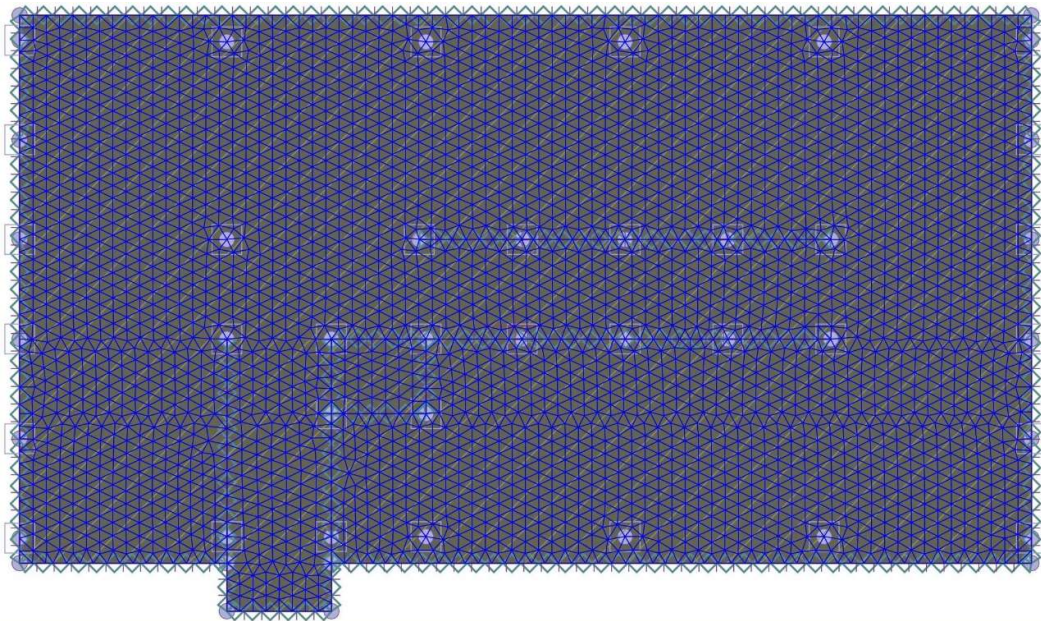
Program provádí výpočet základové desky deformační metodou pomocí metody konečných prvků. Deska je zjednodušeně počítána na pružném podloží a je modelována svou střednicí s určitou ohybovou tuhostí. Primárně program počítá deformace, tj. průhyby desky od zadaného zatížení od horní stavby. [43] [46]

Podloží je pojato velmi zjednodušeně. Místo reálného chování zemin, které je poměrně složité (nelineární chování zemin, časová závislost deformace zeminy a konsolidace), program dělá náhradu podloží pružinou, tj. konstantou. Jedná se o velmi zjednodušené podloží, nicméně se toto v praxi používá a výsledky jsou celkem použitelné. [46]



Obr. 39 Winklerovo pružinové podloží [44]

Samotná deska se v programu modeluje ve 2D, tj. v půdorysu a je složena z trojúhelníkových konečných prvků. Principem MKP je, že se řeší tzv. uzlová posunutí v příslušných bodech a všechny ostatní síly se dopočítávají z těchto deformací. Jinými slovy, podle toho, jak se deska prohne, tak se dopočítávají ohybové momenty a napětí. V deformační metodě se primárně počítají deformace a z nich se dopočítávají ohybové momenty a napětí. (příp. opačným způsobem u silové metody). Deformace jsou podél sítě konečných prvků interpolována. [46]

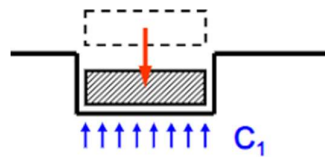


Obr. 40 Model řešené základové desky s generovanou trojúhelníkovou sítí, výstup z programu GEO5 2022 - Deska

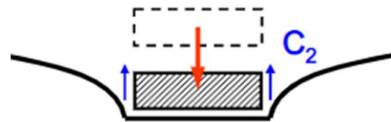
Piloty tvoří ve svislém směru pružnou podporu desky s určitou tuhostí pružiny dle mezní zatěžovací křivky. Stěny jsou podepírané řadami pilot taktéž modelovaných ve svislém směru jako pružné podpory s určitou tuhostí. Pro stěny, jelikož jsou v mém případě železobetonové, stejně jako všechny ostatní nosné konstrukce celého objektu, se také uvažuje tuhé napojení k desce v podélném směru čili tuhý „T“ spoj u vnitřních nosných stěn či tuhý „L“ spoj u obvodových stěn. Svislá výztuž stěn je navázaná

do desky, je to tuhý spoj. Sice je v tomto profilu možné natočení, ale to se obvykle zanedbává a dává se v programu „GEO5 Deska“ tuhé okolo T. Sloupy se zadávají jen silou, i když tam také může být nějaké spojení, ale měkčí než u stěny. Je to zjednodušení, ale nemá velký vliv na výpočet. Důležité je dodat desce ztužení v ohybu podél stěny. [46]

Winklerův-Pasternakův model podloží pro případ řešení pružné vrstvy, při zanedbání vodorovných posunů a při rozdělení svislého posunutí na dvě složky zavádí podmínku rovnováhy ve svislém směru. Winkler – Pasternakovy konstanty C_1 a C_2 se v programu počítají z podmínky rovnosti matic poddajnosti nekonečně tuhého a nekonečně dlouhého základového pásu spočívajícího na Winkler – Pasternakově podloží. [43]

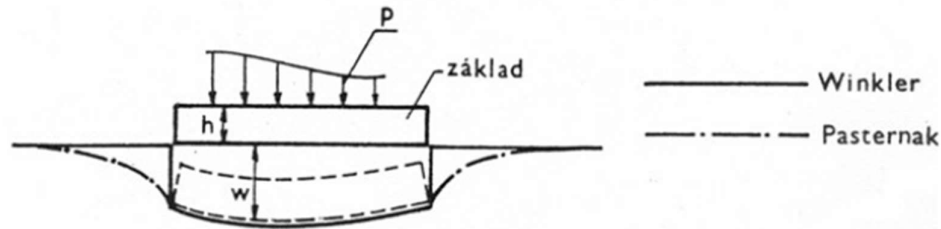


Obr. 41 Winklerova konstanta [47]



Obr. 42 Pasternakova konstanta [48]

Winklerova konstanta C_1 pod deskou je pružina s určitou tuhostí spočítaná na každý metr čtvereční a vyjadřuje stlačitelnost vrstvy na jednotku plochy. Dopotává se pomocí modulu přetvárnosti, Poissonova součinitele a hloubky deformační zóny. Pasternakova konstanta C_2 je konstanta smykové tuhosti a vyjadřuje tuhost vrstvy ve smyku. [25] [43]



Obr. 43 Winkler – Pasternakovo podloží [45]

Při stanovení hloubky deformační zóny je třeba mít správně pojato vrstevnaté geologické prostředí. Pokud je deska dostatečně velká, což v mém případě je, tak je možno tvrdit, že podél jednotlivých vrstev se napětí příliš neutlumuje. Je potřeba, za předpokladu konstantního průběhu napětí do hloubky, váženým průměrem nahradit vrstevnatý geologický profil, kdy několik materiálů se přepočítá na jeden z nich, například na ten bezprostředně pod základovou spárou, přes poměr modulů přetvárnosti a mocností jednotlivých vrstev podobně jako u výpočtu spřažených profilů. Vrstvy ve větších hloubkách, kde jsou pevnější zeminy s obvykle většími moduly se zanedbávají. [46]

3.21 Varianta založení na pilotách 1

3.21.1 Postup návrhu pilot

3.21.1.1 Osamělé piloty

Pilota „P5“ (pilota typu A) je nejvíce zatížená pilota s návrhovou osovou silou od horní stavby o hodnotě 3 150 kN. Rozhodujícím pro návrh délky této piloty byl mezní stav použitelnosti, tj. svislá deformace čili sednutí nikoliv mezní stav porušení, tj. svislá únosnost piloty. Průměr piloty a její délku jsem volil kvůli bezpečnosti tak, aby dosahovala do nezvětralých a zdravých slínovců (horniny třídy R3) a zároveň, aby byl návrh, co možná nejefektivnější a nejekonomičtější. Při délce piloty 9 metrů je sednutí piloty pro užitné zatížení 12 mm, což je více jak statikem horní stavby přípustná mez 10 mm. Až při délce piloty 10 metrů je sednutí piloty dostatečně pod mezní hodnotou, a to 7,5 mm. V hloubce 7,7 metrů od původního terénu a níže jsou zdravé a pevné slínovce (horniny třídy R3), které mají oproti navětralým a značně puklinatým slínovcům z menších hloubek násobně větší modul přetvárnosti, jak bylo doloženo v inženýrsko-geologickém průzkumu. Navíc v takto velkých hloubkách je velké geostatické napětí, což znamená větší strukturní pevnost a kompaktnější, soudržnější

a pevnější materiál. Proto při délce piloty 7 metrů a více, skokově narůstá její svislá únosnost až na hodnotu kolem 3250 kN pro 7 metrovou pilotu a na hodnotu 4360 kN pro 10 metrovou pilotu, což je 1,35 násobek osově zatěžovací normálové síly piloty od horní stavby.

Na první pohled se může zdát, že je pilota předimenzovaná, ale není tomu tak. Při délce piloty 9 metrů stále nevyhovuje sednutí piloty. Bylo by nevhodné nevyužít přítomnost pevných slínovců a ukončit pilotu krátce před touto vrstvou. Z těchto důvodů jsem navrhl pilotu „P5“ délky 10 metrů.

Při návrhu výztuže piloty byl rozhodujícím minimální stupeň vyztužení, jehož dodržení byla s velkou rezervou dostatečná vodorovná únosnost piloty, tj. ve smyku a v kombinaci ohybu a tlaku. Piloty P1, P2, P3, P4, P6, P9, P10 (piloty typu B) jsou zatížené návrhovou osovou silou o hodnotě okolo 2900 kN. Navržená délka těchto pilot je 9,5 metrů, aby bylo sednutí pilot co nejvíce shodné s pilotou P5.

Obdobným způsobem jsem postupoval při návrhu ostatních zbývajících méně zatížených osamělých pilot, kdy rozhodoval jak mezní stav použitelnosti, tak mezní stav únosnosti. Délky pilot byly voleny dále také tak, aby vyhověly na nerovnoměrné sednutí.

3.21.1.2 Řady pilot

Na dvou identických řadách pilot „ŘP1“ jsou založeny dvě příčné nosné ztužující ŽB stěny tloušťky 250 mm. Piloty v jedné řadě lze v programu „GEO5 Skupina pilot“ řešit pouze pružinovou metodou. Je navrženo celkem 6 pilot pro každou ze dvou identických řad „ŘP1“ s osovou vzdáleností pilot 3 metry, což je 4,2 násobek navrženého průměru pilot 700 mm.

Nosné ŽB stěny jsou na piloty uloženy přes základový práh. Funkci základového prahu řady pilot v druhé variantě založení zajišťuje tuhá ŽB základová deska z vodonepropustného betonu tl. 400 mm. Navržená délka pilot je 7 metrů, při které je využití únosnosti rovno 77,5%. Při návrhu této řady pilot byl rozhodujícím jak mezní stav porušení, tak mezní stav použitelnosti. Při délce pilot 6,5 metrů je sednutí 17 mm a zároveň není stále dostatečná svislá únosnost pilot.

Na řady pilot působí značná vodorovná síla a ohybový moment od účinků větru, a tudíž se navrhovala patričná výztuž pilot tak, aby piloty měly dostatečnou vodorovnou

únosnost, bezpečně přenášely zatížení a zároveň, aby byl dodržen minimální stupeň vyztužení pilot.

Stejným způsobem jsem postupoval při návrhu ostatních zbývajících řad pilot, kde taktéž rozhodoval mezní stav únosnosti i použitelnosti.

3.21.2 Nastavení výpočtu osamělých pilot

Materiály a normy:

Betonové konstrukce:	EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1:	Standartní

Výpočet osamělých pilot:

Metodika posouzení:	Výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky:	ČSN 73 1002
Zatěžovací křivka:	Nelineární (Masopust)
Vodorovná únosnost:	Pružný poloprostor
Návrhový přístup:	2 – redukce zatížení a odporu

3.21.3 Nastavení výpočtu řad pilot

Výpočet řad pilot:









Metodika posouzení:	Výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky:	ČSN 73 1002
Účinnost skupiny pilot:	La Barré (ČSN 73 1002)
Návrhový přístup:	2 – redukce zatížení a odporu
Typ výpočtu:	Pružinová metoda
Uložení pilot v patě:	Plovoucí piloty (Svislá únosnost) (tuhosti pružin dopočítány z parametrů zemin)






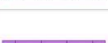


Uložení pilot v patě:	Vetknuté do nestlačitelného podloží (Vodorovná únosnost)
Připojení pilot k desce:	Kloub
Modul reakce podloží:	Podle ČSN 73 1004
Sedání skupiny pilot:	
<i>Sedání fiktivního plošného základu</i>	
Metoda výpočtu:	ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
Omezení deformační zóny:	Procentem σ_{or}
Koeficient deformační zóny:	10,0 %
<i>Sedání dle doc. Masopusta</i>	
Zatěžovací křivka:	Nelineární (Masopust)

3.21.4 Mezní stav porušení – ULS – Statický výpočet

Vstupní data







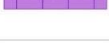

Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	Φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	Hlína písčitá, pevná, F3 - MS		24,00	13,00	18,00	0,35
2	Jemnozrnný písek, ulehlý, S2 - SP		34,00	0,00	18,50	0,28
3	Štěrkopísek, ulehlý, G2 - GP		39,00	0,00	20,00	0,20
4	Vrstva štěrkopískové zeminy s dřevitou hmotou		24,00	0,00	19,00	0,35
5	Navážka		15,00	5,00	20,00	0,35
6	R4-Křídový slínovec, navětralý, značně puklinatý, tvrdý		24,00	60,00	20,00	0,30
7	R3-Křídový slínovec, tvrdý do hloubky 12,00 m pod terénem		35,00	80,00	22,00	0,25
8	R3-Křídový slínovec, tvrdý od 12,00 m pod terénem níže		40,00	100,00	23,00	0,25

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Hlína písčitá, pevná, F3 - MS		-	10,00	18,00	-	-
2	Jemnozrnný písek, ulehlý, S2 - SP		-	35,00	18,50	-	-
3	Štěrkopísek, ulehlý, G2 - GP		-	98,00	20,00	-	-
4	Vrstva štěrkopískové zeminy s dřevitou hmotou		-	3,92	19,00	-	-
5	Navážka		-	6,50	20,00	-	-
6	R4-Křídový slínovec, navětralý, značně puklinatý, tvrdý		-	98,00	20,00	-	-
7	R3-Křídový slínovec, tvrdý do hloubky 12,00 m pod terénem		-	490,00	22,00	-	-
8	R3-Křídový slínovec, tvrdý od 12,00 m pod terénem níže		-	980,00	23,00	-	-






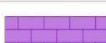



Obr. 44 Parametry zemin, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	n_h [MN/m ³]
1	Hlína písčitá, pevná, F3 - MS		soudržná	-
2	Jemnozrnný písek, ulehlý, S2 - SP		nesoudržná	21,25
3	Štěrkopísek, ulehlý, G2 - GP		nesoudržná	31,25
4	Vrstva štěrkopískové zeminy s dřevitou hmotou		soudržná	-
5	Navážka		soudržná	-
6	R4-Křídový slínovec, navětralý, značně puklinatý, tvrdý		soudržná	-
7	R3-Křídový slínovec, tvrdý do hloubky 12,00 m pod terénem		soudržná	-
8	R3-Křídový slínovec, tvrdý od 12,00 m pod terénem níže		soudržná	-

Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,50	0,00 .. 0,50	Navážka	
2	1,20	0,50 .. 1,70	Hlína písčitá, pevná, F3 - MS	
3	0,80	1,70 .. 2,50	Jemnozrnný písek, ulehlý, S2 - SP	
4	3,20	2,50 .. 5,70	Štěrkopísek, ulehlý, G2 - GP	
5	1,00	5,70 .. 6,70	Vrstva štěrkopískové zeminy s dřevitou hmotou	
6	1,00	6,70 .. 7,70	R4-Křídový slínovec, navětralý, značně puklinatý, tvrdý	
7	4,30	7,70 .. 12,00	R3-Křídový slínovec, tvrdý do hloubky 12,00 m pod terénem	
8	3,00	12,00 .. 15,00	R3-Křídový slínovec, tvrdý od 12,00 m pod terénem níže	
9	-	15,00 .. ∞	R3-Křídový slínovec, tvrdý od 12,00 m pod terénem níže	

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 3,00 m od původního terénu.

Obr. 45 Geologický profil a přiřazení zemin, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota

3.21.4.1 Pilota typu A

Materiály a normy

Betonové konstrukce :	EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 :	standardní
Ocelové konstrukce :	EN 1993-1-1 (EC3)
Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu :	$\gamma_{M0} = 1,00$
Dřevěné konstrukce :	EN 1995-1-1 (EC5)
Dílčí součinitel vlastností dřeva :	$\gamma_M = 1,30$
Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) :	$k_{mod} = 0,50$
Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) :	$k_{cr} = 0,67$

Piloty

Metodika posouzení :	výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky :	ČSN 73 1002
Zatěžovací křivka :	nelineární (Masopust)
Vodorovná únosnost :	pružný poloprostor
Návrhový přístup :	2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 25/30 (uživatelský)

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} =$	25,00 MPa
Pevnost v tahu	$f_{ctm} =$	2,60 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	31000,00 MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G =$	12917,00 MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Obr. 46 Použité materiály a normy, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota

Geometrie

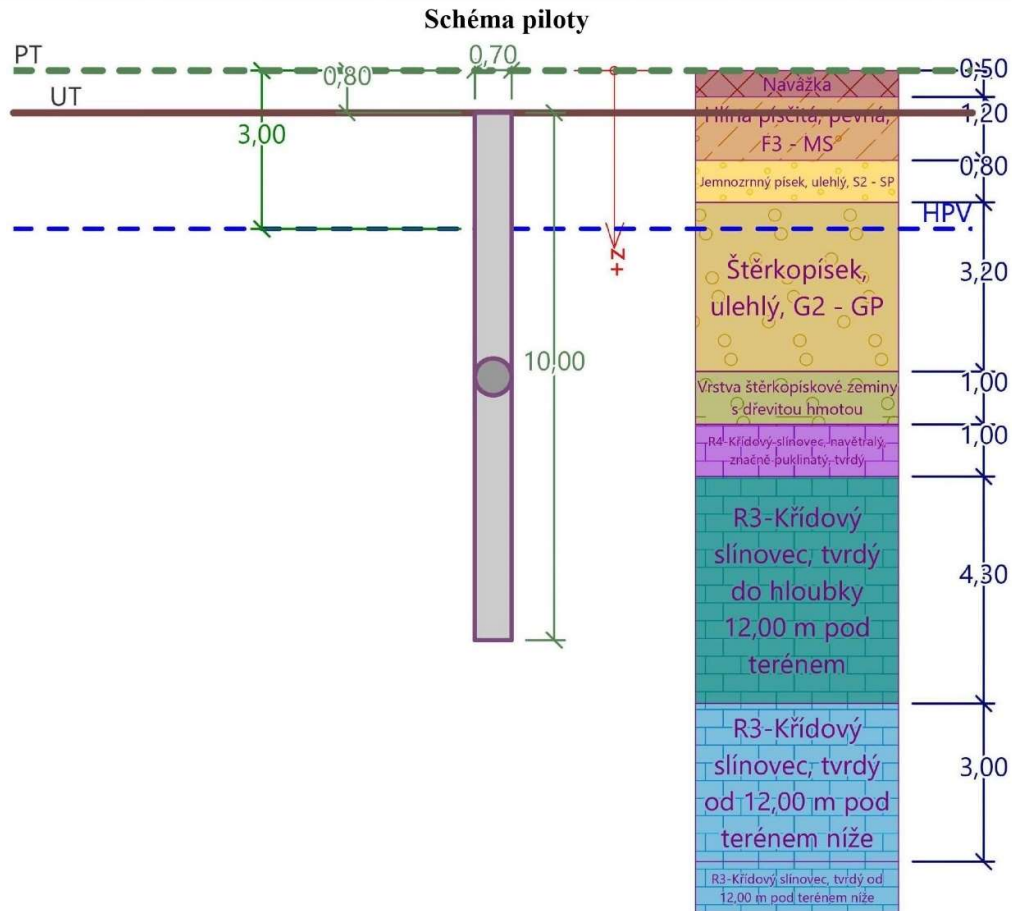
Profil piloty: kruhová

RozměryPrůměr $d = 0,70$ mDélka $l = 10,00$ m**Spočtené průřezové charakteristiky**Plocha $A = 3,85E-01$ m²Moment setrvačnosti $I = 1,18E-02$ m⁴**Umístění**Vysazení $h = 0,00$ mHloubka upraveného terénu $h_z = 0,80$ m

Typ technologie: Vrtané piloty

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Pilota 5	Návrhové	3146,50	0,00	50,00	50,00	0,00
2	Ano		Pilota 5	Užitné	2270,70	0,00	35,00	35,00	0,00



Obr. 47 Geometrie piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 – Pilota

Posouzení piloty

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti $N_c = 46,12$

Součinitel únosnosti $N_d = 33,30$

Součinitel únosnosti $N_b = 33,92$

Součinitel únosnosti $K1 = 1,00$

Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 11034,92 \text{ kPa}$

Plocha příčného řezu piloty $A_p = 3,85E-01 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,81 \text{ m}$

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	24,00	13,00	18,00	1,00	15,95	28,70
1,70	0,80	34,00	0,00	18,50	1,00	12,73	20,35
2,20	0,50	39,00	0,00	20,00	1,00	22,93	22,93
4,90	2,70	39,00	0,00	10,00	1,00	34,72	187,41
5,90	1,00	24,00	0,00	9,00	1,00	26,39	52,75
6,90	1,00	24,00	60,00	10,00	1,00	89,85	179,62
8,19	1,29	35,00	80,00	12,00	1,00	132,87	342,35

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejneprůzračnějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejneprůzračnější zatěžovací stav číslo 1. (Pilota 5)

Součinitel vlivu technologie provádění piloty: $\gamma_{r1} = 1,2$ (Betonáž piloty do vrtu zapaženého ocelovou výpažnicí a pod vodou)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 834,11 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 3860,67 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 4366,15 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 3235,86 \text{ kN}$

$R_c = 4366,15 \text{ kN} > 3235,86 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Obr. 48 Posouzení svislé únosnosti piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Pilota je vetknutá do horniny (posun paty je roven nule).

