

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
STAVEBNÍ**

**DIPLOMOVÁ**



**ČÁST GEOTECHNIKA**

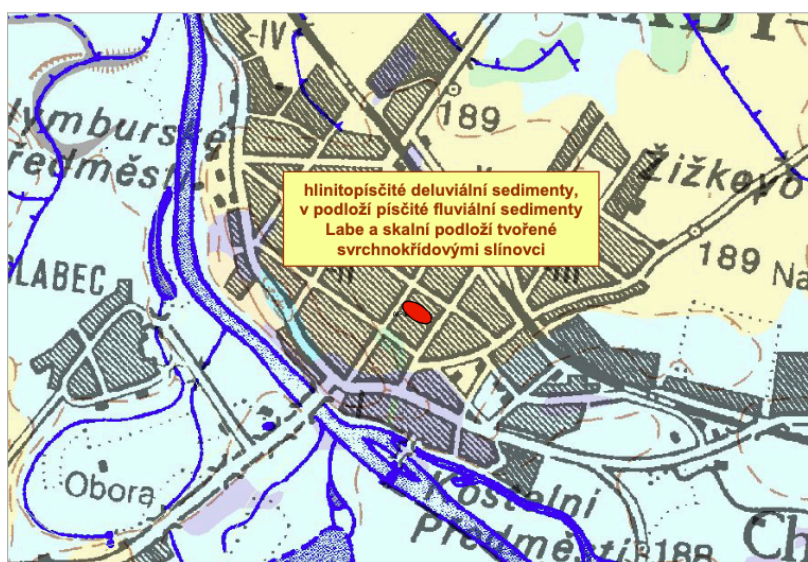
**2024**

**BC. ADÉLA  
MILOTOVÁ**

# 1 ZADÁNÍ

Podklady pro zadání, sloužící pro představení geologických poměrů, byly poskytnuty na Fakultě Stavební ČVUT v rámci projektu, který předcházal diplomové práci a jsou dále součástí této kapitoly. Zadání bylo tvořeno stručným inženýrsko-geologickým průzkumem.

## 1.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY



### kenozoikum

#### kvartér

##### holocén

- 1** navážka, halda, výsypka, odval (antropogenní) (složení proměnlivé)
- 6** nivní sediment (fluviální nečlenené + sedimenty vodních nádrží)
- 7** smíšený sediment (deluviofluviální)
- 9** slatina, rašelina, hnílokal (organická)
- 12** písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment (deluviální) (složení pestré)

##### pleistocén

- 15** navátý písek (eolická) (složení křemen převážné + příměsí)
- 16** sprasá a sprasáová hlína (eolická) (složení křemen + příměsí + CaCO<sub>3</sub>)
- 22** písek, štěrk (fluviální) (složení pestré)
- 24** písek, štěrk (fluviální) (složení pestré)

### ČESKÝ MASIV - POKRYVNÉ ÚTVARY A POSTVARISKÉ MAGMATITY

#### mezozoikum

##### křída

##### křída svrchní

- 297** slínovec s polohami či kontrecemi vápenců, rytmy či okly slínovec - vápenc (úložitvo vápenné prachovce - lužický vývoj) (marinní) (složení vápenný)

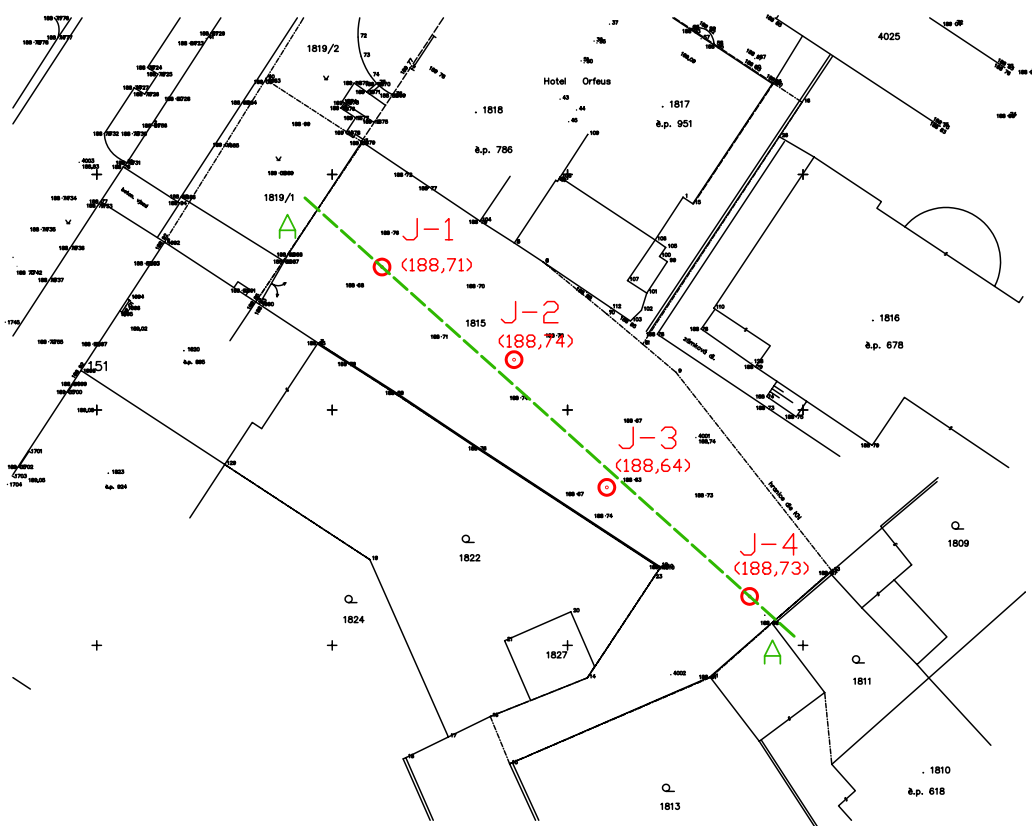
1 VÝSEK Z GEOLOGICKÉ MAPY ČR S VYZNAČENÍM ZÁJMOVÉ LOKALITY

## 1.2 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

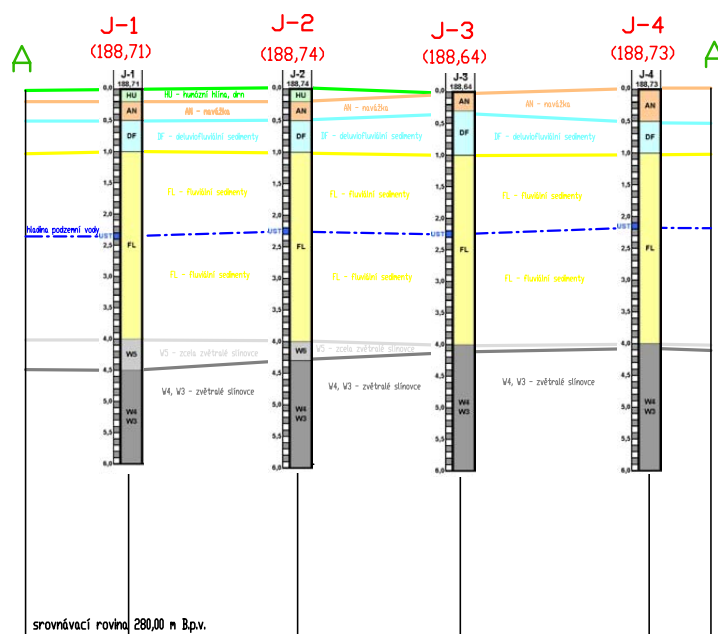
sonda			kvartér	voda naražená	voda ustálená
č.	hloubka (m)	úroveň ústí (Bpv)	mocnost (m)	hloubka (m/Bpv)	hloubka (m/Bpv)
J-1	6,0	188,71	4,00	nezastižena	2,40 / 188,31
J-2	6,0	188,74	4,00	nezastižena	2,30 / 188,44
J-3	6,0	188,64	4,00	nezastižena	2,30 / 186,34
J-4	6,0	188,73	4,00	nezastižena	2,20 / 188,53
celkem	24,0				

