



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.

Bc. Kamila Jasanská

Praha 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jasanská Jméno: Kamila Osobní číslo: 438009
Zadávací katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy
Název diplomové práce anglicky: Design of a load-bearing structure of a multi-storey office building
Pokyny pro vypracování:
Návrh konstrukčního řešení.
Předběžný návrh rozměrů nosných prvků.
Konceptní řešení založení a prostorového ztužení budovy.
Výpočet zatížení a vnitřních sil pro vybrané konstrukční prvky.
Návrh výztuže pro vybrané konstrukční prvky.
Výkresy tvaru a vyztužení.

Seznam doporučené literatury:
Normy: ČSN EN 1990, ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1992-1-1
Procházka, J., a kol. Navrhování železobetonových konstrukcí. Příklady a postupy.
Procházka, J., Šmejkal, J. Betonové stropní a schodišťové konstrukce.
Procházka, J., Šmejkal, J. Betonové základové a opěrné konstrukce.
Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.
Datum zadání diplomové práce: 19. 9. 2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

30.9.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Kamila Frančíková

Název diplomové práce: Návrh masivní konstrukce v1. podlaží administrat. budovy

Základní část: betonové konstrukce podíl: 90 %

Formulace úkolů:

*upřesnění průběžného návrhu, prostorové členění budovy
výpočet a výkres výřezů 1. nadzemní podlaží
stěny a výkres výřezu "b" vany
návrh a výkres příčky neobřezaného schodiště*

Podpis vedoucího DP: Datum: 19.9.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: GEOTECHNICKÉ KONSTRUKCE podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): DANIEL ŠIBÁSKO K135

Formulace úkolů: *- VYHODNOCENÍ INŽ. - GEOLOGICKÝCH PŮDELNÍKŮ
LOKALITY, NÁVRH A POSOUZENÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ
Z HLEDISKA MČÚ AHSR*

Podpis konzultanta: Datum: 26.9.2019

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci s názvem *Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy* zpracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Procházky, CSc. a s využitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 5.1.2020

Bc. Kamila Jasanská

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat prof. Ing. Jaroslavu Procházkovi, CSc. za trpělivé vedení této práce a přívětivý přístup při konzultacích. Ráda bych poděkovala i Ing. Miloslavu Smutkovi, Ph.D. za poskytnutí podkladů pro zpracování mé diplomové práce a za zapůjčení programů firmy Recoc, spol. s.r.o. Ing. Radku Štefanovi, Ph.D. děkuji za konzultace z oblasti statiky pozemních staveb a Ing. Danielu Jiráskovi, Ph.D. za konzultace z oblasti geotechniky. Poděkování všem patří za cenné rady z praxe, vstřícný postoj a trpělivost.

Abstrakt

Cílem diplomové práce je vypracování návrhu nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy podle architektonicko-stavebních podkladů. V diplomové práci je řešeno ověření ztužení objektu, podrobný návrh nosné konstrukce vybraných částí a založení stavby dle platných norem ČSN EN. Práce je hlavně zaměřena na statický návrh schodiště, stropní desky prvního nadzemního podlaží a vodonepropustných konstrukcí – tzv. bílé vany. K výpočtu a posouzení nosné konstrukce byl vytvořen výpočetní 3D model v programu Renex 3D.

Klíčová slova

betonové konstrukce
navrhování
vyztužování
stropní deska
schodiště
vodonepropustné konstrukce – bílá vana

Abstract

The target of diploma thesis is based on design of load-bearing structure of the multi-storey office building. The thesis includes verification of bracing object, design of bearing constructions in specified parts of building and the solution of building foundations according to Czech standards, ČSN EN. The main theme of thesis is static design of staircase, ceiling slab in the first floor and water-tight construction. The 3D model of construction for analysis and assessment is done in structural analysis program Renex 3D.

Keywords

concrete structure
design
reinforcement
ceiling slab
staircase
water-tight construction

Obsah

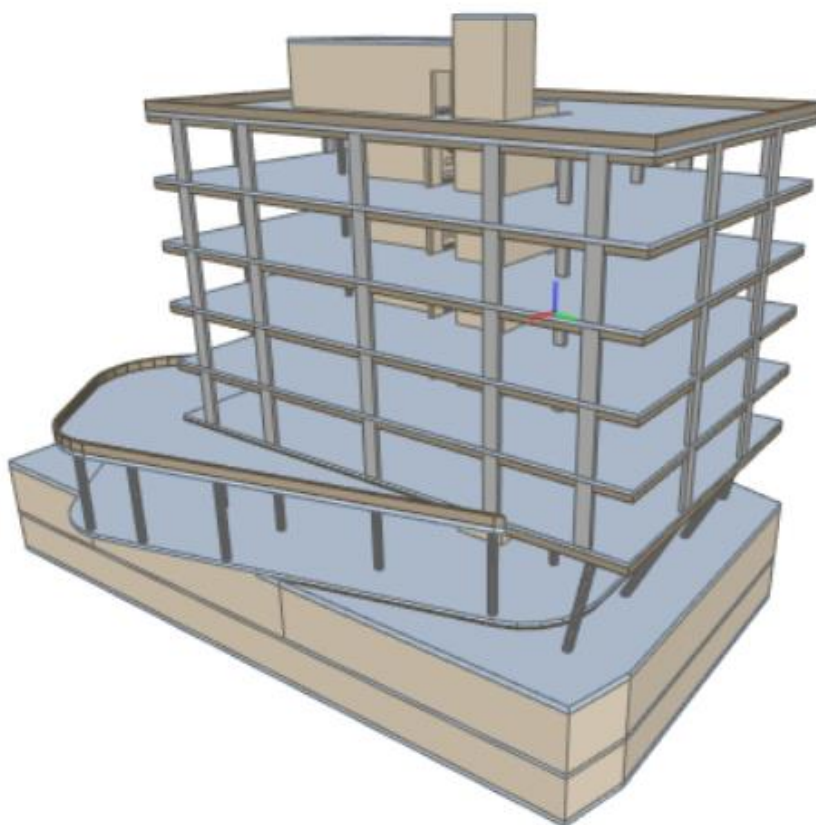
1	Úvod	9
2	Technická zpráva	10
2.1	Obecný popis stavby	10
2.2	Založení objektu	10
2.3	Svislé nosné konstrukce – vrchní stavba	11
2.4	Svislé nosné konstrukce – suterény	11
2.5	Stropní deska nad typickým podlažím	11
2.6	Stropní deska nad 1.nadzemním podlažím	12
2.7	Stropní desky v suterénech	12
2.8	Schodiště	12
2.9	Zajištění ztužení objektu na účinky větru	12
2.10	Postup výstavby a betonáže	14
3	Zatížení	15
3.1	Skladby konstrukcí	15
3.2	Užitné zatížení	16
3.3	Zatížení sněhem	17
3.4	Zatížení větrem	17
3.5	Zemní tlak	19
3.6	Další zatížení	19
3.7	Kombinace zatížení	19
4	Statické posouzení	21
4.1	Použité materiály	21
4.2	Krycí vrstva	21
4.2.1	Vrchní stavba a vnitřní konstrukce suterénů	21
4.2.2	Konstrukce ve styku se zeminou	22
4.3	Návrh výztuže desek schodišťových prostor a schodišť	23
4.3.1	Schodišťový prostor a schodiště – 2.PP	24
4.3.2	Schodišťový prostor a schodiště – 1.PP	26
4.3.3	Schodišťový prostor a schodiště – 1.NP	28
4.3.4	Schodišťový prostor a schodiště – typické podlaží	30
4.4	Podrobný návrh prefabrikovaného schodiště	32
4.4.1	Návrh transportních kotev	32
4.4.2	Návrh konzoly	35
4.4.3	Návrh ozubu	39
4.5	Posouzení stropní desky a trámů nad 1. nadzemním podlažím	43
4.5.1	Ověření konstrukčních zásad	44
4.5.2	Ověření působících momentů v desce ručním výpočtem	47
4.6	Návrh sloupu	52
4.7	Návrh pilot	53
4.8	Návrh vodonepropustných konstrukcí – tzv. bílé vany	55
4.8.1	Ověření konstrukčních zásad	57
5	Závěr	59
6	Seznam podkladů	60
6.1	Architektonicko-stavební řešení	60

6.2	Inženýrsko-geologický průzkum	60
7	Seznam použitých zdrojů	61
7.1	Literatura	61
7.2	Předpisy ČBS	61
7.3	Řada norem ČSN EN	61
7.4	Elektronické zdroje	62
7.5	Použité programy	62
8	Seznam obrázků	63
9	Seznam tabulek	64
10	Seznam příloh	65
10.1	Přílohy statického výpočtu	65
10.2	Seznam výkresové dokumentace	65

1 Úvod

Diplomová práce je zaměřena na posouzení nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy. Budova je umístěna v Praze v Holešovicích. Podkladem pro vypracování diplomové práce byly architektonicko-stavební podklady, ze kterých byly převzaty základní rozměry prvků. K dispozici byly půdorysy všech podlaží a řezy objektem v elektronické formě. Jako další podklad sloužil inženýrsko-geologický průzkum, včetně popisu vrtů.

Koncepce konstrukčního systému byla převzata z architektonicko-stavebních podkladů. Nosná konstrukce objektu je převážně sloupový železobetonový monolitický systém doplněný o stěnové jádro. Vertikální komunikace je řešena pomocí železobetonového prefabrikovaného schodiště a dvou výtahů.



Obr. 1: 3D model objektu

Administrativní budova má 7 nadzemních a 2 podzemní podlaží. V nadzemních podlažích se nacházejí kancelářské prostory. V podzemních podlažích jsou parkovací stání a technologické zázemí objektu.

Diplomová práce je hlavně zaměřena na návrh prefabrikovaného schodiště, desky nad 1. nadzemním podlažím a návrh vodonepropustných konstrukcí – tzv. bílé vany.

2 Technická zpráva

2.1 Obecný popis stavby

Jedná se o jeden objekt z komplexu 5 nadzemních částí s jedním společným suterénem. Objekty jsou od sebe odděleny dilatačními spárami. Objekt je situován v Praze v Holešovicích.

Předmětem diplomové práce je objekt, který slouží jako administrativní budova. Objekt má celkem 7. nadzemních podlaží a 2. podzemní podlaží. Základní půdorysný rozměr je 32,14 x 21,34 m. V úrovni 1. nadzemního podlaží vystupuje z objektu část budovy, která bude sloužit jako terasa. Suterén objektu má základní rozměr 49,03 x 28,5 m. Konstrukční výška nadzemních podlaží je 3,8 m, konstrukční výška 1.NP je 6 m, 1.PP 4,5 m a 2.PP 3 m.

V nadzemních podlažích budou kancelářské prostory. V suterénech parkovací stání a technologické zázemí objektu, některé technologie budou umístěny také na střeše objektu. Vjezd do garáží je ze sousedního objektu, který není součástí diplomové práce.

Spodní stavba je navržena jako vodonepropustná konstrukce – tzv. bílá vana. Veškeré pracovní a dilatační spáry a prostupy musí být opatřeny těsnícími prvky.

Komplex budov nebude mít žádný vliv na sousední objekty.

2.2 Založení objektu

Objekt je založen na území Prahy – Holešovice. Podloží je tvořeno terasovými štěrkopískovými sedimenty (S3 S-F, G3 G-F). Základová spára je 5,22m pod úrovní terénu, kde se podle provedeného geologického průzkumu nacházejí fluviální sedimenty zastoupené především ulehlými písčity štěrky s příměsí jemnozrné frakce (G3 G-F). V hloubce 12,7 m pod úrovní terénu se nacházejí zvětralé jílovité břidlice dobrotivského souvrství (R6 a R5).

V hloubce 4,9 m pod úrovní terénu byla zastižena hladina podzemní vody. Vzhledem k nemožnosti snížení hladiny podzemní vody, je nutné před zahájením hloubení stavební jámy budoucí stěny výkopu zapažit a pažící stěny vetknout do jílovitých břidlic tak, aby nedocházelo k bočním průsakům. S podzemní vodou je potřeba počítat i při vrtání pilot, je nutné použít ochranné pažení. Podzemní voda bude vytvářet slabě agresivní prostředí vůči betonovým konstrukcím XA1.

Objekt je založen na pilotách, které budou vetknuty do břidlic třídy nejméně R5, případně R4. Suterénní konstrukce – základová deska tl. 350mm a obvodové stěny tl. 350 mm

z betonu C30/37-XC2,XA1-CI 0,4-Dmax 22-S4 - jsou navrženy jako vodonepropustné konstrukce – bílá vana. Všechny pracovní, dilatační spáry a prostupy musejí být utěsněné proti průniku vody.

2.3 Svislé nosné konstrukce – vrchní stavba

Svislé nosné konstrukce jsou převážně tvořeny železobetonovými monolitickými sloupy. Obvodové sloupy jsou obdélníkové a mají rozměry 250 x 900 mm a 300, vnitřní sloupy jsou obdélníkové 300x600mm a kruhové $\varnothing 400$ mm. Všechny sloupy jsou z betonu C30/37-XC1-CI0,4-Dmax16-S4. Železobetonové jádro je tvořeno monolitickými železobetonovými stěnami tloušťky 220 a 200 mm z betonu C30/37-XC1-CI 0,4-Dmax 22-S4. V 1.NP obdélníkové sloupy přecházejí do sloupů kruhových $\varnothing 500$ mm.

2.4 Svislé nosné konstrukce – suterény

Svislé nosné konstrukce jsou převážně tvořeny železobetonovými monolitickými kruhovými sloupy $\varnothing 500$ mm a obdélníkovými sloupy 500 x 500 mm z betonu C30/37-XC1-CI0,4-Dmax16-S4. Železobetonové jádro je tvořeno monolitickými železobetonovými stěnami tloušťky 250, 220 a 200 mm z betonu C30/37-XC1-CI 0,4-Dmax 22-S4. Obvodové stěny jsou tloušťky 350 mm a jsou navrženy jako vodonepropustné konstrukce z betonu C30/37-XC2,XA1-CI 0,4-Dmax 22-S4.

2.5 Stropní deska nad typickým podlažím

Stropní deska nad typickým podlažím je navržena jako obousměrně pnutá železobetonová monolitická deska tloušťky 250 mm z betonu C30/37-XC1-CI 0,4-Dmax 22-S4 s obvodovým trámem 250 x 600 mm.

Deska byla řešena v rámci předchozího projektu. Byla posouzena ve výpočetním programu Renex 3D na patrovém výseku metodou konečných prvků. Navržená vyztuž je $\varnothing 10/200$ mm v obou směrech při obou povrchích a potřebnými příložkami. Obvodový trám je vyztužen u dolní hrany $3 \times \varnothing 16$ mm, u horní hrany $4 \times \varnothing 20$ mm a svislými dvoustřížnými třmínky $\varnothing 10/200$ mm. Nad vnitřními sloupy jsou třmínkové koše kvůli protlačení desky sloupem.

2.6 Stropní deska nad 1.nadzemním podlažím

Stropní deska nad 1.NP je navržena jako obousměrně pnutá železobetonová monolitická deska. První část desky, která navazuje na typická podlaží je tloušťky 250 mm s obvodovým trámem 500 x 700 mm. Druhá část desky, která vystupuje mimo půdorys typického podlaží je tloušťky 350 mm s atikou 200 x 650 mm. Desky jsou vzájemně uskočené o 400 mm z důvodu vyrovnání rozdílných skladeb podlah. Celá deska i trámy jsou z betonu C30/37-XC1-Cl 0,4-Dmax 22-S4.

2.7 Stropní desky v suterénech

Stropní desky v suterénech jsou navrženy jako obousměrně pnuté železobetonové monolitické desky tloušťky 280 mm z betonu C30/37-XC1-Cl 0,4-Dmax 22-S4. V 1. podzemním podlaží v místech, kde je možný přejezd hasičského vozidla je deska tloušťky 450 mm a je uskočená o 400 mm dolu z důvodu rozdílných skladeb podlah.

2.8 Schodiště

Schodiště jsou navržena jako železobetonová prefabrikovaná jednou zalomená desková ramena. V 1.NP a v typických podlažích jsou schodiště tříramenná, v suterénech jako dvouramenná. Všechna schodišťová ramena jsou z betonu C30/37-XC1-Cl 0,4-Dmax 22-S4.

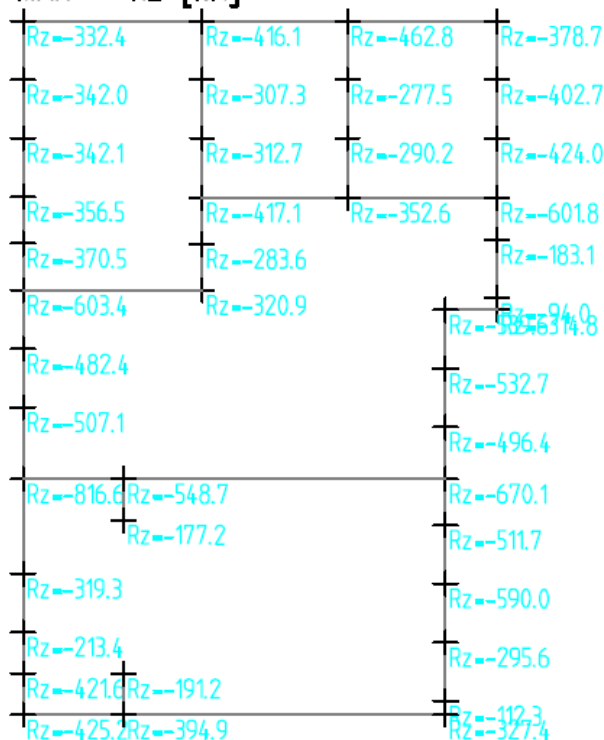
2.9 Zajištění ztužení objektu na účinky větru

Objekt je tvořen převážně sloupy a ztužující funkcí přebírá hlavně stěnové jádro. Podrobný výpočet ztužení objektu na účinky větru byl proveden v předchozím projektu na celkovém 3D výpočetním modelu v programu Renex 3D. V kombinaci zatížení působí pouze vlastní tíha konstrukce a vítr ve směru x nebo y.

Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy
 ČVUT V PRAZE 2020

Kombinace : "VITR X" – MAX – Rz [kN]

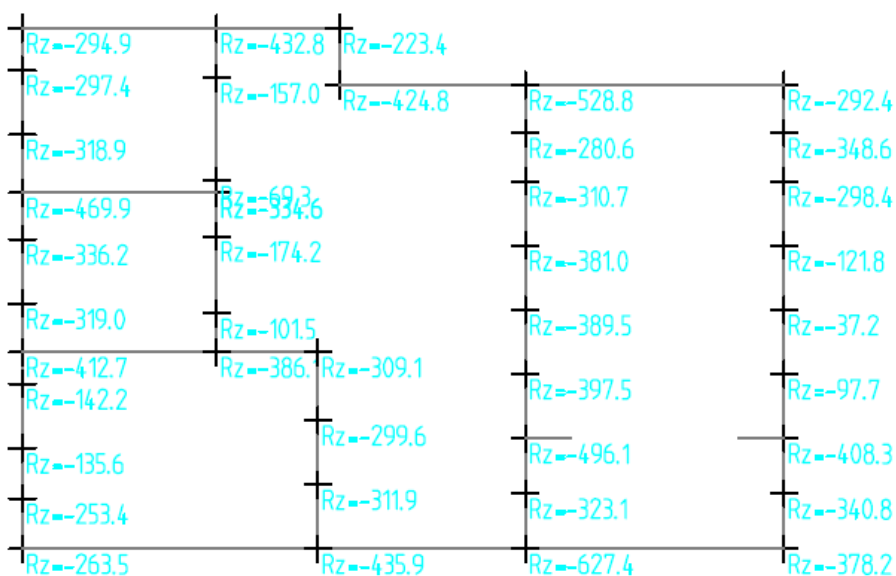
Rz: Min=-816.6, Max=-94.0



Obr. 2: Reakce Rz při působení větru v podélném směru

Kombinace : "VITR Y" – MAX – Rz [kN]

Rz: Min=-627.4, Max=-37.2



Obr. 3: Reakce Rz při působení větru v příčném směru

Z reakcí je vidět, že jsou všechny záporné – ve všech místech působí tlak. Ztužení konstrukce v příčném i podélném směru je dostačující.