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 0,9 mm

Max.posouvající síla = 50,00 kN

Maximální moment = 50,00 kNm

Posouzení na tlak a ohyb

Průřez: kruhová, $d = 0,70$ m

Vyztužení - 10 ks profil 18,0 mm; krytí 70,0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení $\rho = 0,661 \% > 0,500 \% = \rho_{\min}$

Zatížení : $N_{Ed} = 3146,50$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 50,00$ kNm

Únosnost : $N_{Rd} = 6281,35$ kN; $M_{Rd} = 146,56$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk

Smyková výztuž - profil 6,0 mm; vzdálenost 200,0 mm

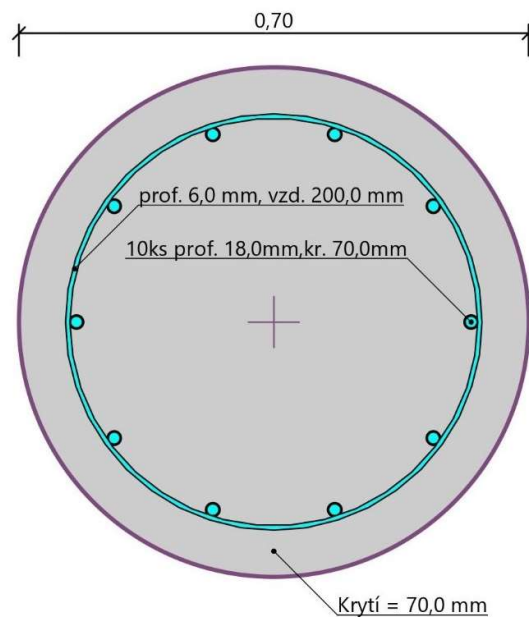
$A_{sw} = 2 \times 141,4 = 282,7$ mm²

Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 294,38$ kN $> 50,00$ kN = V_{Ed}

Průřez VYHOVUJE.

pouze konstrukční smyková výztuž

Schéma vyztužení



Obr. 49 Vodorovná únosnost piloty P5 a schéma vyztužení, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota

3.21.4.2 Řada pilot ŘP1

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$

Konstrukce

Šířka základové desky $b_x = 16,50$ m
 $b_y = 0,80$ m
 Průměr piloty $d = 0,70$ m
 Počet pilot $n_x = 6$
 $n_y = 1$
 Osová vzdálenost $s_x = 3,00$ m
 $s_y = 4,00$ m

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00$ MPa
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,60$ MPa
 Modul pružnosti $E_{cm} = 31000,00$ MPa
 Modul pružnosti ve smyku $G = 12917,00$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Stanovení svislých pružin

Typické zatížení (pro výpočet tuhosti svislých pružin) : Kombinace - k

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N	M _x	M _y	H _x	H _y	M _z
	nové	změna			[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	Ano		Kombinace - d	Návrhové	9470,00	0,00	12165,00	840,00	0,00	0,00
2	Ano		Kombinace - k	Užitné	6900,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : pružinová metoda

Uložení pilot v patě : plovoucí piloty - tuhosti pružin dopočítat z parametrů zemin

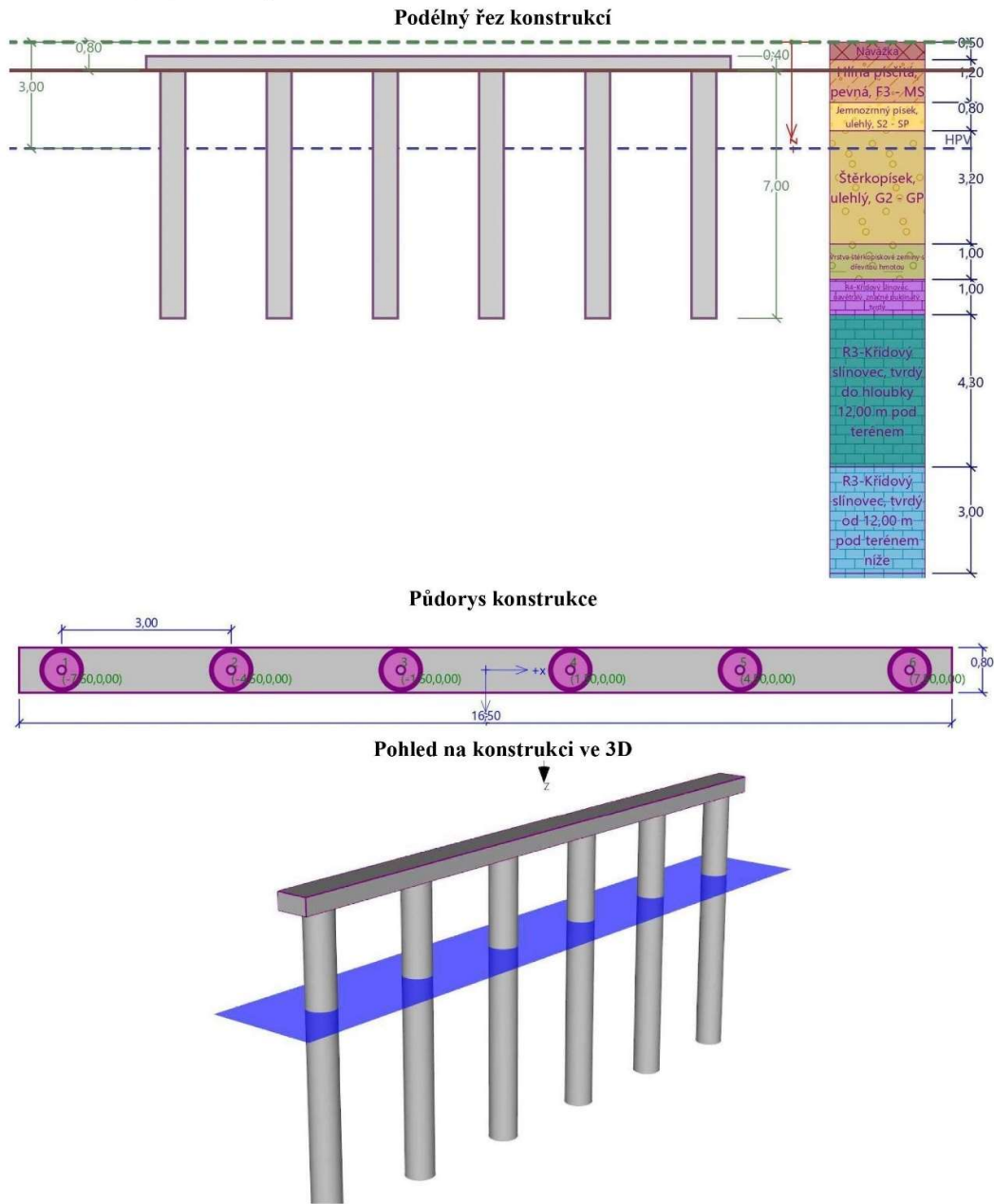
Připojení pilot k desce : kloub

Modul reakce podloží : podle ČSN 73 1004

Obr. 50 Vstupní data pro výpočet řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

Geometrie

Hloubka založení $h_z = 0,80$ m
 Vysazení piloty $h = 0,00$ m
 Tloušťka základové desky $t = 0,40$ m
 Délka pilot $l = 7,00$ m
 Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,87$



Obr. 51 Geometrie řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

Posouzení skupiny pilot

Výsledky výpočtu

Maximální vnitřní síly (všechna zatížení)

Maximální tlaková síla	= -2339,22 kN
Minimální tlaková síla	= -852,06 kN
Maximální moment	= 238,28 kNm
Maximální posouvající síla	= 182,46 kN

Maximální deformace (jen užitná zatížení)

Maximální sednutí	= 4,0 mm
Maximální vodorovný posun desky	= 0,0 mm
Maximální natočení desky	= 0,0E+00 °

Maximální vnitřní síly na pilotách

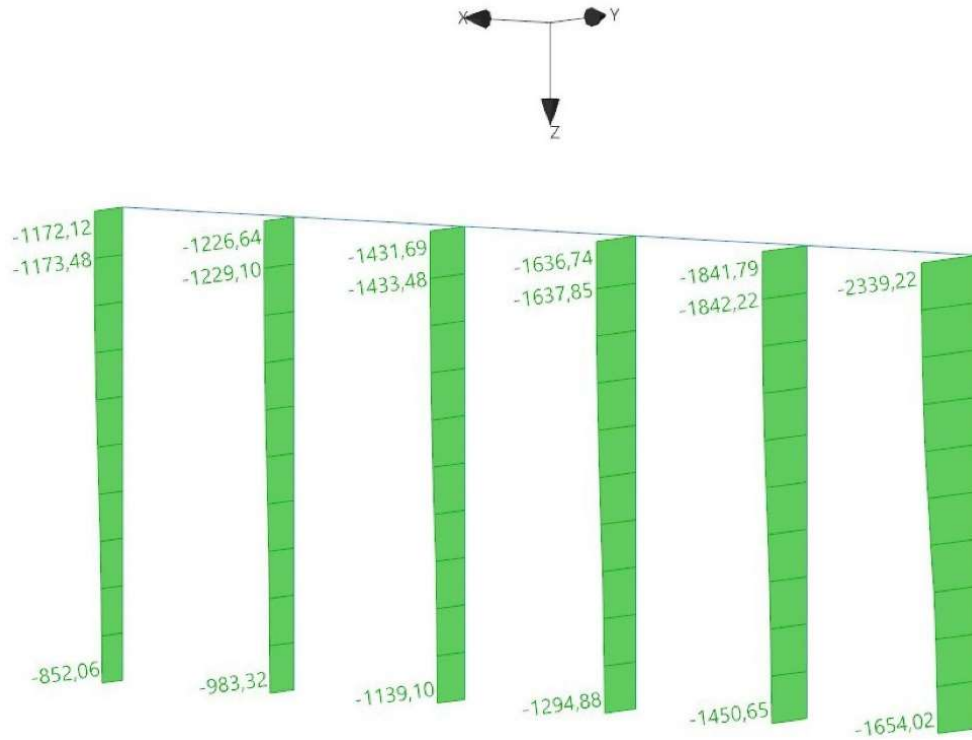
Pilota	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	M _{max} [kNm]	Q _{max} [kN]
pilota 1 - 1	-2339,22	-932,77	238,28	182,46
pilota 1 - 2	-1842,22	-905,93	170,65	118,77
pilota 1 - 3	-1637,85	-905,93	170,65	118,77
pilota 1 - 4	-1433,48	-905,93	170,65	118,77
pilota 1 - 5	-1229,10	-905,93	170,65	118,77
pilota 1 - 6	-1290,42	-852,06	238,28	182,46

Průběh vnitřní síl na pilotách po zatěžovacích stavech

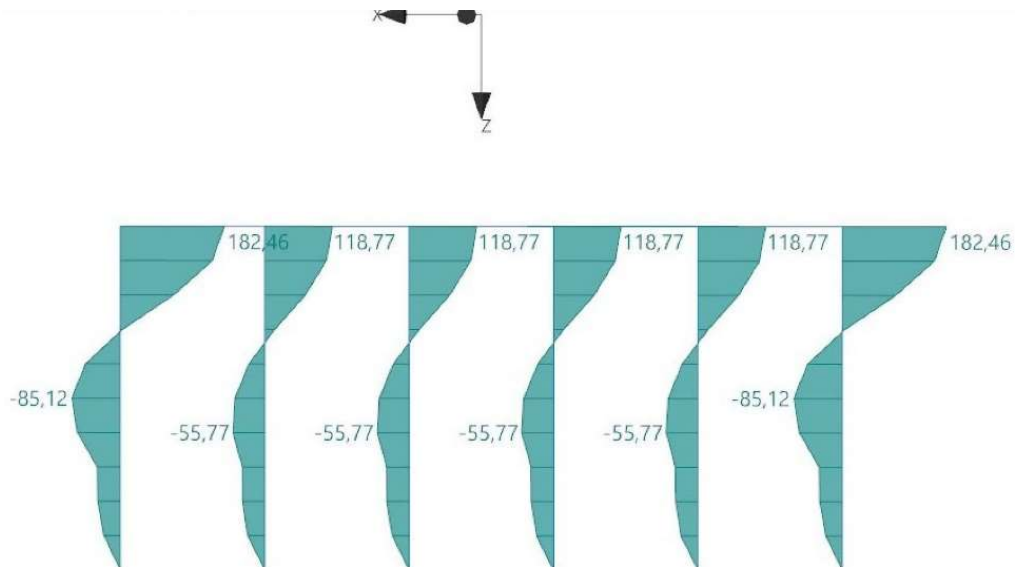
Zatížení : 1	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	M _{max} [kNm]	Q _{max} [kN]
pilota 1 - 1	-2339,22	-1654,02	238,28	182,46
pilota 1 - 2	-1842,22	-1450,65	170,65	118,77
pilota 1 - 3	-1637,85	-1294,88	170,65	118,77
pilota 1 - 4	-1433,48	-1139,10	170,65	118,77
pilota 1 - 5	-1229,10	-983,32	170,65	118,77
pilota 1 - 6	-1173,48	-852,06	238,28	182,46

Zatížení : 2	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	M _{max} [kNm]	Q _{max} [kN]
pilota 1 - 1	-1290,42	-932,77	0,00	0,00
pilota 1 - 2	-1127,56	-905,93	0,00	0,00
pilota 1 - 3	-1127,57	-905,93	0,00	0,00
pilota 1 - 4	-1127,57	-905,93	0,00	0,00
pilota 1 - 5	-1127,56	-905,93	0,00	0,00
pilota 1 - 6	-1290,42	-932,77	0,00	0,00

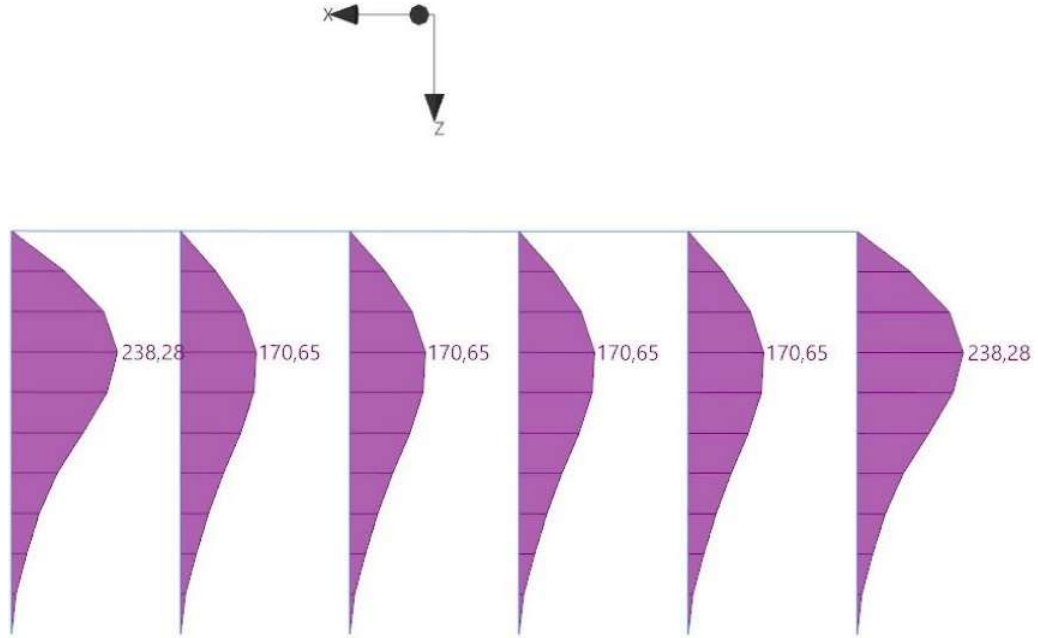
Obr. 52 Vnitřní síly na jednotlivých pilotách z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



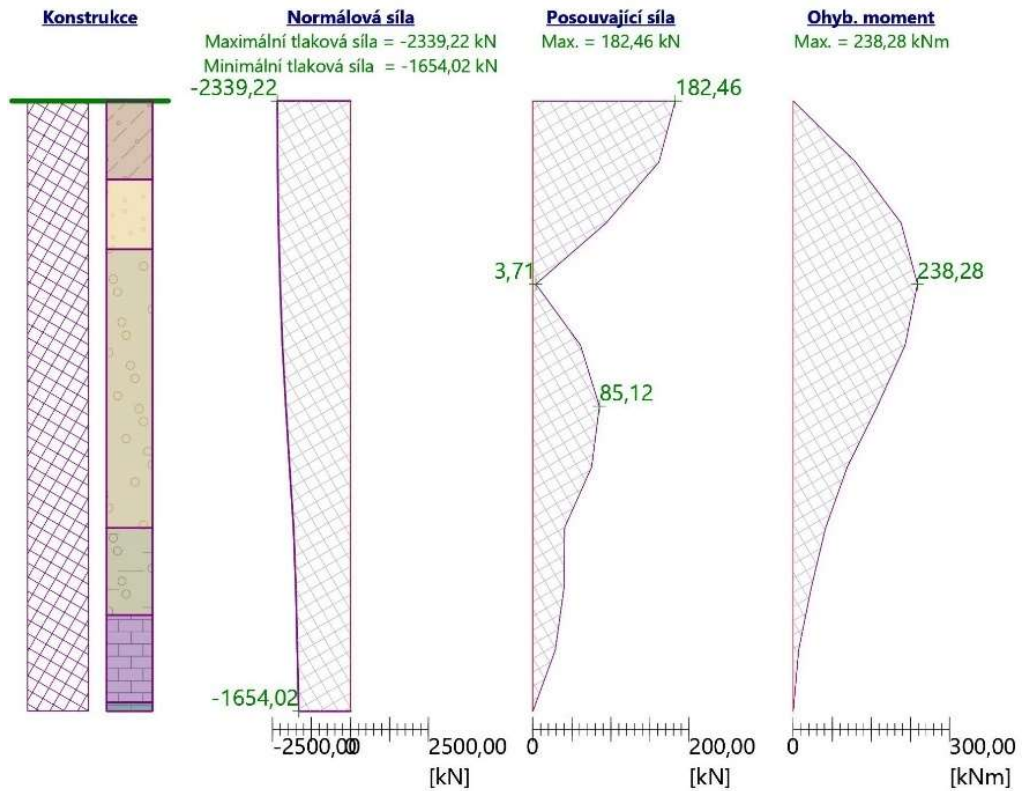
Obr. 53 Průběh normálových sil v návrhových hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



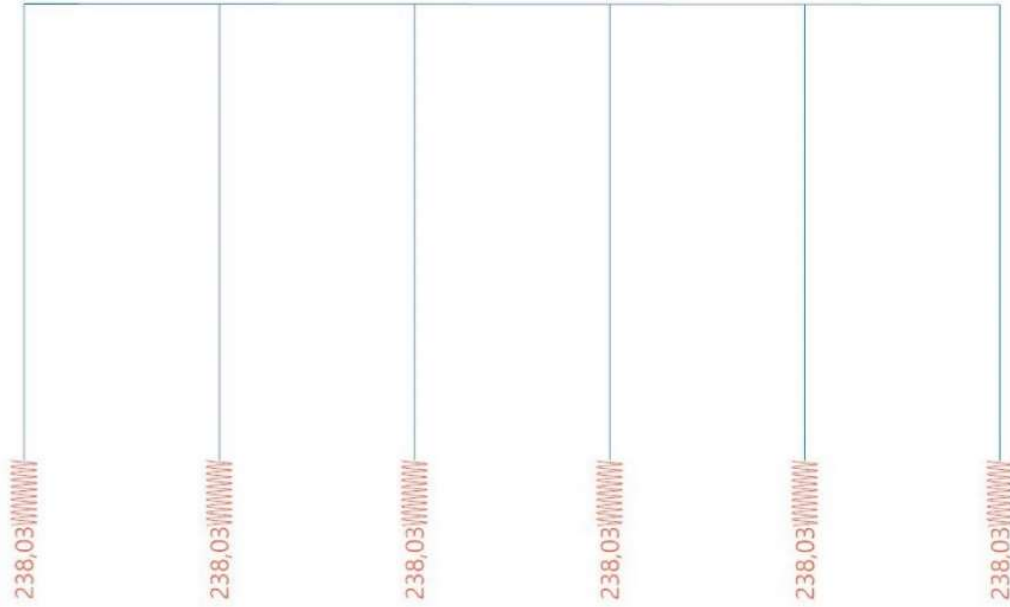
Obr. 54 Průběh smykových sil v návrhových hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



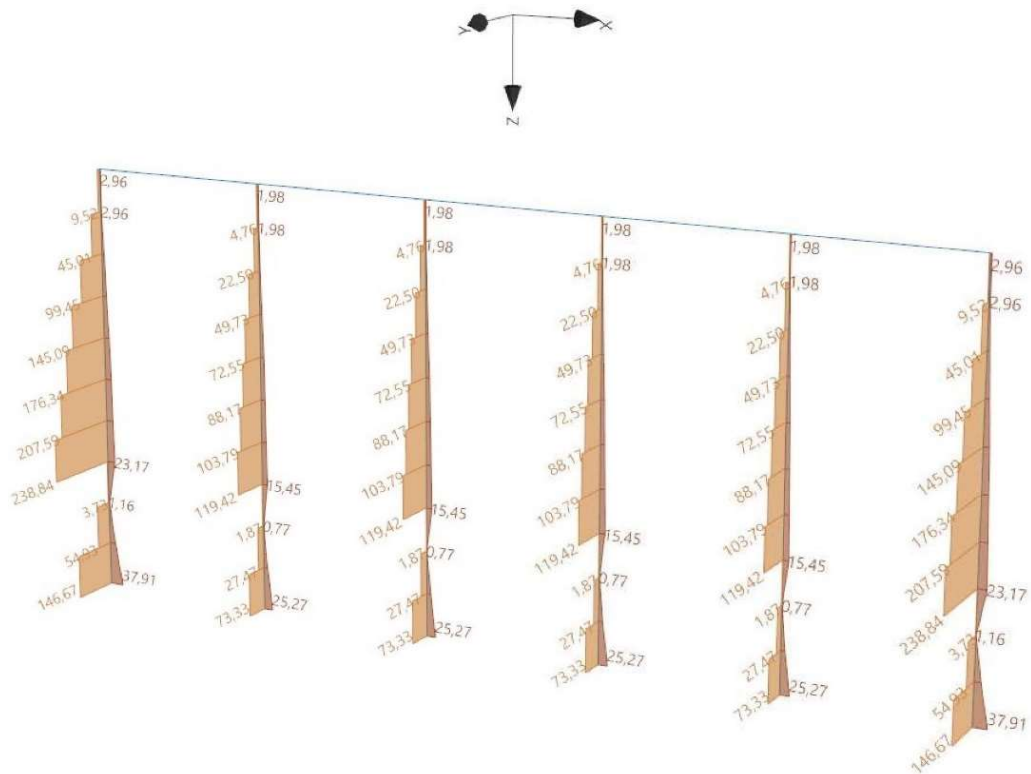
Obr. 55 Průběh ohybového momentu v návrhových hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



Obr. 56 Průběh vnitřních sil v návrhových hodnotách na nejvíce zatížené pilotě z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



Obr. 57 Tuhosti svislých pružin v patě pilot v jednotkách MN/m, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



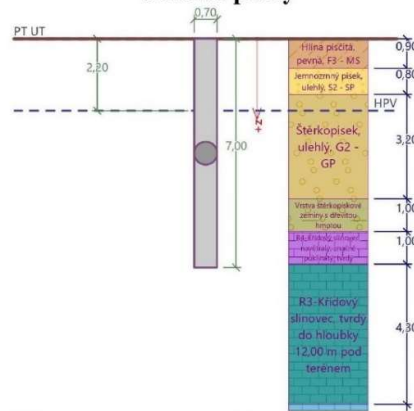
Obr. 58 Tuhosti vodorovných a svislých pružin po pilotech v jednotkách MN/m³, resp. MN/m, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

Posouzení čís. 1**Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky**

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti	$N_c =$	46,12
Součinitel únosnosti	$N_d =$	33,30
Součinitel únosnosti	$N_b =$	33,92
Součinitel únosnosti	$K1 =$	1,00
Výpočtová únosnost na patě piloty	$R_{bd} =$	9148,74 kPa
Plocha příčného řezu piloty	$A_p =$	3,85E-01 m ²

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,81$ m**Schéma piloty**

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	24,00	13,00	18,00	1,00	15,95	28,70
1,70	0,80	34,00	0,00	18,50	1,00	12,73	20,35
2,20	0,50	39,00	0,00	20,00	1,00	22,93	22,93
4,90	2,70	39,00	0,00	10,00	1,00	34,72	187,41
5,19	0,29	24,00	0,00	9,00	1,00	25,22	14,56

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,87$

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (ZS 1)

Součinitel vlivu technologie provádění piloty: $\gamma_{r1} = 1,2$ (Betonáž piloty do vrtu zapaženého ocelovou výpažnicí a pod vodou)Únosnost piloty na plášti $R_s = 273,95$ kNÚnosnost piloty v patě $R_b = 3200,77$ kNÚnosnost piloty $R_c = 3023,01$ kNExtrémní svislá síla $V_d = 2339,22$ kN $R_c = 3023,01$ kN > $2339,22$ kN = V_d **Svislá únosnost piloty VYHOVUJE**

Obr. 59 Posouzení svislé únosnosti řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

Vstupní data pro dimenzaci piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivější kombinace.
Výztuž navržena pro všechny piloty ve skupině.

Posouzení na tlak a ohyb

Průměr piloty: $d=0,70\text{m}$
Vyztužení - 10 ks profil 20,0 mm; krytí 70,0 mm
Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota
Stupeň vyztužení $\rho = 0,816 \% > 0,500 \% = \rho_{\min}$
Zatížení : $N_{Ed} = 2339,22 \text{ kN}$ (tlak) ; $M_{Ed} = 238,28 \text{ kNm}$
Únosnost : $N_{Rd} = 4723,76 \text{ kN}$; $M_{Rd} = 481,18 \text{ kNm}$

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE**Posouzení na smyk**

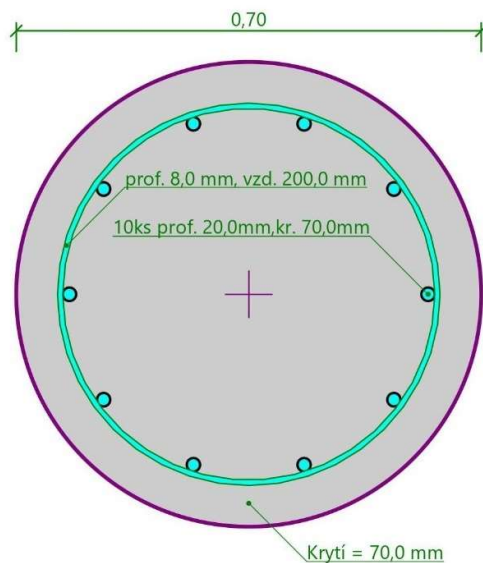
Smyková výztuž - profil 8,0 mm; vzdálenost 200,0 mm
 $A_{sw} = 2 \times 251,3 = 502,7 \text{ mm}^2$
Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 275,37 \text{ kN} > 182,46 \text{ kN} = V_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

pouze konstrukční smyková výztuž

Průběhy vnitřních sil po konstrukci

Hloubka [m]	Posouvající síla Q [kN]	Ohyb. moment M [kNm]	Normálová síla N [kN] (tah)	Normálová síla N [kN] (tlak)
0.00	182.46	0.00	-1124.76	-2339.22
0.70	161.33	119.91	-1127.56	-2335.50
1.40	93.51	207.36	-1121.47	-2308.21
2.10	17.53	238.28	-1105.49	-2254.82
2.80	60.94	215.03	-1078.75	-2173.21
3.50	85.12	161.44	-1043.37	-2069.03
4.20	75.24	103.69	-991.70	-1950.51
4.90	40.55	62.51	-926.82	-1818.18
5.60	39.85	34.97	-894.15	-1748.39
6.30	29.83	10.73	-872.18	-1699.42
7.00	0.00	0.00	-852.06	-1654.02

Schéma vyztužení

Obr. 60 Vodorovná únosnost řady pilot ŘPI, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

3.21.5 Mezní stav použitelnosti – SLS – Statický výpočet

3.21.5.1 Pilota typu A

Posouzení piloty

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	0,90	0,90	10,00	50,00	25,00
2	0,90	1,70	0,80	21,00	100,00	50,00
3	1,70	4,90	3,20	30,00	110,00	55,00
4	4,90	5,90	1,00	15,00	50,00	20,00
5	5,90	6,90	1,00	70,00	160,00	130,00
6	6,90	10,00	3,10	100,00	200,00	160,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 10,0$ mm

Regresní součinitel $e = 2500,00$

Regresní součinitel $f = 1200,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 1775,53$ kN

Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 2416,00$ kPa

Průměrné plášťové tření $q_s = 115,34$ kPa

Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 51,68$ MPa

Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,27$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,11$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,19$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