Tabulka 1 PŘEHLED REALIZOVANÝCH SOND A ÚROVNĚ HPV

## 1.3 PODÉLNÝ GEOTECHNICKÝ ŘEZ



2 SITUACE S VEDENÍM GEOTECHNICKÉHO ŘEZU



3 PODÉLNÝ GEOTECHNICKÝ ŘEZ

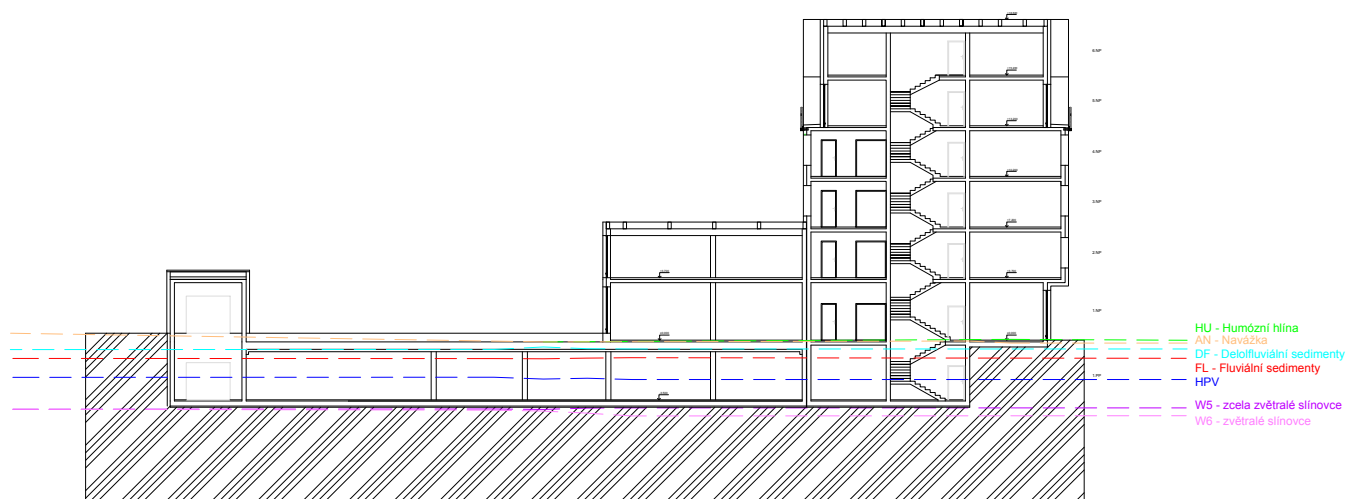
GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE VRTU						J-1	
akce:	Bytový dům EZOP Poděbrady					souřadnice ústí JTSK/Bpv (m)	
dokumentoval	B.Březina	vtřmistr:	J.Souček	úroveň hladiny podzemní vody (m)	y =	692 275,76	
datum:	16.XII.2008	souprava:	PBÚ-1	naražená:	ne	*	x = 1 043 107,86
vyhodnotil:	B.Březina	výplach:	ne	ustálená:	2,40	186,31	z = 188,71
	<b>J-1</b> 188,71	od - do (m)	geologický popis vrstev				
	0,0	0,0-0,2	drn				
	0,5	0,2-0,5	tmavě hnědá humózní hlína, s úlomky cihel, pevná/tuhá				
	1,0	0,5-1,0	tmavě okrový jílovitý až jíl písčité, pevný/tuhý; <b>vzorek: SC/S5, konzistence pevná</b>				
	2,5	1,0-4,0	okrový písek jemno- až střednězrný, středně ulehlý až ulehlý; <b>vzorek: SP/S2</b>				
	4,0	4,0-4,5	šedý jíl, slabě písčité, tuhý až pevný (sínovec zcela zvětralý); <b>vzorek: CI/F6, konzistence pevná</b>				
	5,5	4,5-6,0	šedý jíl, slabě písčité, tvrdý (sínovec zvětralý); <b>vzorek: R5 až R4</b>				

4 GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE VRTU

## 2 GEOTECHNICKÉ VYHODNOCENÍ PODMÍNEK VÝSTAVBY

### 2.1 GEOLOGICKÝ PROFIL

Pro navrhovaný objekt s jedním podlažím a 6 nadzemními podlažními je předběžně uvažováno s plošným založením v úrovni základové spáry v hloubce 3-4 m. pod stávajícím, převážně rovinatým terénem. Z obrázku 4 je patrné, že geologická skladba v zájmové lokalitě je celkově poměrně jednoduchá. Z vrchu směrem do hloubky je tvořena postupně slabou vrstvou humózní hlíny HU a navážek AN, jílovitopísčitymi deluviofluviálními sedimenty DF a dále písčitymi fluviálními sedimenty Labe FL, jejichž podloží tvoří svrchnokřídové slínovce W5, zcela zvětralé a W4/3, zvětralé. Jednotlivé vrstvy jsou uloženy v lokalitě téměř horizontálně a jejich mocnost se tak výrazně nemění.



5 – PODÉLNÝ ŘEZ S PROMÍTNUTÝM GEOLOGICKÝM PROFILEM

### 2.2 HLADINA PODZEMNÍ VODY

Hladina podzemní vody byla dle zadání zastižena v úrovni písčitých fluviálních sedimentů FL v hloubce 2,4 m pod terénem a bude tedy za normálních podmínek nad úrovní založení. Tato zjištěná skutečnost bude výrazně komplikovat zakládání. Vodu bude potřeba ze stavební jámy odčerpávat po celou dobu výstavby. Vzhledem k tomuto faktu je nutno hodnotit geologické poměry dle ČSN 73 1001 jako středně složité.

Z hlediska návrhu hydroizolace bude stavební jáma ve smyslu ČSN P ENV 73 0600 hloubena převážně v propustných zeminách u nichž lze předpokládat odvedení vody event. zadržované ve stavební jámě. Vzhledem k založení pod hladinou podzemní vody je nutno spodní stavbu ochránit před účinky vztlaku, a to minimálně do hloubky 1m, spíše však na celou hloubku založení vzhledem k možnosti kolísání hladiny HPV.

## 2.3 HLOUBKA ZALOŽENÍ

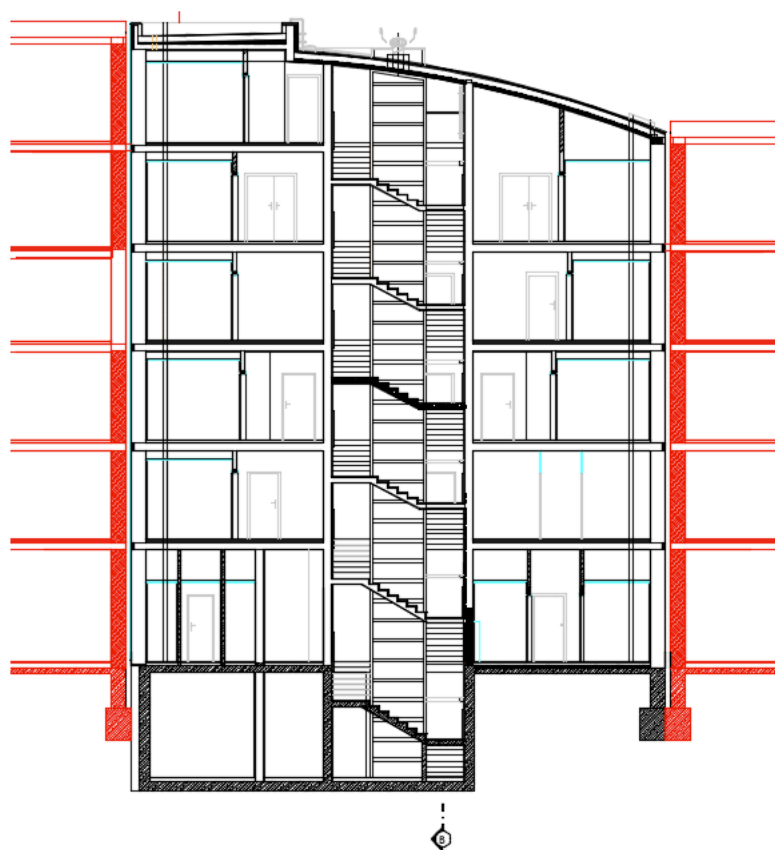
Vzhledem k předpokládané hloubce založení cca 3-4 m pod terémem je zřejmé, že základová spára uvažovaného plošného založení bude situována do poloh písčitých fluvialních sedimentů FL, eventuelně do povrchových vrstev skalního podloží W5. Vždy pod hladinou podzemní vody. Oba tyto materiály tvoří dobře použitelnou základovou půdu pro plošné založení méně náročných objektů.

## 2.4 PŘILEHLÉ OBJEKTY

Navrhovaná stavba je umístěna v proluce a tudíž je potřeba navrhnout zajištění stávajících objektů.

Ke způsobu založení přilehlých bytových domů nebyly poskytnuty žádné informace.

Vzhledem ke stáří objektů, které lze odhadovat na období před 2. světovou válkou, bylo ,pro účely diplomové práce, uvažováno, že základová spára obou přilehlých objektů se nachází nad hladinou podzemní vody dle schématu č.6.



6 - SCHÉMA UVAŽOVANÉHO ZALOŽENÍ OKOLNÍCH OBJEKTŮ

## 2.5 GEOTECHNICKÉ PARAMETRY ZEMIN

V této podkapitole budou přesně definovány geotechnické parametry jednotlivých geologických vrstev z doporučených hodnot, daných inženýrsko – geologickým průzkumem.

### **AN - Navážky hlinitopísčité, pevné konzistence**

- Objemová tíha ( $\text{kN/m}^3$ )
- Modul přetvárnosti  $E_{\text{def}}$  (MPa)
- Modul pružnosti  $E$  (MPa)
- Poissonovo číslo  $\nu$
- Soudržnost  $c_{\text{def}}$
- Úhel vnitřního tření
- Třída těžitelnosti

### **DF – jílovitopísčité deluviofluviální sedimenty, pevné konzistence**

- Objemová tíha ( $\text{kN/m}^3$ )
- Modul přetvárnosti  $E_{\text{def}}$  (MPa)
- Modul pružnosti  $E$  (MPa)
- Poissonovo číslo  $\nu$
- Soudržnost  $c_{\text{def}}$
- Úhel vnitřního tření
- Třída těžitelnosti

**FL – písčité fluvialní sedimenty, ulehle**

- Objemová tíha ( $\text{kN/m}^3$ )
- Modul přetvárnosti  $E_{\text{def}}$  (MPa)
- Modul pružnosti  $E$  (MPa)
- Poissonovo číslo  $\nu$
- Soudržnost  $c_{\text{def}}$
- Úhel vnitřního tření
- Třída těžitelnosti

**W5 – Slínovce zcela zvětralé, pevné konzistence**

- Objemová tíha ( $\text{kN/m}^3$ )
- Modul přetvárnosti  $E_{\text{def}}$  (MPa)
- Modul pružnosti  $E$  (MPa)
- Poissonovo číslo  $\nu$
- Soudržnost  $c_{\text{def}}$
- Úhel vnitřního tření
- Třída těžitelnosti



**W4/W3 – Slínovce zvětralé, tvrdé konzistence**

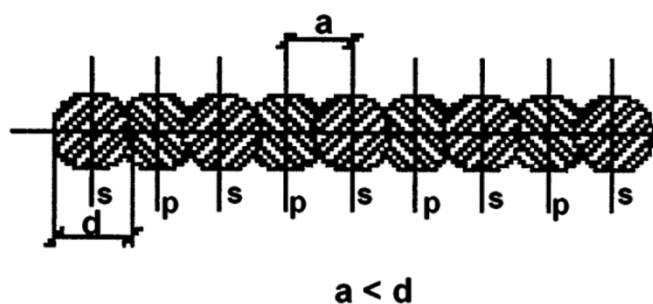
- Objemová tíha ( $\text{kN/m}^3$ )
- Modul přetvárnosti  $E_{\text{def}}$  (MPa)
- Modul pružnosti  $E$  (MPa)
- Poissonovo číslo  $\nu$
- Soudržnost  $c_{\text{def}}$
- Úhel vnitřního tření
- Třída těžitelnosti

### 3 KONCEPČNÍ NÁVRH ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY A PŘILEHLÝCH OBJEKTŮ

V této kapitole bude provedena koncepce zajištění stavební jámy a zajištění okolních staveb, přiléhajících k navrhovanému objektu.