2.10 Postup výstavby a betonáže

Nejprve bude potřeba vyznačit obrys stavební jámy geodetem. Před započítím výkopových prací se musejí stěny stavební jámy zapažit, aby nedocházelo k průnikům podzemní vody. Zemina bude odtěžena cca 0,5 m nad úroveň základové spáry. Na dně stavební jámy se po obvodě zhotoví odčerpávání povrchové vody. Vytěžená zemina, kromě navážek, bude uskladněna a použita na zpětné zásypy a úpravu okolního terénu.

Piloty se budou vrtat. Při vrtání musí být použita ochranná postupně spojovaná ocelová dvouplášťová výpažnice. Po dosažení požadované hloubky piloty se osadí armokoš a piloty se za současného vytahování výpažnic zabetonují. Piloty budou vybetonovány nad požadovanou horní hranu piloty, aby se znehodnocený vytlačený beton mohl později odbourat.

Po odkrytí základové spáry, kterou převezme geolog, se odbourají hlavy pilot na požadovanou úroveň (spodní hrana podkladního betonu) a nejpozději do 24 hodin po odkrytí základové spáry musí být spára zalita podkladním betonem tl. 100 mm.

Vázání výztuže a betonáž všech konstrukcí musí být prováděna podle příslušných výkresů tvaru a výztuže. Jelikož základové konstrukce tvoří bílou vanu, musí být při betonáži základové desky a suterénních obvodových stěn kladen zvláštní důraz na provádění těchto konstrukcí, dodržení předepsaných pracovních spár (maximální délka betonovaného úseku stěny je 20 m, desky 30 m) a do veškerých pracovních a dilatačních spár a prostupů musejí být osazeny těsnící prvky přesně podle výkresů.

Osazování prefabrikovaných schodišť bude provedeno podle příslušných detailů (viz výkresy tvaru) přes prvky proti zamezení kročejového hluku.

Při provádění všech prací se musí dbát na veškeré předpisy pro bezpečnost práce a ochranu zdraví.

3 Zatížení

3.1 Skladby konstrukcí

Tab. 1: Skladby konstrukcí

Zatěžovací stav: P.1.1 - dutinová podlaha - kanceláře, zasedací místnosti, chodby v 2.-11.NP						
Materiál název	Materiál popis	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
KOBEREC ZÁTĚŽOVÝ	Koberec zátěžový	5	1200	0,060	1,35	0,081
MFC LEVEL 300	Samonivelační vyrovnávací potěr	3	2030	0,061	1,35	0,082
DUTINOVÁ PODLAHA	systémové panely	142	-	0,850	1,35	1,148
CELKEM		150		1,0	1,350	1,311

Zatěžovací stav: P.1.2 - podlaha WC						
Materiál název	Materiál popis	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
KERAMICKÁ DLAŽBA	Keramická dlažba	8	2200	0,176	1,35	0,238
LEPIDLO	Lepidlo	7	2200	0,154	1,35	0,208
BET. MAZANINA +	Betonová mazanina se sítí	75	2300	1,725	1,35	2,329
STYRODUR	Tepelná izolace	60	40	0,024	1,35	0,032
CELKEM		150		2,1	1,350	2,807

Zatěžovací stav: P.1.3 - výtahové lobby						
Materiál název	Materiál popis	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
MFC LEVEL 300	Samonivelační vyrovnávací potěr	5	2030	0,102	1,35	0,137
BET. MAZANINA +	Betonová mazanina se sítí	85	2300	1,955	1,35	2,639
STYRODUR	Tepelná izolace	60	40	0,024	1,35	0,032
CELKEM		150		2,1	1,350	2,809

Zatěžovací stav: S.1.1 – Technologická střecha						
Materiál název	Materiál popis	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
KAČÍREK	Zásyp	200	1800	3,600	1,35	4,860
FATRAFOL 818	Fóliová hydroizolace	3	950	0,029	1,35	0,038
STYRODUR	Tepelná izolace	180	40	0,072	1,35	0,097
ISOVER EPS 150S	Stabilizované desky z pěnového polystyrenu	150	30	0,045	1,35	0,061
GLASTEK 40 SM	Parozábrana bitumenová	5	1250	0,063	1,35	0,084
CELKEM		538		3,8	1,350	5,141

Zatěžovací stav: S.1.2 - Extenzivní zeleň						
Materiál název	Materiál popis	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
ZEMINA 3	Zemina s organickou příměsí nasycená	140	1800	2,520	1,35	3,402
FATRAFOL FATRADREN	Drenážní vrstva - nopová fólie	20	350	0,070	1,35	0,095
FATRAFOL 818	Fóliová hydroizolace	3	950	0,029	1,35	0,038
STYRODUR	Tepelná izolace	180	40	0,072	1,35	0,097
ISOVER EPS 150S	Stabilizované desky z pěnového polystyrenu	150	30	0,045	1,35	0,061
GLASTEK 40 SM	Parozábrana bitumenová	5	1250	0,063	1,35	0,084
CELKEM		498		2,8	1,350	3,777

Zatěžovací stav: S.1.3 - Pobytová terasa						
Materiál název	Materiál popis	Tloušťka vrstvy [mm]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
TERASOVÁ PRKNA BANGKIRAI	Terasová prkna	25	1100	0,275	1,35	0,371
TERASOVÝ ROŠT DO 220mm	Nosný rošt a rektifikační terče	220	80	0,176	1,35	0,238
FATRAFOL 818	Fóliová hydroizolace	3	950	0,029	1,35	0,038
STYRODUR	Tepelná izolace	180	40	0,072	1,35	0,097
ISOVER EPS 150S	Stabilizované desky z pěnového polystyrenu	150	30	0,045	1,35	0,061
GLASTEK 40 SM	Parozábrana bitumenová	5	1250	0,063	1,35	0,084
CELKEM		583		0,7	1,350	0,890

3.2 Užité zatížení

Tab. 2: Užité zatížení

Popis	Char. zatížení [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ_F [-]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Kancelářské plochy (včetně příček)	3,5	1,5	5,25
Hygienické zázemí (včetně příček)	5,0	1,5	7,50
Výtahové loby, technologické zázemí, serverovna	5,0	1,5	7,50
Schodiště	3,0	1,5	4,50

3.3 Zatížení sněhem

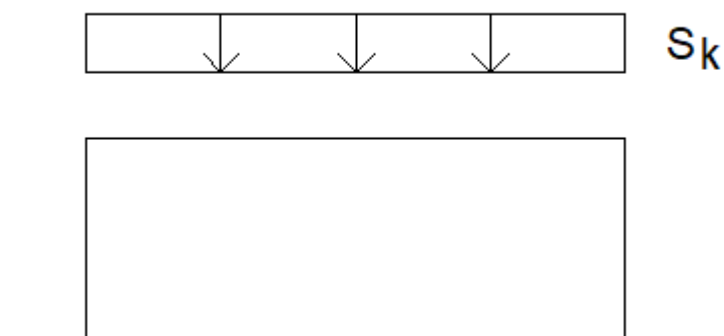
Objekt se nachází v Praze → sněhová oblast I. → $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Součinitel expozice: $C_e = 1,0$

Součinitel expozice: $C_t = 1,0$

Sklon střechy: $\alpha = 0^\circ < 30^\circ \rightarrow \mu = 0,8$

Zatížení sněhem na střechu: $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$



Obr. 4: Uspořádání zatížení sněhem na střeše

3.4 Zatížení větrem

Praha → Větrná oblast: I. → $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$

Kategorie terénu II.

Referenční výška budovy $z = 30,5 \text{ m}$

Součinitel směru větru $C_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $C_{season} = 1,0$

Základní rychlost větru $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$

Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Základní dynamický tlak $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 0,316 \text{ kN/m}^2$

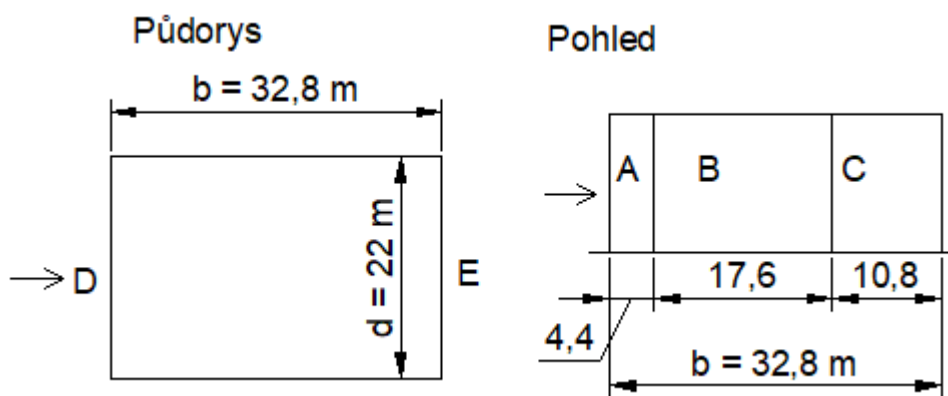
Součinitel expozice $c_p(z) = 3,11$

Maximální dynamický tlak $q_p = q_b \cdot c_p(z) = 0,316 \cdot 3,11 = 0,983 \text{ kN/m}^2$

Plocha pro stanovení $C_{pe} > 10 \text{ m}^2$

Tab. 3: Součinitele vnějšího tlaku stěny $c_{pe,10}$ (podélný vítr)

Ay	By	Cy	Dy	Ey
-1,20	-0,80	-0,50	0,79	-0,48



Obr. 5: Zatížení větrem

Působící tlak větru na příslušnou část stěny se vypočte podle vzorce $w_{e,i} = q_p \cdot C_{pe,10}$

Tab. 4: Tlak působící na příslušnou oblast stěny

$w_{e,Ay}$	$w_{e,By}$	$w_{e,Cy}$	$w_{e,Dy}$	$w_{e,Ey}$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-1,179	-0,786	-0,491	0,777	-0,473

Pro další výpočty je působící tlak přepočten na liniové zatížení působící v úrovni stropních desek.

Tab. 5: Lokalizace zatížení větrem na zatěžovací šířku (do úrovně stropních desek)

Výška nad terénem [m]	Zatěžovací šířka [m]	A [kN/m]	B [kN/m]	C [kN/m]	D [kN/m]	E [kN/m]
7,20	5,50	-6,49	-4,33	-2,71	4,25	-2,59
11,00	3,80	-4,48	-2,99	-1,87	2,93	-1,79
14,80	3,80	-4,48	-2,99	-1,87	2,93	-1,79
18,60	3,80	-4,48	-2,99	-1,87	2,93	-1,79
22,40	3,80	-4,48	-2,99	-1,87	2,93	-1,79
26,20	3,80	-4,48	-2,99	-1,87	2,93	-1,79
30,50	4,30	-5,07	-3,38	-2,11	3,32	-2,03

3.5 Zemní tlak

Výpočet zemních tlaků byl proveden v programu GEO5.

Viz příloha statického výpočtu č. 1.

Tab. 6: Geologický profil – zemní tlaky

Vrstva	Zemina	Podzemní voda	Mocnost vrstvy	Hloubka	Charakteristická objemová tíha zeminy	Návrhový efektivní úhel vnitřního tření	Součinitel zemního tlaku
			h [m]	z [m]			
1	S3 - Písek hlinitý	ne	4,83	4,83	27,5	29,5	0,51
2	F3 - Hlína písčité	ne	1,00	5,83	18,0	26,5	0,55
2	S3 - Písek hlinitý	ne	1,90	7,73	17,5	29,5	0,51
3	S3 - Písek hlinitý	ano	0,20	7,93	27,5	29,5	0,51
4	G3 - Štěrka jílovito-písčité	ano	2,40	10,33	29,0	32,5	0,46
5	S3 - Písek hlinitý	ano	2,50	12,83	27,5	29,5	0,51
6	G3 - Štěrka jílovito-písčité	ano	2,70	15,53	29,0	32,5	0,46

Užitné zatížení na terénu:

$$q_{0,k} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Hodnoty zemního tlaku:

pro $h = 0 \text{ m}$ (úroveň stropu nad 1.PP) $\rightarrow s_k = 3,43 \text{ kN/m}$

pro $h = 4,79 \text{ m}$ (úroveň stropu nad 2.PP) $\rightarrow s_k = 60,87 \text{ kN/m}$

pro $h = 8,05 \text{ m}$ (úroveň základové desky) $\rightarrow s_k = 101,56 \text{ kN/m}$

3.6 Další zatížení

Zatížení od fasády 3,5 kN/m

Zatížení zábradlí 0,8 kN/m

Instalační podhled 0,5 kN/m²

3.7 Kombinace zatížení

a) Stálá kombinace

$$1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5\psi_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

b) Charakteristická

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + Q_{k,1} + \psi_{0,i}Q_{k,i}$$

c) Častá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

d) Kvazistálá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- kde $G_{k,j,\text{sup}}$ – horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
 $G_{k,j,\text{inf}}$ – dolní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (5% kvantil)
 $Q_{k,1}$ – charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 $Q_{k,i}$ – charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
 ψ_0 – součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
 ψ_1 – součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
 ψ_2 – součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Tab. 7: Součinitele ψ

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3

4 Statické posouzení

4.1 Použité materiály

Stropní deska a trámy: Beton C30/37-XC1-CI0,4-Dmax 16-S4

Schodišťová ramena: Beton C30/37-XC1-CI 0,4-Dmax 22-S4

Vnitřní stěny: Beton C30/37-XC1-CI 0,4-Dmax 22-S3

Obvodové stěny: Beton C30/37-XC2,XA1-CI 0,4-Dmax 22-S4

Sloupy: Beton C30/37-XC1-CI 0,4-Dmax 22-S3

Základová deska: Beton C30/37-(90d)-XC2,XA1-CI 0,4-Dmax 22-S4

Charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$
Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$

Piloty: Beton C25/30-XC2,XA1-CI 0,4-Dmax 22-S3

Charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 20/1,5 = 13,3 \text{ MPa}$
Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 29 \text{ GPa}$

Výztuž: Ocel B500B

Charakteristická mez kluzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Návrhová mez kluzu	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 435 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_s = 200 \text{ GPa}$

4.2 Krycí vrstva

4.2.1 Vrchní stavba a vnitřní konstrukce suterénů

Vstupní údaje:

Předpoklad výztuže	$\emptyset = 12 \text{ mm}$
Stupeň vlivu prostředí	XC1
Návrhová životnost	50 let (třída konstrukce S4)
Pevností třída betonu	C30/37 (zmenšení o 1 třídu)
Desková konstrukce	(zmenšení o 1 třídu)
Výsledná třída konstrukce	S2

Minimální krycí vrstva

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(12; 10; 10 \text{ mm}) = 12 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} = \emptyset = 12 \text{ mm} \quad \text{minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti}$$

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$	minimální krycí vrstva z hlediska prostředí
$\Delta c_{dur,y} = 0$	přídavná hodnota z hlediska bezpečnosti
$\Delta c_{dur,st} = 0$	redukce při použití nerezové oceli
$\Delta c_{dur,add} = 0$	redukce při použití dodatečné ochrany

Návrhová odchylka

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

Nominální krycí vrstva:

Desky:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 12 + 10 = 22 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

Stěny (nejsou deskové konstrukce):

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

Sloupy (nejsou deskové konstrukce, větší průměr výztuže):

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} = \emptyset = 22 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

Prefabrikované schodiště :

$$\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 20 \text{ mm}$$

4.2.2 Konstrukce ve styku se zemí

Vstupní údaje:

Předpoklad výztuže	$\emptyset = 12 \text{ mm}$
Stupeň vlivu prostředí	XC2, XA1
Návrhová životnost	50 let (třída konstrukce S4)
Pevností třída betonu	C30/37
Desková konstrukce	(zmenšení o 1 třídu)
Výsledná třída konstrukce	S3

Minimální krycí vrstva

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \max(12; 20; 10 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

$c_{min,b} = \emptyset = 12 \text{ mm}$	minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti
$c_{min,dur} = 20 \text{ mm}$	minimální krycí vrstva z hlediska prostředí
$\Delta c_{dur,y} = 0$	přídavná hodnota z hlediska bezpečnosti
$\Delta c_{dur,st} = 0$	redukce při použití nerezové oceli
$\Delta c_{dur,add} = 0$	redukce při použití dodatečné ochrany

Návrhová odchylka

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

Nominální krycí vrstva:

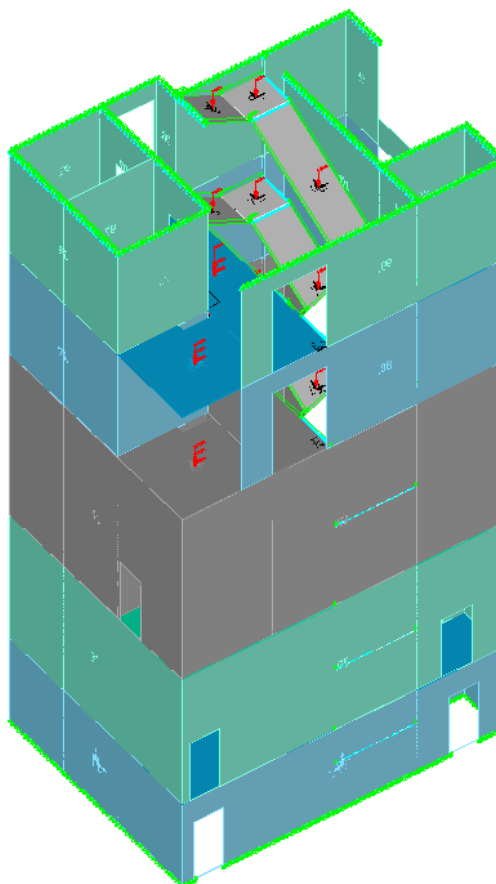
Základová deska:

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

Obvodové stěny, piloty (nejsou desková konstrukce):

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

4.3 Návrh výztuže desek schodišťových prostor a schodišť



Obr. 6: Výpočetní model schodišťových prostor – Renex 3D

Pro ověření proveditelnosti schodišťových prostor a schodišť byl proveden výpočet na výseku ve výpočetním programu Renex 3D metodou konečných prvků. Návrh zahrnuje nelineární výpočet s vlivem dotvarování a smršťování betonu.

Statické posouzení viz příloha statického výpočtu č. 2.