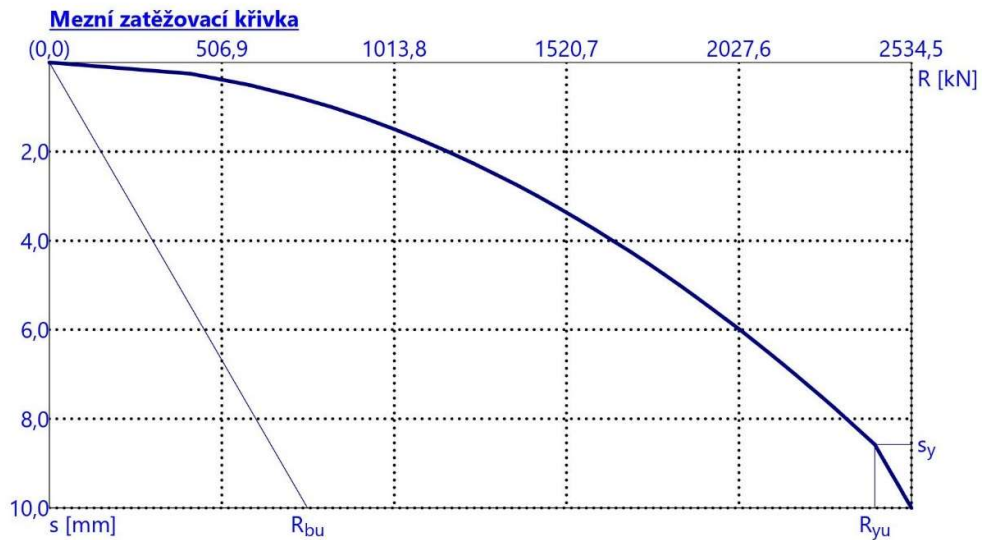
Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
1,0	828,58
2,0	1171,79
3,0	1435,15
4,0	1657,17
5,0	1852,77
6,0	2029,61
7,0	2192,22
8,0	2343,59
9,0	2458,62
10,0	2534,52

Obr. 61 Výpočet zatěžovací křivky piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 – Pilota

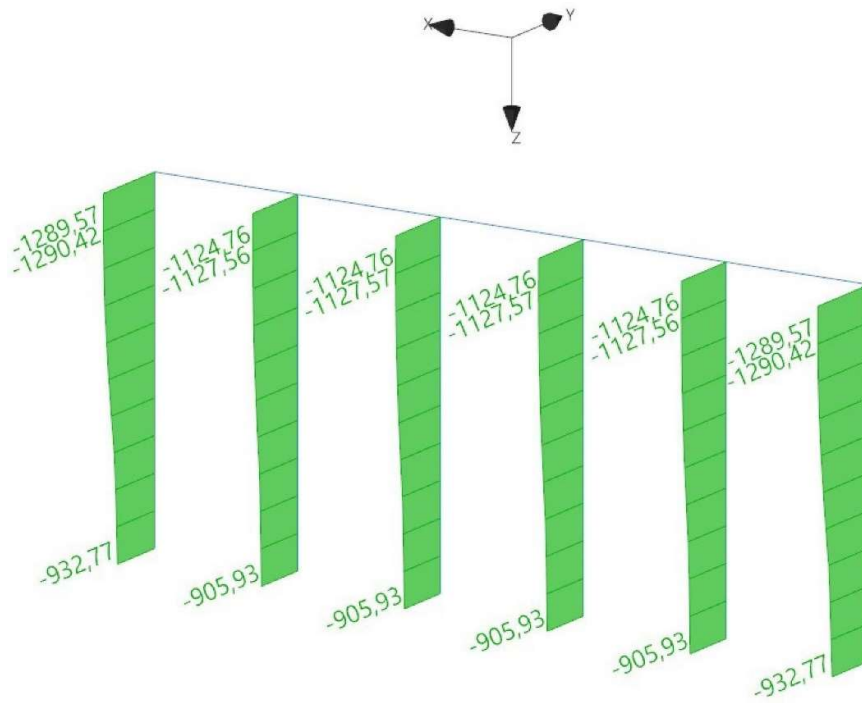
Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledkyZatížení na mezi mobilizace pláště.tření $R_{yu} = 2426,38 \text{ kN}$ Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 8,6 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 10,0 mm :

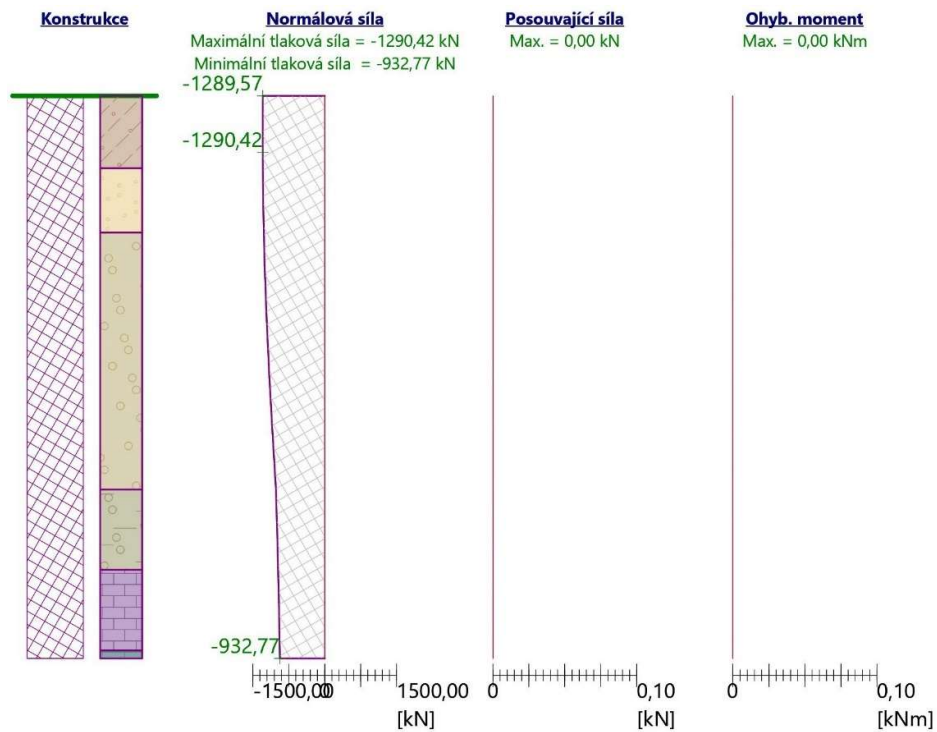
Únosnost paty $R_{bu} = 758,99 \text{ kN}$ Celková únosnost $R_c = 2534,52 \text{ kN}$ Pro zatížení $Q = 2270,70 \text{ kN}$ je sednutí piloty 7,5 mmSednutí piloty je 7,5 mm: $s_y = 7,5 \text{ mm} < s_{lim} = 10 \text{ mm}$ **SEDNUTÍ PILOTY VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.**

Obr. 62 Posouzení absolutního sednutí piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 – Pilota

3.21.5.2 Řada pilot ŘP1



Obr. 63 Průběh normálových sil v charakteristických hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot



Obr. 64 Průběh vnitřních sil v charakteristických hodnotách na nejvíce zatížené pilotě z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

Posouzení piloty

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	0,90	0,90	10,00	50,00	25,00
2	0,90	1,70	0,80	21,00	100,00	50,00
3	1,70	4,90	3,20	30,00	110,00	55,00
4	4,90	5,90	1,00	15,00	50,00	20,00
5	5,90	6,90	1,00	70,00	160,00	130,00
6	6,90	7,00	0,10	100,00	200,00	160,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 10,0$ mm

Regresní součinitel $e = 2500,00$

Regresní součinitel $f = 1200,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 912,68$ kN

Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 2380,00$ kPa

Průměrné plášťové tření $q_s = 84,70$ kPa

Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 30,97$ MPa

Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,41$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,15$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,04$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
1,0	464,72
2,0	657,21
3,0	804,91
4,0	929,43
5,0	1039,14
6,0	1138,32
7,0	1229,52
8,0	1314,42
9,0	1394,15
10,0	1469,56

Obr. 65 Výpočet zatěžovací křivky piloty z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště.tření $R_{yu} = 1553,83 \text{ kN}$
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 11,2 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 10,0 mm :

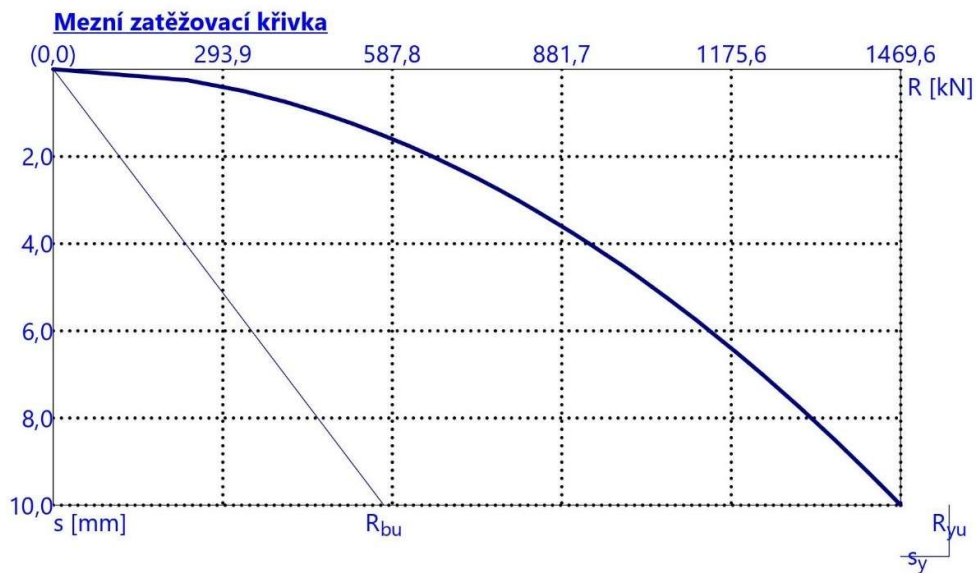
Únosnost paty $R_{bu} = 573,50 \text{ kN}$
 Celková únosnost $R_c = 1469,56 \text{ kN}$

Pro zatížení $Q = 1290,42 \text{ kN}$ je sednutí piloty 7,7 mm

Sednutí fiktivního plošného základu = 4,0 mm

Sednutí piloty dle zatěžovací křivky je 7,7 mm: $s_y = 7,7 \text{ mm} < s_{lim} = 10 \text{ mm}$

SEDNUTÍ PILOTY VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.



Obr. 66 Posouzení absolutního sednutí řady pilot $\check{R}P1$, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot

3.21.5.3 Nerovnoměrné sedání

Z hlediska nerovnoměrného, tj. relativního sedání je kritická oblast kolem schodišťového a výtahového jádra, kde piloty jsou blíž u sebe nežli v ostatních oblastech objektu, a navíc tu jsou větší rozdíly sedání. Byly posouzeny tři kritická místa a to:

- Pilota P11 vůči řadě pilot S2

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_1 = \frac{s_{\check{R}P2} - s_{P11}}{L_1} = \frac{7,9 - 4,6}{2150} = 0,0015 \leq 0,0015 = \left(\frac{\Delta s}{L}\right)_{lim}$$

VYHOVUJE NA NEROVNOMĚRNÉ SEDÁNÍ

- Pilota P7 vůči řadě pilot S3

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_2 = \frac{s_{P7} - s_{RP3}}{L_2} = \frac{4,6 - 1,4}{2125} = 0,0015 \leq 0,0015 = \left(\frac{\Delta s}{L}\right)_{lim}$$

VYHOVUJE NA NEROVNOMĚRNÉ SEDÁNÍ

- Pilota P7 vůči pilotě P8

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_3 = \frac{s_{P8} - s_{P7}}{L_3} = \frac{7,4 - 4,6}{2850} = 0,00098 \leq 0,0015 = \left(\frac{\Delta s}{L}\right)_{lim}$$

VYHOVUJE NA NEROVNOMĚRNÉ SEDÁNÍ

Všechny ostatní piloty a řady pilot mají menší relativní sedání a také větší rozteče, tudíž také vyhoví na podmínku nerovnoměrného sednutí.

3.21.6 Ostatní piloty a řady pilot

Posouzení na mezní stav porušení a mezní stav použitelnosti (absolutní sedání) ostatních zbývajících pilot a řad pilot jsou v příloze č. 2.

3.21.7 Výsledný návrh

Je navrženo celkem 38 železobetonových vrtaných pilot o průměrech 500 a 700 mm a délkách 6,6 až 10 metrů, působících osaměle. Sloupy budou opřeny o piloty kloubově přímo nebo případně přes dodatečnou betonovou hlavu piloty. Nosné stěny budou opřeny o piloty přes železobetonový základový práh. Styk pilot a základového prahu je navržen kloubový a jejich výztuž bude provázána. Výztuž sloupů nemusí být s pilotami nutně provázána.

Hydroizolace je řešena černou vanou pomocí asfaltových pásů či fólií.

Statický výpočet je uveden v příloze č. 2, pilotový plán ve výkresu č. 2 a schematický příčný řez v místě založení nosné obvodové stěny ve výkresu č. 4.

Tab. 16 Navržené osamělé piloty – Varianta 1

Číslo piloty	Kóta hlavy piloty [m n.m.]	Průměr piloty [mm]	Délka piloty [m]	η_g [-]	Svislá únosnost [kN]	Sednutí [mm]	MSÚ MSP	Typ pilot
P1	217,500	700	9,5	1,00	4449,34	8,1	Vyhovuje	B
P2	217,500	700	9,5	1,00	4449,34	7,8	Vyhovuje	B
P3	217,500	700	9,5	1,00	4449,34	7,1	Vyhovuje	B
P4	217,500	700	9,5	1,00	4449,34	7,3	Vyhovuje	B
P5	217,500	700	10	0,93	4366,15	7,5	Vyhovuje	A
P6	217,500	700	9,5	0,93	4137,89	7,5	Vyhovuje	B
P7	217,500	700	7,7	0,94	3446,28	4,6	Vyhovuje	C
P8	217,500	700	8	0,93	3519,12	7,4	Vyhovuje	D
P9	217,500	700	9,5	1,00	4449,34	7,1	Vyhovuje	B
P10	217,500	700	9,5	1,00	4449,34	7,3	Vyhovuje	B
P11	217,500	500	6,9	0,92	1681,89	4,6	Vyhovuje	E

Tab. 17 Geometrie a únosnost navržených řad pilot – Varianta 1

Číslo řady pilot	Kóta hlav pilot [m n.m.]	Průměr pilot [mm]	Délka pilot [m]	Počet pilot	Reakce v krajní pilotě [kN]	Svislá únosnost jedné piloty ve skupině (celé skupiny) [kN]
ŘP1	217,500	700	7	6	2290,10	3023,01 (18 138,06)
ŘP2	217,500	700	9	5 (6)	3147,27	3576,16 (17 880,80)
ŘP3	217,500	500	6,6	2	658,07	858,00 (1716,00)

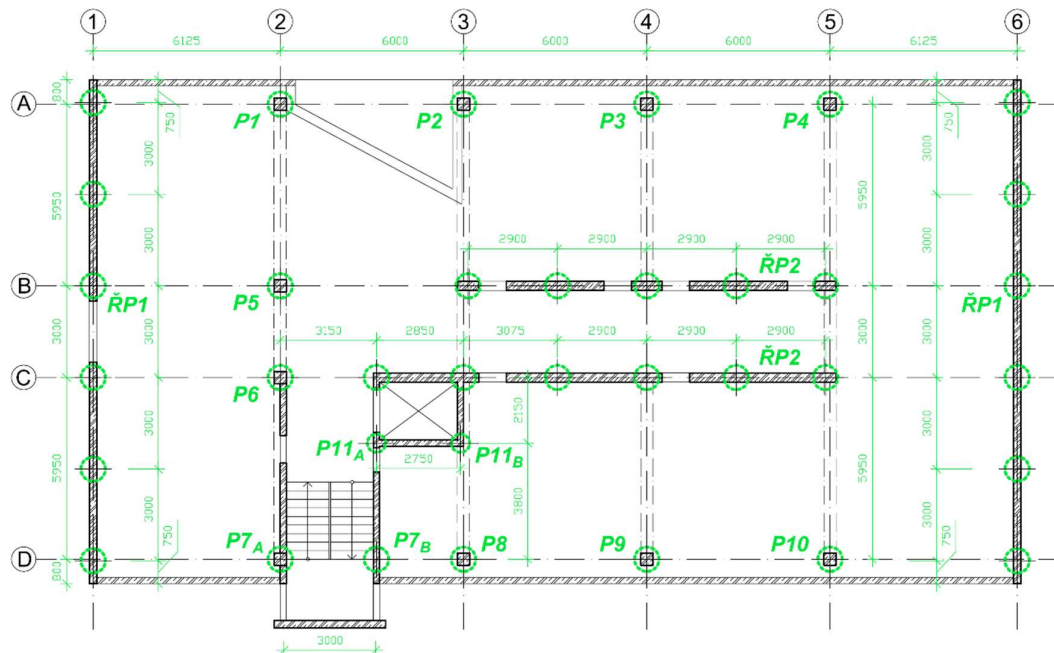
Tab. 18 Sednutí navržených řad pilot – Varianta 1

Číslo řady pilot	Osová vzdálenost pilot [m]	η_g [-]	Průměr pilot [mm]	Sednutí [mm]	MSÚ MSP
ŘP1	3,00	0,87	700	7,7 (4,0)	Vyhovuje
ŘP2	2,90	0,85	700	7,9 (4,3)	Vyhovuje
ŘP3	3,00	0,95	600	1,4 (2,2)	Vyhovuje

3.22 Varianta založení na pilotách 2

3.22.1 Postup návrhu

Ve druhé variantě návrhu založení administrativní budovy na pilotách se řeší základová deska tloušťky 400 mm, která je kloubově podepírána pilotami. Typ, počet a umístění pilot se vůči 1. variantě založení nemění až na dvě piloty (řada pilot ŘP3) pod předsazenou stěnou schodišťového jádra, které ve variantě založení se základovou deskou nebudou přítomny, jelikož tato stěna nese pouze vlastní tíhu, tak zatížení od ní bezpečně přenáší samotná základová deska. Navrhly se však kratší piloty oproti 1. variantě založení vyjma pilot pod dvěma příčnými nosnými obvodovými stěnami, tj. řady pilot ŘP1, jejichž délka (7 metrů) musela být zachována, protože kratší piloty by nevyhověly na MSÚ, a proto nebyly opětovně posuzovány. Piloty ve 2. variantě jsou kratší o 0,7 – 1,5 metrů, což je umožněno díky spolupůsobení základové desky s pilotami. Ještě kratší piloty by již nevyhověly na mezní stav únosnosti, délky byly proto voleny z hlediska MSÚ co nejefektivněji. Průměry pilot jsou též identické s první variantou návrhu až na piloty P11. Na *Obr. 67* je schéma rozmístění pilot a v *Tab. 19* jsou vypsány všechny důležité parametry pilot.

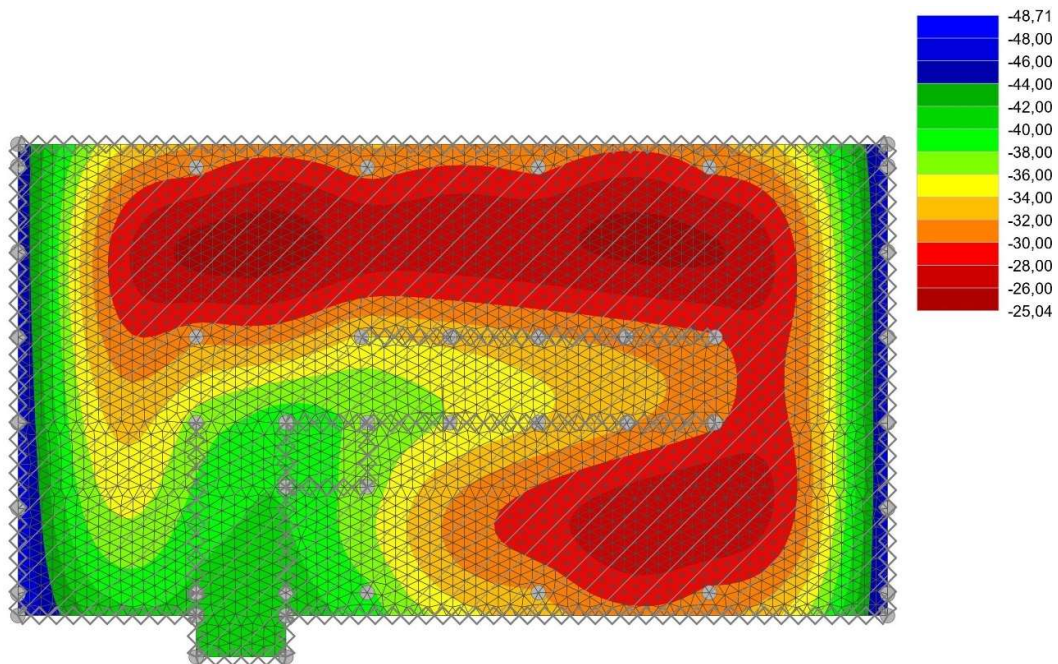


Obr. 67 Schéma rozmístění pilot – Varianta 2

Bylo modelováno veškeré zatížení od horní stavby vyjma zatížení od větru, které se při posouzení řad pilot pod ztužujícími nosnými stěnami na MSÚ k jednotlivým

pilotám přičetlo. Byly také namodelovány všechny ŽB stěny, aby byly výsledky co nejpřesnější. Každá pilota byla modelována jako pružná podpora ve svislém směru definovaná svou tuhostí. Velikost tuhosti svislé pružiny, která reprezentuje pilotu závisí na reakci v pilotě a na sednutí piloty. S rostoucí reakcí v pilotě roste tuhost pružiny a s rostoucím sednutím piloty naopak klesá tuhost pružiny. To znamená, že čím větší je tuhost pružiny, tím větší část celkového zatížení přenesou pilota a sníží se tudíž riziko protlačení základové desky.

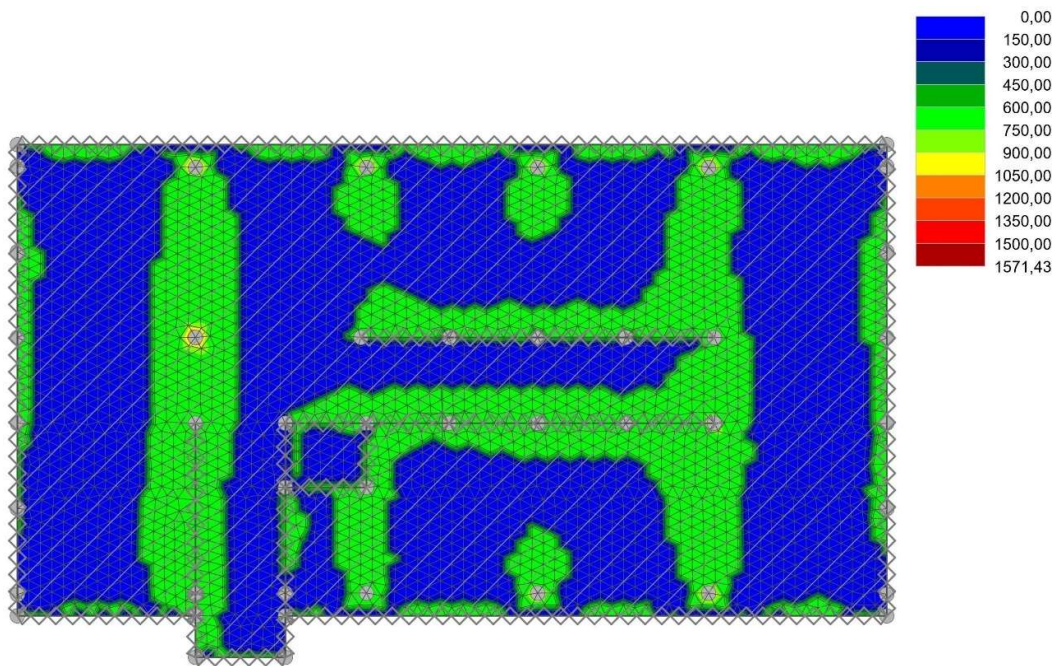
Samotná základová deska tloušťky 400 mm bez pilot by měla nadměrné absolutní i relativní průhyby, jak je zobrazeno na *Obr. 68*, proto se jeví založení na samotné základové desce jako nevhodné.



Obr. 68 Svislý průhyb základové desky modelované bez pilot (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v mm)

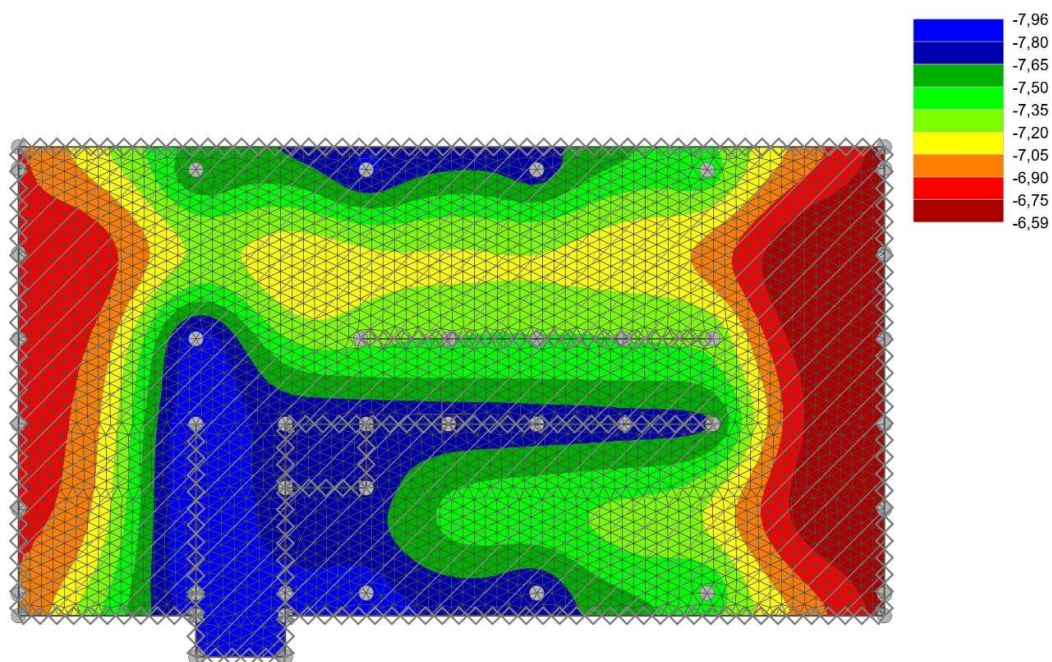
Tuhosti jednotlivých svislých pružin reprezentujících piloty byly stanovovány iteračně pomocí jejich mezních zatěžovacích křivek dle doc. Masopusta tak, aby jednotlivá zvolená sedání pilot, která odpovídají tuhostem příslušných pružin byla co nejvíce identická s programem vypočteným sednutím podepírané základové desky v místech jednotlivých pilot. Poté se reakce v pilotě odečetla z příslušné mezní zatěžovací křivky dané piloty.