Vzhledem k faktu, že základová spára bude umístěna v hloubce 3-4 m pod původním terénem a tím pádem pod hladinou podzemní vody, je nutno navrhnout nepropustnou stavební jámu. Po pečlivém zvážení a vyhodnocení geologických poměrů byly pro zajištění stavební jámy vybrány dva nejvhodnější způsoby, které zajistí také spolehlivou nepropustnost jámky.

Pro zajištění stavební jámky v místech, kde se nenacházejí žádné přilehlé objekty, byl vybrán způsob zajištění pomocí převrtávané pilotové stěny. Jedná se o spolehlivé řešení, které zajistí vodotěsnost jámy, v případě, že bude vetknuta do nepropustného podloží, které je tvořeno zvětralými slínovci. Schéma převrtávané pilotové stěny je zobrazeno na



7 - SCHÉMA PŘEVRTÁVANÉ PILOTOVÉ STĚNY

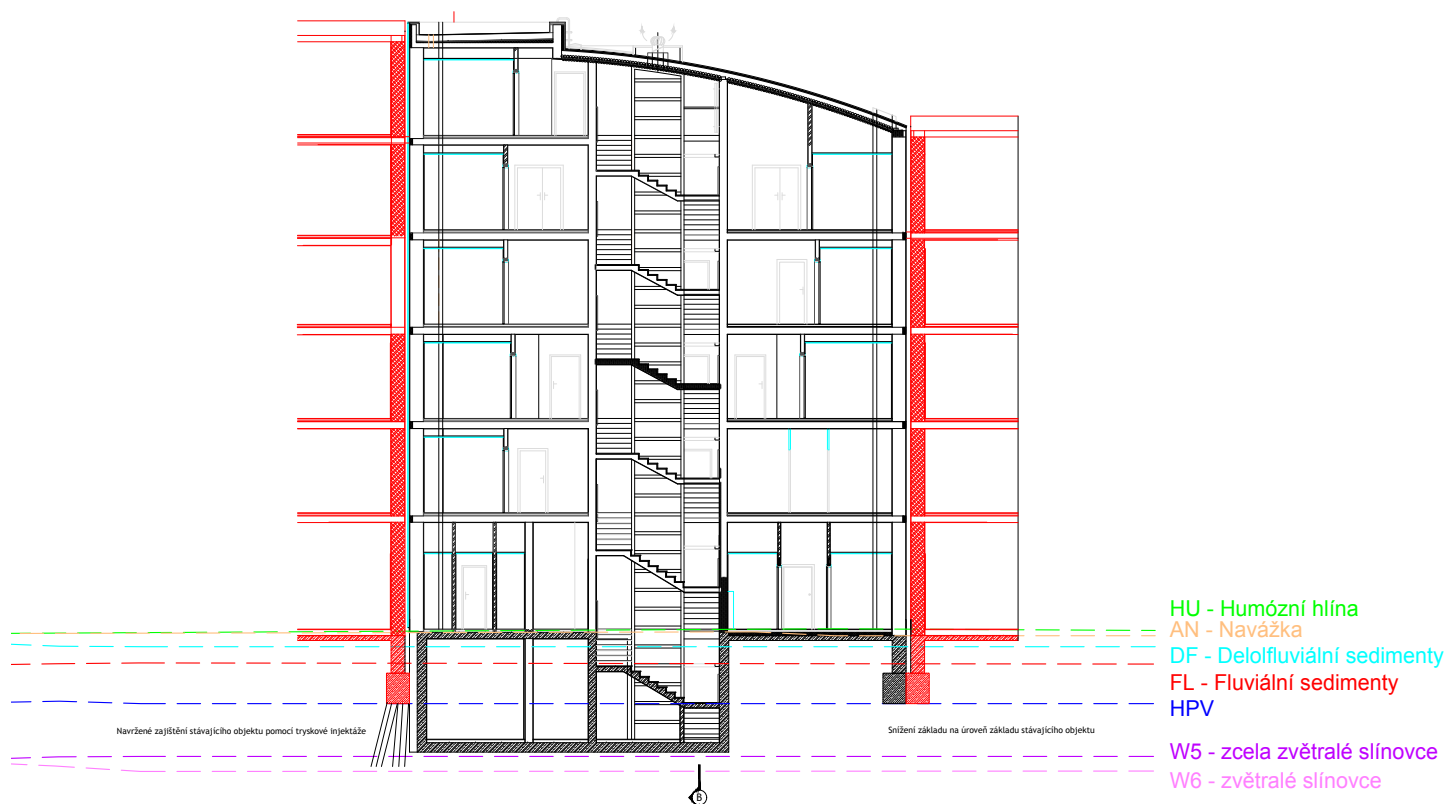
obrázku č.7.

- a – osová vzdálenost
- d – průměr piloty
- p – primární pilota
- s – sekundární pilota

Pro zajištění stávajících staveb byl zvolen způsob pomocí tryskové injektáže naznačeno na obrázku č. 8. Toto řešení bylo vybráno z důvodu, že již byly navrženy rozměry 1.PP tak, aby splnily podmínky, vyhovující pro podzemní garáže. V tomto případě tudíž nelze realizovat taktéž převrtávanou pilotovou stěnu, jelikož by musely být zmenšeny navržené

rozměry 1. podzemního podlaží, které je potřeba zachovat a respektovat tak zadání diplomové práce.

Trysková injektáž zajistí spolehlivé podchycení základů stávajících objektů a zároveň také zapažení výkopu stavební jámy tak, aby byla zajištěna nepropustnost a mohly být realizovány základové konstrukce navrhovaného objektu.



9 - SCHÉMA ZAJIŠTĚNÍ STÁVAJÍCÍCH OBJEKTŮ

## 4 NÁVRH A POSOUZENÍ ZÁKLADOVÉ DESKY

### 4.1 NÁVRH TLOUŠŤKY ZÁKLADOVÉ DESKY

S ohledem na deformaci a vztlakové síly byla zvolena tloušťka základové desky 400 mm.

$$h = 400 \text{ mm}$$

### 4.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

#### 4.2.1 BETON

- Specifikace C30/37 – XC2 – CI 0,2 – D<sub>max</sub> 16 – S3
- Materiálové charakteristiky

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1,33 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

#### 4.2.2 OCEL B500B

- Materiálové charakteristiky

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

### 4.3 KRYCÍ VRSTVA

Pro následující výpočty je potřeba stanovit krycí vrstvu výztuže v základové desce.

- Minimální hodnota krytí

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma}; -\Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm)$$

$$\Delta c_{dur,st}, \Delta c_{dur,add} = 0$$

$\Delta c_{dur,\gamma}$  se neuvažuje

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 mm)$$

- Předpokládaný průměr výztuže:

$$\phi_s = 14 mm$$

- Minimální hodnota krycí vrstvy s přihlédnutím k požadavku soudržnosti:

$$c_{min,b} = 14 mm$$

- Minimální hodnota krycí vrstvy s přihlédnutím k podmínkám prostředí:

⇒ Konstrukční třída S4 – Budovy a další běžné stavby, návrhová životnost 50 let

⇒ U deskových konstrukcí lze snížit konstrukční třídu z S4 na S3

Požadavek $c_{min,dur}$ [mm]							
K-ční třída	Stupeň prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Doporučená třída konstrukce je S4 pro návrhovou životnost 50 let.

Tabulka 2 - Požadavek na  $c_{min,dur}$  dle konstrukční třídy

$$c_{min,dur} = 20 mm$$

- $c_{min} = \max(14; 20; 10) = 20mm$

- Návrhové zvětšení s přihlédnutím k možné toleranci

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

- Celková tloušťka krycí betonové vrstvy:

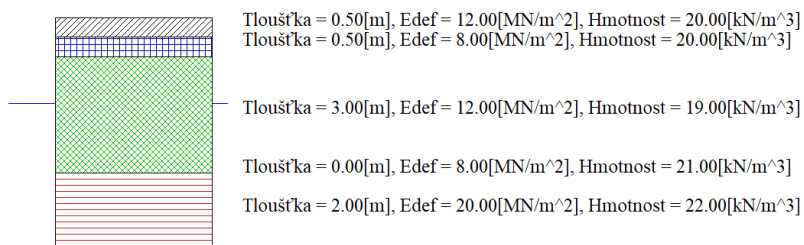
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 20 = \underline{\underline{30 \text{ mm}}}$$

#### 4.4 VÝPOČETNÍ MODEL

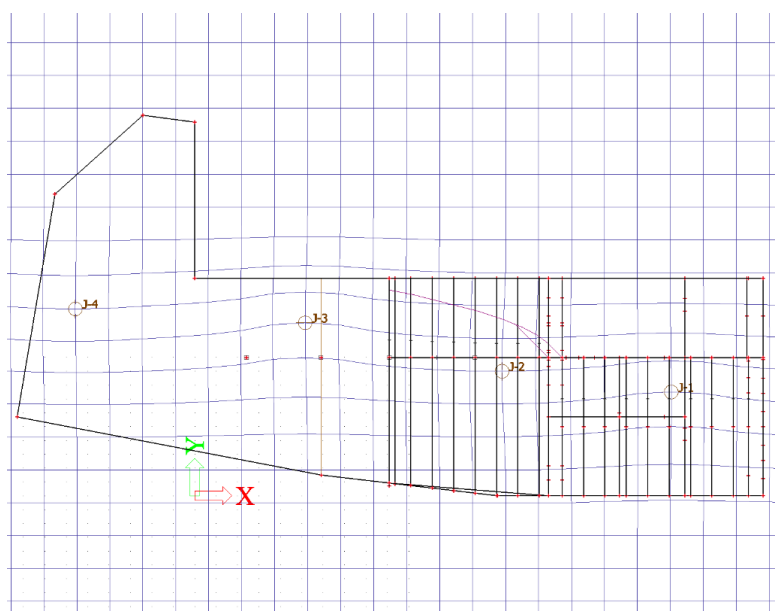
Pro návrh plošného založení byl využit 3D model, který byl vytvořen v části statické této diplomové práce a veškeré hodnoty zatížení a parametrů podloží budou převzaty z onoho modelu.