Navržena byla výztuž desek a schodišť, která je zkrslena ve schématech výztuže viz kapitoly 4.3.1 - 4.3.4. Ve schématech jsou pouze staticky nutné délky výztuže, při podrobném výkresu by bylo dále potřeba zohlednit kotevní délky, lemovací výztuž, výztuž konzol a ozubů a přídatnou výztuž ke kotvám ve schodišťových ramenech.

Pro mezní stav únosnosti byla navržena výztuž tak, aby byla ve všech místech větší než potřebná výztuž.

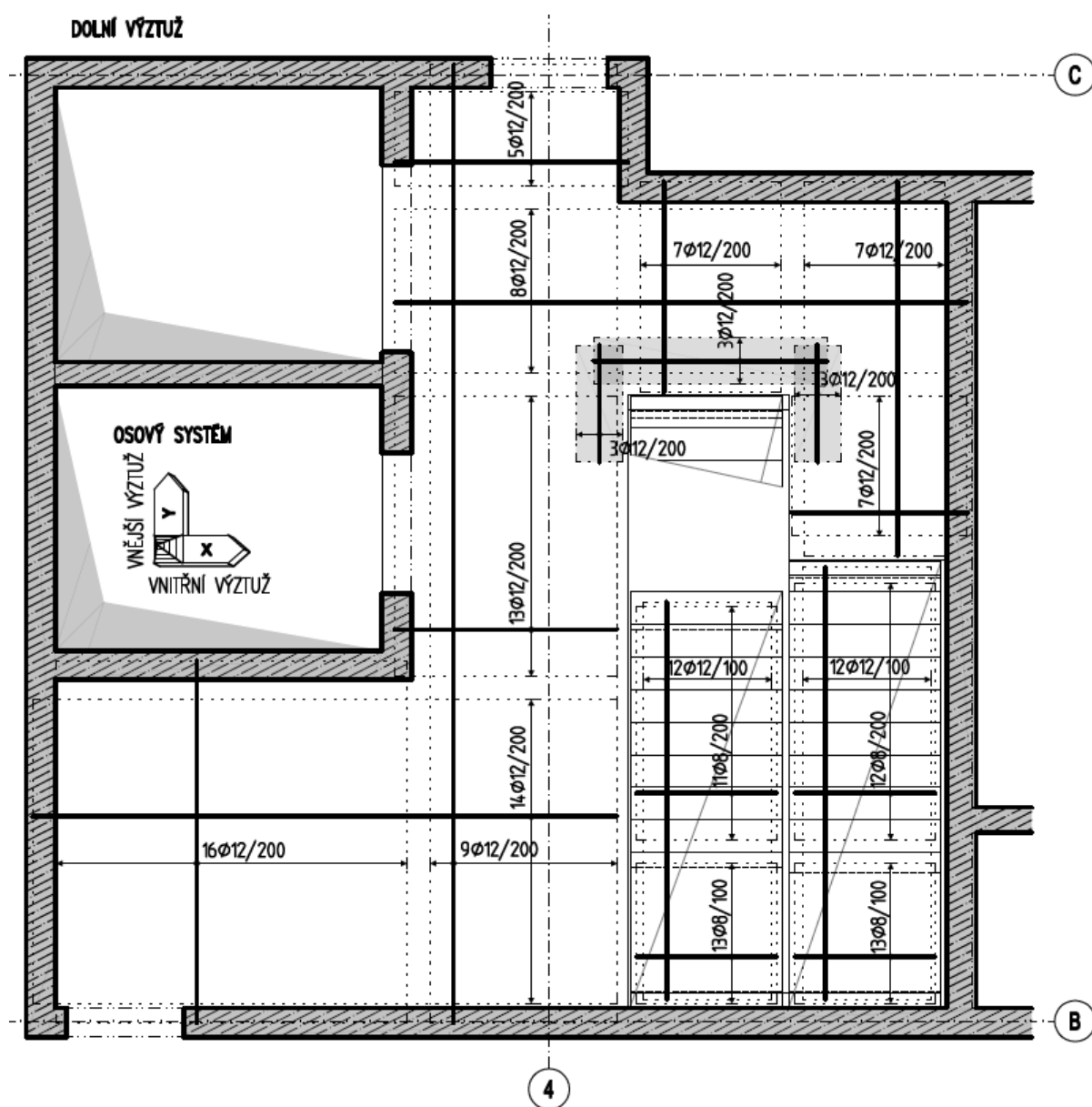
Pro mezní stav použitelnosti byl posouzen průhyb a šířka trhliny včetně vlivu dotvarování a smršťování betonu.

Konstrukce na mezní stav únosnosti i použitelnosti vyhoví.

4.3.1 Schodišťový prostor a schodiště – 2.PP

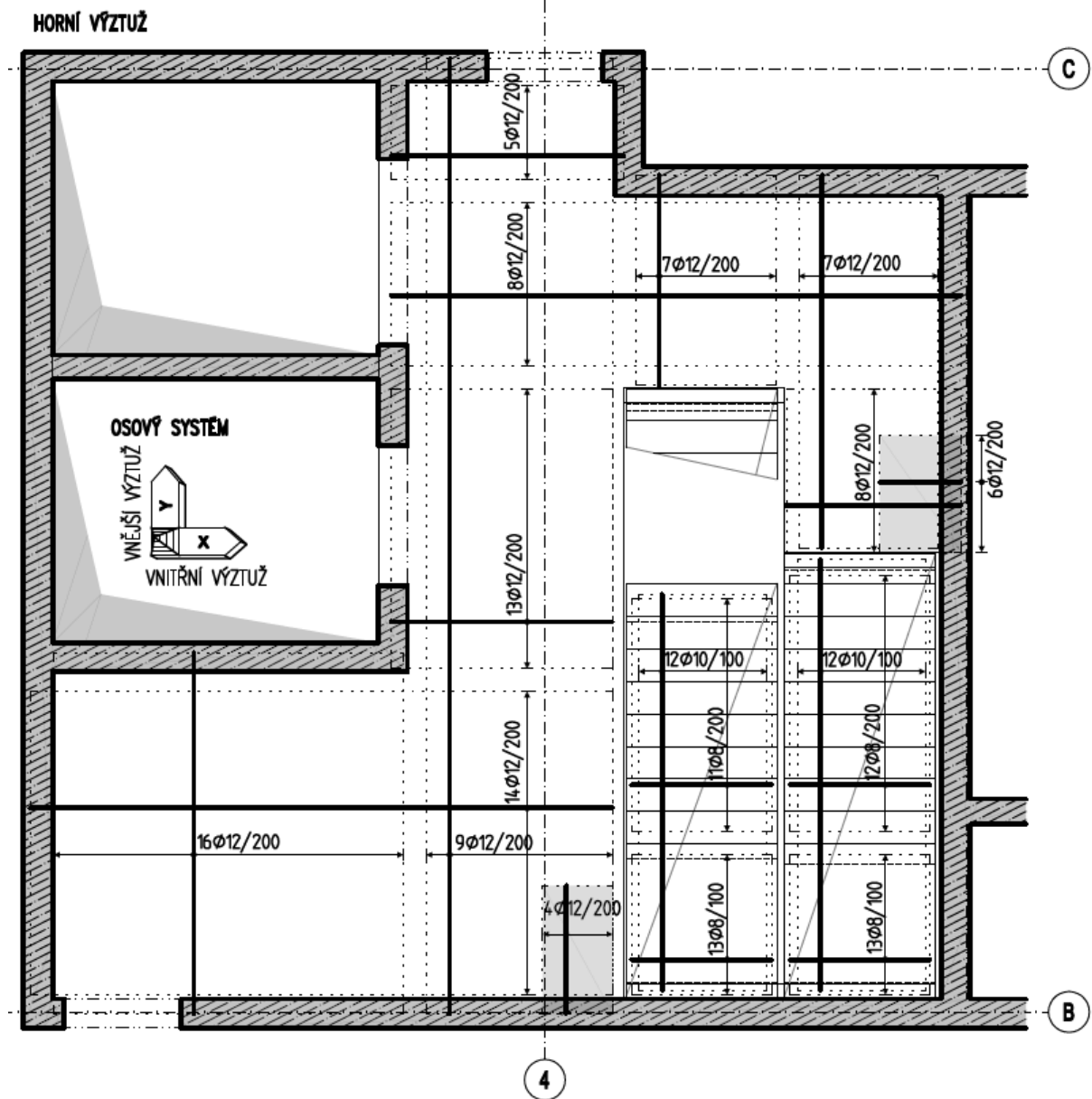
Navržená výztuž desky tl. 280 mm je $\varnothing 12/200$ v obou směrech při obou površích a potřebné příložky. Výztuž schodiště je v podélném směru $\varnothing 12/100$ u dolního povrchu a $\varnothing 10/100$ u horního povrchu a v příčném směru $\varnothing 8/200$ v šikmé části a $\varnothing 8/100$ v části mezipodesty při horním i dolním povrchu.

Navržený beton C30/37-XC1-Cl0,2-Dmax22-S4, ocel B500B. Krytí výztuže je v desce 25 mm a ve schodišti 20 mm.



Obr. 7: Schéma výztuže schodišťového prostoru 2.PP – dolní výztuž

Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy
ČVUT V PRAZE 2020

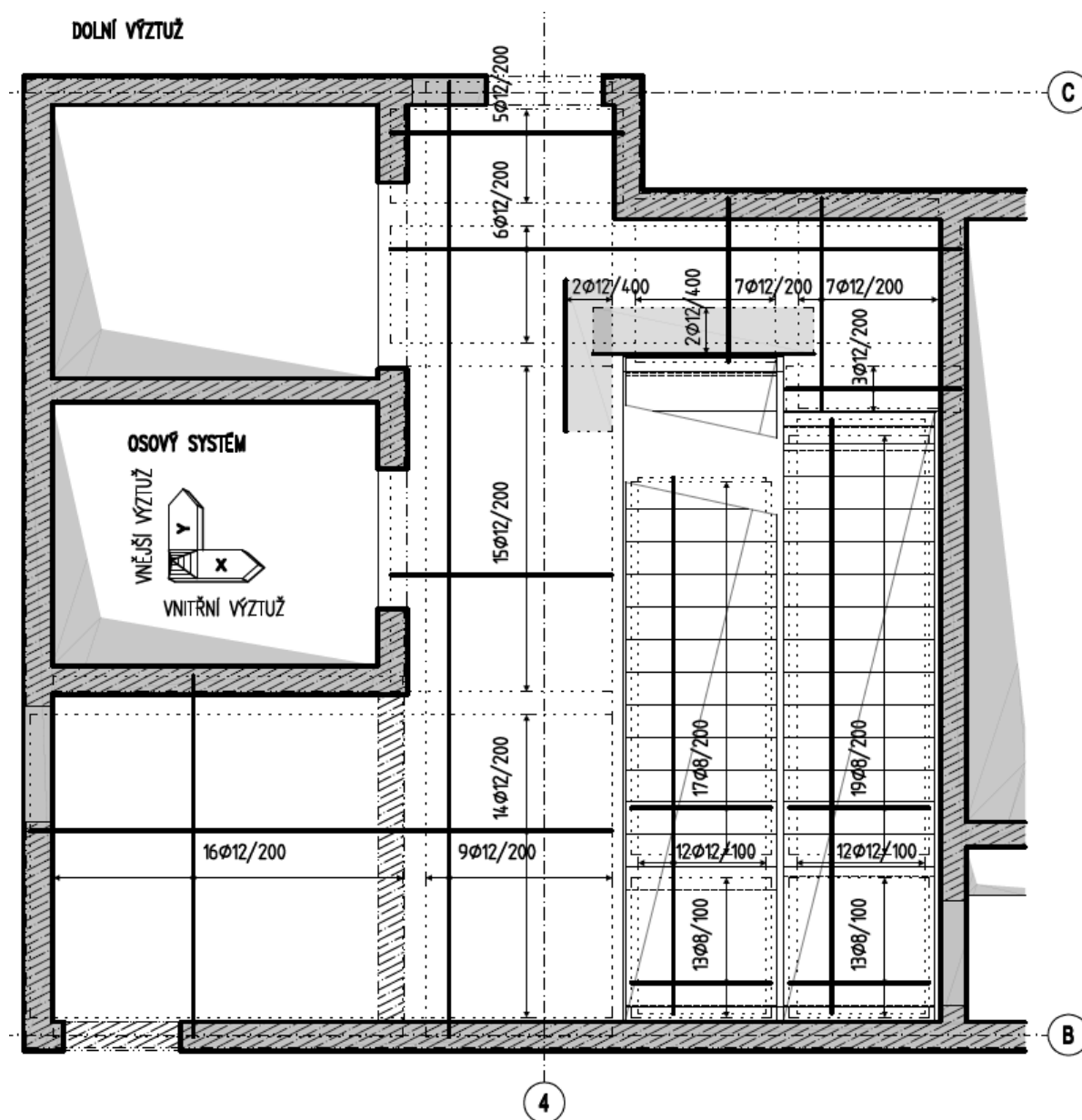


Obr. 8: Schéma výztuže schodišťového prostoru 2.PP – horní výztuž

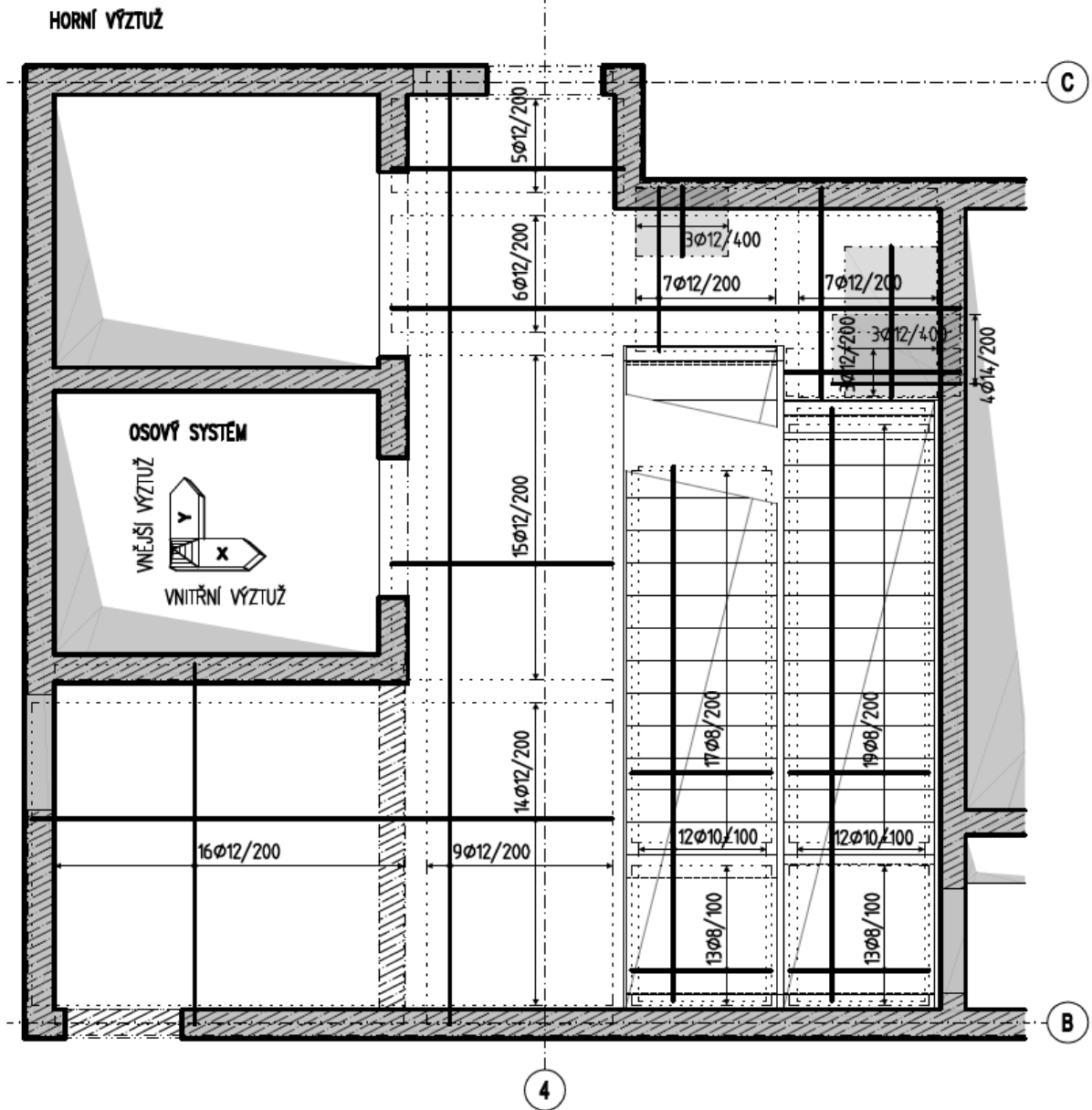
4.3.2 Schodišťový prostor a schodiště – 1.PP

Navržená výztuž desky tl. 280 mm je $\varnothing 12/200$ v obou směrech při obou površích a potřebné příložky. Výztuž schodiště je v podélném směru $\varnothing 12/100$ u dolního povrchu a $\varnothing 10/100$ u horního povrchu a v příčném směru $\varnothing 8/200$ v šikmé části a $\varnothing 8/100$ v části mezipodesty při horním i dolním povrchu.

Navržený beton C30/37- $\text{XC1-Cl0,2-Dmax22-S4}$, ocel B500B. Krytí výztuže je v desce 25 mm a ve schodišti 20 mm.