V místě nejvíce zatíženého vnitřního sloupu (v místě piloty P5), obvodového sloupu (v místě piloty P1) a v místě konce nosné ztužující stěny S2 byla ověřena smyková únosnost při protlačení pomocí programu FIN EC 2022 - Protlak. Uvažoval jsem vyztužení základové desky při horním a dolním povrchu v obou směrech výztuží průměru 16 mm po 100 mm, což odpovídá ploše $2011 \text{ mm}^2/\text{m}$, což je více než programem „GEO5 2022 – Deska“ spočítaná potřebná plocha výztuže v jednotlivých směrech a místech desky, viz. *Obr. 69*. Detailní návrh a posouzení výztuže železobetonové základové desky není předmětem této bakalářské práce. V případě, že by po detailním návrhu desky se zjistilo, že deska v ostatních místech nevyhoví na protlačení, tak se navrhne patřičná smyková výztuž na protlačení například ve formě radiálních třmínků.

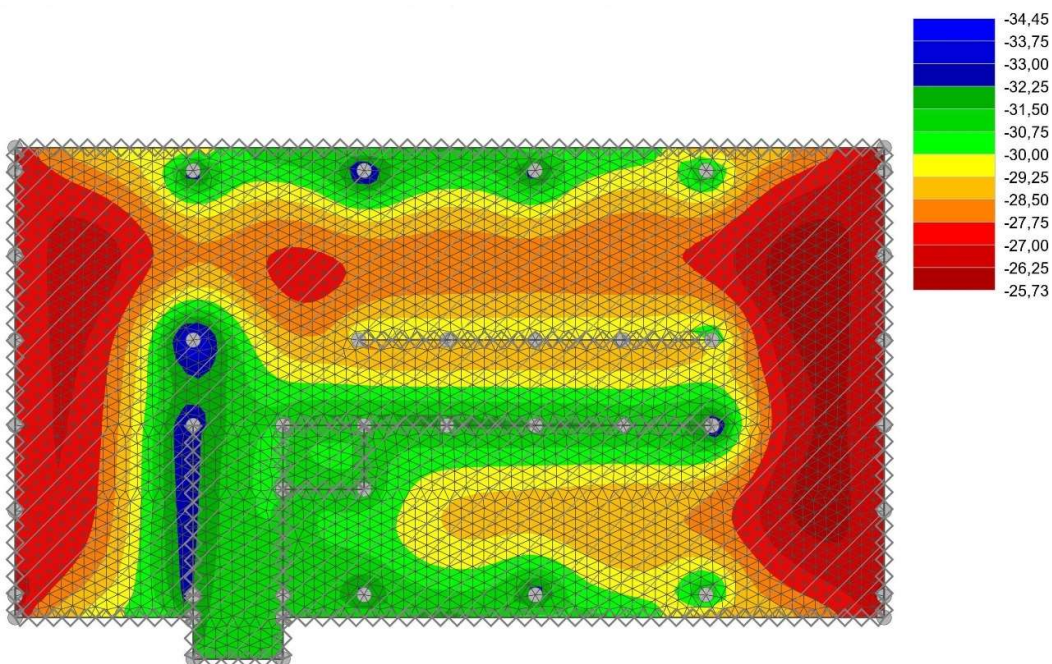


Obr. 69 Grafické zobrazení potřebné dolní výztuže základové desky v podélném směru, výstup z programu GEO5 2022 – Deska (hodnoty v mm^2/m)

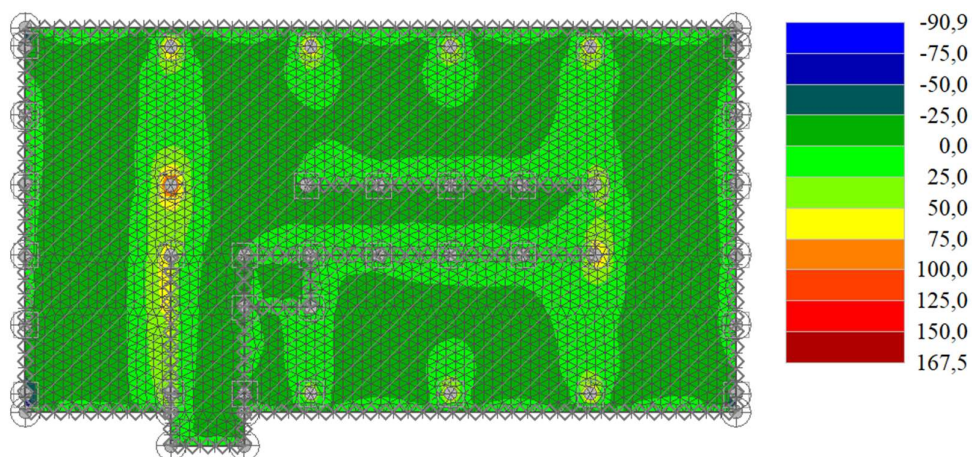
Průhyb základové desky se pohybuje v rozmezí od 6,59 mm do 7,96 mm, což je menší než mezní hodnota absolutního sednutí 10 mm. Maximální relativní průhyb je tedy 1,37 mm a deska s velkou rezervou vyhoví na nerovnoměrné sednutí. Takto malý relativní průhyb není důvodem pro přijetí opatření, které by průhyb snižovaly.



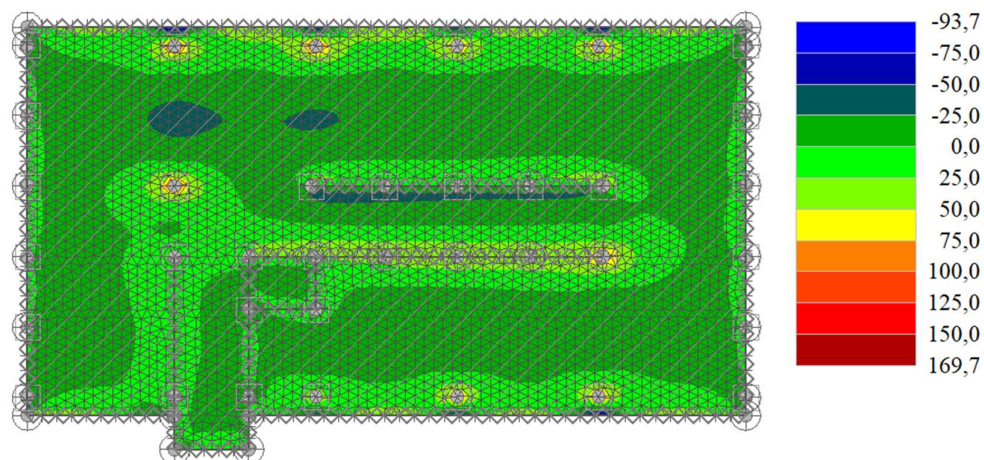
Obr. 70 Svislý průhyb základové desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v mm)



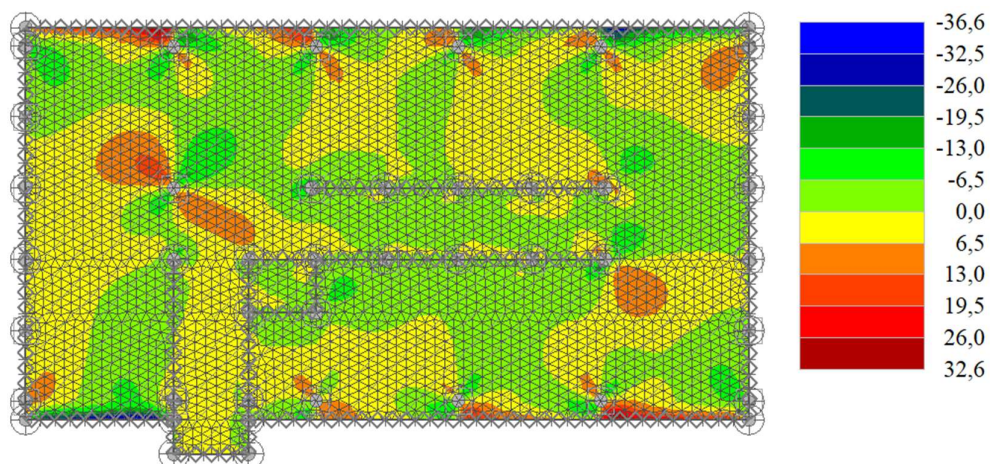
Obr. 71 Kontaktní napětí v základové spáře desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kPa)



Obr. 72 Ohybové momenty m_x (M11) v desce (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kNm/m)

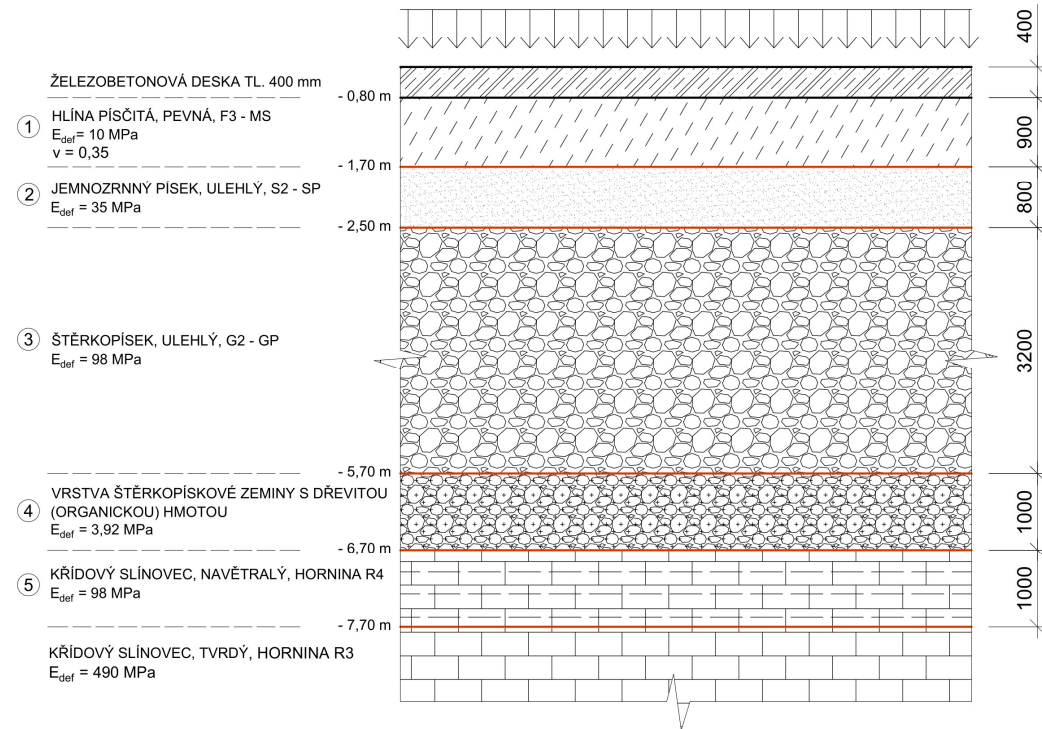


Obr. 73 Ohybové momenty m_y (M22) v desce (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kNm/m)



Obr. 74 Ohybové momenty m_{xy} (M12) v desce (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kNm/m)

3.22.2 Stanovení hloubky deformační zóny vrstevnatého geologického profilu



Obr. 75 Geologický profil pod řešenou základovou deskou

Z důvodu velikého modulu přetvárnosti zdravých slínovců třídy R3 a z důvodu jejich větší hloubky se neuvažuje, že napětí od desky bude dosahovat až k těmto horninám. Budou tedy uvažovány vrstvy 1 až 5 dle Obr. 44, kde poslední vrstvou je vrstva s navětralými slínovci třídy R4. Reprezentativní vrstva při stanovování hloubky deformační zóny vrstevnatého geologického profilu bude vrstva zeminy bezprostředně pod deskou, tj. hlína písčitá třídy F3 – MS.

Výpočet hloubky deformační zóny:

$$H = h_1 + h_2 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,2}} + h_3 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,3}} + h_4 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,4}} + h_5 * \frac{E_{def,1}}{E_{def,5}}$$

$$H = 0,9 + 0,8 * \frac{10}{35} + 3,2 * \frac{10}{98} + 1,0 * \frac{10}{3,92} + 1,0 * \frac{10}{98}$$

$$H = 4,11 \text{ m}$$

Programem „GEO5 Deska“ dopočítaná Winklerova a Pasternakova konstanta:

$$C_1 = 3,975 \text{ MN/m}^3$$

$$C_2 = 4,029 \text{ MN/m}$$

3.22.3 Výsledný návrh

Navrhl jsem železobetonovou základovou desku tloušťky 400 mm, která je lokálně kloubově podepřena 36 železobetonovými vrtanými pilotami průměru 700 a 500 mm a délky 7 až 8,5 metrů. Výztuž desky a řad pilot bude provázána, ale jedná se pouze o kloubový spoj nikoliv tuhý spoj, který by přenášel větší ohybové momenty v místě připojení pilot k desce. Výztuž pilot, které jsou pod sloupy, nemusí být s výztuží desky provázána.

Statický výpočet je dostupný v příloze č. 3, pilotový plán ve výkresu č. 3 a stavební detail u terénu ve výkresu č. 5.

Tab. 19 Navržené piloty – Varianta 2

Číslo piloty	Kóta hlavy piloty [m n.m.]	Průměr piloty [mm]	Délka piloty [m]	η_g [-]	Svislá únosnost [kN]	Sednutí [mm]	MSÚ MSP	Typ pilot
P1	217,500	700	8,0	1,00	3784,00	7,7	Vyhovuje	A
P2	217,500	700	8,0	1,00	3784,00	7,9	Vyhovuje	A
P3	217,500	700	8,0	1,00	3784,00	7,8	Vyhovuje	A
P4	217,500	700	8,0	1,00	3784,00	7,5	Vyhovuje	A
P5	217,500	700	8,5	0,93	3705,06	7,9	Vyhovuje	B
P6	217,500	700	8,5	0,93	3705,06	8,0	Vyhovuje	B
P7	217,500	700	7,0	0,93	3231,49	7,9	Vyhovuje	C
P8	217,500	700	7,0	0,93	3231,49	7,9	Vyhovuje	C
P9	217,500	700	8,0	1,00	3784,00	7,8	Vyhovuje	A
P10	217,500	700	8,0	1,00	3784,00	7,5	Vyhovuje	A
P11	217,500	500	7,0	0,92	1695,79	7,8	Vyhovuje	D

Tab. 20 Geometrie a únosnost navržených řad pilot – Varianta 2

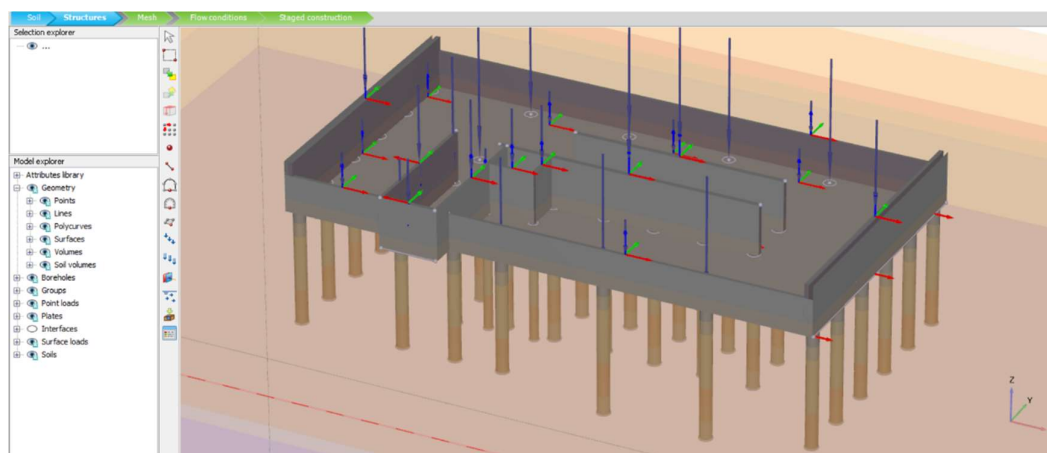
Číslo řady pilot	Kóta hlav pilot [m n.m.]	Průměr pilot [mm]	Délka pilot [m]	Počet pilot	Reakce v krajní pilotě [kN]	Svislá únosnost jedné piloty ve skupině (celé skupiny) [kN]
ŘP1	217,500	700	7	6	2290,10	3023,01 (18 138,06)
ŘP2	217,500	700	8	5 (6)	3147,27	3216,4 (16 829,00)

Tab. 21 Sednutí navržených řad pilot – Varianta 2

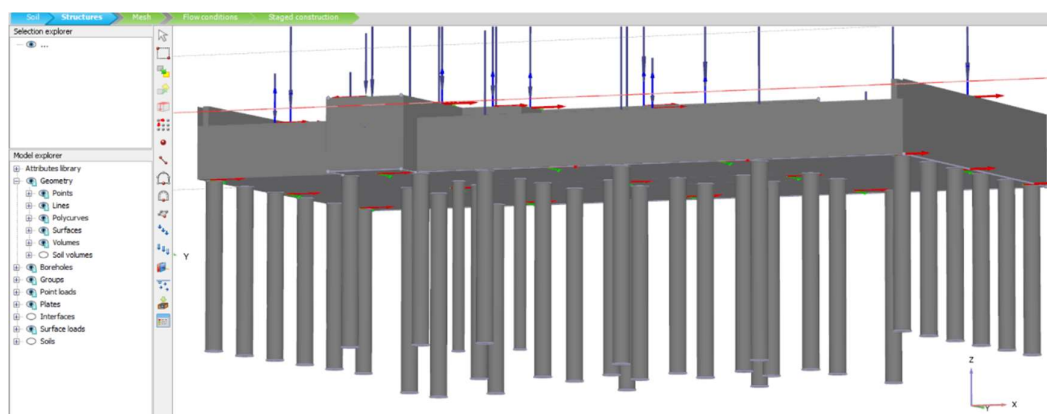
Číslo řady pilot	Osová vzdálenost pilot [m]	η_g [-]	Průměr pilot [mm]	Sednutí [mm]	MSÚ MSP
ŘP1	3,00	0,87	700	6,9 (6,7)	Vyhovuje
ŘP2	2,90	0,85	700	7,4 (7,7)	Vyhovuje

4 3D ANALÝZA NAVRŽENÉHO ZALOŽENÍ

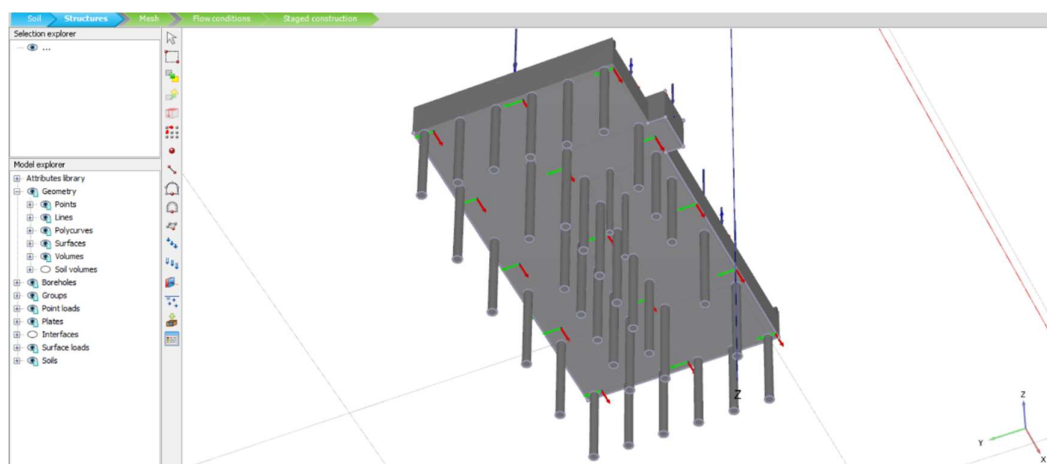
3D analýzu jsem provedl pro druhou variantu navrženého založení na pilotách, tj. železobetonovou desku, která je podepíraná 36 pilotami. Byla kompletně namodelována 3D spodní stavba sestávající z 400 mm tlusté ŽB desky a 36 ŽB pilot. Dále byly namodelovány nosné ŽB stěny horní stavby pro lepší vystižení skutečného statického působení.



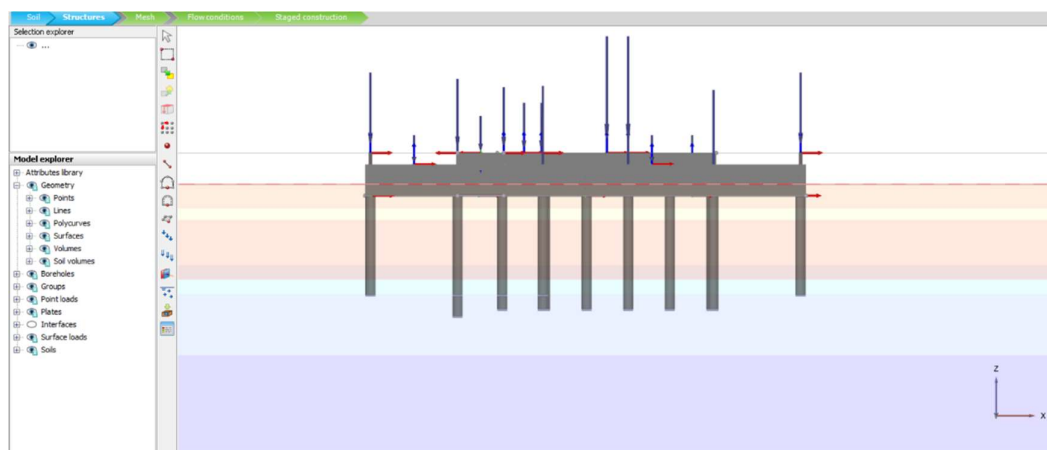
Obr. 76 3D model spodní stavby



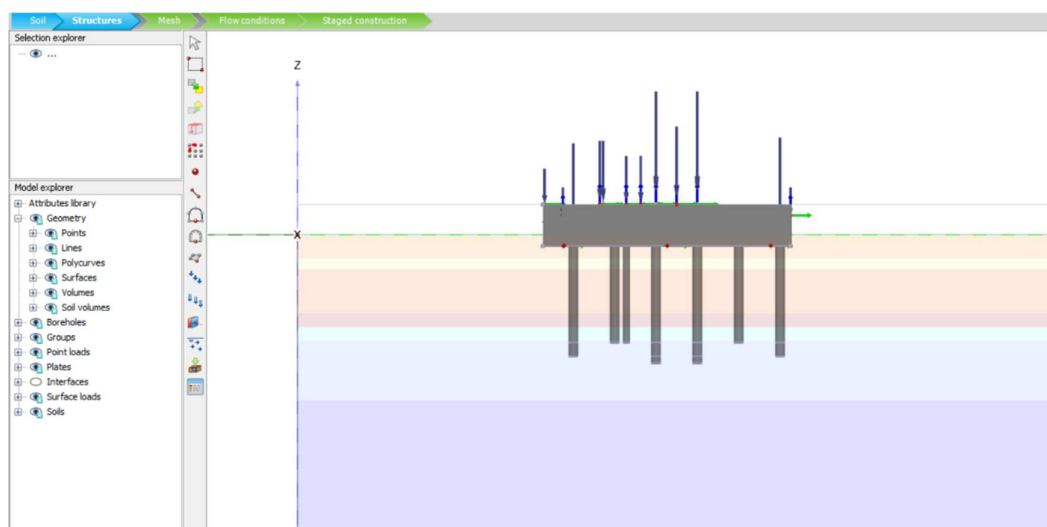
Obr. 77 Boční pohled na 3D model spodní stavby



Obr. 78 Pohled zespodu na 3D model spodní stavby



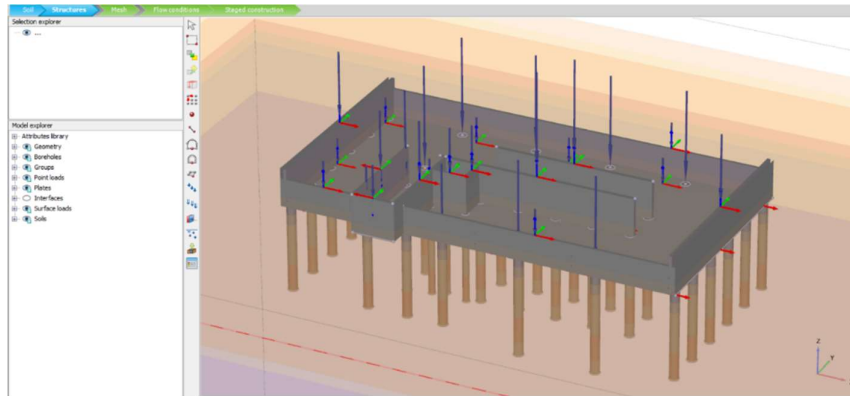
Obr. 79 Východní pohled na 3D model spodní stavby



Obr. 80 Jižní pohled na 3D model budovy spodní stavby

4.1 Zatížení spodní stavby

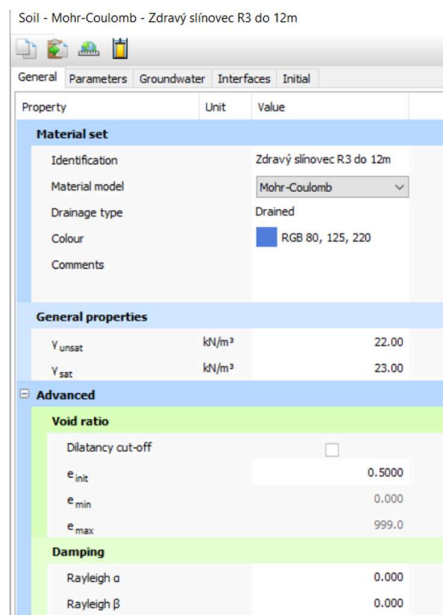
Zatížení bylo uvažováno pouze dlouhodobé užitné, tj. svislé silové zatížení v charakteristických hodnotách, jelikož se pomocí 3D metody konečných prvků bude analyzovat, posuzovat a porovnávat pouze sedání stavby čili mezní stav použitelnosti.