##### 4.4.1 PODLOŽÍ VE 3D MODELU

Pro návrh a optimalizaci založení objektu je nutné zohlednit interakci základů s vrchní stavbou a podložím. K těmto účelům bylo ve 3D modelu zadáno geologické podloží pomocí 4 vrtů J1-J4, které byly součástí zadání viz. obrázek 4.



10 - GEOLOGICKÝ PROFIL VE SCIA ENGINEER



11 - PODLOŽÍ POMOCÍ VRTŮ

SCIA Engineer pomocí 4 zadaných vrtů vygenerovala plochu podloží, díky které tak můžou být iteračně vypočteny potřebné parametry podloží (Ve SCIA Engineer pojmenováno jako Solin) a zatížení základové desky od vrchní stavby.

Zatížení 3D modelu bylo uvažováno shodně jako v části statické viz. kapitola 5.1.

#### 4.4.2 VNITŘNÍ SÍLY PRO NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE

Zatížení od horní stavby pro návrh základové konstrukce pro následující kombinaci bylo převzato z 3D modelu, který byl vytvořen v rámci statické části této diplomové práce.

- Kombinace pro trvalé a dočasné nevratné stavy (základní kombinace)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

⇒ Dílčí součinitel pro stálá zatížení (nepříznivá)  $\gamma_{G,j} = 1,35$

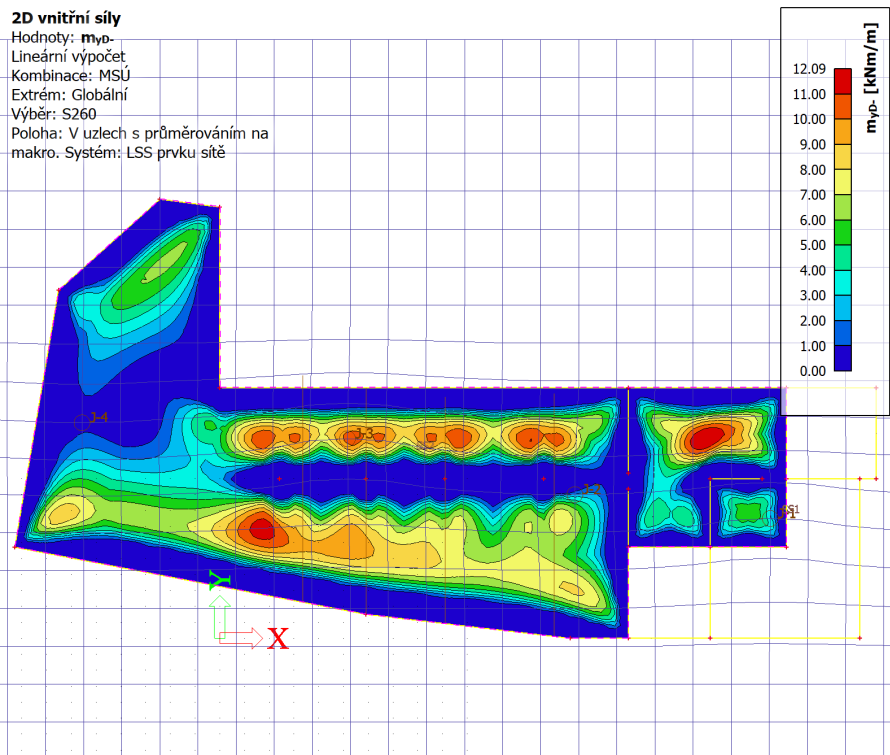
⇒ Dílčí součinitel pro proměnná zatížení  $\gamma_Q = 1,5$

- Průměrovací pás

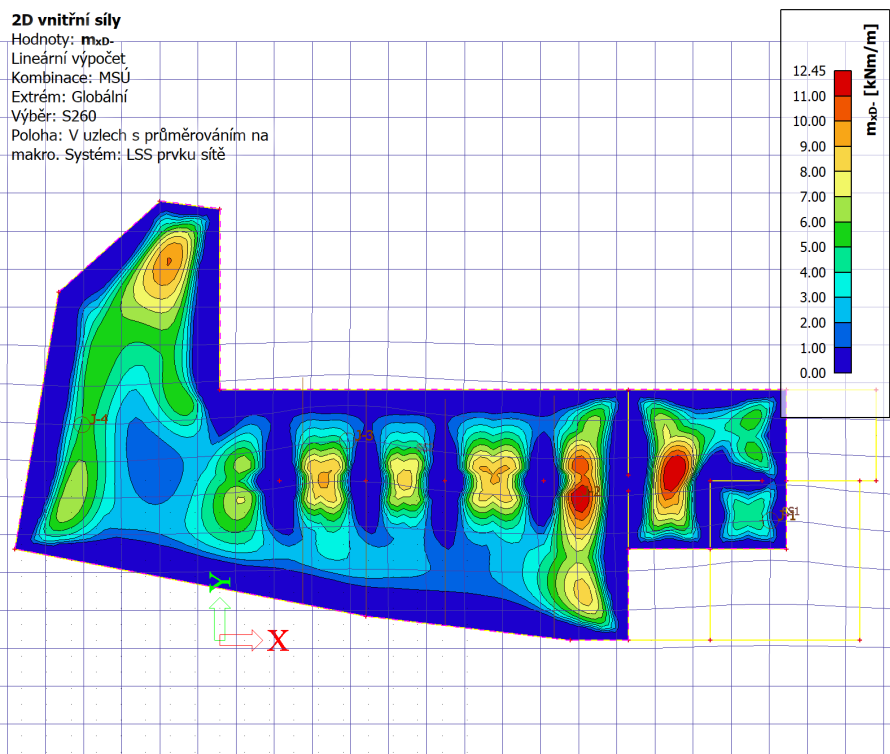
Aby nedošlo ke vzniku nadměrných hodnot ohybových momentů v místě lokálních podpor, které nejsou reálné, nad sloupy je vložen průměrovací pás o šířce odpovídající hodnotě „rozměr sloupu + 2\*3d“.

⇒ Šířka průměrovacího pasu 2700 mm

- Mezipodporové návrhové dimenzační ohybové momenty ve směru y:

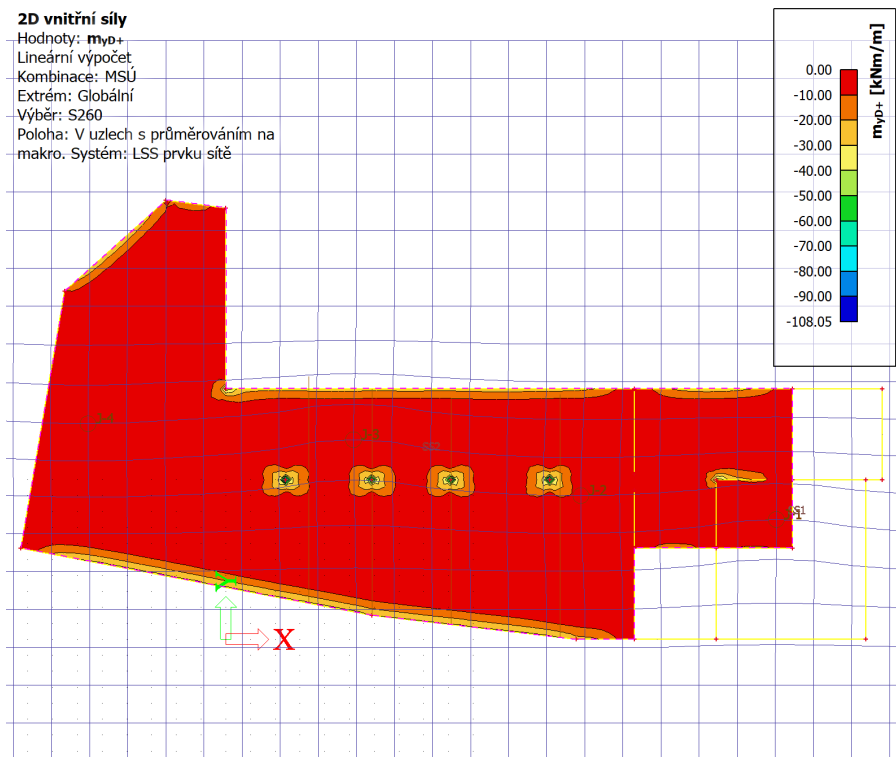


- Mezipodporové návrhové dimenzační ohybové momenty ve směru x:

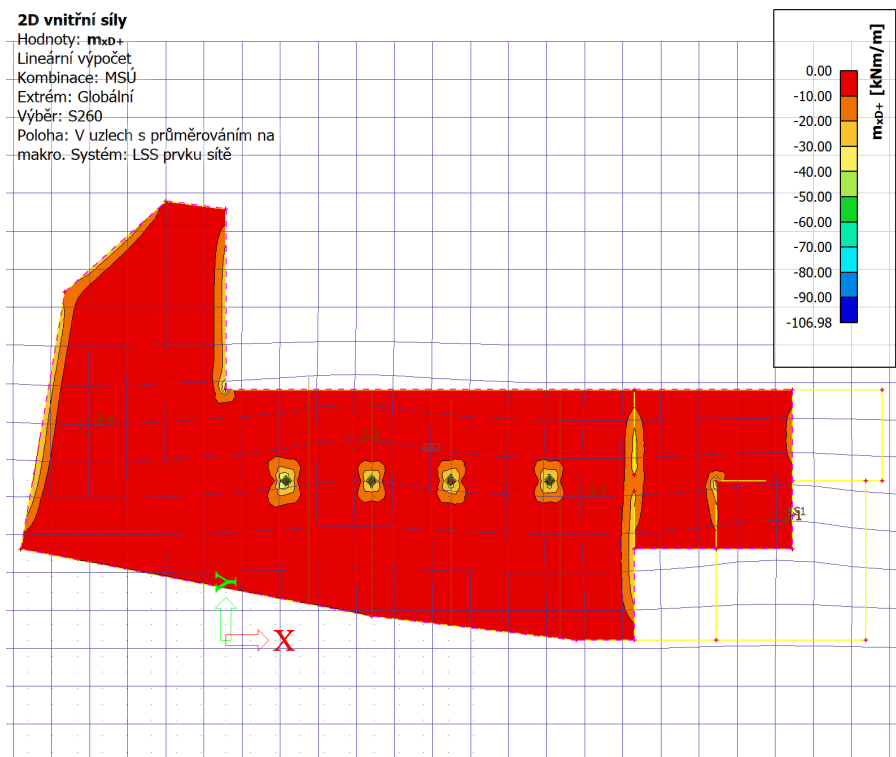




- Podporové návrhové dimenzační ohybové momenty ve směru y:



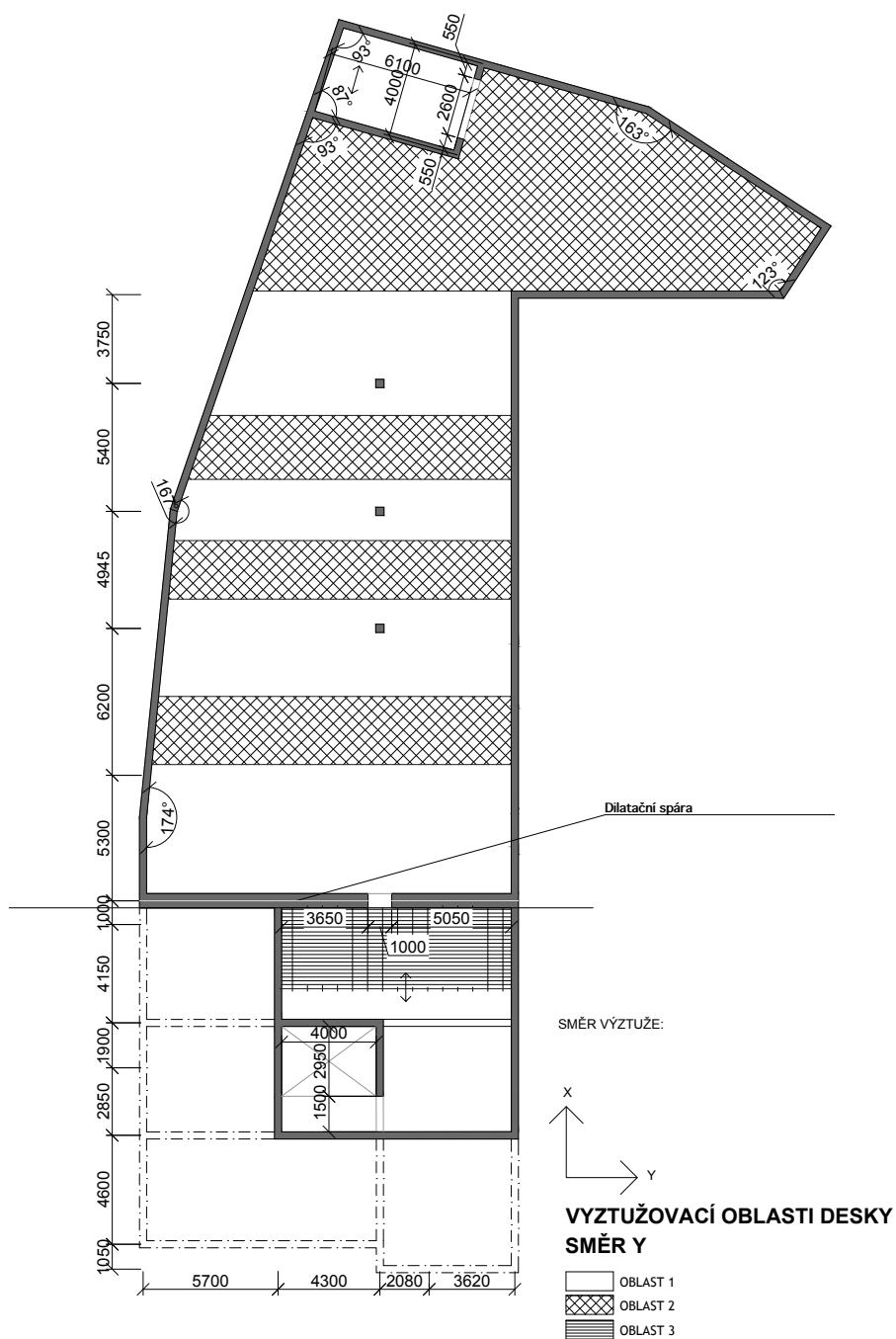
- Podporové návrhové dimenzační ohybové momenty ve směru x:



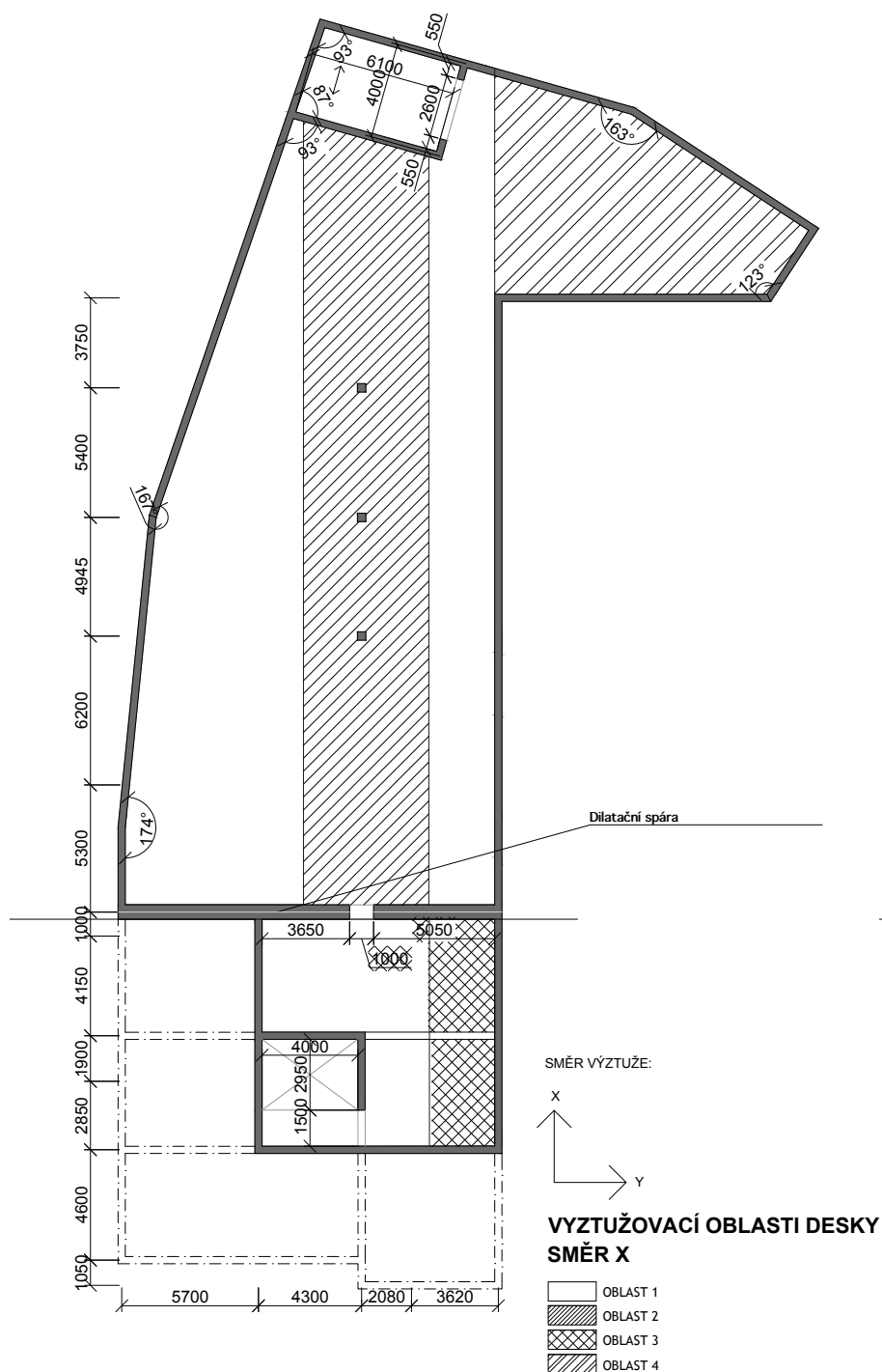
## 4.5 ROZDĚLENÍ KONSTRUKCE NA VYŠETŘOVANÉ OBLASTI

Rozměry a počet vyztužovacích oblastí byl zvolen dle namáhání patrného ze schémat v kapitole 4.4.2.

- Vyztužovací oblasti ve směru y:



- Vyuztužovací oblasti ve směru x:



#### 4.6 NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE ZÁKLADOVÉ DESKY

V této kapitole je navržena ohybová výztuž základové desky na hodnoty návrhových dimenzačních momentů, zobrazených v kapitole 4.4.2. Výztuž je dimenzována s ohledem na konstrukční zásady.