Obr. 9: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.PP – dolní výztuž

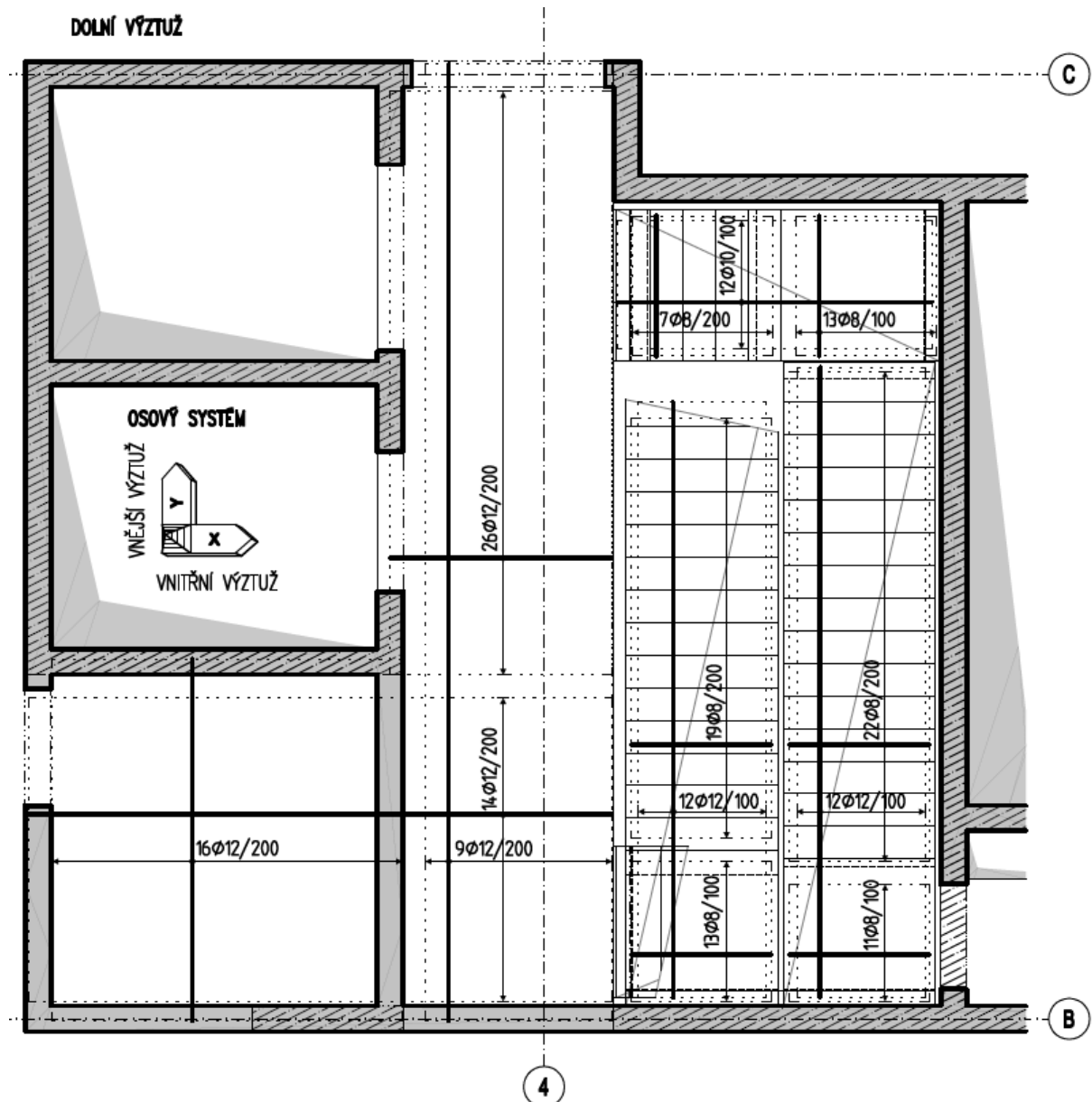


Obr. 10: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.PP – horní výztuž

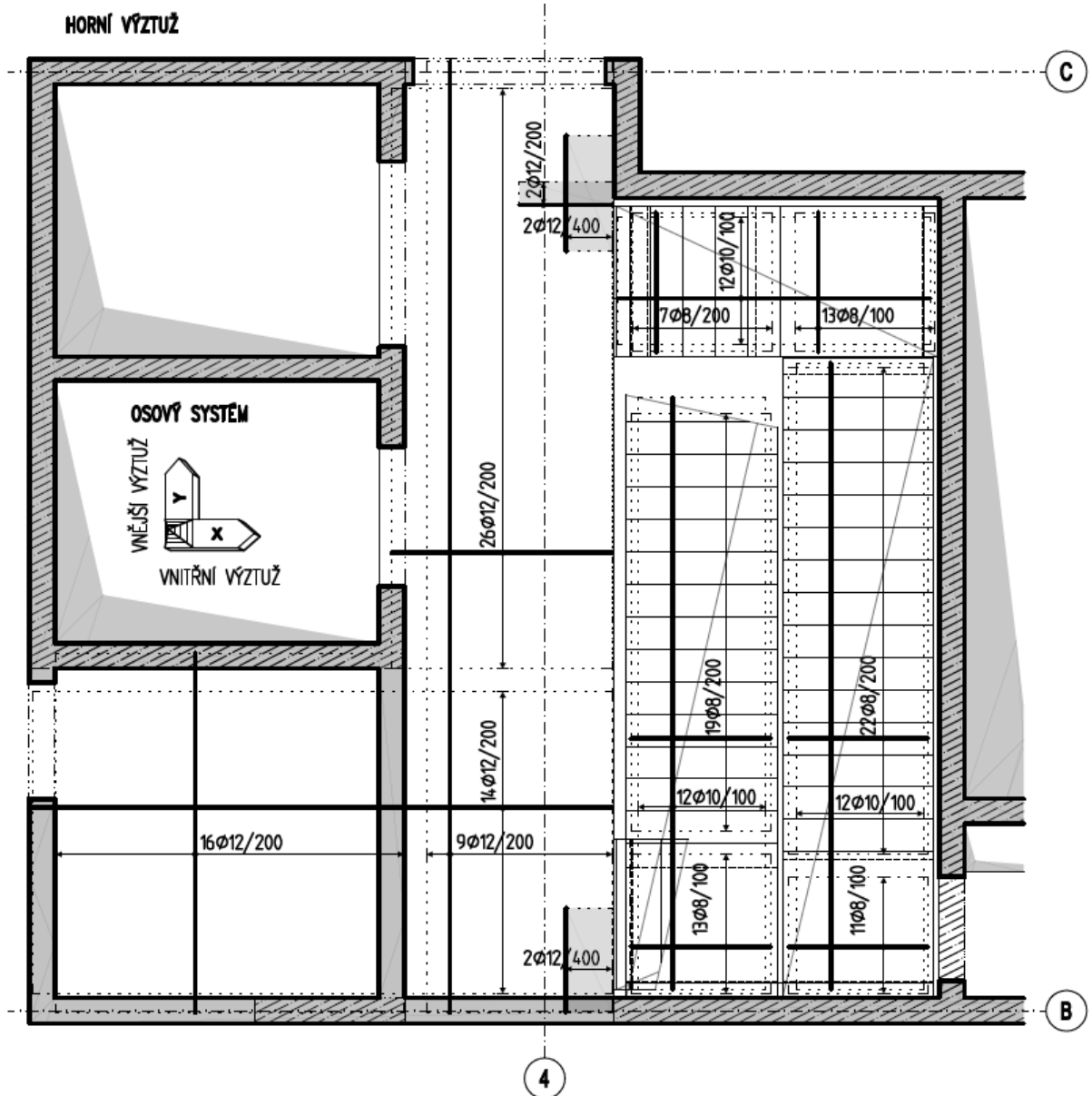
4.3.3 Schodišťový prostor a schodiště – 1.NP

Navržená výztuž desky tl. 250 mm je $\emptyset 12/200$ v obou směrech při obou površích a potřebné příložky. Výztuž schodiště je v podélném směru $\emptyset 12/100$ u dolního povrchu a $\emptyset 10/100$ u horního povrchu a v příčném směru $\emptyset 8/200$ v šikmé části a $\emptyset 8/100$ v části mezipodesty při horním i dolním povrchu.

Navržený beton C30/37-XC1-Cl0,2-Dmax22-S4, ocel B500B. Krytí výztuže je v desce 25 mm a ve schodišti 20 mm.



Obr. 11: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.NP – dolní výztuž

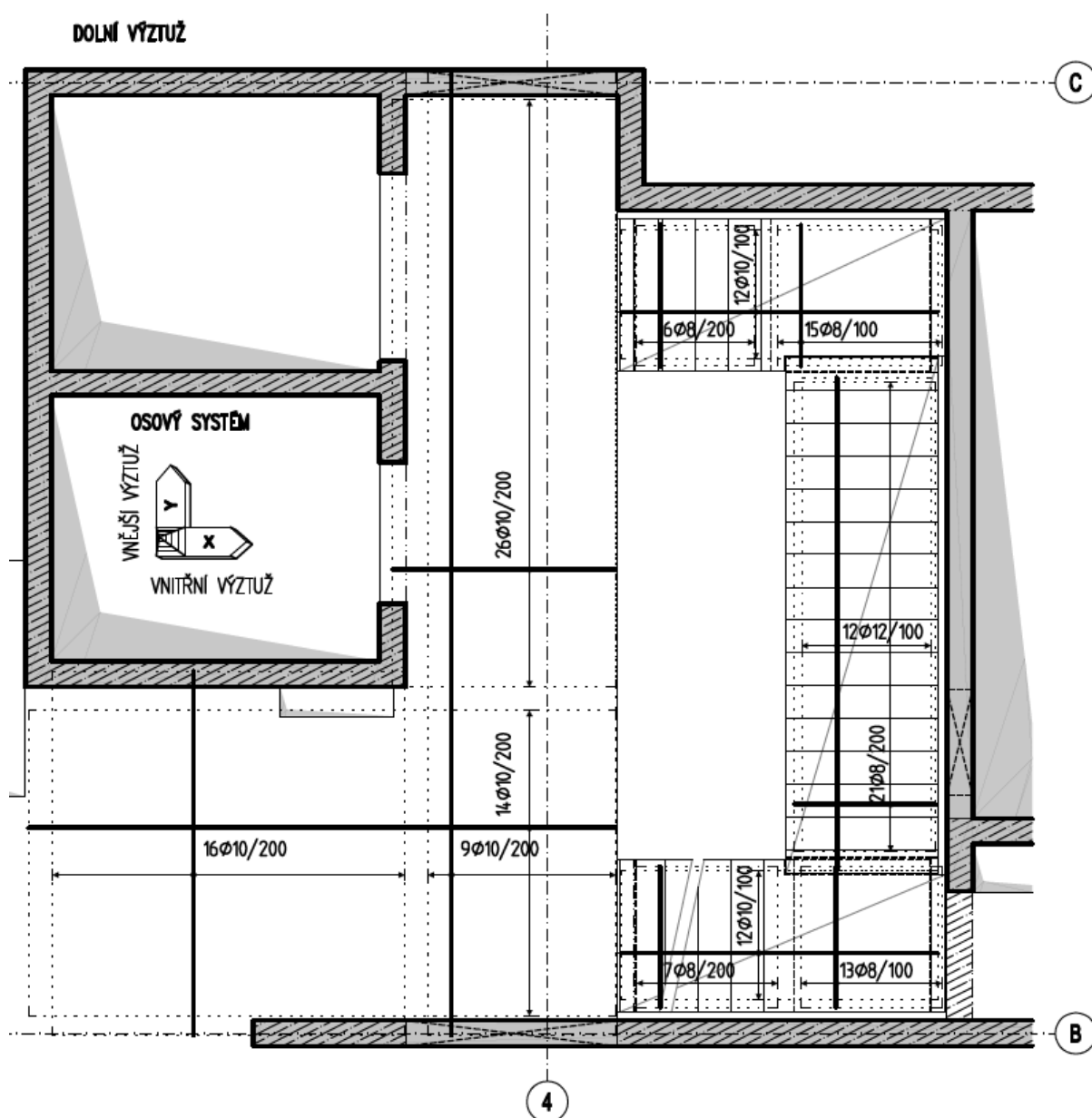


Obr. 12: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.NP – horní výztuž

4.3.4 Schodišťový prostor a schodiště – typické podlaží

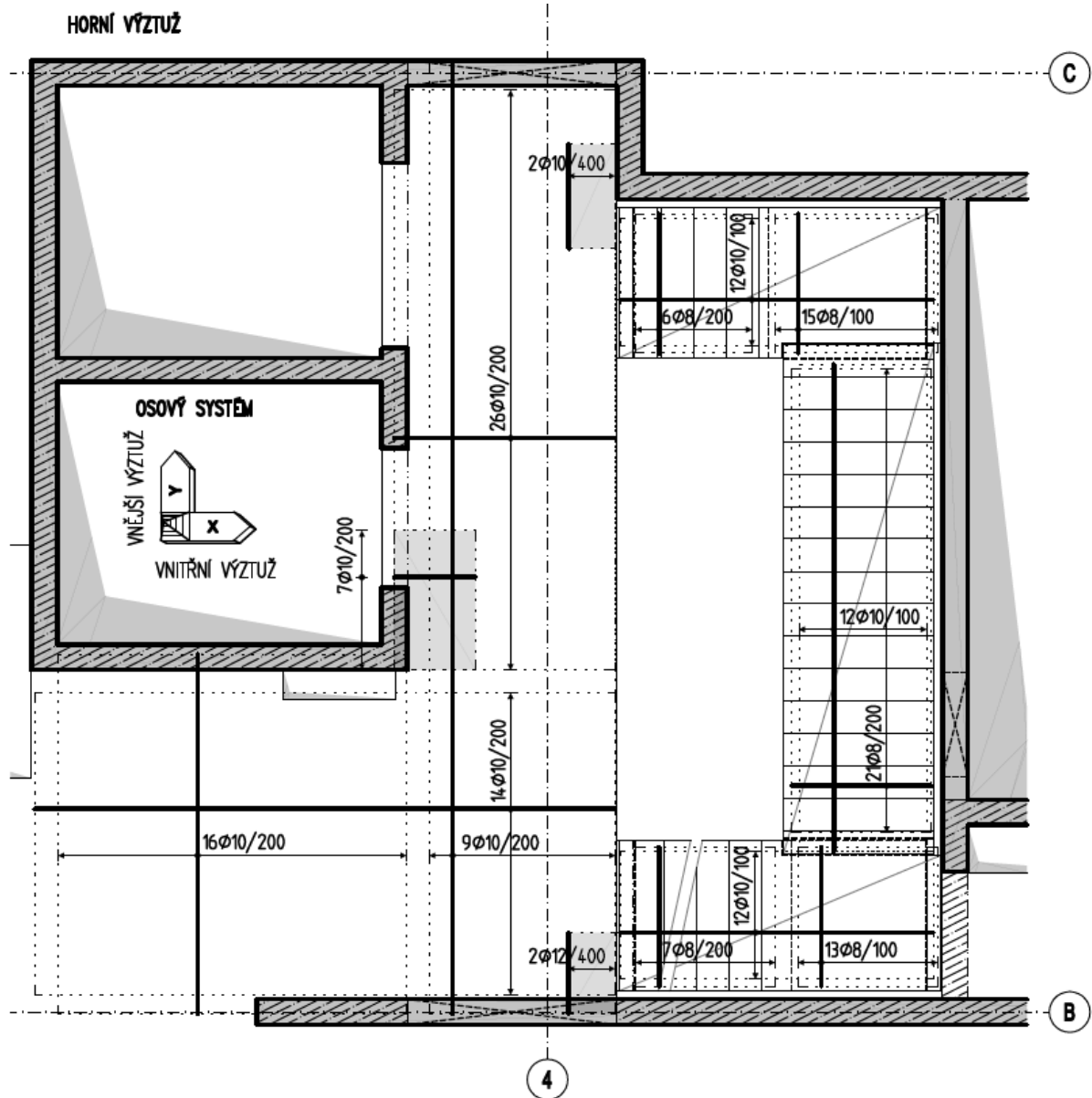
Navržená výztuž desky tl. 250 mm je $\emptyset 10/200$ v obou směrech při obou površích a potřebné příložky. Výztuž schodiště je v podélném směru u nástupního a výstupního ramena $\emptyset 12/100$ u obou povrchů, u výstupního ramena $\emptyset 12/100$ u dolního povrchu a $\emptyset 10/100$ u horního povrchu. V příčném směru $\emptyset 8/200$ a $\emptyset 8/100$ v části mezipodesty při horním i dolním povrchu.

Navržený beton C30/37-XC1-Cl0,2-Dmax22-S4, ocel B500B. Krytí výztuže je v desce 25 mm a ve schodišti 20 mm.



Obr. 13: Schéma výztuže schodišťového prostoru typické podlaží – dolní výztuž

Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy
 ČVUT V PRAZE 2020



Obr. 14: Schéma výztuže schodišťového prostoru typické podlaží – horní výztuž

4.4 Podrobný návrh prefabrikovaného schodiště

Podrobně navržené schodiště je nástupní rameno typického patra (označení Sh). Návrh hlavní výztuže a sil, které působí na konzolu a ozub viz kapitola 4.3.4. Hlavní podélná výztuž ramena je $\varnothing 10/100$ mm a příčná rozdělovací výztuž $\varnothing 8/200$ mm v šikmé části a $\varnothing 8/100$ mm v části mezipodesty.

Dále jsou navrženy transportní kotvy (kapitola 4.4.1). Konzola (kapitola 4.4.2), na kterou je osazeno prostřední rameno schodiště. A ozuby (kapitola 4.4.3), kterými je rameno usazeno na konzolu desky a stěny.

Mezi každou konzolou a ozubem musí být uloženo pryžové ložisko tl. 10 nebo 15 mm, pro zamezení kročejového hluku, případně Schöck tronsole nebo obdobný výrobek.

Podrobný výkres tvaru a výztuže viz v.č. 7.

4.4.1 Návrh transportních kotev

Beton C30/37

$$f_{cd} = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ Mpa}$$

Ocel B500B

$$f_{yd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

Stanovení působících zatížení

a) Vlastní tíha dílce

objem dílce

$$V = A \cdot b = 0,82 \cdot 1,3 = 1,06 \text{ m}^3$$

objemová hmotnost (beton C30/37)

$$\rho_G = 25,00 \text{ kN/m}^3$$

vlastní tíha

$$F_G = V \cdot \rho_G = 1,06 \cdot 25 = 26,5 \text{ kN}$$

b) Adheze mezi dílcem a povrchem formy/bednění

předpoklady: - betonáž na svislo

- demontovatelné ocelové bednění

součinitel adheze (olejem ošetřené ocelové bednění)

$$q_{adh} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

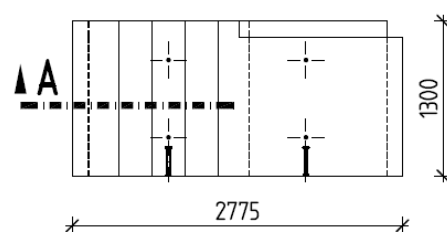
kontaktní plocha

$$A_f = 0,82 \text{ m}^2$$

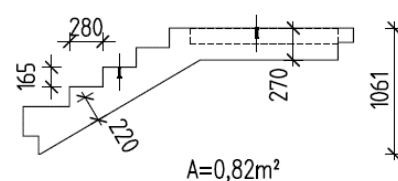
zatížení způsobené adhezí

$$F_{adh} = q_{adh} \cdot A_f = 1 \cdot 0,82 = 0,820 \text{ kN}$$

PŮDORYS



ŘEZ A-A



(odměřeno v AutoCADu)

Obr. 15: Geometrie schodiště

c) Dynamické zatížení

dynamický součinitel (věžový jeřáb)

$$\gamma_{\text{dyn}} = 1,3$$

Počet a zatížení transportních kotev

a) Zatěžovací stav "zdvih při působení adheze k povrchu formy/bednění)

počet namáhaných transportních kotev

$$n = 2 \quad (\text{celkem 4, účinné jen 2})$$

$$\text{úhel } \beta = 30^\circ$$

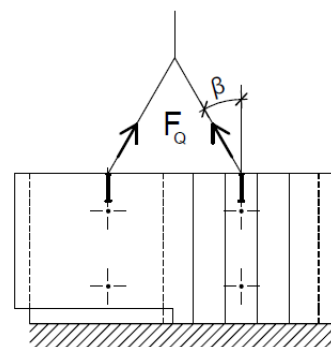
$$\cos\beta = 0,866$$

vliv šikmého tahu

$$z = 1/\cos\beta = 1/0,866 = 1,155$$

zatěžovací síla v transportní kotvě

$$F_Q = (F_G + F_{\text{adh}}) \cdot z / n = (26,5 + 0,82) \cdot 1,155 / 2 = \mathbf{15,77 \text{ kN}}$$