Obr. 81 3D model spodní stavby se zatížením od horní stavby

4.2 Materiálové modely

Pro zeminy byl uvažován Mohr – Coulombův materiálový model, kde se zadávají smykové pevnostní charakteristiky jednotlivých zemin (efektivní soudržnost a efektivní úhel vnitřního tření), deformační modul, tj. modul přetvárnosti a Poissonův součinitel kontrakce. Podmínky pro zeminy byly zvoleny odvodněné.



Obr. 82 Nastavení zemin v programu PLAXIS 3D

Soil - Mohr-Coulomb - Zdravý slínovec R3 do 12m

Property	Unit	Value
Stiffness		
E'	kN/m ²	490.0E3
ν' (ν_u)		0.2500
Alternatives		
G	kN/m ²	196.0E3
E_{oed}	kN/m ²	588.0E3
Strength		
c'_{ref}	kN/m ²	80.00
ϕ' (ϕ)	°	35.00
ψ (ψ_s)	°	0.000
Velocities		
V_s	m/s	295.6
V_p	m/s	512.0

Obr. 83 Nastavení parametrů zemin v programu PLAXIS 3D

Pro železobetonové konstrukce byl uvažován lineárně elastický materiálový model, kde se zadává modul pružnosti betonu a Poissonův součinitel kontrakce. Beton byl uvažován jako neporézní materiál.

Soil - Linear elastic - Pilota

Property	Unit	Value
Material set		
Identification		Pilota
Material model		Linear elastic
Drainage type		Non-porous
Colour		RGB 148, 143, 147
Comments		
General properties		
γ_{unsat}	kN/m ³	25.00
γ_{sat}	kN/m ³	25.00

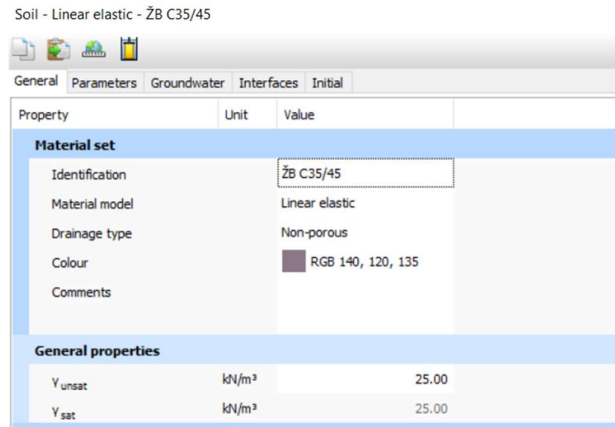
Obr. 84 Nastavení betonových pilot v programu PLAXIS 3D

Soil - Linear elastic - Pilota

Property	Unit	Value
Stiffness		
E	kN/m ²	30.50E6
ν (ν_u)		0.2000
Alternatives		
G	kN/m ²	12.71E6
E_{oed}	kN/m ²	33.89E6
Velocities		
V_s	m/s	2233
V_p	m/s	3647

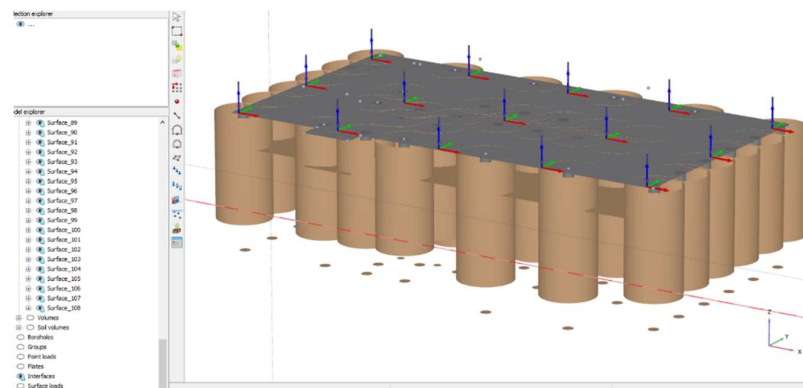
Obr. 85 Nastavení parametrů betonových pilot v programu PLAXIS 3D

Smykové moduly pružnosti materiálů dopočítává program ze zadaných parametrů automaticky. Dále se zadávají objemové tíhy zemin a materiálů, kde pro zeminy se zadává objemová tíha jak nasycené, tak nenasycené zeminy, kdy nasycená zemina byla uvažována jako o 1kN/m^3 těžší nežli nenasycená zemina.



Obr. 86 Nastavení betonu nosných stěn v programu PLAXIS 3D

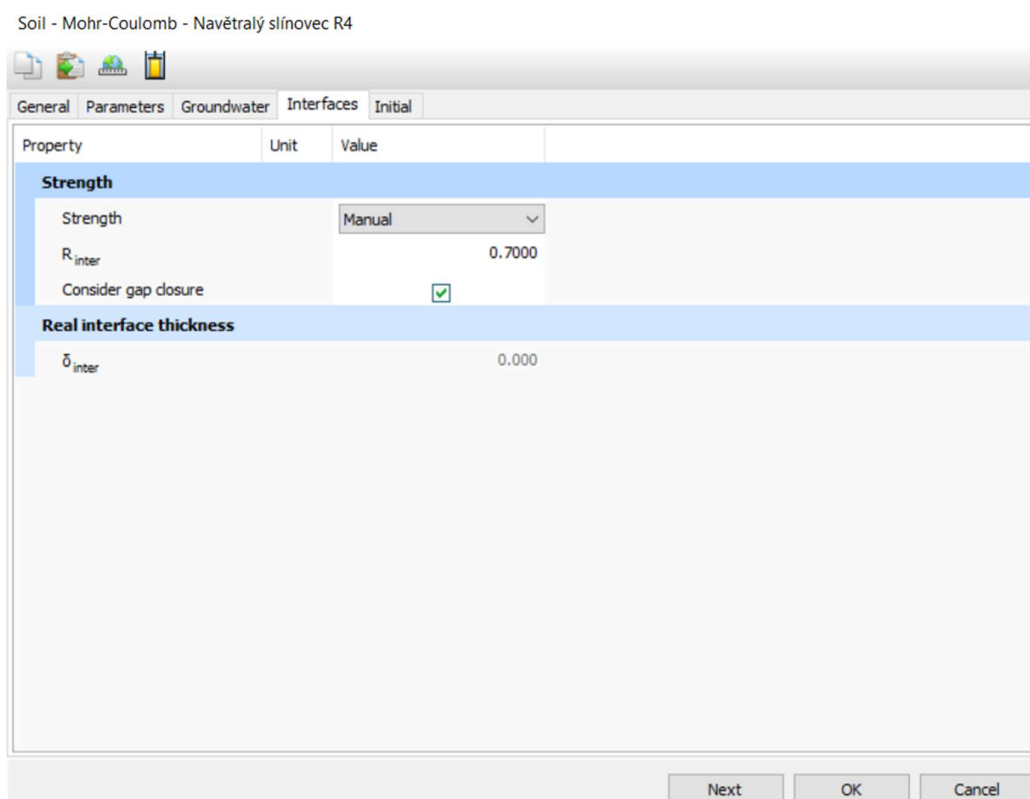
Pod deskou, okolo pláště všech pilot a v patě všech pilot bylo třeba zadat interakční rozhraní, tzv. kontaktní prvky (pozitivní či negativní), mezi materiálem piloty a zeminou, aby program v těchto místech uvažoval interakci mezi konstrukcí a zeminou. Dále se v programu volí tuhost či pevnost kontaktních prvků na rozhraní zemin a ostatních materiálů, a to buď tuhé či manuální s nebo bez reziduální pevnosti. U manuálních je třeba zadat hodnotu součinitele zohledňující pevnost kontaktního prvků od 0 do 1. Seznámením s obdobnými analýzami pilotových základů dostupnými online jsem došel k závěru, že je vhodné zvolit hodnotu 0,7, nicméně tento součinitel měl malý vliv na výsledky výpočtu, kdy sednutí s kontaktním součinitelem rovným 1 bylo o pouhých 0,5 mm menší nežli sednutí s kontaktním součinitelem 0,7.



Obr. 87 Negativní interakční rozhraní pilot a desky, výstup z programu PLAXIS 3D



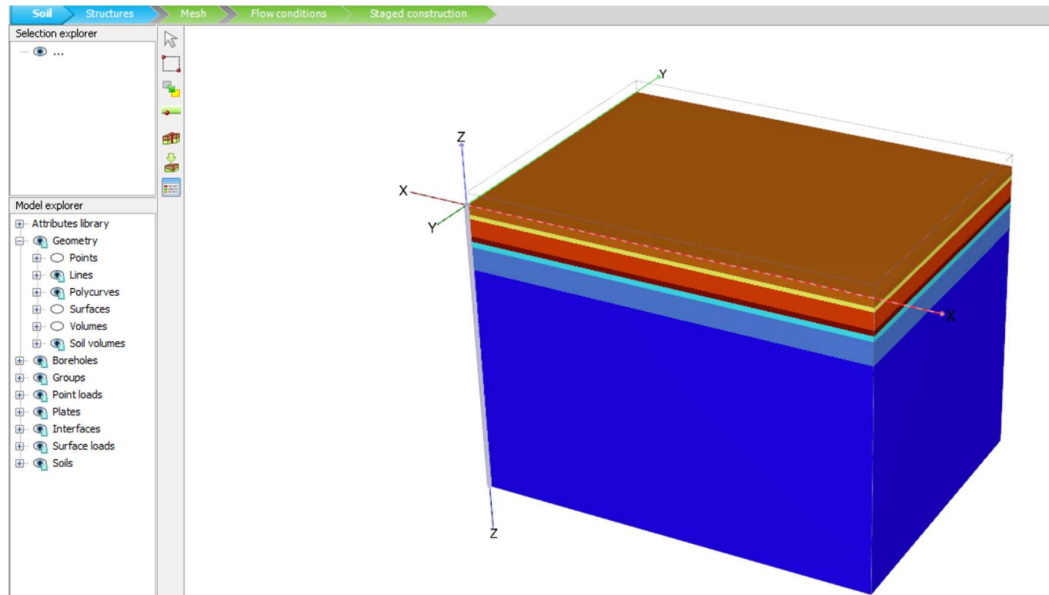
Obr. 88 Plášť piloty, výstup z programu PLAXIS 3D



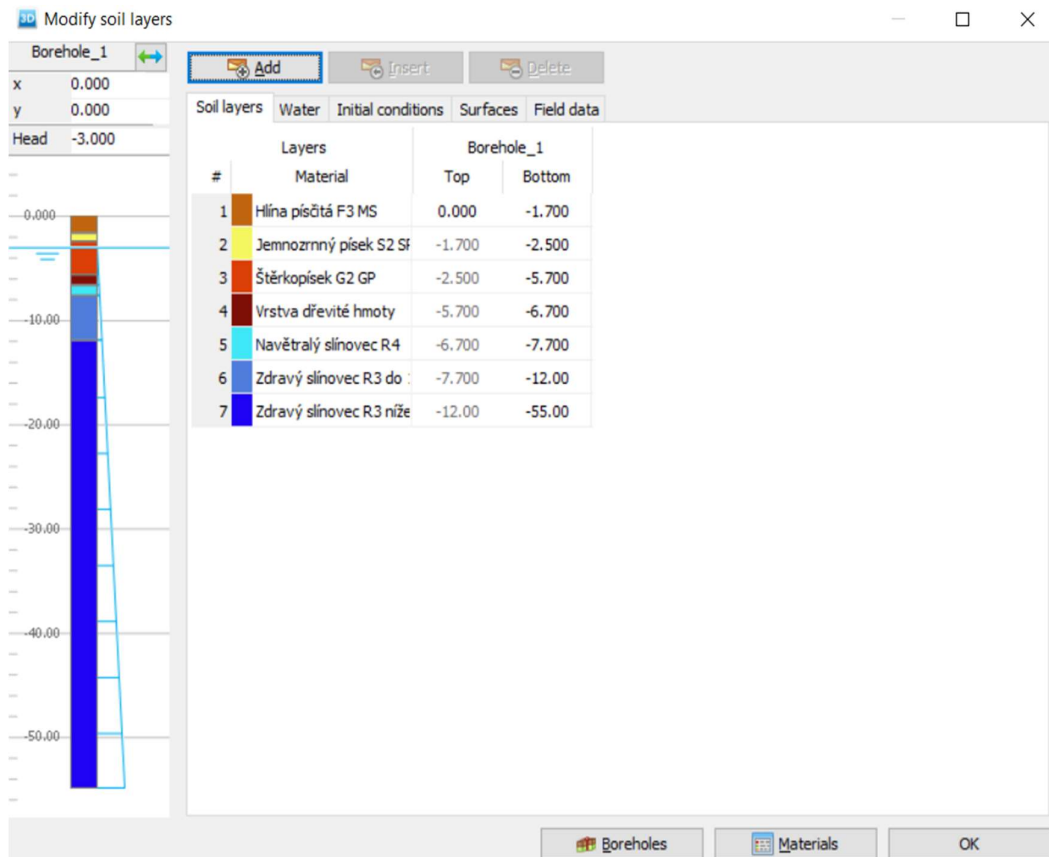
Obr. 89 Nastavení rozhraní zemín v programu PLAXIS 3D

4.3 Geologický profil

Geologický profil byl uvažován dle geotechnického modelu sestaveného na základě podrobného inženýrsko-geologického průzkumu včetně výšky ustálené hladiny podzemní vody (viz Obr. 20). Byl uvažován dostatečně velký objem zeminy kolem objektu, tj. prostředí s geologickým podložím šířky 75 m, délky 55 m a hloubky 55 m.



Obr. 90 Uvažovaný blok zeminy, výstup z programu PLAXIS 3D

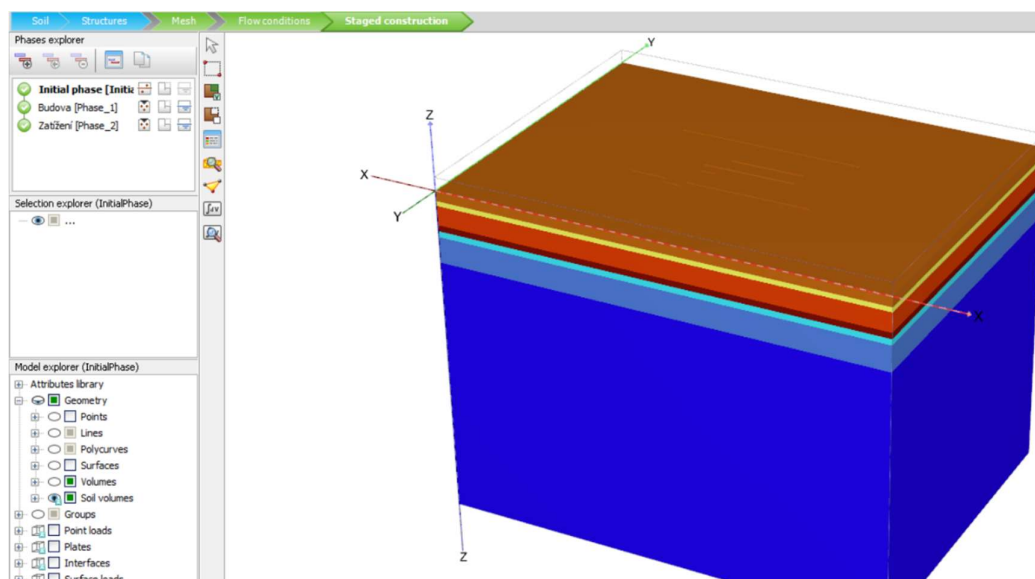


Obr. 91 Nastavení geologického profilu, výstup z programu PLAXIS 3D

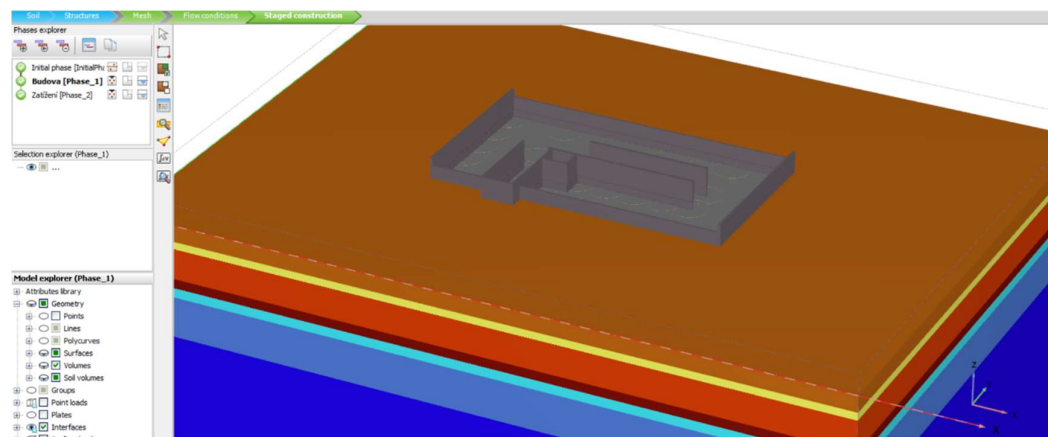
4.4 Výpočet fází budování

Při provádění 3D analýzy metodou konečných prvků je velice vhodné provádět fázovaný výpočet pro lepší vystižení skutečného chování geologického podloží, tj. zemin a hornin a konstrukce stavby.

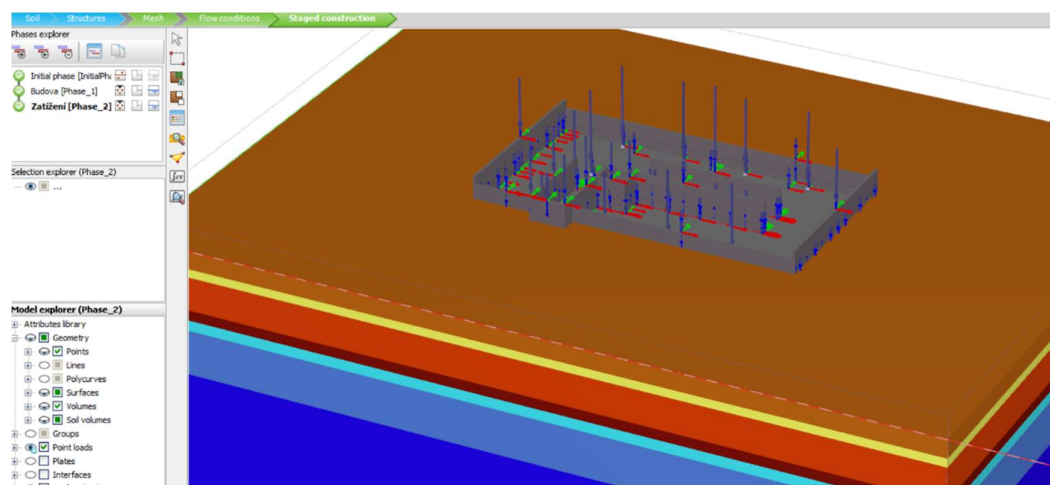
Proto byly uvažovány celkem tři fáze, kde v první fázi je zadáno pouze geologické podloží v absenci konstrukce objektu. Ve druhé fázi je již zadána konstrukce spodní stavby včetně nosných stěn, ale zatím bez zadaného zatížení od horních pater. Až v následující, tj. v třetí fázi je zadáno kompletní svislé silové zatížení od horní stavby v charakteristických hodnotách.



Obr. 92 Počáteční fáze výpočtu, výstup z programu PLAXIS 3D



Obr. 93 Fáze konstrukce spodní stavby, výstup z programu PLAXIS 3D

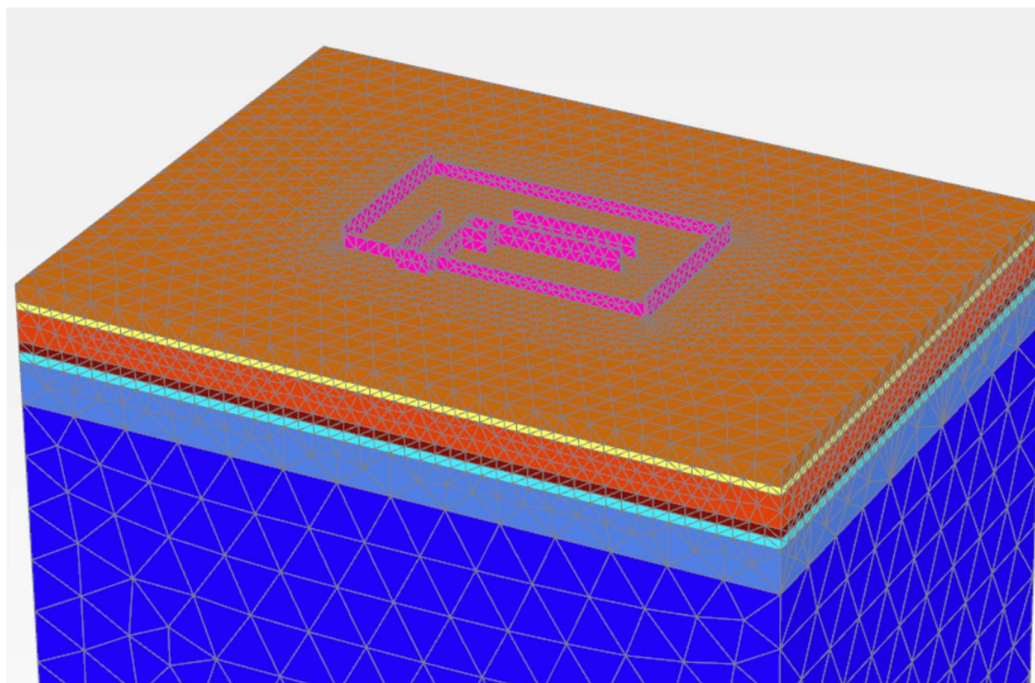


Obr. 94 Fáze se zatížením od horní stavby, výstup z programu PLAXIS 3D

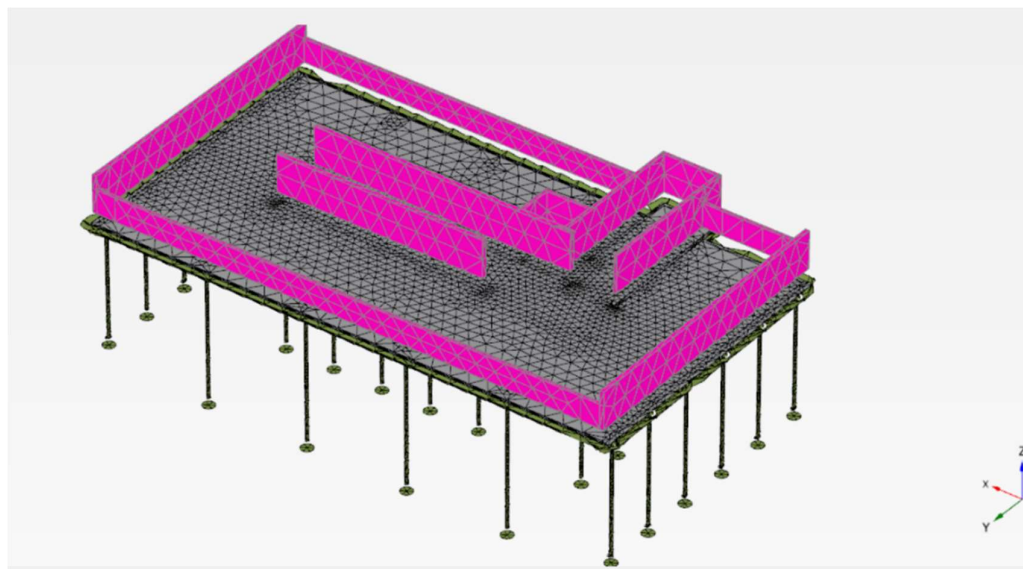
Typ výpočtu se pro analýzu založení pozemních staveb v programu Plaxis obvykle volí jako „Plastic“, tedy elastoplastická analýza pro odvodněné podmínky, kde se neuvažuje konsolidace.

4.5 Generování sítě

Byla vygenerována síť konečných prvků tvořená čtyřstěny s tím, že se volila střední jemnost distribuce prvků sítě.