4.6.1 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

- Tloušťka desky h=400 mm
- Minimální průměr prutu  $\varnothing_{\min} = 12 \text{ mm}$
- Maximální účinná výška průřezu

$$\Rightarrow d_{\max} = d_x = h - c - 0,5\varnothing_{\min} = 400 - 30 - 0,5 * 12 = 364 \text{ mm}$$

- Minimální plocha výztuže

$$\Rightarrow A_{s,\min} = 0,0013 * b * d_x = 0,0013 * 1000 * 364 = 473,2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow A_{s,\min} = 0,26 * (f_{ctm} * b * d_x / f_{yk}) = 0,26 * (2,9 * 1000 * 364 / 500) = 548,9 \text{ mm}^2/\text{m}$$

- Maximální plocha výztuže pro desku

$$\Rightarrow A_{s,\max} = 0,04A_c = 0,04 * 400000 = 16000 \text{ mm}^2/\text{m}$$

- Maximální rozteč prutů

$$\Rightarrow s_{\max} = \min(2h, 300) = \min(800, 300) = 300 \text{ mm}$$

- Minimální počet prutů v 1 m desky

$$\Rightarrow (1000/s_{\max}) = (1000/300) = 3,33 = 4\varnothing/bm$$

$\Rightarrow$

- Kotevní délka výztuže – C30/37, dobré podmínky soudržnosti

$$\Rightarrow \alpha = 36$$

$$l_{bd} = \alpha * \varnothing = 36 * 12 = 432 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 36 \cdot 14 = 504 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 36 \cdot 16 = 576 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 36 \cdot 18 = 648 \text{ mm}$$

- Kotevní délka výztuže – C30/37, špatné podmínky soudržnosti

$$\alpha = 52$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 52 \cdot 12 = 624 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 52 \cdot 14 = 728 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 52 \cdot 16 = 832 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha \cdot \varnothing = 52 \cdot 18 = 936 \text{ mm}$$

- Návrh základního rastru výztuže:  $6\varnothing 12 A_s, \text{prov} = 679 \text{ mm}^2/\text{m}$
- Deska je rozdělena na oblasti dle namáhání. Posouzení výztuže bude provedeno pomocí softwaru MS Excel. Základní rastr výztuže bude umístěn při horním i spodním povrchu desky. Tato výztuž tedy vykryvá jak spodní, tak horní dimenzační momenty. V místech, kde bude překročen moment únosnosti s minimální navrženou plochou výztuže, bude navržena plocha výztuže dle potřeby.

beton: fctm= 2,9 MPa fck= 30 MPa fcd= 20 MPa Ecm= 33 GPa  
 ocel: c= 30 mm fyk= 500 MPa fykd= 435 MPa Es= 200 GPa  
 průřez h= 400 mm ø= 12 14 16 18 20 mm  
 b= 1000 mm dx= 363 361 360  
 Ac= 400000 mm2 dy= 352 349 346 343 340

Spodní ohybová výztuž:

oblast výztužení	m <sub>ed</sub> [kNm/m]	ø[mm]	d [mm]	μ[-]	ξ[-]	ζ[-]	A <sub>s,req</sub> [mm <sup>2</sup> ]	Počet prutů [ks/m]	A <sub>s,prov</sub> [mm <sup>2</sup> ]	x [mm]	ξ[-] < 0,45	z [mm]	m <sub>req</sub> [kNm/m]	m <sub>red</sub> -m <sub>Ed</sub>
směr y	1	12,2	12	0,005	0,006	0,998	79,9	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
	2	11,57	12	0,005	0,006	0,998	75,7	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
	3	10,64	12	0,004	0,018	0,993	70,0	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
směr x	1	11,4	12	0,004	0,005	0,998	72,2	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	2	12,66	12	0,005	0,050	0,980	81,6	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	3	7,21	12	0,003	0,004	0,998	45,6	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	4	10,03	12	0,004	0,005	0,998	63,5	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE

Horní ohybová výztuž:

oblast výztužení	m <sub>ed</sub> [kNm/m]	ø[mm]	d [mm]	μ[-]	ξ[-]	ζ[-]	A <sub>s,req</sub> [mm <sup>2</sup> ]	Počet prutů [ks/m]	A <sub>s,prov</sub> [mm <sup>2</sup> ]	x [mm]	ξ[-] < 0,45	z [mm]	m <sub>req</sub> [kNm/m]	m <sub>red</sub> -m <sub>Ed</sub>
směr y	1	99,38	12	0,040	0,051	0,980	662,6	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	NEVYHOVUJE
	2	32,48	12	0,013	0,018	0,993	213,6	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
	3	32,48	12	0,013	0,016	0,993	213,5	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
směr x	1	3,5	12	0,001	0,002	0,999	22,1	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	2	102,9	12	0,039	0,050	0,980	663,1	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	NEVYHOVUJE
	3	41,28	12	0,016	0,020	0,992	262,8	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	4	41,93	12	0,016	0,050	0,980	270,2	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE

- Je patrné, že základní rastr výztuže nevyhoví na maximální dimenzační momenty ve vyztužovací oblasti 1 ve směru x a taktéž v oblasti 1 ve směru y. Proto je potřeba navrhnout větší plochu výztuže. Návrh nové výztuže v těchto oblastech je opět počítán pomocí MS Excel.

beton:  $f_{ctm} =$  2,9 MPa  $f_{cd} =$  30 MPa  $E_{cm} =$  33 GPa  
 ocel:  $f_{yk} =$  500 MPa  $f_{yd} =$  435 MPa  $E_s =$  200 GPa  
 průřez  $c =$  30 mm  $h =$  400 mm  $\phi =$  12 mm  $14$  16 18 20 mm  
 $b =$  1000 mm  $dx =$  364 361 360  
 $A_c =$  400000 mm<sup>2</sup>  $dy =$  352 349 346 343

Spodní ohybová výztuž:

oblast vyztužení	$m_{Ed}$ [kNm/m]	$\phi$ [mm]	d [mm]	$\mu$ [-]	$\xi$ [-]	$\zeta$ [-]	$A_{s,req}$ [mm <sup>2</sup> ]	Počet prutů [ks/m]	$A_{s,prov}$ [mm <sup>2</sup> ]	x [mm]	$\xi$ [-] < 0,45	z [mm]	$m_{Rd}$ [kNm/m]	$m_{Rd} > m_{Ed}$
směr y	1	12	352	0,005	0,006	0,998	79,9	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
	2	12	352	0,005	0,006	0,998	75,7	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
	3	12	352	0,004	0,018	0,993	70,0	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
směr x	1	12	364	0,004	0,005	0,998	72,2	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	2	12	364	0,005	0,050	0,980	81,6	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	3	12	364	0,003	0,004	0,998	45,6	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	4	12	364	0,004	0,005	0,998	63,5	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE

Horní ohybová výztuž:

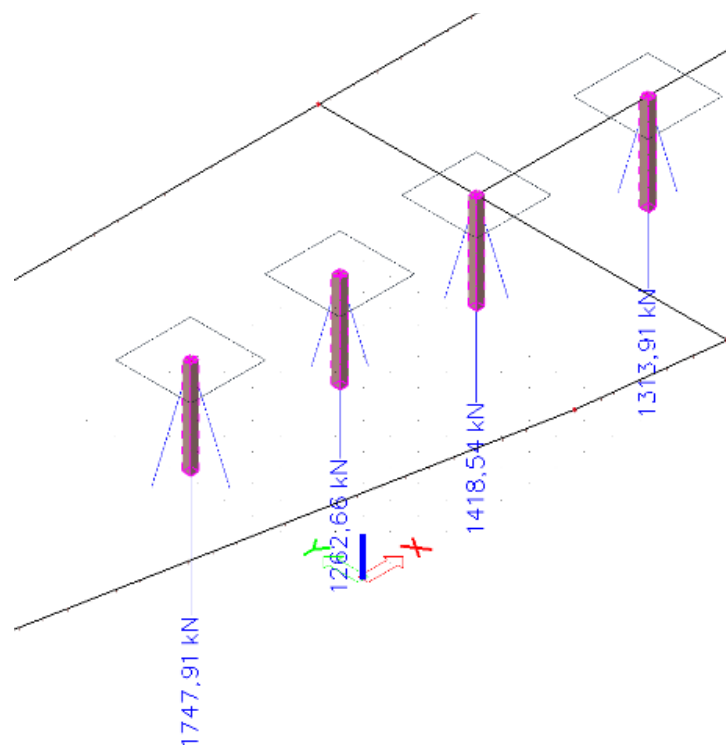
oblast vyztužení	$m_{Ed}$ [kNm/m]	$\phi$ [mm]	d [mm]	$\mu$ [-]	$\xi$ [-]	$\zeta$ [-]	$A_{s,req}$ [mm <sup>2</sup> ]	Počet prutů [ks/m]	$A_{s,prov}$ [mm <sup>2</sup> ]	x [mm]	$\xi$ [-] < 0,45	z [mm]	$m_{Rd}$ [kNm/m]	$m_{Rd} > m_{Ed}$
směr y	1	12	352	0,040	0,051	0,980	662,6	6	678,6	18,45	0,052	344,62	101,73	VYHOVUJE
	2	12	352	0,013	0,018	0,993	213,6	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
	3	12	352	0,013	0,016	0,993	213,5	5	565,5	15,37	0,044	345,85	85,07	VYHOVUJE
směr x	1	12	364	0,001	0,002	0,999	22,1	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	2	12	364	0,039	0,050	0,980	663,1	6	678,6	18,45	0,051	356,62	105,27	VYHOVUJE
	3	12	364	0,016	0,020	0,992	262,8	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE
	4	12	364	0,016	0,050	0,980	270,2	5	565,5	15,37	0,042	357,85	88,03	VYHOVUJE

- Podmínka únosnosti s nově navrženou výztuží v oblasti 1 ve směru x a y vyhoví.