Obr. 16: Schéma zvedání z formy

b) Zatěžovací stav "transport za šikmého tahu" - transport z výroby na stavbu

počet namáhaných transportních kotev

$$n = 2 \quad (\text{celkem 4, účinné jen 2})$$

$$\text{úhel } \beta = 30^\circ$$

$$\cos\beta = 0,866$$

vliv šikmého tahu

$$z = 1/\cos\beta = 1/0,866 = 1,155$$

zatěžovací síla v transportní kotvě působící v ose lan

$$F_Z = F_G \cdot \gamma_{\text{dyn}} \cdot z / n = 26,5 \cdot 1,3 \cdot 1,155 / 2 = \mathbf{19,89 \text{ kN}}$$

→ transportní kotvy **DEHA 6000-2.5-0170** - 2ks (viz katalog Halfen)

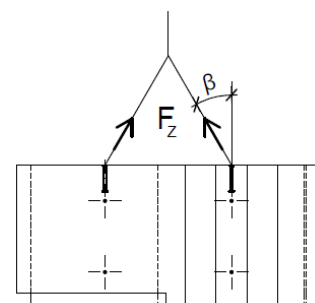
únosnost 1 kotvy (při pevnosti betonu 15 MPa) viz katalog

$$\mathbf{21,3 \text{ kN} > \max(F_Q; F_Z) = 19,89 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

potřebná přídatná výztuž pro 1 kotvu: výztužná síť 2x131 mm²/m

třmínek Ø10 mm

l_{s,1}=1500 mm



Obr. 17: Schéma transportu schodiště výroba-stavba

c) Zatěžovací stav "vztyčení"

počet namáhaných transportních kotev

$$n = 2 \quad (\text{ve skutečnosti 4, působí pouze 2})$$

$$\text{úhel } \beta = 30^\circ$$

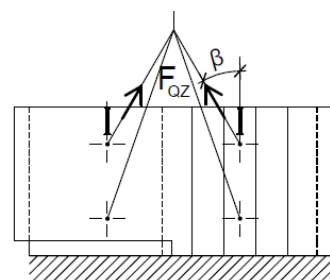
$$\cos\beta = 0,866$$

vliv šikmého tahu

$$z = 1/\cos\beta = 1/0,866 = 1,155$$

příčná síla v transportní kotvě působící šikmo a příčně v podélné ose l:

$$F_{QZ} = (F_G/2) \cdot \gamma_{\text{dyn}} \cdot z / n = (26,5/2) \cdot 1,3 \cdot 1,155 / 2 = \mathbf{9,94 \text{ kN}}$$



Obr. 18: Schéma vztyčení schodiště

d) Zatěžovací stav "transport za šikmého tahu" - transport na stavbě

počet namáhaných transportních kotvě

$$n = 2$$

úhel $\beta = 30^\circ$

$$\cos\beta = 0,866$$

vliv šikmého tahu

$$z = 1/\cos\beta = 1/0,866 = 1,155$$

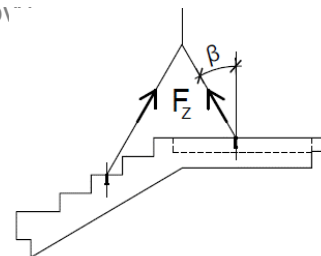
zatěžovací síla v transportní kotvě působící v ose lan

$$F_z = F_G \cdot \gamma_{dyn} \cdot z / n = 26,5 \cdot 1,3 \cdot 1,155 / 2 = 19,89 \text{ kN}$$

→ transportní kotvy **DEHA 6000-2.5-0120** - 4ks (viz katalog Halfen)
únosnost 1 kotvy (při pevnosti betonu 25 Mpa)

$$25,0 \text{ kN} > \max(F_{Qz}; F_z) = 19,89 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

potřebná přídatná výztuž pro 1 kotvu: výztužná síť $2 \times 131 \text{ mm}^2/\text{m}$
třmínek $\varnothing 10 \text{ mm}$
 $l_{s,1} = 1500 \text{ mm}$

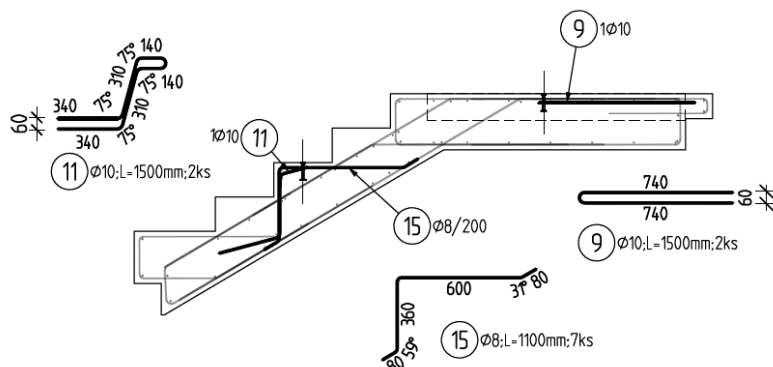


Obr. 19: Schéma transportu schodiště na stavbě

Přídavná výztuž

Ke kotvám DEHA 6000-2.5-0120

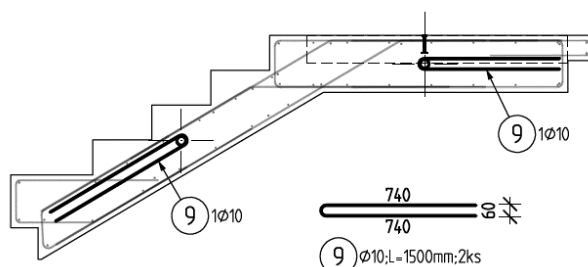
- hlavní výztuž $\varnothing 10/100$ ($A = 785,4 \text{ mm}^2 > 131 \text{ mm}^2$)
- přídatná výztuž $\varnothing 8/200$ ($A = 251,3 \text{ mm}^2 > 131 \text{ mm}^2$)



Obr. 20: Přídavná výztuž ke kotvám DEHA 6000-2.5-0120

Ke kotvám DEHA 6000-2.5-0170

- hlavní výztuž $\varnothing 10/100$ ($A = 785,4 \text{ mm}^2 > 131 \text{ mm}^2$)



Obr. 21: Přídavná výztuž ke kotvám DEHA 6000-2.5-0170

4.4.2 Návrh konzoly

$F_{Ed} =$	48,43	kN
$H_{Ed} = 0,2 \cdot F_{Ed} =$	$0,2 \cdot 48,43 =$	9,7 kN
výška konzoly $h =$	140	mm
$\Delta h =$	10	mm
délka konzoly $b =$	1000	mm (výpočet na 1 m')
$a_c =$	67	mm
krytí $c =$	20	mm
odhad výztuže konzoly $\varnothing =$	8	mm
výztuž podesty $\varnothing_{tr} =$	8	mm
osová vzdálenost třmíneků $b_b =$	200	mm

Materiál

Beton C30/37

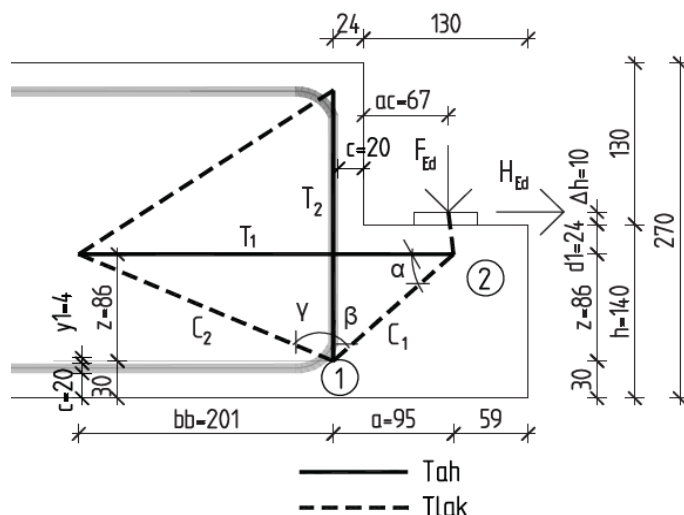
$$f_{cd} = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{tm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$v = 1 - f_{ck}/250 = 0,88$$

Ocel B500B

$$f_{yd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$



Obr. 22: Geometrie konzoly

Stanovení geometrie příhradového modelu

poloha horního táhla

$$d_1 = c + \varnothing/2 = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$$

účinná výška konzoly (styčník se uvažuje nad třmínkovou výztuží nosníku)

$$d = h - d_1 - c - \varnothing_{tr} = 140 - 24 - 20 - 8 = 88 \text{ mm}$$

max. napětí (styčník CCT)

$$\sigma_{Rd,CCT} = 0,85 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 20 = 14,96 \text{ MPa}$$

šířka tlačené oblasti ve styčníku 1 z podmínky rovnováhy svislých sil

$$x_1 = F_{Ed} / (\sigma_{Rd,CCT} \cdot b) = 48430 / (14,96 \cdot 1000) = 3,24 \text{ mm}$$

rameno vnější síly

$$a = a_c + c + 0,5x_1 + H_{Ed}/F_{Ed} \cdot (d_1 + \Delta h) = 67 + 20 + 0,5 \cdot 3,24 + 9,69/48,43 \cdot (24 + 8) = 95,4 \text{ mm}$$

výška tlačené oblasti ve styčníku 1 z momentové podmínky rovnováhy

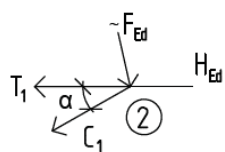
$$y_1 = d - \sqrt{d^2 - 2x_1(a + H_{Ed}/F_{Ed}(d_1 + \Delta h))} = 88 - \sqrt{7744 - 2 \cdot 3,24 \cdot (95,42 + 9,69/(48,43(24 + 10)))} = 3,84 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - 0,5y_1 = 88 - 0,5 \cdot 3,84 = 86,08 \text{ mm}$$

Výpočet vnitřních sil

Styčnick 2



$$\text{úhel } \alpha = \arctg(z/a) = \arctg(86,08/95,42) = 0,734 \text{ rad} \rightarrow 42,05^\circ$$

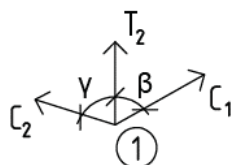
$$\uparrow : F_{Ed} + C_1 \cdot \sin(\alpha) = 0$$

$$C_1 = -F_{Ed} / \sin(\alpha) = 48,43 / 0,67 = -72,30 \text{ kN}$$

$$\rightarrow : -T_1 - C_1 \cdot \cos(\alpha) + H_{Ed} = 0$$

$$T_1 = -C_1 \cdot \cos(\alpha) + H_{Ed} = -(-72,3) \cdot 0,74 + 9,69 = 63,29 \text{ kN}$$

Styčnick 1



$$\text{úhel } \beta = \arctg(a/z) = \arctg(95,42/86,08) = 0,837 \text{ rad} \rightarrow 47,95^\circ$$

$$\text{úhel } \gamma = \arctg(b_b/z) = \arctg(200/86,08) = 1,164 \text{ rad} \rightarrow 66,71^\circ$$

$$\rightarrow : -C_2 \cdot \cos(\gamma) + C_1 \cdot \cos(\beta) = 0$$

$$C_2 = C_1 \cdot \cos(\beta) / \cos(\gamma) = -72,3 \cdot 0,67 / 1,16 = -122,51 \text{ kN}$$

$$\uparrow : C_2 \cdot \sin(\gamma) + C_1 \cdot \sin(\beta) + T_2 = 0$$

$$T_2 = -C_2 \cdot \sin(\gamma) - C_1 \cdot \sin(\beta) = -(-122,51) \cdot 0,92 - (-72,3) \cdot 0,74 = 166,21 \text{ kN}$$

Návrh táhel a výztuže

Táhlo T_1

$$F_{Ed,T1} = 63,29 \text{ kN}$$

potřebná plocha

$$A_{s,req} = F_{Ed,T1} / f_{yd} = 63285,43 / 434,78 = 145,56 \text{ mm}^2$$

návrh $\varnothing 8/200$

$$A_{s,prov} = 251,3 \text{ mm}^2$$

ověření

$$\sigma_{sd} = F_{Ed,T1} / A_{s,prov} = 63285,43 / 251,3 = 251,83 \text{ MPa} < f_{yd} = 434,78 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Táhlo T_2

$$F_{Ed,T2} = 166,21 \text{ kN}$$

potřebná plocha

$$A_{s,req} = F_{Ed,T2} / f_{yd} = 166211,5 / 434,78 = 382,29 \text{ mm}^2$$

hlavní výztuž schodiště $\varnothing 8/100$

$$A_{s,prov} = 502,7 \text{ mm}^2$$

ověření

$$\sigma_{sd} = F_{Ed,T2} / A_{s,prov} = 166211,5 / 502,7 = 330,64 \text{ MPa} < f_{yd} = 434,78 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrh vzpěr a uzlů

Styčnick 1 - typ CCT

$$\text{max. napětí } \sigma_{Rd,CCT} = 0,85 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 20 = 14,96 \text{ MPa}$$

šířka je dána šířkou táhla T_2

$$a_{T2} = 2 \cdot d_1 = 2 \cdot 24 = 48 \text{ mm}$$

$$\sigma_{T2} = \frac{F_{Ed,T2}}{a_{T2} \cdot b} = \frac{166211,5}{(48 \cdot 1000)} = 3,46 \text{ MPa} < \sigma_{Rd,CCT} = 14,96 \text{ MPa}$$

z předpokladu hydrostatické napjatosti platí:

→ VYHOVUJE

$$\sigma_{T2} = \sigma_{C1} = \sigma_{C2} = T_2/a_{T2} = C_1/a_{C1} = C_2/a_{C2} \rightarrow$$

$$a_{C1} = C_1/(\sigma_{T2} \cdot b) = 72302,08/(3,46 \cdot 1000) = 20,9 \text{ mm}$$

$$a_{C2} = C_2/(\sigma_{T2} \cdot b) = 122505,43/(3,46 \cdot 1000) = 35,4 \text{ mm}$$

Výztuž šikmých vzpěr na příčné tahy

Vzpěra C_1

$$\text{příčná síla} \quad 2T = 2 \cdot 0,22 \cdot C_1 = 2 \cdot 0,22 \cdot 72,3 = 31,81 \text{ kN}$$

$$\text{svislá složka příčné síly} \quad T_v = T/\cos(\alpha) = 31,81/0,74 = 42,84 \text{ kN}$$

$$\text{síla } T_v \text{ se roznáší na ploše } A = 107 \cdot 1000 = 107000 \text{ mm}^2$$

$$\text{vznikající napětí } \sigma_v = T_v/A = 42844,77/107000 = 0,40 \text{ MPa} < f_{ctd} = 1,33 \text{ Mpa}$$

→ příčné tahy přeneše beton

Vzpěra C_2

$$\text{příčná síla} \quad 2T = 2 \cdot 0,22 \cdot C_2 = 2 \cdot 0,22 \cdot 122,51 = 53,90 \text{ kN}$$

$$\text{svislá složka příčné síly} \quad T_v = T/\sin(\gamma) = 53,9/0,92 = 58,68 \text{ kN}$$

$$\text{síla } T_v \text{ se roznáší na ploše } A = 200 \cdot 1000 = 200000 \text{ mm}^2$$

$$\text{vznikající napětí } \sigma_v = T_v/A = 58682,72/200000 = 0,29 \text{ MPa} < f_{ctd} = 1,33 \text{ Mpa}$$

→ příčné tahy přeneše beton

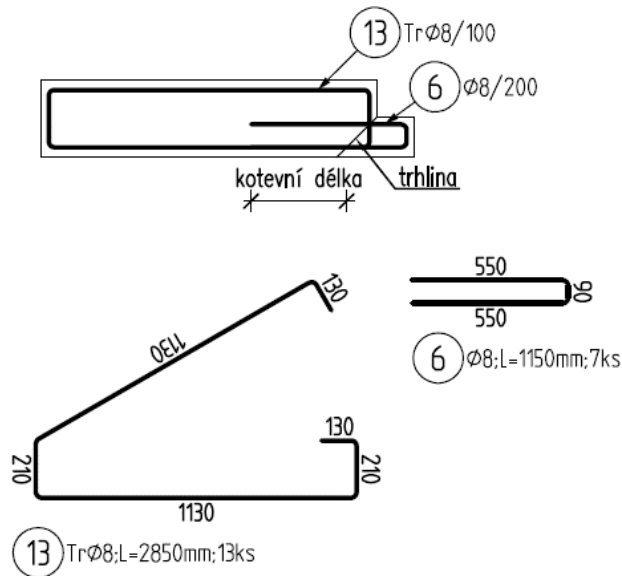
vzpěra C_2 prochází taženou oblastí, kde hrozí vznik trhlin - je potřeba ještě ověřit napětí v tažené oblasti

$$\sigma_{Rd,str} = 0,6 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$= 0,6 \cdot 0,88 \cdot 20 = 10,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{C2} = 3,46 \text{ MPa} < \sigma_{Rd,str} = 10,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Navržená výztuž



Obr. 23: Výztuž konzoly

Kotevní délka

mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,33 = 3 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 2 / 1,5 = 1,33 \text{ MPa}$$

součinitel $\eta_1 = 1,0$ (dobré podmínky betonáže)

součinitel $\eta_2 = 1,0$ (průměr prutu do 32 mm)

základní kotevní délka

$$l_{b,req} = (\sigma_s / 4) \cdot \sigma_{sd} / f_{bd} = (8 / 4) \cdot 434,78 \cdot 3 = 289,86 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,req} = 1,0 \cdot 289,86 = 290 \text{ mm}$$

součinitel $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$

4.4.3 Návrh ozubu

$F_{Ed} =$	64,65	kN
$H_{Ed} =$	107,41	kN
výška konzoly $h =$	120	mm
$\Delta h =$	10	mm
délka konzoly $b =$	1000	mm (výpočet na 1 m')
$a_c =$	67	mm
krytí $c =$	20	mm
odhad výztuže konzoly $\varnothing =$	8	mm
výztuž podesty $\varnothing_{tr} =$	10	mm

Materiál

Beton C30/37

$$f_{cd} = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{tm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$v = 1 - f_{ck}/250 = 0,88$$

Ocel B500B

$$f_{yd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

Stanovení geometrie příhradového modelu

poloha horního táhla

$$d_1 = c + \varnothing/2 = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$$

účinná výška konzoly (styčník se uvažuje nad třmínkovou výztuží nosníku)

$$d = h - d_1 = 120 - 24 = 96 \text{ mm}$$

max. napětí (styčník CCT)

$$\sigma_{Rd,CCT} = 0,85 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 20 = 14,96 \text{ MPa}$$