Obr. 95 Vygenerovaná síť vrstev zemin, výstup z programu PLAXIS 3D

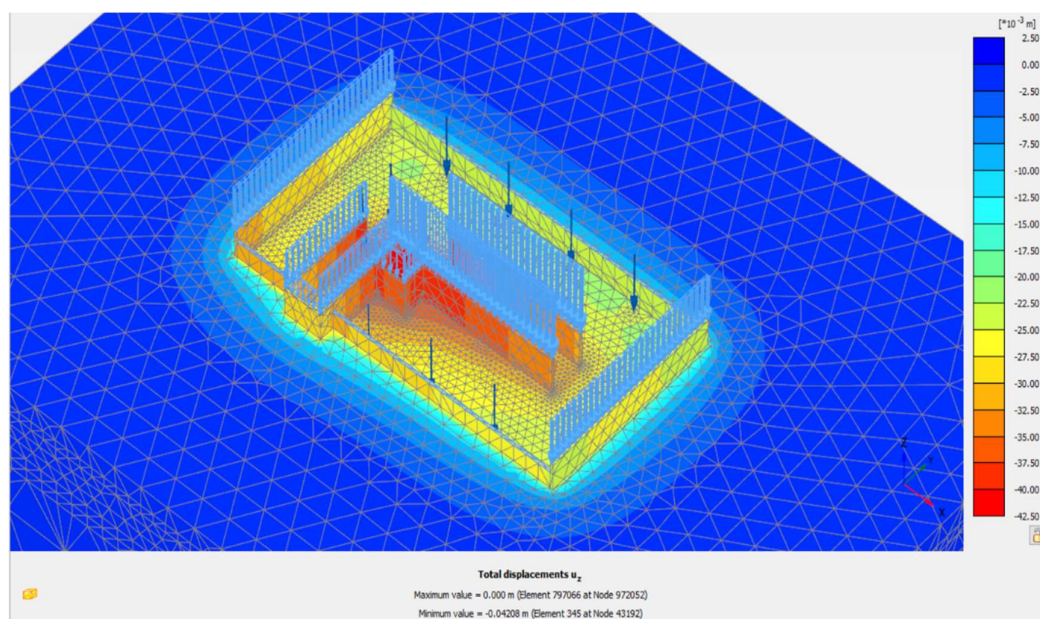


Obr. 96 Vygenerovaná síť spodní stavby, výstup z programu PLAXIS 3D

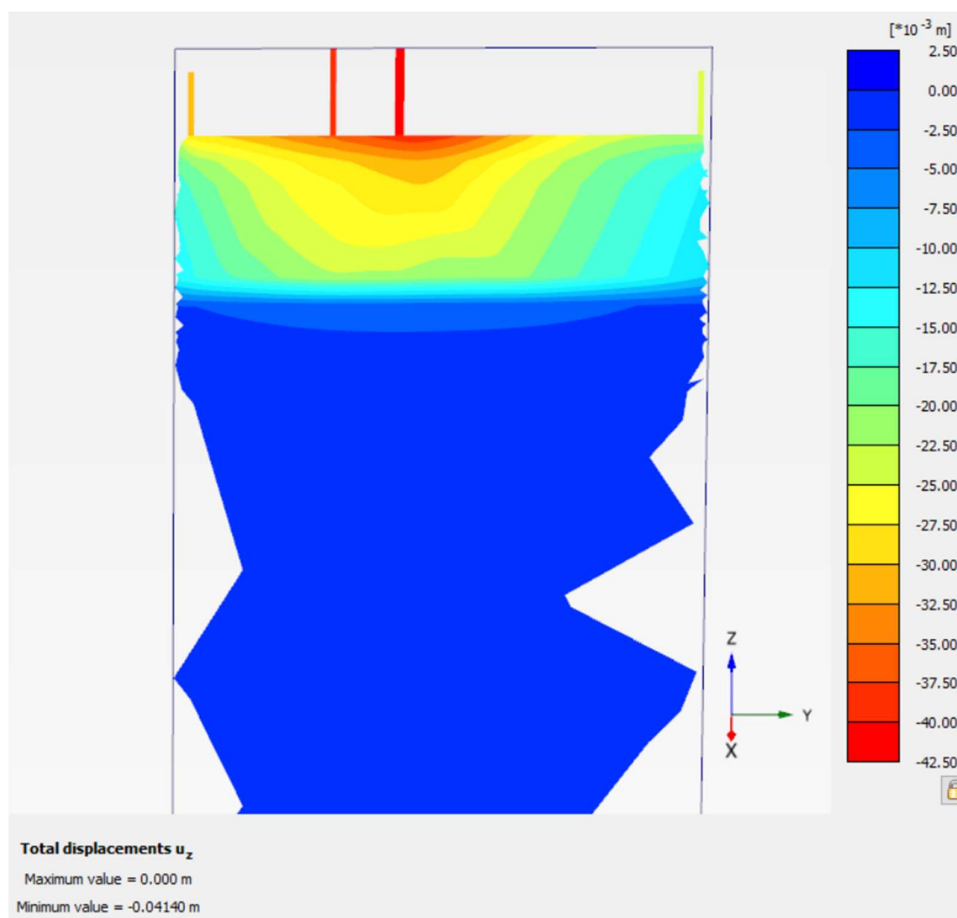
4.6 Výsledky

4.6.1 Svislá deformace

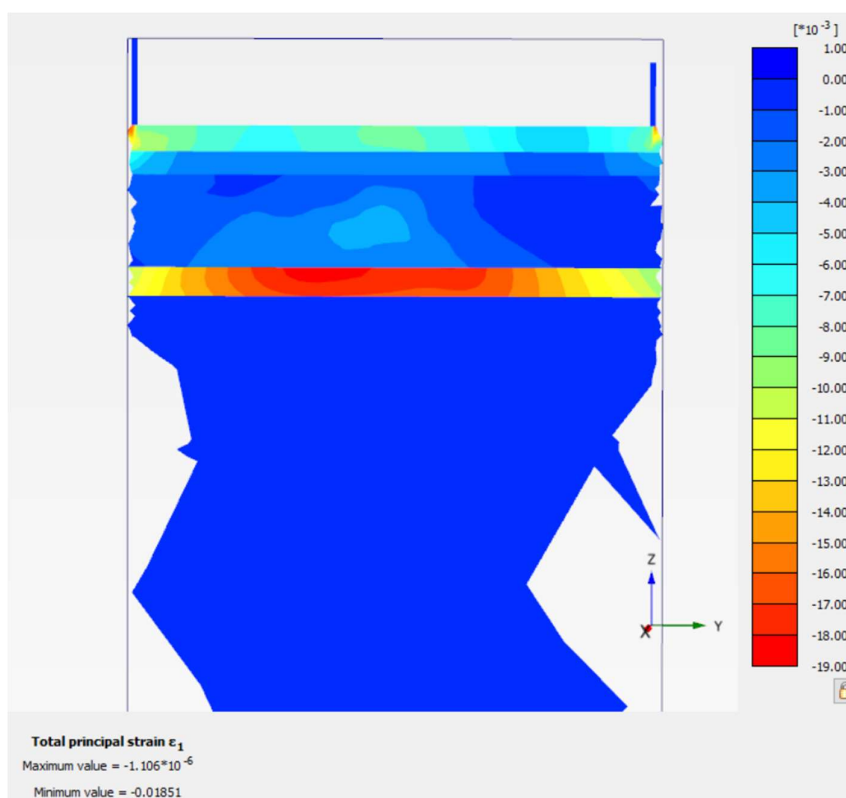
Maximální sednutí samotné železobetonové základové desky v případě absence pilot vychází okolo 40 mm. Na *Obr. 98* je vidět negativní vliv silně stlačitelné vrstvy dřevité organické zeminy na sedání budovy založené pouze na plošném základu. Dále je na *Obr. 98* vidět, že nejvíc se stlačila vrstva dřevité organické hmoty a vrstva hlíny písčité, které mají ze všech zemin v daném podloží nejmenší pevnostní a deformační parametry. Jak absolutní, tak i relativní deformace samotné základové desky bez pilot, tj. sednutí je nadměrné a převyšuje příslušné mezní hodnoty.



Obr. 97 Svislá deformace v případě základové desky bez pilot, výstup z programu PLAXIS 3D

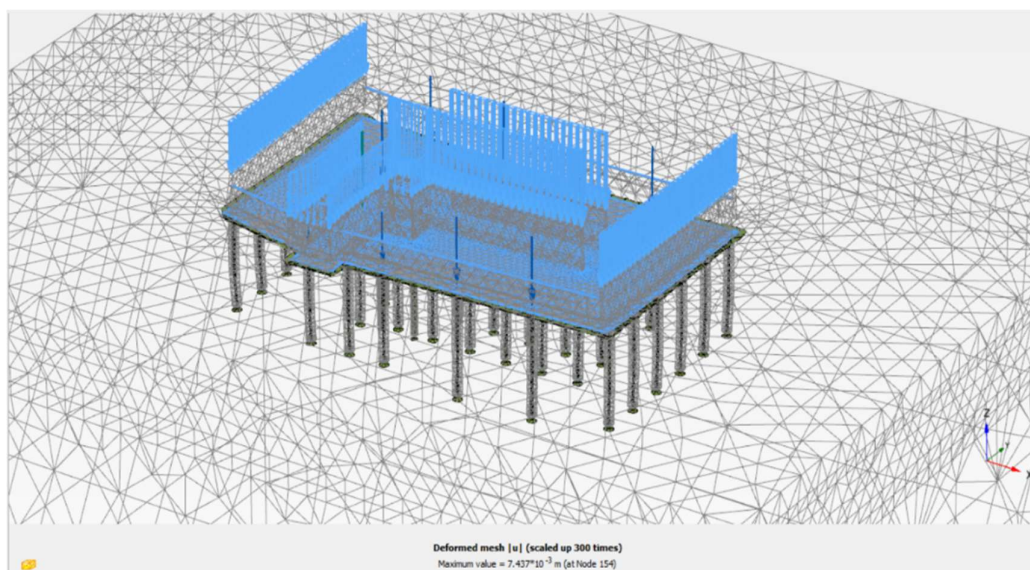


Obr. 98 Příčný svislý řez – sedání základové desky bez pilot, výstup z programu PLAXIS 3D

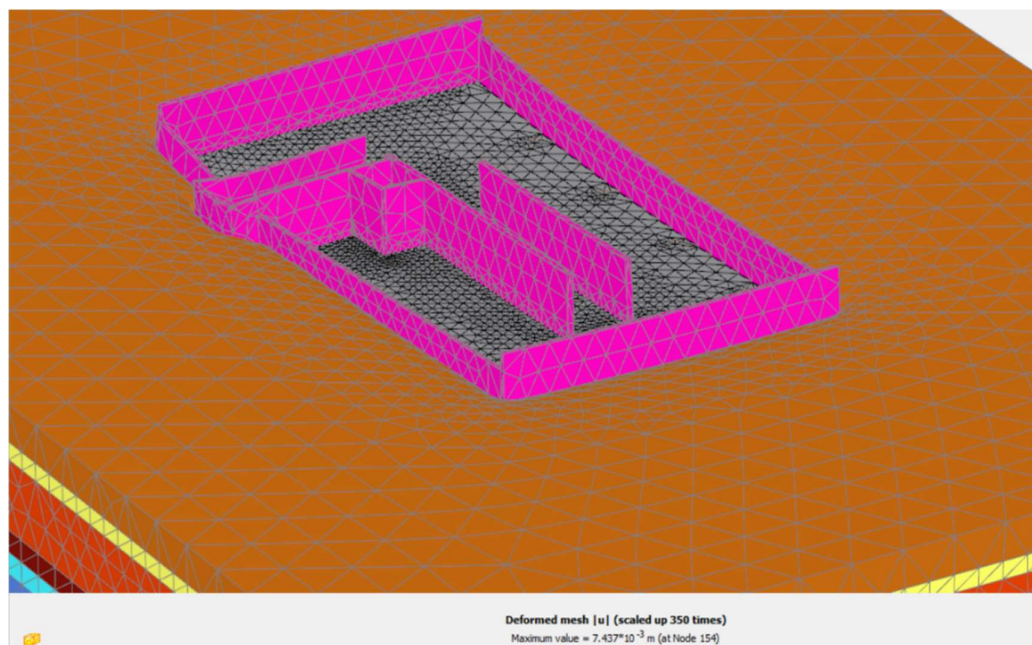


Obr. 99 Totální hlavní poměrné přetvoření v poli základové desky bez pilot, výstup z programu PLAXIS 3D

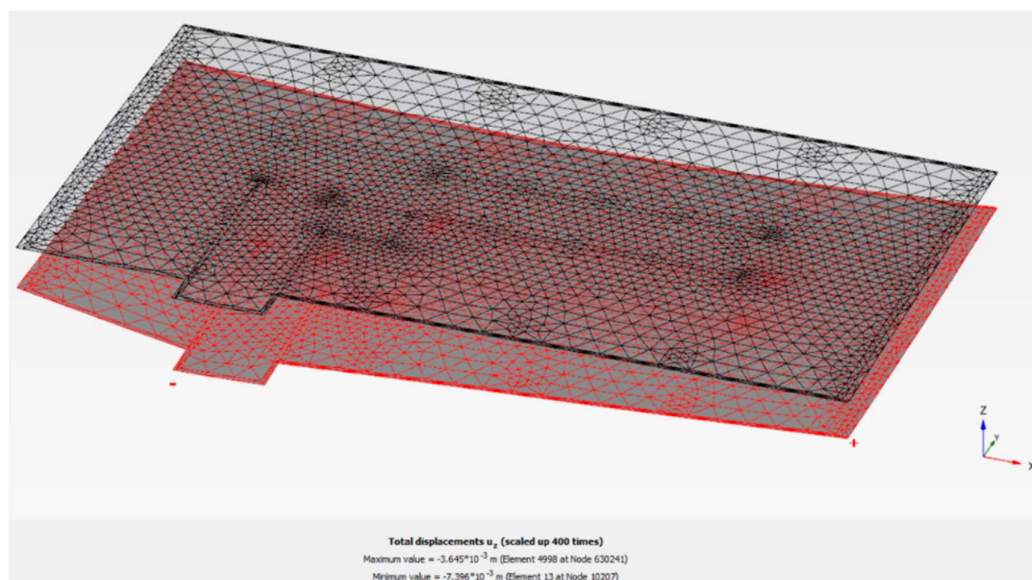
Maximální svislé sednutí základové desky v kombinaci s pilotami je dle 3D analýzy 7,5 mm.



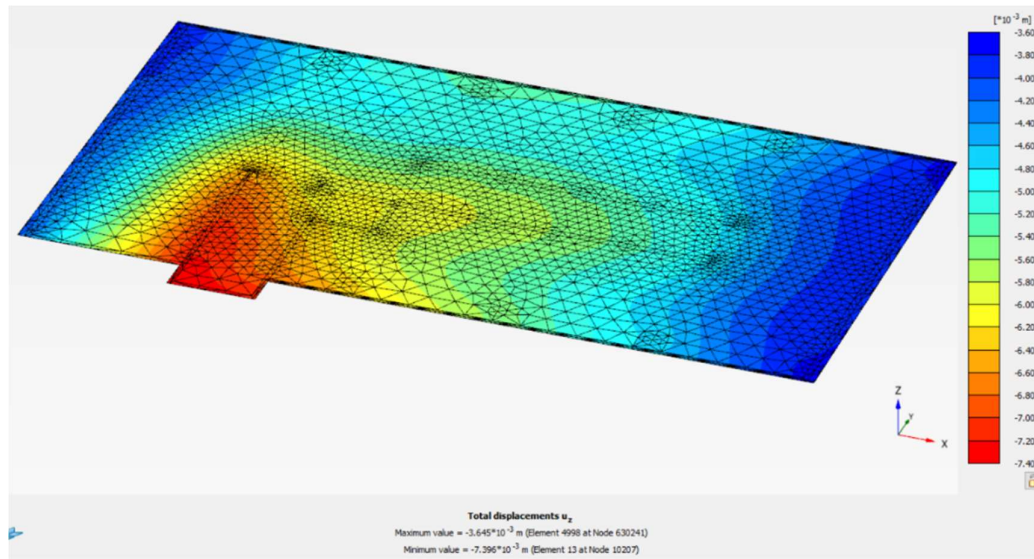
Obr. 100 Průhledný pohled na zdeformovanou síť – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D



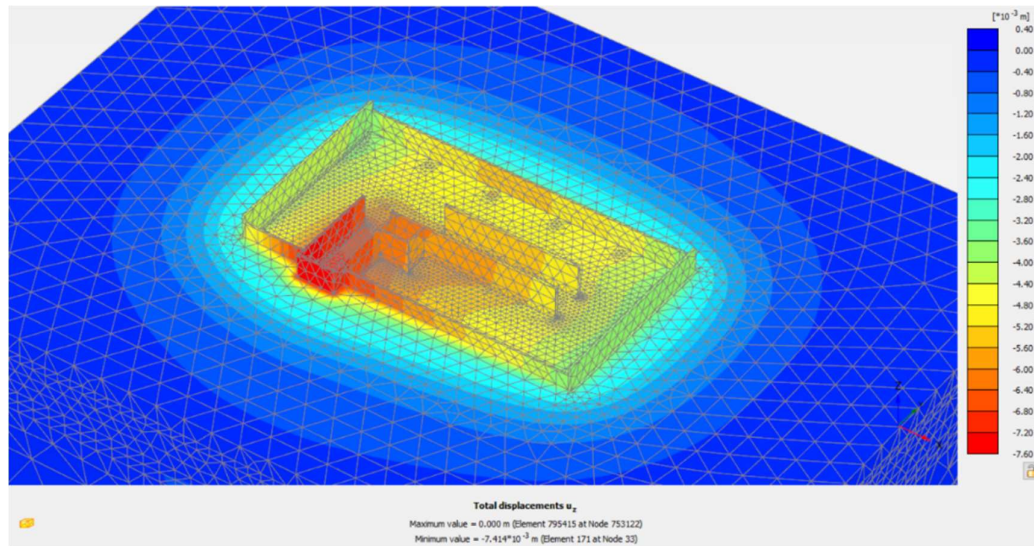
Obr. 101 Pohled na zdeformovanou síť – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D



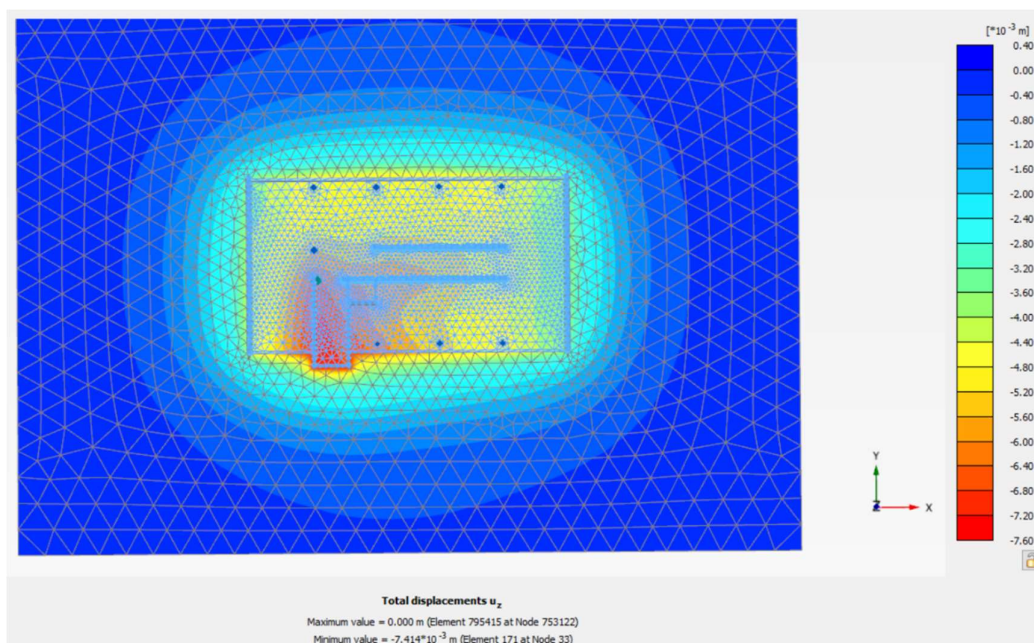
Obr. 102 Zdeformovaná síť základové ŽB desky s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D



Obr. 103 Průběh svislé deformace základové ŽB desky s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D

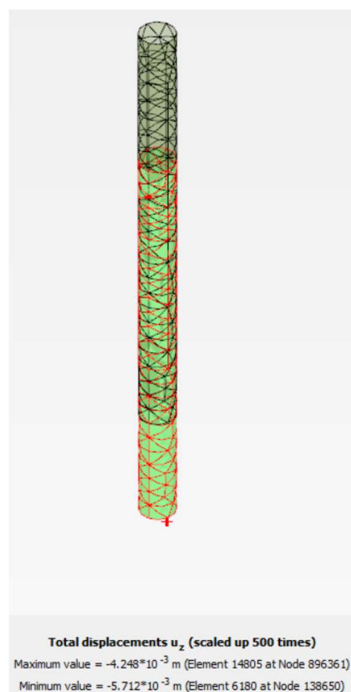


Obr. 104 Prostorový pohled na svislou deformaci spodní stavby – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D

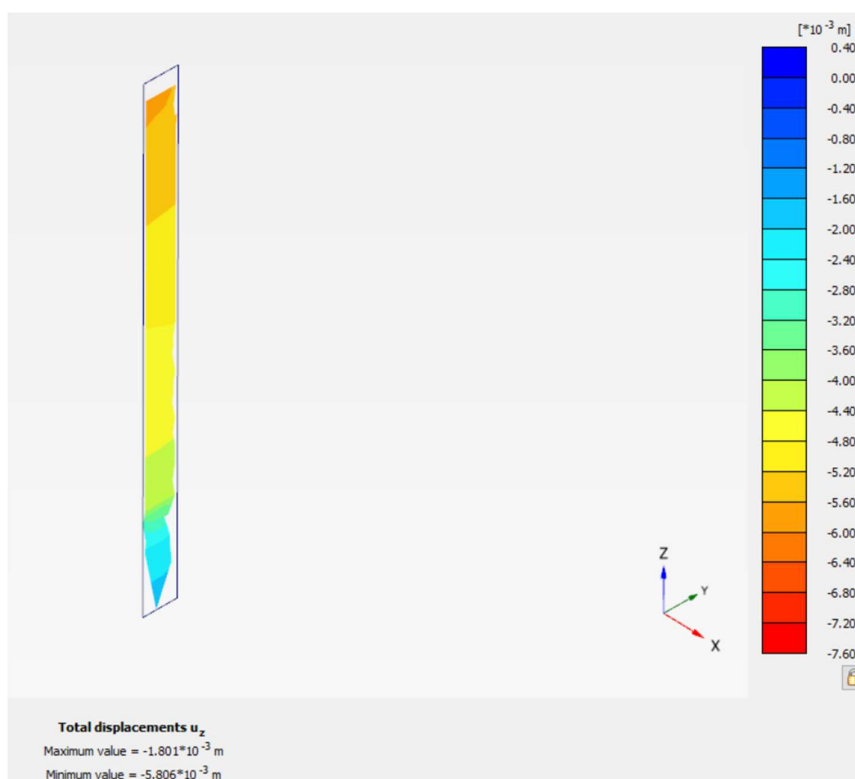


Obr. 105 pohled na svislou deformaci spodní stavby – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D

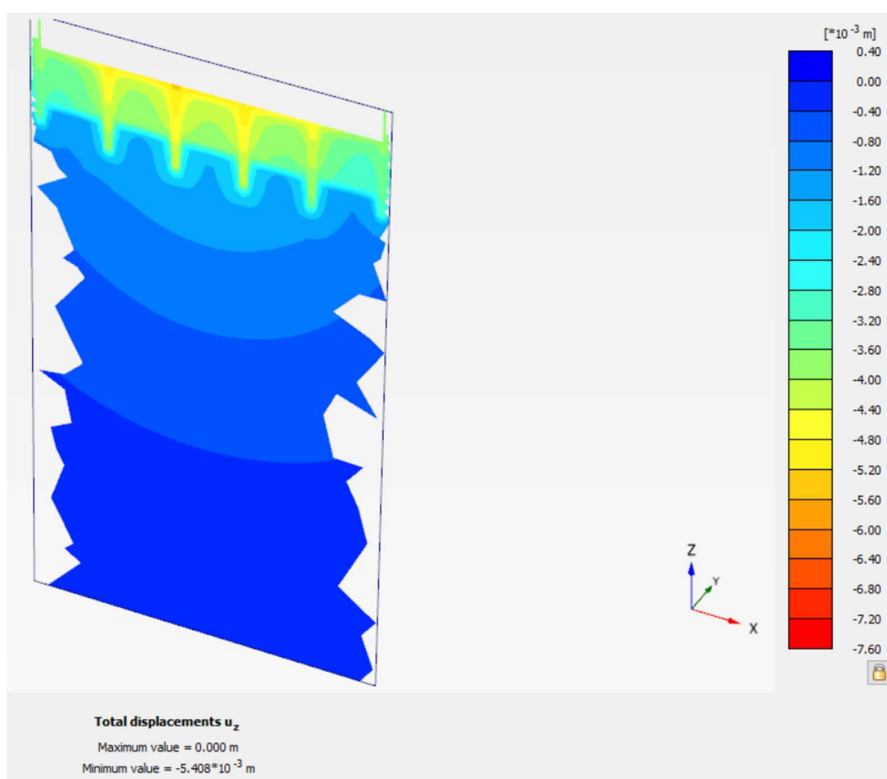
Sednutí desky v místě nejvíce zatížené piloty, tj. piloty P5, která je pod sloupem, vychází dle 3D analýzy 5,8 mm. Hodnota sednutí ostatních pilot v místě sloupů je také přibližně 5 mm.