## 4.7 NÁVRH VÝZTUŽE ZÁKLADOVÉ DESKY NA PROTLAČENÍ, POSOUZENÍ DESKY NA PROTLAČENÍ

- V této kapitole bude provedeno posouzení základové desky na protlačení v místě sloupu s nejvyšší hodnotou normálové síly v jeho patě. Tato síla je z pohledu návrhu sloupu označena jako normálová, z pohledu posouzení protlačení se však jedná o sílu posouvající.

### 4.7.1 POSOUVAJÍCÍ SÍLA V PATĚ SLOUPU



12 SÍLA V PATĚ SLOUPU

Reakce v patě sloupu

$V_{ED} = 1747,9 \text{ kN}$

### 4.7.2 POSOUZENÍ PROTLAČENÍ ZÁKLADOVÉ DESKY

- Účinná výška desky

$$\Rightarrow d_{\text{eff}} = 0,5 * (d_x + d_y) = 0,5 * (364 + 352) = 358 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_x = h - c - 0,5\phi = 400 - 30 - 0,5 * 12 = 364 \text{ mm}$$



$$\Rightarrow d_x = h - c - 0,5\phi = 400 - 30 - 1,5 * 12 = 352 \text{ mm}$$

- Délky kontrolovaného obvodu v lící sloupu

$$\Rightarrow u_0 = 2 * (c_1 + c_1) = 2 * (300 + 300) = 1200 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{Součinitel } \beta \text{ pro vnitřní sloup} \quad \beta = 1,15$$

- Účinek zatížení v kontrolovaných obvodech

$$\Rightarrow v_{Ed0} = \frac{\beta * V_{Ed}}{u_0 * d} = \frac{1,15 * 1747,9}{1200 * 358} = 4,68 \text{ MPa}$$

- Únosnost tlakové diagonály

$$\Rightarrow v_{Rd,max} = 0,4 * v * f_{cd} = 0,4 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{cd}$$

$$\Rightarrow v_{Rd,max} = 0,4 * 0,6 * \left(1 - \frac{20}{250}\right) * 30 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow v_{Ed0} = 4,68 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$\Rightarrow$  Podmínka únosnosti tlakové diagonály není vyhovující a proto bude základová deska lokálně zesílena v oblasti sloupů na tloušťku **450 mm**.

- Účinná výška desky

$$\Rightarrow d_{eff} = 0,5 * (d_x + d_y) = 0,5 * (364 + 352) = 408 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_x = h - c - 0,5\phi = 450 - 30 - 0,5 * 12 = 414 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_x = h - c - 0,5\phi = 450 - 30 - 1,5 * 12 = 402 \text{ mm}$$

- Účinek zatížení v kontrolovaných obvodech

$$\Rightarrow v_{Ed0} = \frac{\beta * V_{Ed}}{u_0 * d} = \frac{1,15 * 1747,9}{1200 * 408} = 4,11 \text{ MPa}$$

- Únosnost tlakové diagonály

$$\Rightarrow v_{Rd,max} = 0,4 * v * f_{cd} = 0,4 * 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{cd}$$

$$\Rightarrow v_{Rd,max} = 0,4 * 0,6 * \left(1 - \frac{20}{250}\right) * 30 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow v_{Ed0} = 4,11 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Kontrola únosnosti desky v kontrolovaných obvodech

⇒ Ověření únosnosti desky bez výztuže na protlačení se provede v kontrolovaných obvodech s proměnnou délkou v intervalu  $d/2 - 2d$ . To odpovídá sklonu smykové trhliny  $26,6^\circ$  až  $63,4^\circ$ . Celý interval je nutno prošetřit z hlediska protlačení. Délka kontrolovaného obvodu bude proto stanovena ve vzdálenosti od líce sloupu  $a_i$ . Délka kroku bude narůstat po  $0,01\text{m}$ . Tato jemnost je pro účely návrhu dostatečná.

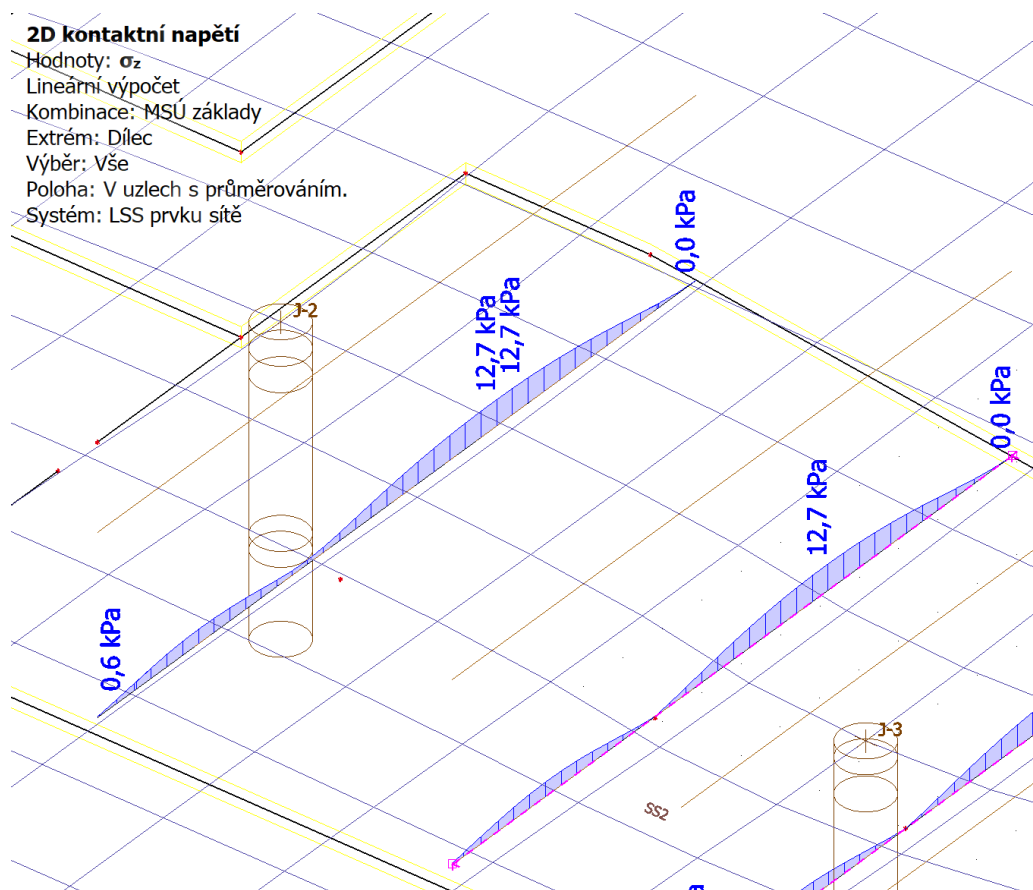
- $\frac{d}{2} - 2d = \frac{408}{2} - 2 * 408 = 204 - 816 \text{ mm}$

⇒ Délka kontrolovaného obvodu pro vnitřní sloup

- $u_1 = 2b + 2b + 2\pi a_i$

- Účinek zatížení lze v tomto kontrolovaném obvodu redukovat. Síle, která působí ve prospěch protlačení vzdoruje zemní tlak, který působí jako plošná podpora.

- $V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = V_{Ed} - \sigma_z * A$



13 - KONTAKTNÍ NAPĚTÍ POD SLOUPY

- Tlak zeminy na ploše pod sloupem bude uvažován zjednodušeně rovnoměrný hodnotou 12,7 kPa.

⇒ Únosnost základové desky bez výztuže na protlačení

$$\Rightarrow v_{Rd,c} = \frac{2d}{a_i} * C_{Rd,c} * k * (100 * \rho * f_{ck})^{\frac{1}{3}} > v_{min}$$

$$\Rightarrow C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{408}} = 1,7 \leq 2,0$$

$$\Rightarrow \rho = \sqrt{\rho_x * \rho_y} = \sqrt{\frac{A_{sx}}{b * dx} * \frac{A_{sy}}{b * dy}} = \sqrt{\frac{566+679}{1000 * 414} * \frac{566+679}{1000 * 402}} = 0,0032 \leq 0,02$$

- Aby deska byla vyhovující na protlačení bez smykové výztuže, musí být pro všechna  $a_i$  únosnost základové desky  $v_{Rd,c}$  vyšší než smykové napětí, vyvozené zatížením.

- Všechny prověřované hodnoty ai budou uvedeny v následující tabulce vytvořené v MS EXCEL.

b=	0,3 m	fck	30 Mpa
V <sub>Ed</sub>	1747 KPa	d=	0,408 m
Sigma z	13 KPa	CRd,c=	0,12
		k	1,75