šířka tlačené oblasti ve styčníku 2 z podmínky rovnováhy svislých sil

$$x_2 = F_{Ed} / (\sigma_{Rd,CCT} \cdot b) = 64650 / (14,96 \cdot 1000) = 4,32 \text{ mm}$$

rameno vnější síly

$$a = a_c + c + 0,5x_2 + H_{Ed} / F_{Ed} \cdot (d_1 + \Delta h) = 67 + 20 + 0,5 \cdot 4,32 + 107,41 / 64,65 \cdot (24 + 10) = 89,2 \text{ mm}$$

výška tlačené oblasti ve styčníku 2 z momentové podmínky rovnováhy

$$96 - \sqrt{9216 -$$

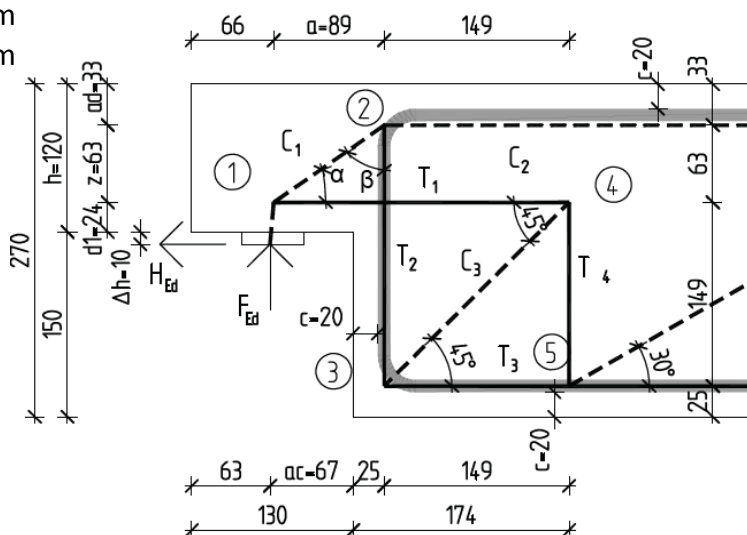
$$y_2 = d - \sqrt{d^2 - 2x_2(a + H_{Ed} / F_{Ed}(d_1 + \Delta h))} = 2 \cdot 4,32 \cdot (89,21 + 107,41 / (64,65(24 + 10))) = 6,80 \text{ mm}$$

svislá poloha styčníku 2

$$a_d = c + \varnothing_{tr} + 0,5 \cdot y_2 = 20 + 10 + 0,5 \cdot 6,8 = 33,40 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

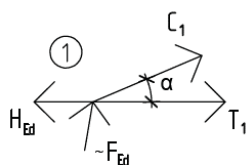
$$z = d_1 - a_d = 24 - 33,4 = 62,60 \text{ mm}$$



Obr. 24: Geometrie ozubu

Výpočet vnitřních sil

Styčnick 1



$$\text{úhel } \alpha = \arctg(z/a) = \arctg(62,6/89,21) = 0,612 \text{ rad} \rightarrow 35,06^\circ$$

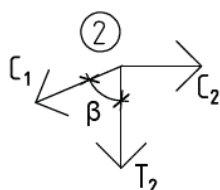
$$\uparrow : F_{Ed} + C_1 \cdot \sin(\alpha) = 0$$

$$C_1 = -F_{Ed} / \sin(\alpha) = -64,65 / 0,57 = -112,55 \text{ kN}$$

$$\leftarrow : -T_1 - C_1 \cdot \cos(\alpha) + H_{Ed} = 0$$

$$T_1 = -C_1 \cdot \cos(\alpha) + H_{Ed} = -(-112,55) \cdot 0,82 + 107,41 = 101,73 \text{ kN}$$

Styčnick 2



$$\text{úhel } \beta = \arctg(a/z) = \arctg(89,21/62,6) = 0,959 \text{ rad} \rightarrow 54,94^\circ$$

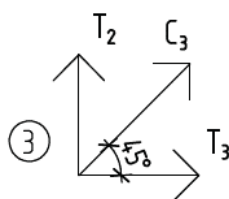
$$\leftarrow : -C_2 + C_1 \cdot \cos(\beta) = 0$$

$$C_2 = C_1 \cdot \cos(\beta) = -112,55 \cdot 0,57 = -64,65 \text{ kN}$$

$$\downarrow : C_1 \cdot \sin(\beta) + T_2 = 0$$

$$T_2 = -C_1 \cdot \sin(\beta) = -(-112,55) \cdot 0,57 = 92,13 \text{ kN}$$

Styčnick 3



$$\text{úhel } \gamma = 0,785 \text{ rad} \rightarrow 45,00^\circ$$

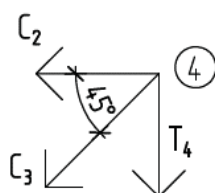
$$\uparrow : T_2 + C_3 \cdot \sin(\gamma) = 0$$

$$C_3 = -T_2 / \sin(\gamma) = -(92,13) \cdot 0,707 = -65,15 \text{ kN}$$

$$\rightarrow : C_3 \cdot \cos(\gamma) + T_3 = 0$$

$$T_3 = -C_3 \cdot \cos(\gamma) = -(-65,15) \cdot 0,707 = 46,07 \text{ kN}$$

Styčnick 4



$$\downarrow : C_3 \cdot \sin(\gamma) + T_4 = 0$$

$$T_4 = -C_3 \cdot \sin(\gamma) = -(-46,07) \cdot 0,707 = 46,07 \text{ kN}$$

Návrh táhel a výztuže

Táhlo T_1

$$F_{Ed, T_1} = 101,73 \text{ kN}$$

potřebná plocha

$$A_{s, req} = F_{Ed, T_1} / f_{yd} = 101730,66 / 434,78 = 233,98 \text{ mm}^2$$

návrh $\varnothing 8/200$

$$A_{s, prov} = 251,3 \text{ mm}^2$$

ověření

$$\sigma_{sd} = F_{Ed, T_1} / A_{s, prov} = 101730,66 / 251,3 = 404,82 \text{ MPa} < f_{yd} = 434,78 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Táhlo T₂

$$F_{Ed,T2} = 92,13 \quad \text{kN}$$

potřebná plocha

$$A_{s,req} = F_{Ed,T2} / f_{yd} = 92130,66/434,78 = 211,90 \quad \text{mm}^2$$

hlavní výztuž schodiště Ø10/100

$$A_{s,prov} = 628,3 \quad \text{mm}^2$$

ověření

$$\sigma_{sd} = F_{Ed,T2} / A_{s,prov} = 92130,66/628,3 = 146,63 \quad \text{MPa} < f_{yd} = 434,78 \quad \text{MPa} \\ \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Táhlo T₃ a T₄

$$F_{Ed,T3} = F_{Ed,T4} = 46,07 \quad \text{kN}$$

potřebná plocha

$$A_{s,req} = F_{Ed,T3} / f_{yd} = 46065,33/434,78 = 105,95 \quad \text{mm}^2$$

návrh Ø6/200

$$A_{s,prov} = 141,4 \quad \text{mm}^2$$

ověření

$$\sigma_{sd} = F_{Ed,T2} / A_{s,prov} = 46065,33/141,4 = 325,78 \quad \text{MPa} < f_{yd} = 434,78 \quad \text{MPa} \\ \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrh vzpěr a uzlů

Styčnick 2 - typ CCT

$$\text{max. napětí } \sigma_{Rd,CCT} = 0,85 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,88 \cdot 20 = 14,96 \quad \text{MPa}$$

$$a_{T2} = 2 \cdot d_1 = 2 \cdot 24 = 48 \quad \text{mm}$$

$$\sigma_{T2} = F_{Ed,T2} / (a_{T2} \cdot b) = 92130,66 / (48 \cdot 1000) = 1,92 \quad \text{MPa} < \sigma_{Rd,CCT} = 14,96 \quad \text{MPa}$$

$$\text{platí: } \sigma_{T2} = \sigma_{C1} = \sigma_{C2} = T_2 / a_{T2} = C_1 / a_{C1} = C_2 / a_{C2} \rightarrow \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$a_{C1} = C_1 / (\sigma_{T1} \cdot b) = 112550,79 / (1,92 \cdot 1000) = 58,6 \quad \text{mm}$$

$$a_{C2} = C_2 / (\sigma_{T2} \cdot b) = 64650 / (1,92 \cdot 1000) = 33,7 \quad \text{mm}$$

Styčnick 3 - typ CTT

$$\text{max. napětí } \sigma_{Rd,CTT} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,75 \cdot 0,88 \cdot 20 = 13,2 \quad \text{MPa}$$

rozměr kolmý na směr vzpěry je dán geometrií ohybu výztuže

$$a_{C3} = 2 \cdot (d_0/2) \cdot \cos \gamma = 2 \cdot (40/2) \cdot 0,707 = 28,28 \quad \text{mm}$$

$$\text{poloměr ohybu výztuže } d_0 = 4 \cdot \emptyset = 4 \cdot 10 = 40 \quad \text{mm}$$

$$\text{napětí } \sigma_{C3} = C_3 / (a_{C3} \cdot b) = 65146,21 / (28,28 \cdot 1000) = 2,30 \quad \text{MPa} < \sigma_{Rd,CTT} = 13,2 \quad \text{MPa} \\ \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výztuž šikmých vzpěr na příčné tahy

Vzpěra C₁

$$\text{příčná síla } 2T = 2 \cdot 0,22 \cdot C_1 = 2 \cdot 0,22 \cdot 112,55 = 49,52 \quad \text{kN}$$

$$T_v = T / \cos \alpha = 49,52 / 0,82 = 60,50 \quad \text{kN}$$

$$\text{síla } T_v \text{ se roznáší na ploše } A = 98 \cdot 1000 = 98000 \quad \text{mm}^2$$

$$\text{vznikající napětí } \sigma_v = T_v / A = 60498,64 / 98000 = 0,62 \quad \text{MPa} < f_{ctd} = 1,33 \quad \text{Mpa}$$

→ příčné tahy přenesou beton

Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy
 ČVUT V PRAZE 2020

Vzpěra C₃

příčná síla $2T = 2 \cdot 0,22 \cdot C_3 = 2 \cdot 0,22 \cdot 65,15 = 28,66$ kN

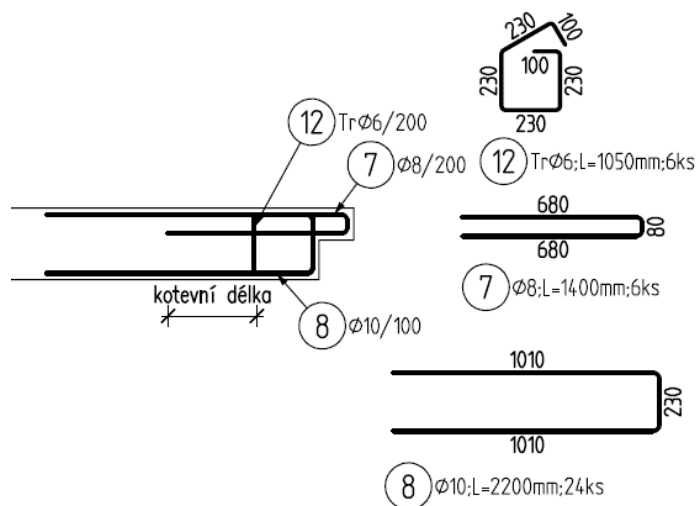
$T_v = T / \cos \gamma = 28,66 / 0,71 = 40,54$ kN

síla T_v se roznáší na ploše $A = 159 \cdot 1000 = 159000$ mm²

vznikající napětí $\sigma_v = T_v / A = 40537,49 / 159000 = 0,25$ MPa < $f_{ctd} = 1,33$ MPa

→ příčné tahy přenesou beton

Navržená výztuž



Obr. 25: Výztuž ozubu

Kotevní délka

mezní napětí v soudržnosti

$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,33 = 3$ MPa

$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 2 / 1,5 = 1,33$ MPa

součinitel $\eta_1 = 1,0$ (dobré podmínky betonáže)

součinitel $\eta_2 = 1,0$ (průměr prutu do 32 mm)

základní kotevní délka

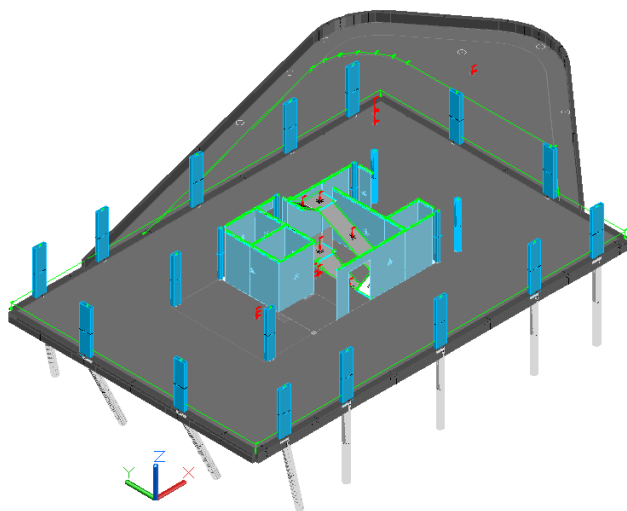
$l_{b,req} = (\sigma_s / 4) \cdot \sigma_{sd} / f_{bd} = (8/4) \cdot 434,78 \cdot 3 = 289,86$ mm

návrhová kotevní délka

$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,req} = 1,0 \cdot 289,86 = 290$ mm

součinitel $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$

4.5 Posouzení stropní desky a trámů nad 1. nadzemním podlažím



Obr. 26: Výpočetní model patrového výseku - Renex 3D

Výpočet byl proveden na patrovém výseku metodou konečných prvků programem Renex 3D. Byly použity 1D prvky pro trámy a sloupce, 2D prvky pro modelování stropních desek a stěn. Pro posouzení mezního stavu použitelnosti byl použit nelineární výpočet s vlivem dotvarování a smršťování betonu. Pro posouzení protlačení desky byl použit program Jordahl Expert.

Statické posouzení viz příloha statického výpočtu č. 3.

Posouzení protlačení viz příloha statického výpočtu č. 4.

Jako základní rastr byly navrženy pruty $\varnothing 12/200$ mm v obou směrech při obou površích a dále byly navrženy potřebné příložky. Do trámů byla navržena výztuž $4 \times \varnothing 16$ u dolního i horního okraje a svislé dvoustřížné třmínky $\varnothing 10/200$ mm, v některých místech byly navrženy příložky. Pro protlačení sloupů a rohů stěn byly navrženy smykové lišty JDA. Výztuž a smykové lišty jsou podrobně rozkresleny ve výkresech výztuže desky – viz v.č. 8 - v.č. 10.

Výztuž je ve všech místech větší než potřebné plochy výztuže. Ohybové využití trámu je 93 % a smykové využití 91 %. Konstrukce na mezní stav únosnosti vyhoví.

Pro mezní stav použitelnosti byl posouzen průhyb s vlivem dotvarování a smršťování betonu, který je $u = 27,37$ mm. Skutečný průhyb je tak menší než limitní průhyb $u_{\max} = l/250 = 8100/250 = 32,4$ mm. Maximální šířka trhliny je $w = 0,398$ mm a nepřekročí tedy limitní hodnotu, která je pro prostředí XC1 pro kvazistálou kombinaci zatížení $w_{\max} = 0,4$ mm. Napětí ve výztuži a napětí v betonu je menší než povolené hodnoty. Konstrukce na mezní stav použitelnosti vyhoví.

4.5.1 Ověření konstrukčních zásad

Deska tl. 250 mm

šířka	b =	1000 mm	Beton C30/37
výška	h =	250 mm	$f_{ck} =$ 30 MPa
krytí	c =	25 mm	$f_{ctm} =$ 2,9 MPa
průměr výztuže	$\varnothing =$	12 mm	
vzdálenost výztuže	s =	200 mm	Ocel B500B
plocha výztuže	$A_s =$	565,5 mm ²	$f_{yk} =$ 500 MPa
efektivní výška	d =	219 mm	

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,9/500) \cdot 1000 \cdot 219 = 330,252 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 219 = 284,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 330,252 \text{ mm}^2 < 565,5 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2 > 565,5 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální vzdálenost výztuže

$$s < 2 \cdot h < 500 \text{ mm}$$

$$s < 300 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$$s_s = 1,2 \cdot \varnothing = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ mm}$$

$$s_s = dg + 5 \text{ mm} = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

$$s_s = 20 \text{ mm}$$

$$s_{s,min} = 27 \text{ mm} < 188 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Celkový stupeň vyztužení

$$4 \times \varnothing 12 / 200$$

$$\rho = A_s / A_c = 2262 / 250000 = 0,90 \% < \rho_{max} = 4 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,90 \% < \rho_{min} = 0,13 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Deska tl. 350 mm

šířka	b =	1000 mm	Beton C30/37
výška	h =	350 mm	$f_{ck} =$ 30 MPa
krytí	c =	25 mm	$f_{ctm} =$ 2,9 MPa
průměr výztuže	$\varnothing =$	12 mm	
vzdálenost výztuže	s =	200 mm	Ocel B500B
plocha výztuže	$A_s =$	565,5 mm ²	$f_{yk} =$ 500 MPa
efektivní výška	d =	319 mm	

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,9/500) \cdot 1000 \cdot 319 = 481,052 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 319 = 414,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 481,052 \text{ mm}^2 < 565,5 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 350 = 14000 \text{ mm}^2 > 565,5 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální vzdálenost výztuže

$$s < 2 \cdot h < 700 \text{ mm}$$

$$s < 300 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$$s_s = 1,2 \cdot \varnothing = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ mm}$$

$$s_s = d_g + 5 \text{ mm} = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

$$s_s = 20 \text{ mm}$$

$$s_{s,min} = 27 \text{ mm} < 188 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Celkový stupeň vyztužení

$$4 \times \varnothing 12 / 200$$

$$\rho = A_s/A_c = 2262/350000 = 0,65 \% < \rho_{max} = 4 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,65 \% < \rho_{min} = 0,13 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Trám

šířka	b =	500 mm	Beton C30/37
výška	h =	700 mm	$f_{ck} =$ 30 MPa
krytí	c =	25 mm	$f_{ctm} =$ 2,9 MPa
průměr výztuže	$\varnothing =$	16 mm	
vzdálenost výztuže	s =	135 mm 4 ks	Ocel B500B
plocha výztuže	$A_s =$	804,2 mm ²	$f_{yk} =$ 500 MPa
průměr třmínků	$\varnothing_{tř} =$	10 mm	
vzdálenost třmínků	$s_{tř} =$	200 mm	
příčná vzdálenost tř.	$s_t =$	440 mm	

Návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy
 ČVUT V PRAZE 2020

plocha výztuže $A_{s,tř} = 392,7 \text{ mm}^2$
 efektivní výška $d = 657 \text{ mm}$

Minimální plocha výztuže

$A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,9/500) \cdot 500 \cdot 657 = 495,378 \text{ mm}^2$
 $A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 500 \cdot 657 = 427,05 \text{ mm}^2$
 $A_{s,min} = 495,378 \text{ mm}^2 < 804,2 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální plocha výztuže

$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 500 \cdot 700 = 14000 \text{ mm}^2 > 804,2 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální vzdálenost výztuže

$s < 2 \cdot h < 1400 \text{ mm}$
 $s < 300 \text{ mm}$
 $s_{max} = 300 > 135 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$s_s = 1,2 \cdot \emptyset = 1,2 \cdot 16 = 19,2 \text{ mm}$
 $s_s = dg + 5 \text{ mm} = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$
 $s_s = 20 \text{ mm}$
 $s_{s,min} = 27 \text{ mm} < 119 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální podélná vzdálenost třmíneků

$s_{tř} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 657 = 493 \text{ mm}$
 $s_{tř} = 400 \text{ mm}$
 $s_{tř,max} = 400 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální příčná vzdálenost třmíneků

$s_t = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 657 = 493 \text{ mm}$
 $s_t = 600 \text{ mm}$
 $s_{t,max} = 493 \text{ mm} > 440 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