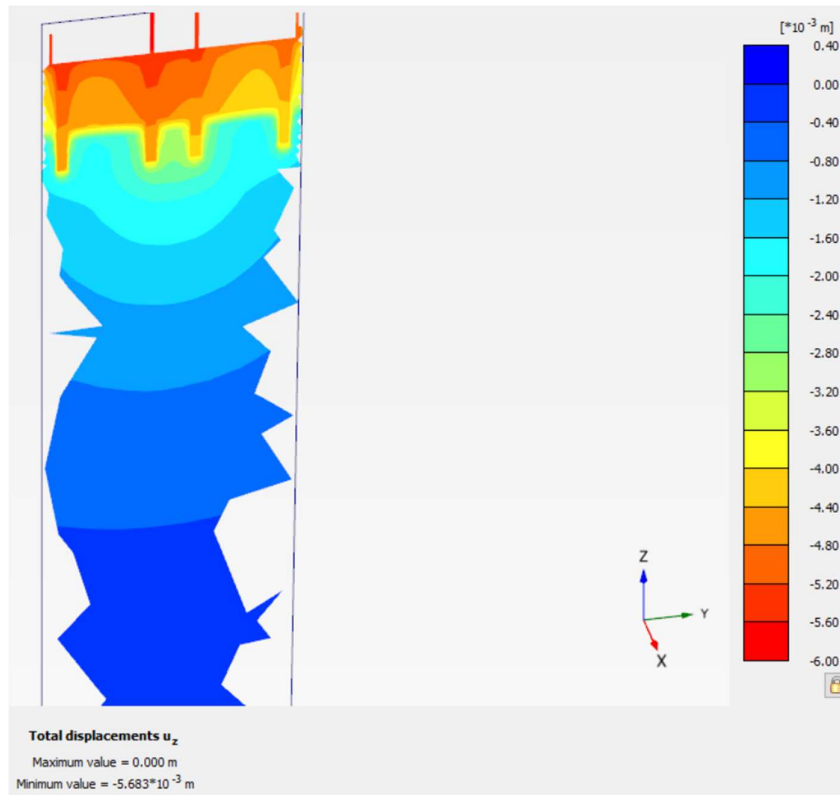
Obr. 106 Sednutí piloty P5, výstup z programu PLAXIS 3D



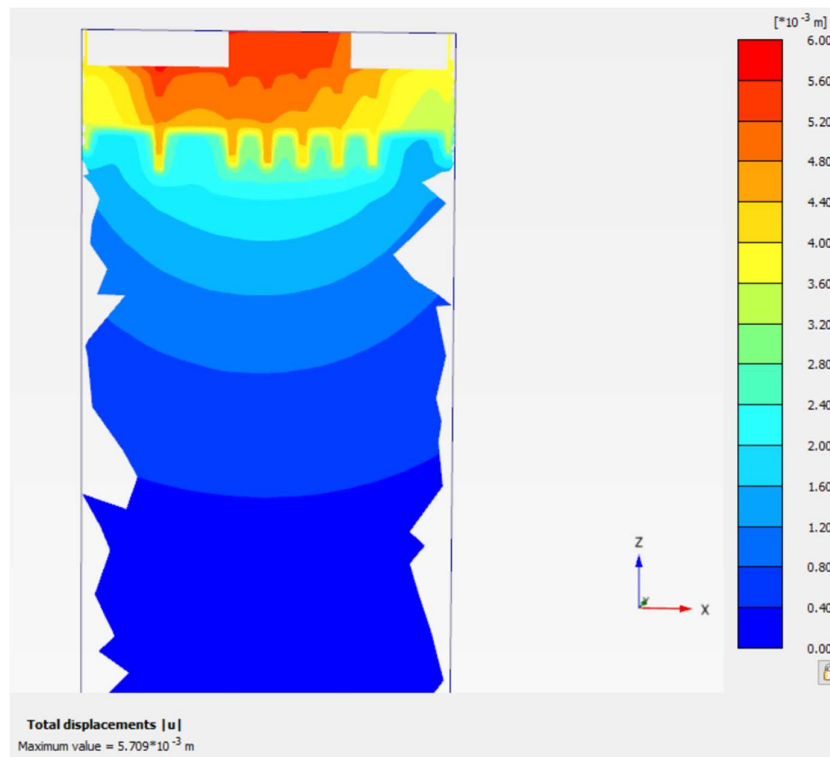
Obr. 107 Svislá deformace po délce piloty P5, výstup z programu PLAXIS 3D



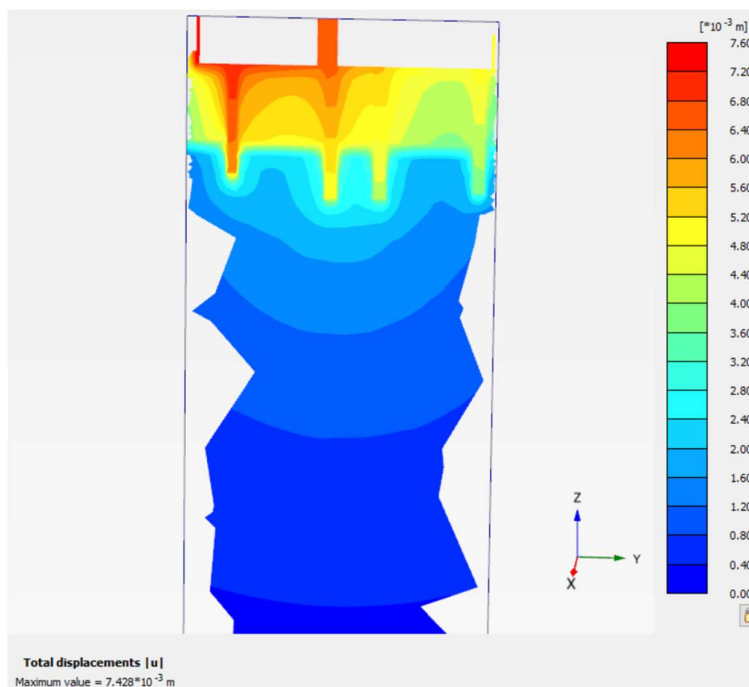
Obr. 108 Podélný svislý řez krajními pilotami – svislá deformace, výstup z programu PLAXIS 3D



Obr. 109 Příčný svislý řez spodní stavbou – svislá deformace, výstup z programu PLAXIS 3D

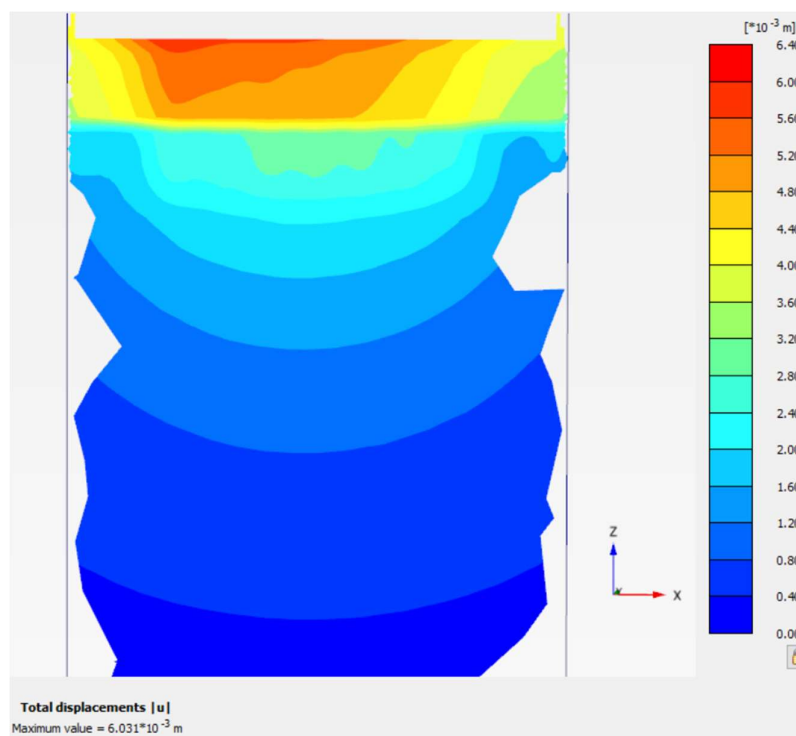


Obr. 110 Podélný svislý řez stěnou S2 – totální deformace, výstup z programu PLAXIS 3D



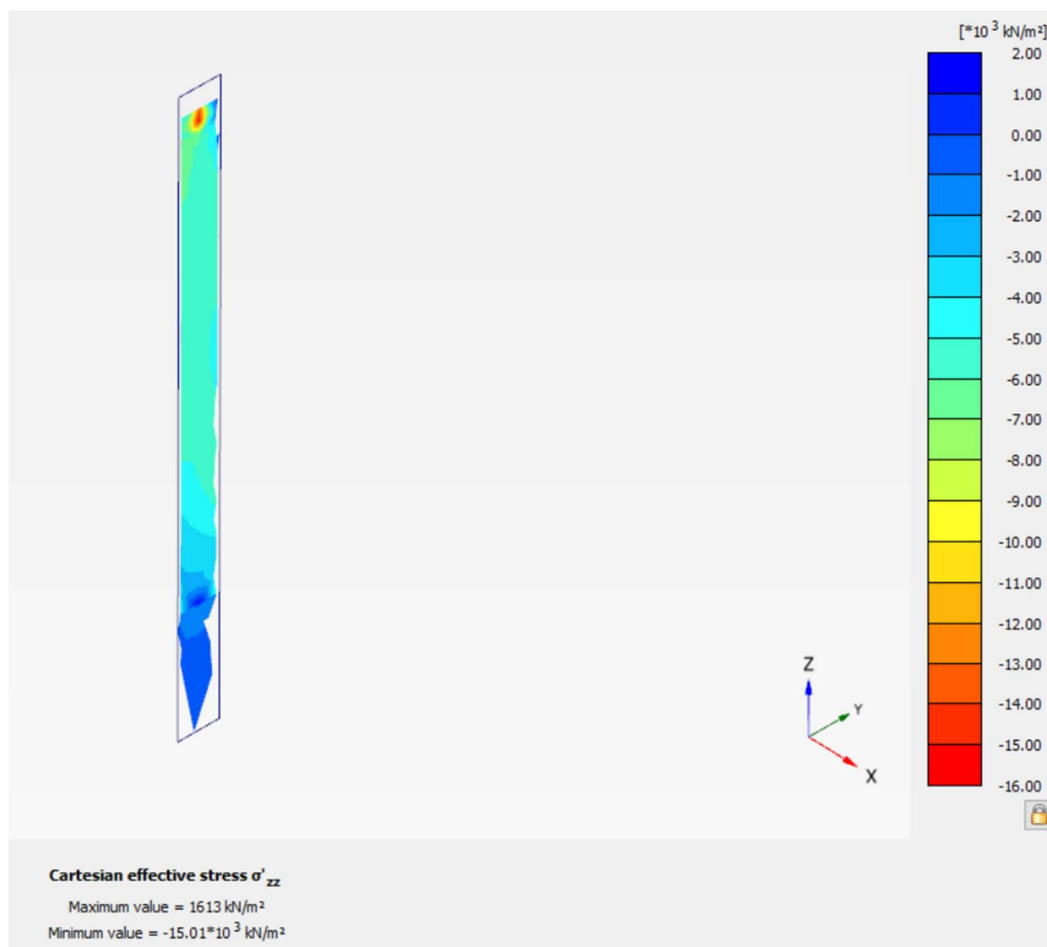
Obr. 111 Příčný svislý řez v místě schodišťového jádra – totální deformace, výstup z programu PLAXIS 3D

Sednutí desky v polích, tj. mezi sloupy a pilotami či nosnými stěnami je okolo 6 mm.



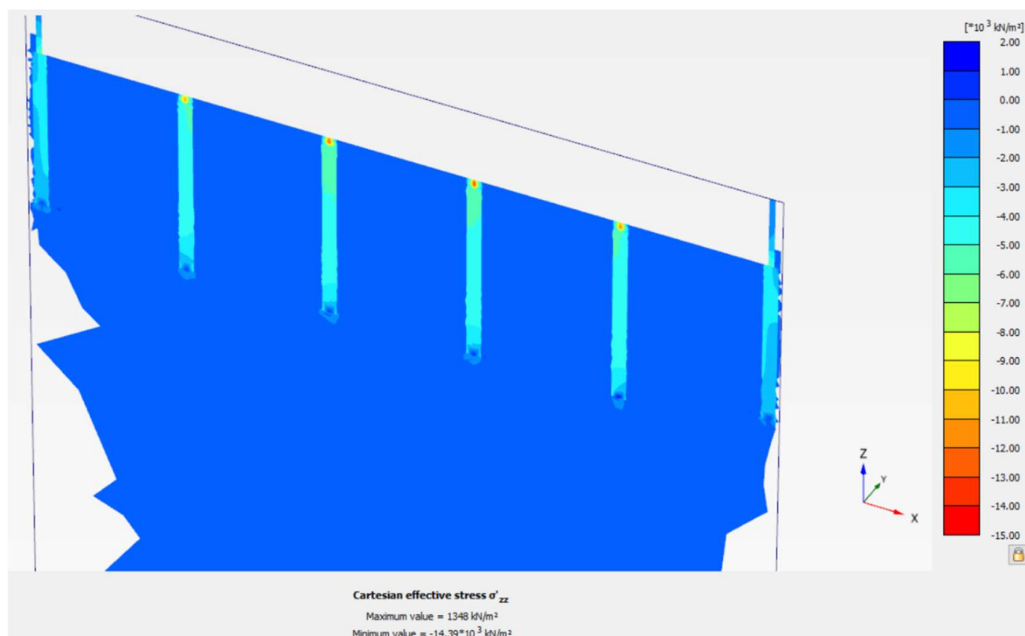
Obr. 112 Svislý řez v poli desky mezi pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D

4.6.2 Napětí a vnitřní síly

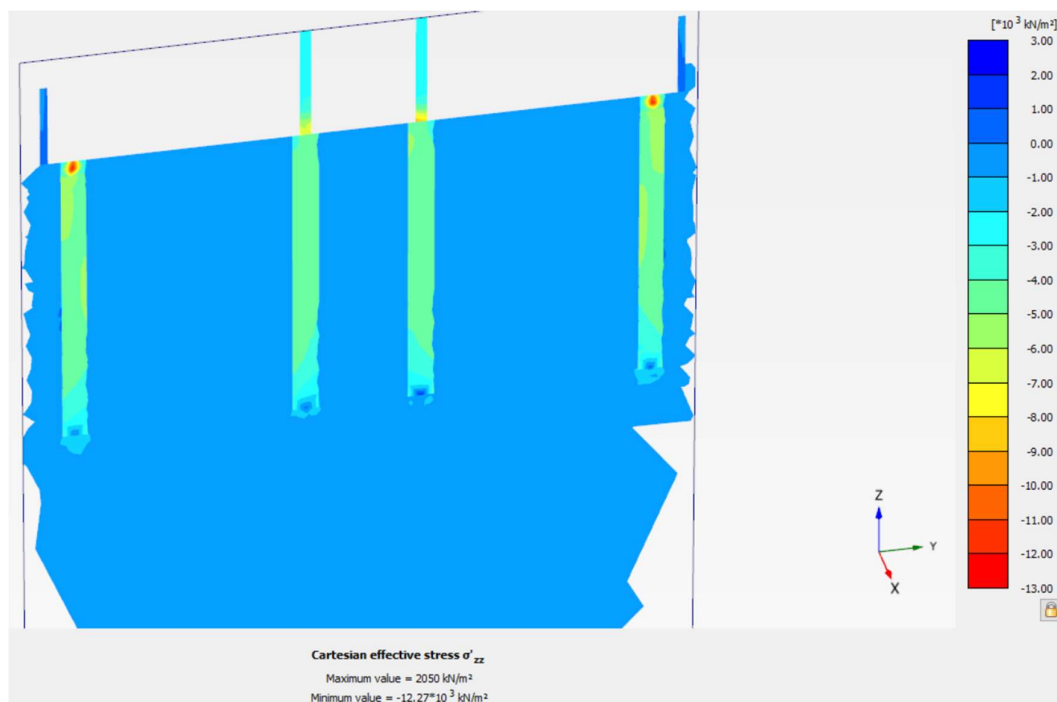


Obr. 113 Svislé efektivní napětí σ'_{zz} – svislý řez pilotou P5, výstup z programu PLAXIS 3D

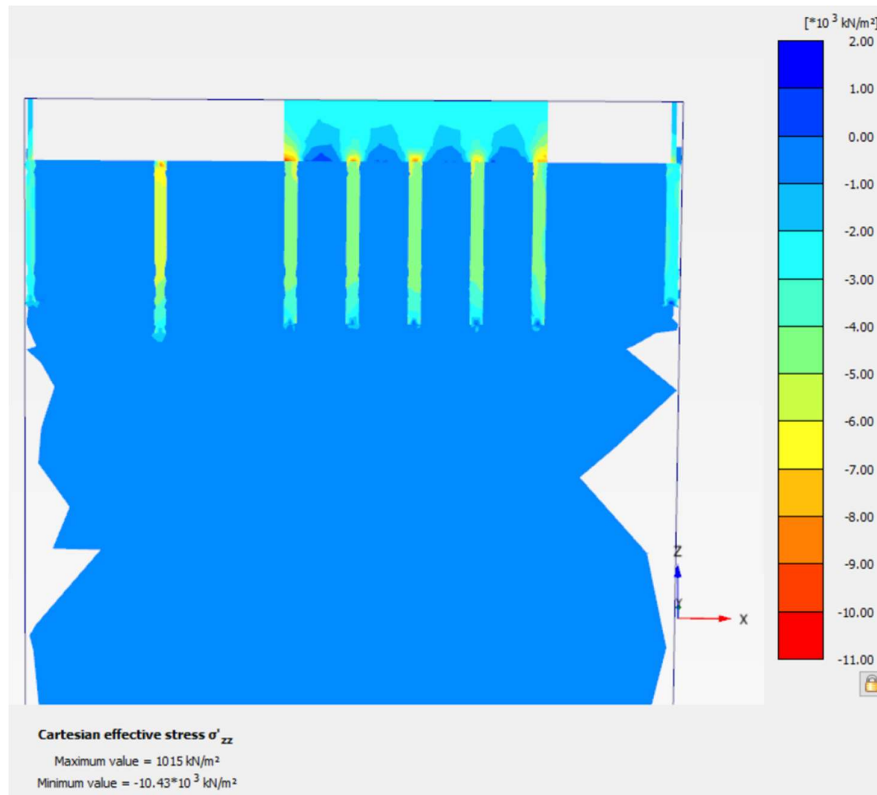
Z jednotlivých celkových únosností pilot, které sestávají z únosnosti na plášti a únosnosti v patě, jsou únosnosti v patách v rozmezí 22 až 35 % celkové únosnosti pilot, tj. únosnosti pláště z celkových únosností jsou 65 až 78 %. Pro nejvíce zatíženou pilotu, tj. pilotu P5, na kterou působí pro posouzení mezního stavu použitelnosti (charakteristické hodnoty) osová síla o hodnotě 2270 kN je patou přenášeno 500 kN a zbytek, tj. 1770 kN je přenášeno pláštěm piloty.



Obr. 114 Podélný svislý řez v místě krajních sloupů s průběhem svislých efektivních napětí σ'_{zz} (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kN/m²)

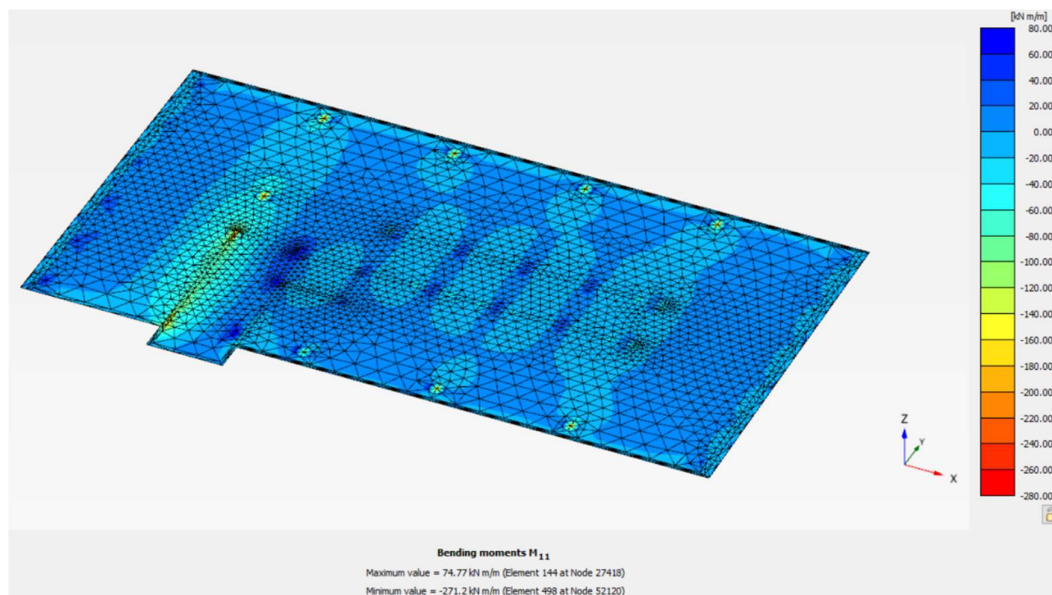


Obr. 115 Příčný svislý řez budovou s průběhem svislých efektivních napětí σ'_{zz} (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kN/m²)

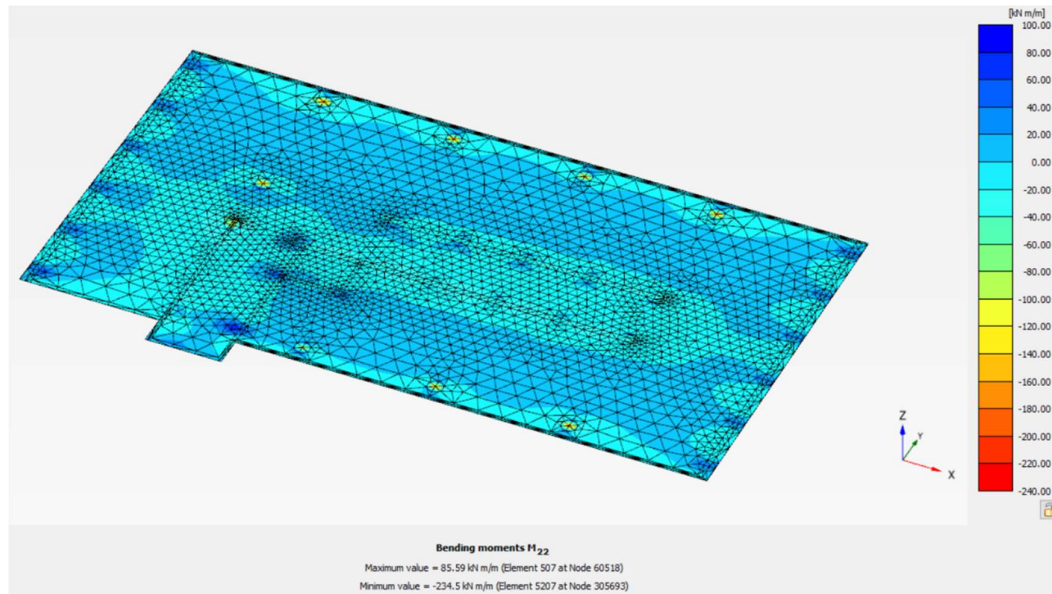


Obr. 116 Podélný svislý řez v místě stěny S2 s průběhem svislých efektivních napětí σ'_{zz} (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kN/m^2)

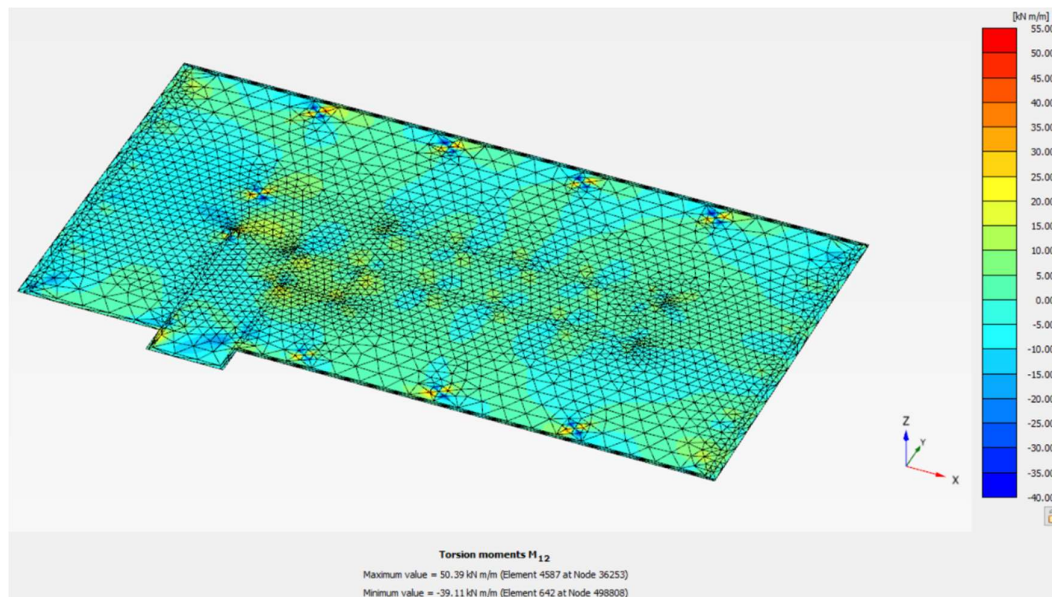
Ohybové momenty v desce se pohybují v rozmezí od 75 kNm/m do 271 kNm/m , kde největší hodnoty vycházejí v místě podpor.



Obr. 117 Ohybové momenty m_x (M_{11}) v desce (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kNm/m)



Obr. 118 Ohybové momenty m_y (M_{22}) v desce (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kNm/m)



Obr. 119 Ohybové momenty m_{xy} (M_{12}) v desce (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kNm/m)

Hodnoty normálových, tj. osových sil v desce se pohybují v rozmezí od 246 kN/m do 463 kN/m, posouvající síly pak od 144 kN/m do 2623 kN/m.

4.7 Porovnání výsledků

Výsledky 3D analýzy jsou velice podobné výsledkům dle klasických metod. Sedání konstrukcí se liší pouze o 0,5 až 3 mm a v některých místech konkrétně v místech některých nosných stěn jsou jednotlivá sedání dokonce identická. Tyto rozdíly jsou prakticky zanedbatelné a v obou případech příslušné výsledky vyhovují na mezní stav použitelnosti. Mezní stav únosnosti již byl dle platných norem posouzen pomocí klasických metod.

Jelikož jsou stěny železobetonové monolitické, a tudíž spojité, tak v místě schodišťového jádra a výtahové šachty, kde se navzájem tuze propojuje několik stěn, na která působí různá zatížení, dochází k vzájemnému ovlivňování stěn při přenosu zatížení. Při výpočtu zatížení od horní stavby na spodní stavbu přes zatěžovací plochy, jak bylo provedeno v předběžném statickém výpočtu, se tento účinek těžko zahrnuje. Ve 3D analýze pomocí metody konečných prvků se však tento jev spojitosti propojených ŽB monolitických stěn projeví a ovlivní napjatost, a tudíž rozdělení zatížení v patách stěn. To může být důvod, proč sednutí stěn schodišťového jádra a výtahové šachty dle 3D analýzy není o přibližně 2 až 3 mm menší než sednutí dle klasických metod, jak tomu je u sloupů a diskretních stěn (stěny S1 a S2), ale je se sednutím dle klasických metod téměř identické.

Pro samotnou desku bez pilot je sedání konstrukce dle 3D analýzy přibližně 40 mm, což odpovídá výsledku z programu GEO5 Deska pro samotnou základovou desku.