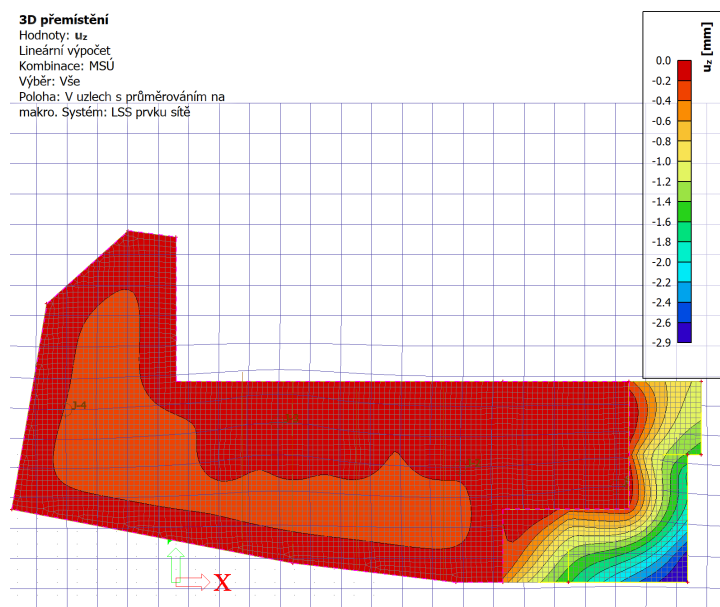
a <sub>i</sub> (m)	u <sub>i</sub> (m)	V <sub>ED,red</sub> (MPa)	V <sub>Rd,c</sub> (MPa)	V <sub>Rd,c</sub> - V <sub>ed,red</sub> (MPa)
0,204	3,681	1,15	2,20	1,05
0,214	3,744	1,13	2,10	0,97
0,224	3,807	1,11	2,00	0,89
0,234	3,870	1,09	1,92	0,82
0,244	3,932	1,08	1,84	0,76
0,254	3,995	1,06	1,77	0,71
0,264	4,058	1,04	1,70	0,66
0,274	4,121	1,03	1,64	0,61
0,284	4,184	1,01	1,58	0,57
0,294	4,246	0,99	1,53	0,53
0,304	4,309	0,98	1,48	0,50
0,314	4,372	0,97	1,43	0,47
0,324	4,435	0,95	1,39	0,44
0,334	4,498	0,94	1,34	0,41
0,344	4,560	0,92	1,31	0,38
0,354	4,623	0,91	1,27	0,36
0,364	4,686	0,90	1,23	0,34
0,374	4,749	0,89	1,20	0,31
0,384	4,812	0,87	1,17	0,30
0,394	4,874	0,86	1,14	0,28
0,404	4,937	0,85	1,11	0,26
0,414	5,000	0,84	1,08	0,24
0,424	5,063	0,83	1,06	0,23
0,434	5,126	0,82	1,03	0,22
0,444	5,188	0,81	1,01	0,20
0,454	5,251	0,80	0,99	0,19
0,464	5,314	0,79	0,97	0,18
0,474	5,377	0,78	0,95	0,17
0,484	5,440	0,77	0,93	0,16
0,494	5,502	0,76	0,91	0,15
0,504	5,565	0,75	0,89	0,14
0,514	5,628	0,74	0,87	0,13
0,524	5,691	0,73	0,86	0,12
0,534	5,754	0,73	0,84	0,12
0,544	5,816	0,72	0,83	0,11
0,554	5,879	0,71	0,81	0,10
0,564	5,942	0,70	0,80	0,09
0,574	6,005	0,69	0,78	0,09
0,584	6,068	0,69	0,77	0,08
0,594	6,130	0,68	0,76	0,08
0,604	6,193	0,67	0,74	0,07
0,614	6,256	0,66	0,73	0,07

0,624	6,319	0,66	0,72	0,06
0,634	6,382	0,65	0,71	0,06
0,644	6,444	0,64	0,70	0,05
0,654	6,507	0,64	0,69	0,05
0,664	6,570	0,63	0,68	0,04
0,674	6,633	0,63	0,67	0,04
0,684	6,696	0,62	0,66	0,04
0,694	6,758	0,61	0,65	0,03
0,704	6,821	0,61	0,64	0,03
0,714	6,884	0,60	0,63	0,03
0,724	6,947	0,60	0,62	0,02
0,734	7,010	0,59	0,61	0,02
0,744	7,072	0,58	0,60	0,02
0,754	7,135	0,58	0,60	0,02
0,764	7,198	0,57	0,59	0,01
0,774	7,261	0,57	0,58	0,01
0,784	7,324	0,56	0,57	0,01
0,794	7,386	0,56	0,57	0,01
0,804	7,449	0,56	0,56	0,00
0,814	7,512	0,55	0,55	0,00

- Jelikož jsou všechny hodnoty rozdílu  $V_{Rd,c} - V_{ed,red}$  kladné, z tabulky plyne, že únosnost desky na bez výztuže na protlačení sloupem je dostatečná a není potřeba tak tuto výztuž navrhovat.

4.7.3 POSOUZENÍ MSP

- Posouzení mezního stavu použitelnosti na deformace je provedeno z hlediska sednutí základu. Posuzuje se celkové průměrné sednutí a poměrné sednutí. Deformace základové desky je vykreslena na obrázku:



14 - DEFORMACE ZÁKLADOVÉ DESKY

- Limitní sednutí pro železobetonový skelet  $s_{lim} = 60 \text{ mm}$
  - Z obrázku lze vyčíst, že deformace základové desky suterénu jsou vzhledem k jejímu zatížení velmi malé a předpokládá se, že limitní hodnoty sednutí pro železobetonový skelet budou splněny. Základová deska nepodsklepené části objektu vykazuje větší deformace, z toho důvodu, že na ni působí vyšší zatížení. Z důvodu rozdílných svislých deformací je v objektu navržena dilatační spára, která tak zamezí vzniku poruch konstrukce od nerovnoměrného sedání.
  - Limitní poměrné sednutí pro železobetonový skelet  $\Delta s_{lim}/L = 0,0015$
  - Poměrné sednutí bude posouzeno pro základovou desku nepodsklepené části objektu, jelikož vykazuje větší deformace.
- ⇒ Rozpětí v kratším směru  $L = 15,7 \text{ m}$

$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{2,9-1,2}{15700/2} = 0,0004 < \frac{\Delta s_{lim}}{L} = 0,0015$$

VYHOVUJE

#### 4.8 POSOUZENÍ ZÁKLADOVÉ DESKY NA VZTLAK

Vzhledem k založení pod hladinou podzemní vody je nutno spodní stavbu ochránit před účinky vztlaku a to minimálně do hloubky 1m, spíše však na celou hloubku založení vzhledem k možnosti kolísání hladiny HPV.

V programu SCIA ENGINEER bylo zadáno zatížení vodou při nejnepříznivější možné situaci, to znamená, že bylo toto zatížení uvažováno ve směru kladné osy Z.

- Zatížení podzemní vodou na konstrukci

⇒ Objemová tíha vody  $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$

⇒ Výška vodního sloupce při kolísání hladiny  $h = 3,75 \text{ m}$

⇒ Plošné zatížení zadané ve SCIA ENGINEER  $q_k = 37,5 \text{ kN/m}^2$

⇒ Uvažovaná kombinace zatížení od horní stavby v nejméně přetíženém místě konstrukce

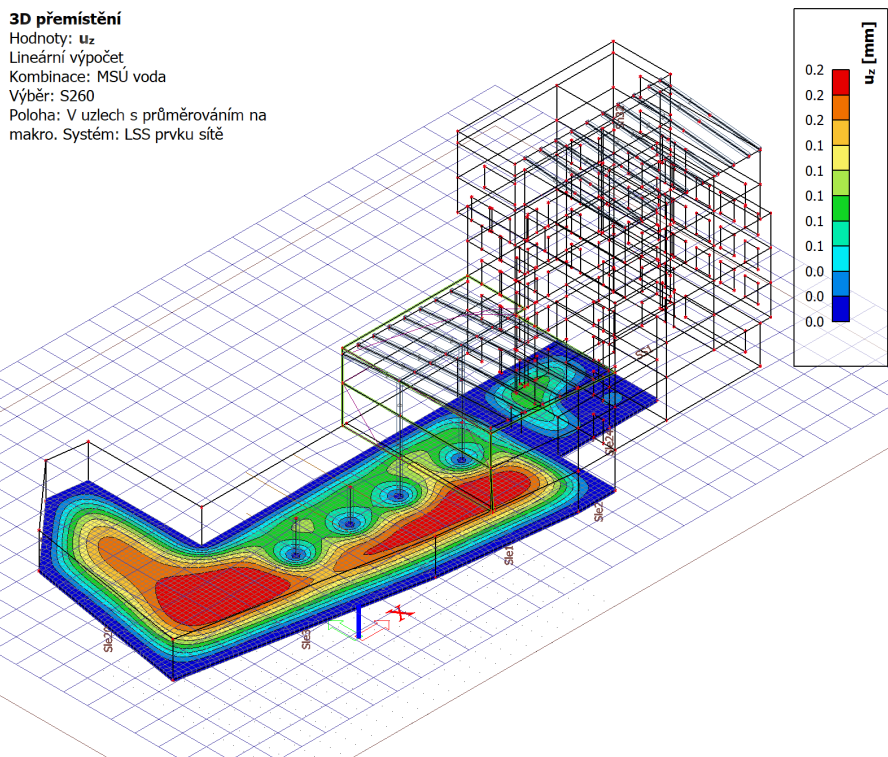
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kde jako stálé zatížení je uvažována pouze vlastní tíha konstrukce a jako zatížení proměnné jsou uvažovány vztlakové síly podzemní vody.

⇒ Součinitel spolehlivosti pro vlastní tíhu konstrukce  $\gamma_{G,j} = 0,9$

⇒ Součinitel spolehlivosti pro vztlakové síly  $\gamma_{Q,1} = 1$

## 4.9 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY



15 DEFORMACE DESKY VLIVEM VZTLAKU

Z obrázku je patrné, že deformace od vztlakových sil jsou při této kombinaci zatížení minimální. Jedná se o nejnepříznivější stav, kdy je uvažováno, že vlastní tíha působí se součinitelem spolehlivosti 0,9. Vzhledem k tomu, že voda bude po čas realizace podzemního podlaží odčerpávána ze stavební jímky do té doby, než bude konstrukce přitížena vrchní stavbou, není potřeba navrhovat kotvení základových konstrukcí pomocí mikropilot.

## 5 ZÁVĚR

V rámci části geotechnické této diplomové práce bylo provedeno vyhodnocení základových poměrů v zamýšlené lokalitě. V další řadě byl vytvořen koncept zajištění stavební jámy a zajištění základů přilehlých objektů s ohledem na geologické a hydrogeologické poměry. Do 3D modelu objektu, který byl zpracován v části statické, bylo vymodelováno podlaží, zadané pomocí geologických vrtů. Z 3D modelu byly pak převzaty výsledky, potřebné pro návrh a optimalizaci plošného založení. Na závěr byl proveden návrh rozměrů a vyztužení základové desky.