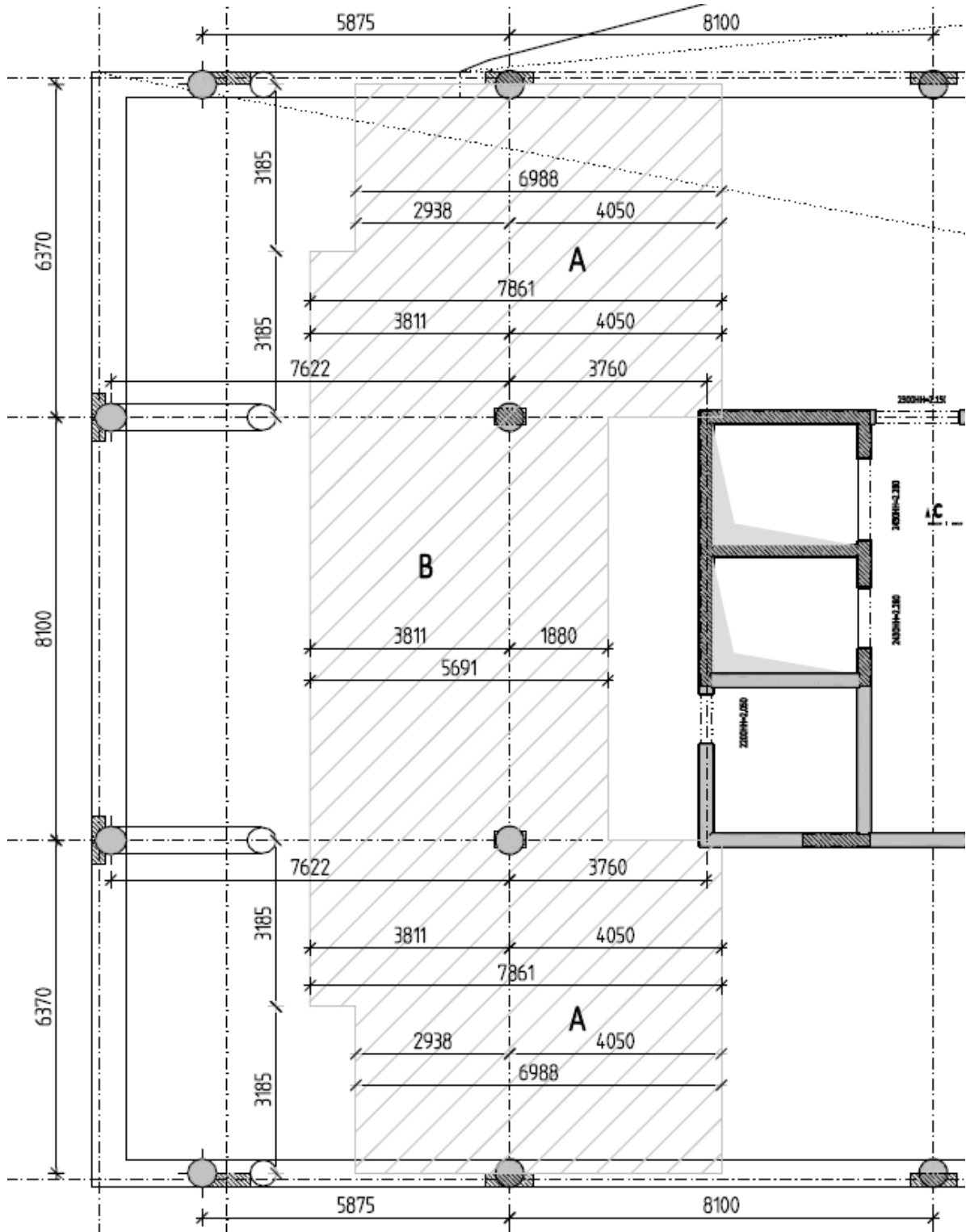
Celkový stupeň vyztužení

$2 \times 4 \emptyset 16 + \emptyset 10/200$

$\rho = A_s/A_c = 2001,1/350000 = 0,57 \% < \rho_{max} = 4 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$
 $0,57 \% < \rho_{min} = 0,13 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

4.5.2 Ověření působících momentů v desce ručním výpočtem

Momenty byly ověřeny metodou součtových momentů na pruhu na ose 3.



Obr. 27: Schéma pro výpočet ručních momentů

Působící zatížení

Typ	f_k	γ	f_d
vl.tíha 26·0,25 =	6,5 kN/m ²		
ostatní stálé	1,0 kN/m ²		
podhled	0,5 kN/m ²		
stálé celkem	8,0 kN/m ²	· 1,35 =	10,8 kN/m ²
užitné	3,5 kN/m ²	· 1,5 =	5,25 kN/m ²
celkové zatížení	11,5 kN/m ²		16,05 kN/m ²

Celkové součtové momenty

Pole A: $M_{tot} = 1/8 \cdot f \cdot b \cdot l_n^2 = 1/8 \cdot 16,05 \cdot 7,425 \cdot (6,37 - 0,5)^2 = 513,28 \text{ kNm}$

Pole B: $M_{tot} = 1/8 \cdot f \cdot b \cdot l_n^2 = 1/8 \cdot 16,05 \cdot 5,691 \cdot (8,1 - 0,5)^2 = 659,48 \text{ kNm}$

Celkové záporné a kladné momenty

Pole A: $M_1 = \gamma_1 \cdot M_{tot} = 0,3 \cdot 513,28 = 153,98 \text{ kNm}$ (pro okraj s trámem)

$M_2 = \gamma_2 \cdot M_{tot} = 0,5 \cdot 513,28 = 256,64 \text{ kNm}$ (pro pole)

$M_3 = \gamma_3 \cdot M_{tot} = 0,7 \cdot 513,28 = 359,30 \text{ kNm}$ (pro podporu bez trámu)

Pole B: $M_1 = \gamma_1 \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot 659,48 = 428,66 \text{ kNm}$ (pro podporu)

$M_2 = \gamma_2 \cdot M_{tot} = 0,35 \cdot 659,48 = 230,82 \text{ kNm}$ (pro pole)

$M_3 = \gamma_3 \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot 659,48 = 428,66 \text{ kNm}$ (pro podporu)

Stanovení tuhostního součinitele β_t pro krajní trám

Moment setrvačnosti desky

$$I_s = 1/12 \cdot l \cdot h^2 = 1/12 \cdot 6,988 \cdot 0,25^2 = 0,036396$$

Torzní moment trámu (větší z hodnot)

$$I_{t1} = \sum (1 - 0,63 \cdot t_i/a_i) \cdot t_i^3 \cdot a_i/3 = (1 - 0,63 \cdot 0,5/0,7) \cdot 0,5^3 \cdot 0,7/3 + (1 - 0,63 \cdot 0,25/0,45) \cdot 0,25^3 \cdot 0,45/3 = 0,017565$$

$$I_{t2} = \sum (1 - 0,63 \cdot t_i/a_i) \cdot t_i^3 \cdot a_i/3 = (1 - 0,63 \cdot 0,45/0,5) \cdot 0,45^3 \cdot 0,5/3 + (1 - 0,63 \cdot 0,25/0,95) \cdot 0,25^3 \cdot 0,95/3 = 0,010704$$

Tuhostní součinitel $\beta_t = I_t / (2 \cdot I_s) = 0,036396 / (2 \cdot 0,017565) = 1,036$

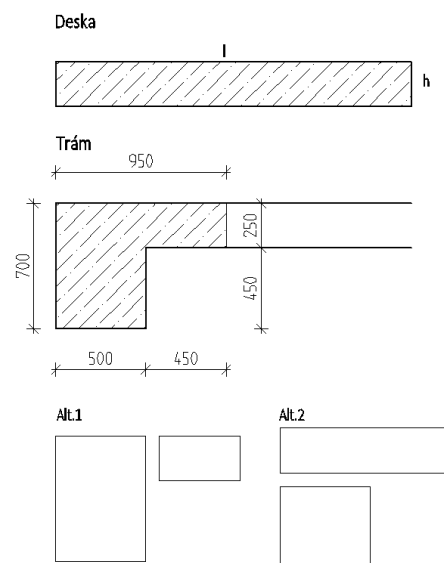
Hodnoty ω

Žádný pás není ztužen ve směru vyšetřovaných momentů – $\alpha_1 = 0 \rightarrow$

Pro všechny kladné momenty $\omega = 0,6$

Pro záporné momenty ve střední podpoře $\omega = 0,75$

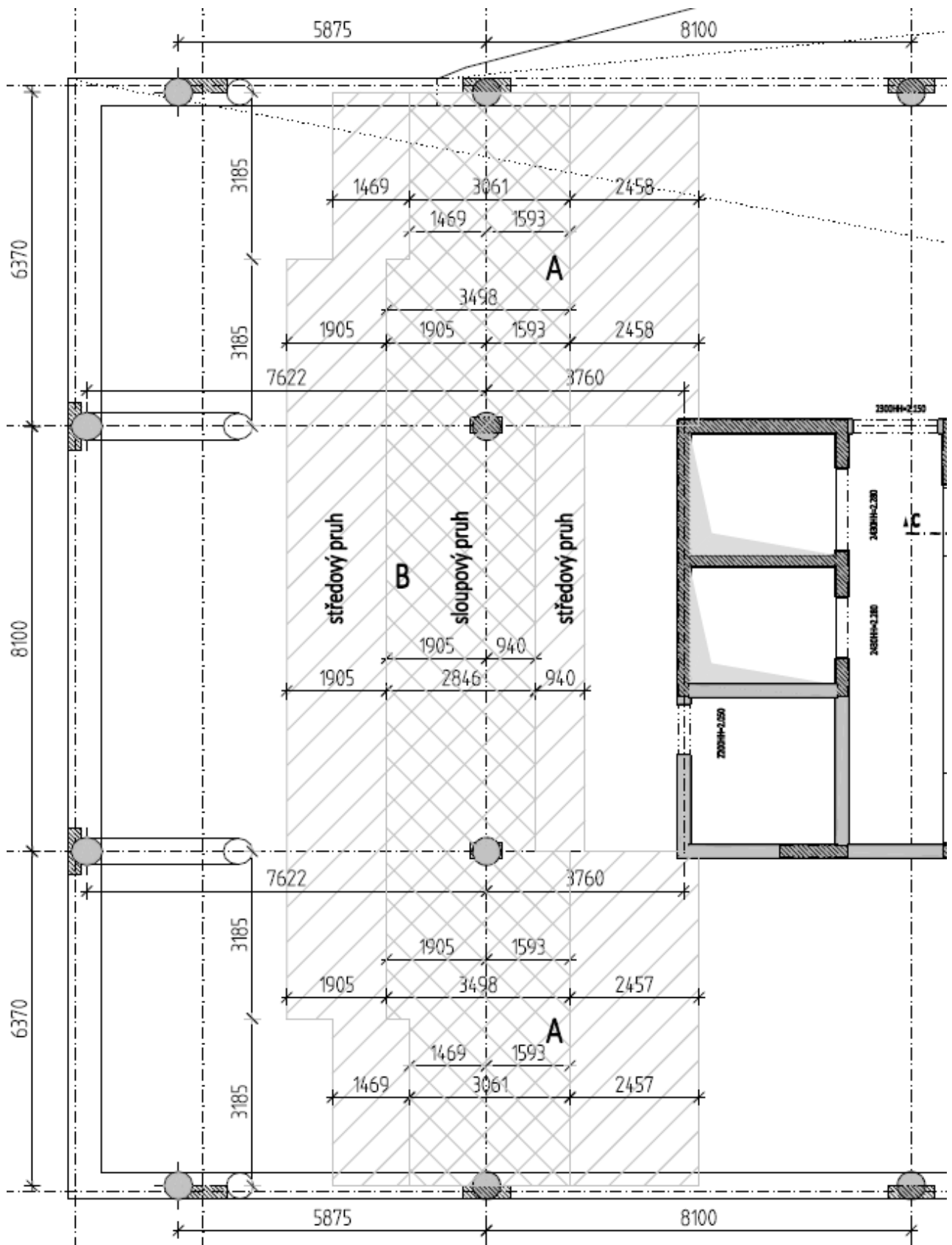
Pro záporný moment na kraji ztuženém žebrem $\omega = 0,896$



Obr. 28: Obrazce pro stanovení tuhostního součinitele β_t

Momenty ve sloupových a středových pruzích

Sloupový pruh – $\frac{1}{4}$ menšího z rozpětí na každou stranu.



Obr. 29: Rozdělení na sloupové a středové pruhy

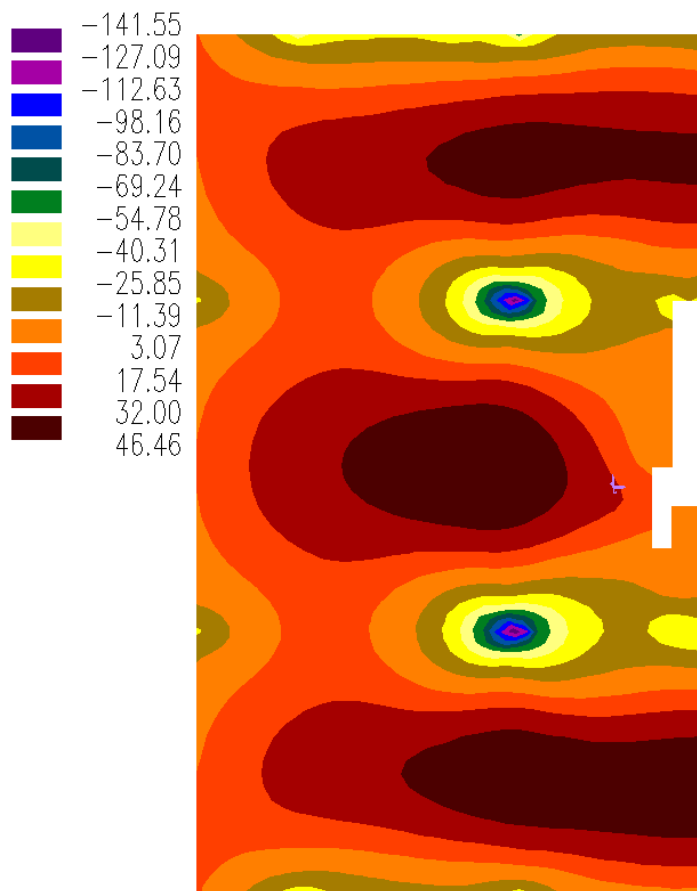
Celkový moment ve sloupovém pruhu $\omega \cdot M_i$
 Celkový moment ve středovém pruhu $(1-\omega) \cdot M_i$
 Moment ve sloupovém/středovém pruhu celkový moment/šířka pruhu

Tab. 8: Momenty ve sloupových a středních pruzích

Momenty ve sloupových a středních pruzích							
pole	průřez	celkový kladný/záporný moment M_i [kNm]	pruh	ω	celkový moment ve sloup./středním pruhu M_j	šířka pruhu [m]	moment ve sloup./středním pruhu na 1 m šířky m_j [kNm]
A	1 (střední podpora)	153,98	sloupový	0,896	137,97	3,061	45,07
			střední		16,01	3,954	4,05
	2 (pole)	256,64	sloupový	0,6	153,98	3,280	46,95
			střední		102,66	3,713	27,65
	3 (krajní podpora)	359,3	sloupový	0,75	269,48	3,498	77,04
			střední		89,83	4,363	20,59
B	1 (dolní podpora)	428,66	sloupový	0,75	321,50	2,846	112,96
			střední		107,17	2,845	37,67
	2 (pole)	230,82	sloupový	0,6	138,49	2,846	48,66
			střední		92,33	2,845	32,45
	3 (horní podpora)	428,66	sloupový	0,75	321,50	2,846	112,96
			střední		107,17	2,845	37,67

Výsledky z programu Renex 3D

Stropní deska nad 1.NP
 Kombinace: "MSU" - MAX - M_y [kNm/m]



Obr. 30: Vykreslení momentů s průměrnými hodnotami – Renex 3D

Porovnání

Tab. 9: Porovnání momentů ve sloupovém poli - ruční výpočet x Renex 3D

	$m_{A,pole}$ [kNm/m']	$m_{A,podpora}$ [kNm/m']	$m_{B,pole}$ [kNm/m']	$m_{B,podpora}$ [kNm/m']
Ruční výpočet	46,95	45,07	48,66	112,96
Renex 3D	46,46	40,31	46,46	112,63

Závěr

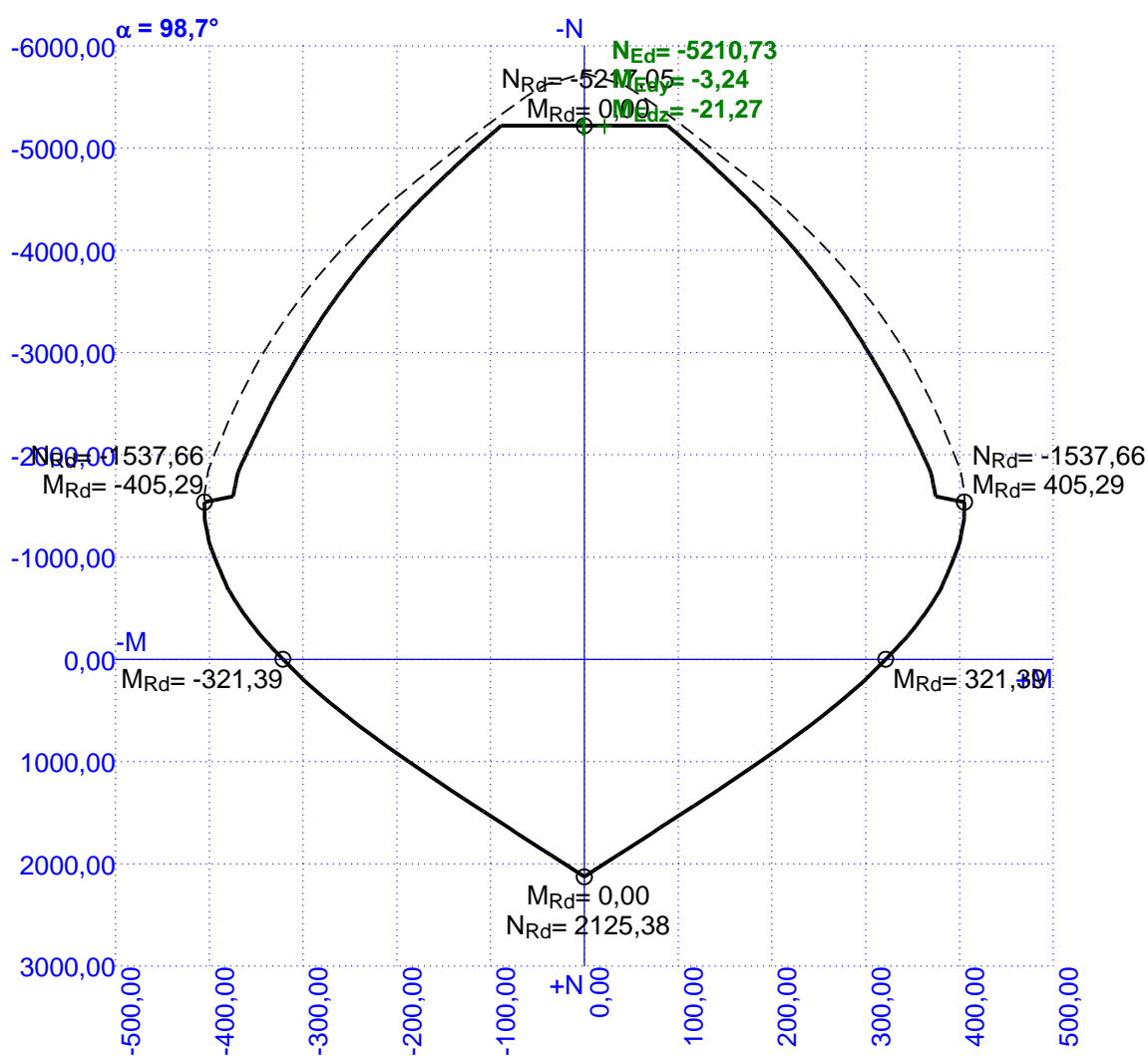
Výsledky z ručního výpočtu přibližně odpovídají výsledkům z programu. Správnost výpočtu byla ověřena.