Obrazce napětí a vnitřních sil desky dle 3D analýzy se shodují s výsledky z programu GEO5 Deska, jak pro druhou variantu založení na pilotách, tak i pro samotnou základovou desku bez pilot, jak je patrné z *Obr. 72, 73, 74, 117, 118 a 119*. Hodnoty jednotlivých vnitřních sil v desce se liší maximálně o 5 až 35 % s tím, že dle 3D analýzy jsou hodnoty vnitřních sil větší oproti programu GEO5 Deska, což je v případě osamělých pilot a diskretních stěn (S1 a S2) tvořeno rozdílným sednutím podle jednotlivých programů. Extrémní hodnoty napětí a vnitřních sil jsou velmi závislé na jemnosti sítě v dané oblasti a ve skutečnosti například v místě uložení sloupů takovéto špičky nebudou, protože sloupy mají rozměr 400x400 mm, a proto tento rozptyl nevytváří větší problémy při návrhu.

Z obrázků výše je vidět, že předpoklad konstantního průběhu napětí do hloubky až k vrstvě navětralých slínovců R4, který byl uvažován při výpočtu hloubky

deformační zóny v rámci Winkler-Pasternakového podloží ve druhé variantě založení na pilotách je správný, a tudíž i výsledky 3D analýzy jsou podobné výsledkům z programu GEO5 Deska, jelikož následně stanovená Winklerova a Pasternakova konstanta dostatečně přesně reprezentuje dané geologické podloží.

Poměry únosností na pláštích pilot a únosností v patách pilot jsou jak dle 3D analýzy, tak dle metody doc. Masopusta stejné. Paty pilot přenášejí 22 až 35 % celkového svislého osového zatížení na pilotu.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout založení novostavby výškové administrativní budovy v Pardubicích.

V první části byla popsána konstrukce horní stavby objektu a shrnuty všechny potřebné geotechnické a geologické podmínky dané lokality na základě inženýrsko – geologického průzkumu. Byl také proveden předběžný statický výpočet horní stavby s návrhem všech jejích nosných prvků včetně výpočtu zatížení na podloží.

Druhá část je zaměřena na výběr, návrh a posouzení vhodného založení budovy, a to ve dvou variantách včetně popisu použitých metod a popisu postupu návrhu jednotlivých prvků založení. Volba základové konstrukce byla omezena několika faktory. Na základě inženýrsko – geologických podmínek dané lokality bylo nutné řešenou administrativní budovu zakládat na hlubinných základech, aby se neprojevil negativní vliv silně stlačitelné organické vrstvy zeminy s vložky dřevité hmoty, a proto byl zvolen nejčastější typ hlubinného založení, což je založení na pilotách.

První varianta návrhu je hlubinné založení na osamělých pilotách a na řadách pilot v absenci základové desky. Byly ze statického hlediska optimálně navrženy rozměry jednotlivých pilot tak, aby efektivně vyhověli na oba mezní stavy. Ve druhé variantě byla navržena železobetonová základová deska, která je podepírána piloty. Jelikož dochází k statickému spolupůsobení pilot a desky, bylo možné navrhnout kratší piloty oproti první variantě založení. Návrh bezpečně a úsporně vyhověl na oba mezní stavy, kde se mimo jiné také posuzovalo protlačení základové desky v kritických místech. V obou variantách jsou navrženy betonové kruhové vrtané piloty, které se v České republice používají nejčastěji. Obě varianty byly posouzeny v programu GEO5 2022 za použitím klasických, v České republice ověřených metod a protlačení desky bylo posouzeno v programu FIN EC 2022 Protlak dle platných norem. V praxi je možné použít obě varianty založení. Objem materiálu je víceméně stejný a cena provedení se nebude výrazně lišit. Na finální volbě varianty založení bude záležet na ekonomickém vyhodnocení obou variant a preferenci typu hydroizolace spodní stavby investora či projektanta, kde v první variantě je navržena černá vana a v druhé variantě bílá vana.

Poslední část bakalářské práce se věnuje 3D analýze druhé varianty založení pomocí metody konečných prvků v geotechnickém programu Plaxis a následném porovnání výsledků této analýzy s výsledky klasické metody. Zatížení bylo zadáváno pouze dlouhodobé, tj. svislé v charakteristických hodnotách, jelikož se analyzovalo a zkoumalo pouze sedání konstrukce, tj. mezní stav použitelnosti. Výsledek 3D analýzy založení se s velkou přesností shoduje s výsledky klasické metody. Jednotlivá sedání konstrukce jsou si velmi podobná až identická. Sednutí v místě sloupů je dle 3D analýzy přibližně o 2 až 3 mm menší než sednutí dle metody doc. Masopusta. Sedání nosných stěn dle 3D analýzy je však téměř identické se sedáním dle klasických metod a zejména sedání v místě schodišťového jádra a výtahové šachty. Obrazce napětí desky, průběhy vnitřních sil po desce a po pilotách jsou taktéž téměř identická a navzájem odpovídající. Hodnoty jednotlivých vnitřních sil a napětí v desce a v pilotách se liší o maximálně 5 až 35 %.

Součástí práce je zjednodušená výkresová dokumentace, kde je patrné navržené řešení.

SEZNAM LITERATURY

- [1] Mapa okolí objektu. In: *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, 2022. [cit. 2022-03-18]. Dostupné z:
<<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7737351&y=50.0374589&z=14&source=addr&id=8872782&ds=1>>
- [2] Mapa okolí objektu. In: *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, 2022. [cit. 2022-03-18]. Dostupné z:
<<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7697869&y=50.0470881&z=17&source=addr&id=8872782&ds=1>>
- [3] MIXAGE s.r.o. *Rekonstrukce budovy DC*. [online]. © 2018. [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://mixage.cz/rekonstrukce-budovy-dc/>
- [4] Družicová mapa okolí objektu. In: *google.com* [online], Google, 2022. [cit. 2022-03-20]. Dostupné z:
<<https://www.google.com/maps/place/Studentsk%C3%A1+95,+530+09+Pardubice+II-Polabiny>>
- [5] Geomorfologické členění ČR. In: *treking.cz* [online]. 2022. [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.treking.cz/regiony/celky.htm>
- [6] *Geofond České republiky*, Česká geologická služba (ČGS), Archiv geofond – badatelna v Praze, zak. číslo 476-73, sign. P67424, Inženýrsko – geologický a hydrogeologický průzkum, Agroprojekt Praha – závod 05 Pardubice, Výpočetní středisko VAKUS Pardubice – Polabiny (Leden 1974). [cit. 2022-03-21].
- [7] Geologická mapa území 1:50 000. In: *mapy.geology.cz* [online]. Česká geologická služba (ČGS), 2022. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [8] Vrtná prozkoumanost. In: *mapy.geology.cz* [online]. Česká geologická služba (ČGS), 2022. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z:
https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/
- [9] Raft foundation. In: *civilwale.com* [online]. Civil Wale, 2022. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://civilwale.com/types-of-foundation/>
- [10] Štěrkopískový polštář. In: *tom-builder.cz* [online]. Ing. Tomáš Hrdlička, 2022. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z:
<https://www.tom-builder.cz/podsyp-pod-zaklady/>
- [11] Šachtové pilíře. In: *fast10.vsb.cz* [online]. Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2022. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z:
<http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/sachtove-pilire.html>
- [12] Piled raft. In: *designingbuildings.co.uk* [online]. © Designing Buildings Ltd., 2022. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z:

- https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Piled_raft_foundation
- [13] Schéma provádění vrtaných pilot. In: *zakladani.cz* [online]. © Zakládání staveb, a. s., 2022. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.zakladani.cz/cs/vyrobni-program-3/technologie/piloty>
- [14] Sources of pile resistance. In: *researchgate.net* [online]. © 2008-2022 ResearchGate GmbH. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Sources-of-pileresistance_fig1_228448551
- [15] Load transfer mechanism in piled raft. In: *researchgate.net* [online]. © ResearchGate GmbH., 2008-2022 [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Load-transfer-mechanism-in-piled-raft_fig3_331028562
- [16] PLAXIS 3D finite element mesh for the piled raft. In: *researchgate.net* [online]. © 2008-2022 ResearchGate GmbH. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/PLAXIS-3D-finite-element-mesh-for-the-piled-raft_fig2_267845673
- [17] Natavování asfaltových pásů plamenem hořáku. In: *cze.sika.com* [online]. Sika CZ, s.r.o., 2022. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://cze.sika.com/cs/o-nas/media/reference/hydroizolace-spodni-stavby-asflatove-pasy-parabit.html>
- [18] Bílá vana. In: *estav.cz* [online]. © Copyright Topinfo s.r.o., 2014-2022. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5053.vodonepropustny-beton-bila-vana-pro-podsklepene-rodinne-domy>
- [19] ČSN EN 1536+A1. *Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [20] ČSN EN 206+A1. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [21] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2. vyd. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019.
- [22] HORKÝ, Bohumil, Alois KOUBA a Michal ŠTEVULA. Beton monolitických podzemních stěn a vrtaných pilot. *Beton – Technologie, konstrukce, sanace* [online]. 2001, 5, str. 30-33. [2022-03-25]. ISSN 1213-3116. Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2001-5-30.pdf>
- [23] Vodní součinitel. *Ebeton.cz* [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/vodni-soucinitel>
- [24] ČSN EN 1997-1. *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

-
- [25] Vaniček, Ivan, et al. *Projektování základových a zemních konstrukcí*. ČVUT, Praha, 2016. ISBN 978-80-01-05913-5.
- [26] ČSN 73 1001. *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1987.
- [27] ČSN 73 1004. *Navrhování základových konstrukcí – Stanovení požadavků pro výpočetní metody*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- [28] Online nápověda GEO5: Sedání piloty – Nelineární teorie (Masopust). In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/nelinearni-teorie-masopust-01/>
- [29] Zatěžovací křivka piloty. In: *Fine.cz* [online]. © Fine spol. s r.o. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/nelinearni-teorie-masopust-01/>
- [30] Online nápověda GEO5: Sedání skupiny pilot. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/sedani-skupiny-pilot-01/>
- [31] Schéma fiktivního plošného základu – sedání skupiny pilot v soudržné zemině. In: *Fine.cz* [online]. © Fine spol. s r.o. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/sedani-skupiny-pilot-01/>
- [32] Online nápověda GEO5: Skupina pilot – Pružinová metoda. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/pruzinova-metoda-01/>
- [33] Modelování pilot. In: *Fine.cz* [online]. © Fine spol. s r.o. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/pruzinova-metoda-01/>
- [34] Připojení pilot k desce. In: *Fine.cz* [online]. © Fine spol. s r.o. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/pruzinova-metoda-01/>
- [35] Online nápověda GEO5: Výpočet piloty – Modul reakce podloží podle ČSN 73 1004. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/modul-reakce-podlozi-podle-csn-73-1004-01/>>
- [35] Online nápověda GEO5: Výpočet piloty – Negativní plášťové tření. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/negativni-plastove-treni-03/>
- [36] Madeh Izat Hamakareem. Negative skin friction on piles and pile groups. In: *TheConstructor.org* [online]. The Constructor – Civil Engineering Home, 2021. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z:
-

- <https://theconstructor.org/geotechnical/negative-skin-friction-piles/3376/>
- [37] How negative friction is induced. In: *civildigital.com* [online]. © 2022 CivilDigital. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z:
<https://civildigital.com/negative-skin-friction-piles-causes-design-calculations/>
- [38] Dr. Jinlong Li. Number and spacing of piles in a group. In: *jинlongli.me* [online]. Dr. Jinlong Li, Ph.D., 2021. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z:
<https://jinlongli.me/2017/04/26/number-and-spacing-of-piles-in-a-group/>
- [39] Group efficiency of pile group. In: *jинlongli.me* [online]. Dr. Jinlong Li, Ph.D., 2021. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z:
<https://jinlongli.me/2017/04/26/number-and-spacing-of-piles-in-a-group/>
- [40] Syed Hasan Shirazi. How do you compute the efficiency of a pile group. In: *Quora.com* [online]. © Quora, Inc. 2022. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z:
<https://qr.ae/pvsxWy>
- [41] Online nápověda GEO5: Skupina pilot – Účinnost skupiny pilot. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z:
<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/ucinnost-skupiny-pilot-01/>
- [42] Online nápověda GEO5: Výpočet svislé únosnosti a sedání skupiny pilot. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z:
https://www.fine.cz/ke-stazeni/inzenyrske-manualy/51/cs/em17_cs/
- [43] Online nápověda GEO5: Winkler-Pasternakovy konstanty C1 a C2. In: *Fine.cz* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z:
<<https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/winkler-pasternakovy-konstanty-c1-a-c2-02/>>
- [44] Winklerův model podloží. In: *fast10.vsb.cz* [online]. Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z:
http://fast10.vsb.cz/michalcova/PruznostII/podlozi_tisk.pdf
- [45] Winklerův – Pasternakův model podloží. In: *fast10.vsb.cz* [online]. Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/michalcova/PruznostII/podlozi_tisk.pdf
- [46] Salák Jan. Výpočty základových konstrukcí na počítači [Přednáška]. Praha: ČVUT, Fakulta stavební, 21.10.2021.
- [47] Winklerova konstanta. In: *2nasto8.257.cz* [online]. Fakulta dopravní ČVUT, 2018. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z:
<http://2nasto8.257.cz/education/master/18tik/download/prednasky-2017-2018/14_modely_podlozi.pdf>

- [48] Pasternakova konstanta. In: *2nasto8.257.cz* [online]. Fakulta dopravní ČVUT, 2018. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z:

<http://2nasto8.257.cz/education/master/18tik/download/prednasky-2017-2018/14_modely_podlozi.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Mapa znázorňující zájmové území [1]	12
Obr. 2 Poloha řešeného objektu [2]	13
Obr. 3 Vizualizace plánovaného objektu [3]	14
Obr. 4 Schéma pnutí vodorovných nosných konstrukcí horní stavby	15
Obr. 5 Konstrukční schéma půdorysu přízemí (1.NP)	16
Obr. 6 Konstrukční schéma typického podlaží (2.NP až 8.NP)	16
Obr. 7 Konstrukční příčný řez objektem B-B'	17
Obr. 8 Konstrukční podélný řez A-A'	18
Obr. 9 Družicový snímek se zakreslením staveniště [4]	19
Obr. 10 Geomorfologické členění ČR [5]	21
Obr. 11 Geologická mapa území M 1:50 000 [7]	22
Obr. 12 Vrtná prozkoumanost okolí [8]	24
Obr. 13 Geologický profil vrtu S-44	27
Obr. 14 Geologický profil vrtu PV-1	28
Obr. 15 Geologický profil vrtu PV-11	29
Obr. 16 Geologický profil vrtu VS-12	30
Obr. 17 Geologický profil vrtu V-2	31
Obr. 18 Geologický profil vrtu V-4	31
Obr. 19 Geologický model GM1	32
Obr. 20 Geotechnický model	36
Obr. 21 Schéma založení sloupů na základové desce [9]	40
Obr. 22 Vrstva štěrkopískového polštáře pod budoucími pasy [10]	41
Obr. 23 Schéma šachtového pilíře [11]	41
Obr. 24 Schéma založení na pilotách podepírajících základovou desku [12]	42
Obr. 25 Postup při provádění vrtaných pilot pažených ocelovou výpažnicí [13]	43
Obr. 26 Statické působení osamělé piloty [14]	44
Obr. 27 Statické působení pilot podepírajících základovou desku [15]	45
Obr. 28 Příklad 3D modelu založení [16]	46
Obr. 29 Příklad hydroizolace spodní stavby černou vanou [17]	47
Obr. 30 Příklad hydroizolace spodní stavby bílou vanou [18]	47
Obr. 31 Schéma půdorysu se zatížením od horní stavby	50

Obr. 32 Schéma půdorysu přízemí s rozmístěním pilot – Varianta 1	52
Obr. 33 Zatěžovací křivka piloty [29]	54
Obr. 34 Schéma fiktivního plošného základu – sedání skupiny pilot v soudržné zemině [31].....	55
Obr. 35 Možnosti modelování pilot [33].....	57
Obr. 36 Připojení pilot k desce, příp. k základovému prahu [34]	58
Obr. 37 Znárodnění negativního plášťového tření piloty od výplňové vrstvy zeminy [37]	60
Obr. 38 Skupinové působení pilot [39]	63
Obr. 39 Winklerovo pružinové podloží [44]	65
Obr. 40 Model řešené základové desky s generovanou trojúhelníkovou sítí, výstup z programu GEO5 2022 - Deska	65
Obr. 41 Winklerova konstanta [47].....	66
Obr. 42 Pasternakova konstanta [48].....	66
Obr. 43 Winkler – Pasternakovo podloží [45].....	67
Obr. 44 Parametry zemin, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota.....	71
Obr. 45 Geologický profil a přiřazení zemin, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota	72
Obr. 46 Použité materiály a normy, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota.....	73
Obr. 47 Geometrie piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 – Pilota.....	74
Obr. 48 Posouzení svislé únosnosti piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota	75
Obr. 49 Vodorovná únosnost piloty P5 a schéma vyztužení, výstup z programu GEO5 2022 - Pilota	76
Obr. 50 Vstupní data pro výpočet řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot.....	77
Obr. 51 Geometrie řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot ..	78
Obr. 52 Vnitřní síly na jednotlivých pilotách z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	79
Obr. 53 Průběh normálových sil v návrhových hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	80
Obr. 54 Průběh smykových sil v návrhových hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	80

Obr. 55 Průběh ohybového momentu v návrhových hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	81
Obr. 56 Průběh vnitřních sil v návrhových hodnotách na nejvíce zatížené pilotě z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	81
Obr. 57 Tuhosti svislých pružin v patě pilot v jednotkách MN/m, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	82
Obr. 58 Tuhosti vodorovných a svislých pružin po pilotech v jednotkách MN/m ³ , resp. MN/m, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	82
Obr. 59 Posouzení svislé únosnosti řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot.....	83
Obr. 60 Vodorovná únosnost řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot.....	84
Obr. 61 Výpočet zatěžovací křivky piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 – Pilota	85
Obr. 62 Posouzení absolutního sednutí piloty P5, výstup z programu GEO5 2022 – Pilota.....	86
Obr. 63 Průběh normálových sil v charakteristických hodnotách na řadě pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	87
Obr. 64 Průběh vnitřních sil v charakteristických hodnotách na nejvíce zatížené pilotě z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	87
Obr. 65 Výpočet zatěžovací křivky piloty z řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot	88
Obr. 66 Posouzení absolutního sednutí řady pilot ŘP1, výstup z programu GEO5 2022 – Skupina pilot.....	89
Obr. 67 Schéma rozmístění pilot – Varianta 2	92
Obr. 68 Svislý průhyb základové desky modelované bez pilot (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v mm)	93
Obr. 69 Grafické zobrazení potřebné dolní výztuže základové desky v podélném směru, výstup z programu GEO5 2022 – Deska (hodnoty v mm ² /m)	94
Obr. 70 Svislý průhyb základové desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v mm).....	95
Obr. 71 Kontaktní napětí v základové spáře desky modelované s pilotami (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kPa)	95

Obr. 72 Ohybové momenty m_x (M11) v desce (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kNm/m).....	96
Obr. 73 Ohybové momenty m_y (M22) v desce (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kNm/m).....	96
Obr. 74 Ohybové momenty m_{xy} (M12) v desce (kombinace MSP), výstup z programu GEO5 2022 - Deska (hodnoty v kNm/m).....	96
Obr. 75 Geologický profil pod řešenou základovou deskou	97
Obr. 76 3D model spodní stavby.....	100
Obr. 77 Boční pohled na 3D model spodní stavby.....	100
Obr. 78 Pohled zespodu na 3D model spodní stavby.....	101
Obr. 79 Východní pohled na 3D model spodní stavby	101
Obr. 80 Jižní pohled na 3D model budovy spodní stavby.....	101
Obr. 81 3D model spodní stavby se zatížením od horní stavby	102
Obr. 82 Nastavení zemin v programu PLAXIS 3D.....	102
Obr. 83 Nastavení parametrů zemin v programu PLAXIS 3D	103
Obr. 84 Nastavení betonových pilot v programu PLAXIS 3D	103
Obr. 85 Nastavení parametrů betonových pilot v programu PLAXIS 3D	103
Obr. 86 Nastavení betonu nosných stěn v programu PLAXIS 3D.....	104
Obr. 87 Negativní interakční rozhraní pilot a desky, výstup z programu PLAXIS 3D	104
Obr. 88 Plášť piloty, výstup z programu PLAXIS 3D	105
Obr. 89 Nastavení rozhraní zemin v programu PLAXIS 3D	105
Obr. 90 Uvažovaný blok zeminy, výstup z programu PLAXIS 3D	106
Obr. 91 Nastavení geologického profilu, výstup z programu PLAXIS 3D.....	106
Obr. 92 Počáteční fáze výpočtu, výstup z programu PLAXIS 3D	107
Obr. 93 Fáze konstrukce spodní stavby, výstup z programu PLAXIS 3D.....	107
Obr. 94 Fáze se zatížením od horní stavby, výstup z programu PLAXIS 3D.....	108
Obr. 95 Vygenerovaná síť vrstev zemin, výstup z programu PLAXIS 3D.....	108
Obr. 96 Vygenerovaná síť spodní stavby, výstup z programu PLAXIS 3D	109
Obr. 97 Svislá deformace v případě základové desky bez pilot, výstup z programu PLAXIS 3D	110
Obr. 98 Příčný svislý řez – sedání základové desky bez pilot, výstup z programu PLAXIS 3D	110

Obr. 99 Totální hlavní poměrné přetvoření v poli základové desky bez pilot, výstup z programu PLAXIS 3D	111
Obr. 100 Průhledný pohled na zdeformovanou síť – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	111
Obr. 101 Pohled na zdeformovanou síť – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	112
Obr. 102 Zdeformovaná síť základové ŽB desky s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	112
Obr. 103 Průběh svislé deformace základové ŽB desky s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	113
Obr. 104 Prostorový pohled na svislou deformaci spodní stavby – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	113
Obr. 105 pohled na svislou deformaci spodní stavby – deska s pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	114
Obr. 106 Sednutí piloty P5, výstup z programu PLAXIS 3D	114
Obr. 107 Svislá deformace po délce piloty P5, výstup z programu PLAXIS 3D	115
Obr. 108 Podélný svislý řez krajními pilotami – svislá deformace, výstup z programu PLAXIS 3D	115
Obr. 109 Příčný svislý řez spodní stavbou – svislá deformace, výstup z programu PLAXIS 3D	116
Obr. 110 Podélný svislý řez stěnou S2 – totální deformace, výstup z programu PLAXIS 3D	116
Obr. 111 Příčný svislý řez v místě schodišťového jádra – totální deformace, výstup z programu PLAXIS 3D	117
Obr. 112 Svislý řez v poli desky mezi pilotami, výstup z programu PLAXIS 3D	117
Obr. 113 Svislé efektivní napětí σ'_{zz} – svislý řez pilotou P5, výstup z programu PLAXIS 3D	118
Obr. 114 Podélný svislý řez v místě krajních sloupů s průběhem svislých efektivních napětí σ'_{zz} (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kN/m ²)	119
Obr. 115 Příčný svislý řez budovou s průběhem svislých efektivních napětí σ'_{zz} (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kN/m ²).....	119
Obr. 116 Podélný svislý řez v místě stěny S2 s průběhem svislých efektivních napětí σ'_{zz} (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kN/m ²).....	120

Obr. 117 Ohybové momenty m_x (M11) v desce (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kNm/m)	120
Obr. 118 Ohybové momenty m_y (M22) v desce (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kNm/m)	121
Obr. 119 Ohybové momenty m_{xy} (M12) v desce (kombinace MSP), výstup z programu PLAXIS 3D (hodnoty v kNm/m)	121

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Hladina spodní vody v jednotlivých vrtech [6].....	25
Tab. 2 Hloubka křídového podloží v jednotlivých vrtech [6]	26
Tab. 3 Geomechanické parametry hlíny písčité F3–MS	37
Tab. 4 Geomechanické parametry jemnozrnného písku S2–SP.....	37
Tab. 5 Geomechanické parametry šterkopísku G2–GP	38
Tab. 6 Geomechanické parametry zeminy s dřevitou hmotou	38
Tab. 7 Geomechanické parametry navětralého slínovce R4	38
Tab. 8 Geomechanické parametry slínovce R3 v hloubce do 12 metrů.....	39
Tab. 9 Geomechanické parametry slínovce R3 v hloubce od 12 metrů níže	39
Tab. 10 Zatížení osamělých pilot podepírajících nosné sloupy	51
Tab. 11 Zatížení řad pilot podepírajících nosné stěny.....	51
Tab. 12 Hodnoty mezních sednutí [26]	56
Tab. 13 Orientační hodnoty modulu horizontální stlačitelnosti n_h , dle [27] [35].....	59
Tab. 14 Porovnání součinitelů účinnosti skupiny pilot η_g jednotlivých řad pilot	62
Tab. 15 Dílčí součinitele pro výpočet únosnosti pilot, dle [24]	64
Tab. 16 Navržené osamělé piloty – Varianta 1	91
Tab. 17 Geometrie a únosnost navržených řad pilot – Varianta 1	91
Tab. 18 Sednutí navržených řad pilot – Varianta 1	91
Tab. 19 Navržené piloty – Varianta 2	98
Tab. 20 Geometrie a únosnost navržených řad pilot – Varianta 2	99
Tab. 21 Sednutí navržených řad pilot – Varianta 2	99

PŘÍLOHY

Příloha č. 1:	Předběžný statický výpočet horní stavby	56xA4
Příloha č. 2:	Posouzení osamělých pilot a řad pilot – 1. Varianta	51xA4
Příloha č. 3:	Posouzení základové desky s pilotami – 2. Varianta	69xA4

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Výkres č. 1:	Výkres tvaru stropu nad 1.NP (přízemí)	A3
Výkres č. 2:	Pilotový plán – 1. Varianta	A3
Výkres č. 3:	Pilotový plán – 2. Varianta	A3
Výkres č. 4:	Příčný řez v místě obvodové nosné stěny – 1. Varianta	A4
Výkres č. 5:	Detail u terénu v místě obvodové nosné stěny – 2. Varianta	A1

OBSAH DVD PŘÍLOHY

Složka č. 1:	Geologické profily vrtů z podrobného inženýrsko-geologického průzkumu z roku 1974 z archivního Geofondu
Složka č. 2:	Soubory programu GEO5 2022
Složka č. 3:	Soubory programu PLAXIS 3D