4.6 Návrh sloupu

Byl posouzen nejvíce zatížený sloup ve 2. podzemním podlaží na osách C/7. Sloup byl posouzen v programu FINE viz příloha statického výpočtu č 5.

Vnitřní síly byly převzaty z celkového 3D modelu viz příloha statického výpočtu č. 8.

Sloup je vyztužen podélnou výztuží 12x \varnothing 22 mm a třmínky \varnothing 8/200 mm – viz v.č. 11. Využití sloupu 90,9 %. Sloup vyhovuje na mezní stav únosnosti i použitelnosti.



Obr. 31: Interakční diagram sloupu

4.7 Návrh pilot

Návrh pilot byl proveden na základě reakcí vypočtených na celkovém 3D modelu v programu Renex 3D metodou konečných prvků. Model je podepřen pevnými bodovými podporami (pevnými klouby) v místě pilot. Výpočet reakcí viz příloha statického výpočtu č. 6.

Samotné piloty byly posouzeny v programu GEO5 metodou regresních součinitelů tak, aby nebylo překročeno sedání 10 mm a aby pata piloty byla minimálně v hornině třídy R5 případně R4. Geologický profil zemin byl převzat z inženýrsko-geologického průzkumu.

Posouzení pilot viz příloha statického výpočtu č. 7.

Tab. 10: Geologický profil - piloty

Vrstva	Zemina	Podzemní voda	Mocnost vrstvy	Hloubka	Charakteristická objemová tíha zeminy
			h [m]	z [m]	γ_k [kN/m ³]
1	S5 - Písek jílovitý	ne	2,00	2,00	27,0
2	F3 - Hlína písčité	ne	1,00	3,00	18,0
2	S3 - Písek hlinitý	ne	1,90	4,90	17,5
3	S3 - Písek hlinitý	ano	0,20	5,10	27,5
4	G3 - Štěrk jílovito-písčité	ano	2,40	7,50	29,0
5	S3 - Písek hlinitý	ano	2,50	10,00	27,5
6	G3 - Štěrk jílovito-písčité	ano	2,70	12,70	29,0
7	R6 - Silně zvětralá břidlice	ano	2,30	15,00	26,0
8	R6 - Zvětralá břidlice	ano	1,70	16,70	26,0
9	R5 - Zvětralá břidlice	ano	5,30	22,00	26,0
10	R4 - Břidlice	ano			26,0

Vzhledem k rozdílnosti sil, které mají piloty přenést byli zvoleny 3 průměry pilot.

Pro přenesení největších sil byla navržena pilota $\varnothing 1220$ mm o délce 18 m, která si při působení charakteristické síly 5758 kN sedne o 9,8mm.

Pro střední hodnoty sil byla navržena pilota $\varnothing 1020$ mm o délce 15 m, která si při působení charakteristické síly 3503 kN sedne o 9,1mm.

A nakonec pro nejmenší síly pilota $\varnothing 720$ mm o délce 13,5 m, která si při působení charakteristické síly 2198 kN sedne o 8,9 mm.

U všech navržených pilot byla posouzena svislá i vodorovná únosnost (mezní stav únosnosti) a maximální sedání podle mezní zatěžovací křivky (mezní stav použitelnosti).

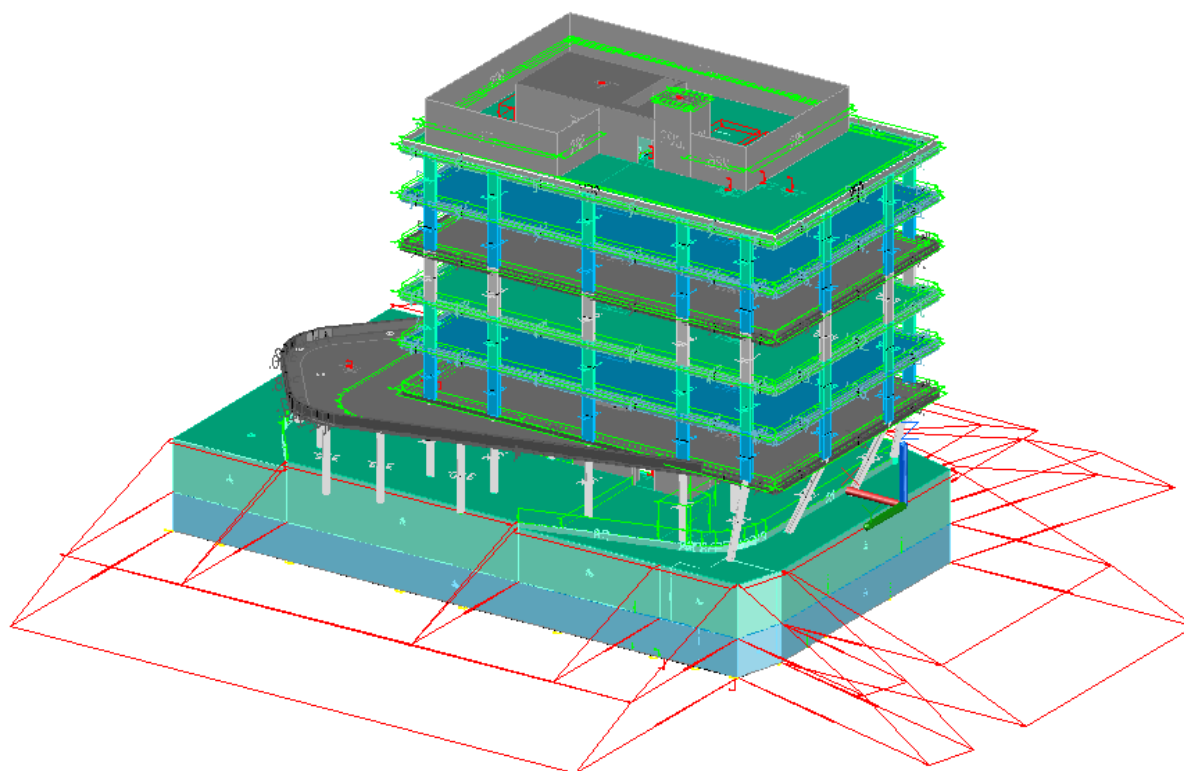
Piloty vzhledem k meznímu stavu únosnosti i použitelnosti vyhoví.

Piloty budou ukončeny pod deskou a výztuž pilot tak nebude provázána s výztuží základové desky.

Přesné pozice pilot jsou rozkresleny ve výkrese tvaru základové desky – viz v.č. 1.

Schéματα výztuže pilot jsou součástí přílohy statického výpočtu č. 7.

4.8 Návrh vodonepropustných konstrukcí – tzv. bílé vany



Obr. 32: Celkový výpočetní model

Návrh vodonepropustných konstrukcí základové desky a obvodových suterénních stěn byl proveden na celkovém 3D modelu ve výpočetním programu Renex 3D metodou konečných prvků. Ve výpočtech byl zohledněn vliv dotvarování a smršťování betonu.

Model je podepřen pružinami, které simulují piloty. Tuhost pružin je síla, která jde do piloty vydělená sedáním piloty. Čili pro pilotu $\varnothing 1220$ mm $k_1 = F/s = 5,758/0,0098 = 587$ MN/m, pro pilotu $\varnothing 1020$ mm $k_2 = F/s = 3,503/0,0091 = 385$ MN/m a pro pilotu $\varnothing 720$ mm $k_3 = F/s = 2,198/0,0089 = 247$ MN/m.

Posouzení viz příloha statického výpočtu č. 8.

Posouzení protlačení viz příloha statického výpočtu č. 9.

V základové desce byl navržen základní rastr výztuže $\varnothing 12/150$ mm v obou směrech při obou površích a dále byly navrženy potřebné příložky. Ve stěnách byla navržena u obou povrchů vodorovná vnější výztuž $\varnothing 12/150$ mm a vnitřní svislá výztuž $\varnothing 12/100$ mm a potřebné příložky v místech ve styku s deskami. Pro protlačení sloupů byly navrženy smykové lišty JDA.

Výztuž a smykové lišty jsou podrobně rozkresleny ve výkresech výztuže desky – viz v.č. 12 - v.č. 14 a ve výkrese výztuže stěn – viz v.č. 15. Výztuž je ve všech místech větší než potřebné plochy výztuže. Konstrukce na mezní stav únosnosti vyhoví.

Pro mezní stav použitelnosti byl posouzen průhyb desky s vlivem dotvarování a smršťování betonu, který je $u = 5,21$ mm a není tak větší než maximální povolené sedání 10 mm. Maximální šířka trhliny je $w = 0,20$ mm a splňuje tedy limitní hodnotu, která je pro prostředí XC2 pro kvazistálou kombinaci zatížení $w_{\max} = 0,2$ mm. Napětí ve výztuži a napětí v betonu je menší než povolené hodnoty. Konstrukce na mezní stav použitelnosti vyhoví.

Jelikož se jedná o bílou vanu, jsou zde zvláštní požadavky na konstrukce. Kromě běžných požadavků norem musejí být dodrženy i technická pravidla ČBS 04.

Tzn.:

- Minimální tloušťka desky musí být 250 mm, stěn 240 mm pro třídu namáhání 1 (působí tlaková voda) – tloušťka desky i stěn je 350 mm, požadavek na minimální tloušťku konstrukcí je tedy splněn.
- Pro spolehlivou instalaci vnitřních těsnění musí být prostor mezi výztuží pro kamenivo max. $32 \text{ mm} \geq 180 \text{ mm}$. Skutečný prostor mezi výztuží:
$$b = h - c_d - c_h - 4\phi = 350 - 30 - 25 - 4 \cdot 12 = 247 \text{ mm} \rightarrow \text{podmínka splněna.}$$
- Maximální průsak betonu pro třídu prostředí XA1 je 35 mm – dáno specifikací betonu ve výkrese.
- Pro beton vystavený účinkům vody a tlakový spád $h_v/h_b = 1/0,35 = 2,86 < 10$ je dovolená šířka trhliny 0,20 mm (včetně). Maximální šířka trhliny v základové desce a stěnách 2.PP je 0,20 mm → podmínka splněna.
- Pro třídu namáhání 2 (zemní vlhkost), tedy pro stěny 1.PP platí $w \leq 0,2$ mm. Maximální trhlina stěn 1.PP je 0,20 mm → podmínka splněna.
- Všechny pracovní a dilatační spáry musejí být opatřeny těsníci prvky – detaily viz v.č. 16.
- Při betonáži se musí dbát na kázeň při vázání výtuže a betonáži.

Všechny podmínky technických předpisu ČBS 04 jsou splněny. Základová deska i obvodové suterénní stěny jako vodonepropustná konstrukce vyhoví.

4.8.1 Ověření konstrukčních zásad

Základová deska tl. 350 mm

šířka	b =	1000 mm	Beton C30/37
výška	h =	350 mm	$f_{ck} =$ 30 MPa
krytí	c =	30 mm	$f_{ctm} =$ 2,9 MPa
průměr výztuže	$\varnothing =$	12 mm	
vzdálenost výztuže	s =	150 mm	Ocel B500B
plocha výztuže	$A_s =$	754,0 mm ²	$f_{yk} =$ 500 MPa
efektivní výška	d =	314 mm	

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,9/500) \cdot 1000 \cdot 314 = 473,512 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 314 = 408,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 473,512 \text{ mm}^2 < 754,0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 350 = 14000 \text{ mm}^2 > 754,0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální vzdálenost výztuže

$$s < 2 \cdot h < 700 \text{ mm}$$

$$s < 300 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$$s_s = 1,2 \cdot \varnothing = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ mm}$$

$$s_s = d_g + 5 \text{ mm} = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

$$s_s = 20 \text{ mm}$$

$$s_{s,min} = 27 \text{ mm} < 138 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Celkový stupeň vyztužení

$$4 \times \varnothing 12 / 150$$

$$\rho = A_s/A_c = 3016/350000 = 0,86 \% < \rho_{max} = 4 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,86 \% < \rho_{min} = 0,13 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Suterénní stěny tl. 350 mm

šířka	b =	1000 mm	Beton C30/37
výška	h =	350 mm	$f_{ck} = 30$ MPa
krytí	c =	35 mm	$f_{ctm} = 2,9$ MPa
průměr výztuže	$\varnothing =$	12 mm	
vzdálenost výztuže	s =	150 mm	Ocel B500B
plocha výztuže	$A_s =$	754,0 mm ²	$f_{yk} = 500$ MPa
efektivní výška	d =	309 mm	

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,9/500) \cdot 1000 \cdot 309 = 465,972 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 309 = 401,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 465,972 \text{ mm}^2 < 754,0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 350 = 14000 \text{ mm}^2 > 754,0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální vzdálenost výztuže

$$s < 2 \cdot h < 700 \text{ mm}$$

$$s < 300 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$$s_s = 1,2 \cdot \varnothing = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ mm}$$

$$s_s = d_g + 5 \text{ mm} = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

$$s_s = 20 \text{ mm}$$

$$s_{s,min} = 27 \text{ mm} < 138 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Celkový stupeň vyztužení

$$2x\varnothing 12/150 + 2x\varnothing 12/100$$

$$\rho = A_s/A_c = 3770/350000 = 1,07 \% < \rho_{max} = 4 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$1,07 \% < \rho_{min} = 0,13 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh nosné konstrukce vícepodlažní administrativní budovy. Rozměry prvků byly převzaty ze stavebně-architektonických podkladů a výpočty prokázaly, že jsou dostatečné.

Pro posouzení konstrukce bylo nejprve vypočítáno působící zatížení. Dále byl vytvořen celkový 3D model konstrukce ve výpočetním programu Renex 3D a nakonec vybrané výseky. Výpočet byl také doplněn o ruční výpočty pro posouzení poruchových oblastí schodišťového ramene a pro ověření pravdivosti výsledků programu, a to působících momentů ve stropní desce nad 1. nadzemním podlažím.

Konkrétně byly navrženy schodišťové prostory a schodiště, podrobně pak prefabrikované schodišťové rameno, stropní deska nad 1.NP, nejzatíženější sloup, piloty a vodonepropustné konstrukce – základová deska a suterénní obvodové stěny.

Veškeré konstrukce byly navrženy jak na mezní stav únosnosti, tak i na mezní stav použitelnosti. Konstrukce tak jak jsou navrženy vyhoví platným normám a předpisům.

Nakonec byla zhotovena výkresová dokumentace – výkresy tvaru všech podlaží a výkresy výztuže navržených prvků.

6 Seznam podkladů

6.1 Architektonicko-stavební řešení

Seznam dostupných výkresů:

- Půdorys 2.PP
- Půdorys 1.PP
- Půdorys 1.NP
- Půdorys 2.NP-6.NP
- Půdorys 7.NP
- Půdorys střechy
- Svislý řez 1-1
- Svislý řez 2-2
- Výpis skladeb konstrukcí

6.2 Inženýrsko-geologický průzkum

- Souhrnné vyhodnocení inženýrsko-geologických prací realizovaných v letech 2016 – 2019 v místě plánované výstavby
- Popis vrtu

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Literatura

J. PROCHÁZKA, A. KOHOUTKOVÁ, J. VAŠKOVÁ. *Navrhování železobetonových konstrukcí. Příklady a postupy*. 1. vyd. Praha: Pro České vysoké učení technické v Praze vydala Česká technika, 2014, 254 s. ISBN 978-80-01-05587-8

J. PROCHÁZKA, J. ŠMEJKAL. *Betonové stropní a schodišťové konstrukce*. 1. vyd. Praha: Pro České vysoké učení technické v Praze vydala Česká technika, 2011, 240 s. ISBN 978-80-01-06323-1

A. KOHOUTKOVÁ, J. PROCHÁZKA, J. ŠMEJKAL. *Modelování a vyztužování betonových prvků. Lokální modely železobetonových konstrukcí*. 1. vyd. Praha: Pro České vysoké učení technické v Praze vydala Česká technika, 2013, 175 s. ISBN 978-80-01-05329-4

J. PROCHÁZKA, J. ŠMEJKAL. *Betonové základové a opěrné konstrukce*. 1. vyd. Praha: Pro České vysoké učení technické v Praze vydala Česká technika, 2017, 170 s. ISBN 978-80-01-06128-2

7.2 Předpisy ČBS

TP 06 *Transportní kotvy*. 1. vyd. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, 2018, 76 s. ISBN 978-80-906759-7-1

Manuál ke školení systému ČBS AKADEMIE TP 04 *Vodonepropustné betonové konstrukce*. 3.vyd. Praha: Pro Českou betonářskou společnost ČSSI vydalo ART D – Grafický ateliér Černý s. r. o., 2018, 164 s. ISBN 978-80-906759-4-0

Sborník ke školení *Bílé vany – Vodonepropustné konstrukce*. 3.vyd. Brno: Pro Českou betonářskou společnost ČSSI a ČBS Servis, s.r.o. vydalo Ediční středisko ČVUT v Praze, 2008, 278 s. ISBN 978-80-906759-4-0

7.3 Řada norem ČSN EN

ČSN EN 1990 ed.2. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 100 s. Třídící znak: 73 0002.

ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004. Třídící znak: 73 0035

ČSN EN 1991-1-3 ed.2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část: 1-3: Obecná zatížení-zatížení sněhem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 52 s. Třídící znak: 73 0035

ČSN EN 1991-1-4 ed.2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část: 1-4: Obecná zatížení-zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 124 s. Třídící znak: 73 0035

ČSN EN 1992-1-1 ed.2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí- Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 202 s. Třídící znak: 73 1201.

ČSN EN 206. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 88 s. Třídící znak: 73 2403.

ČSN EN 13670. *Provádění betonových konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2010, 56 s. Třídící znak: 73 2400.

ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 64 s.

ČSN EN 1997-1 *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 1: Obecná pravidla*. 2016, 138 s. Třídící znak: 76 1000

7.4 Elektronické zdroje

Katalog Halfen – DEHA systém přepravních úchytů s kulovou hlavou
https://downloads.halfen.com/catalogues/cz/media/catalogues/reinforcementsystems/KKT08_CZ.pdf

Katalog Jordahl & Pfeifer – Smyková výztuž proti protlačení JDA
https://jpcz.cz/fileadmin/jordahlbau/microsite_cz/downloads/LIT-JDA-B-CZ.pdf

7.5 Použité programy

Programy RENEX – © FEM consulting Brno s.r.o., RECOC, spol. s r.o.
Preprocesory a postprocesory RECOC-BETON – © RECOC, spol. s r.o.
JordahlExpert JDA-4.2.1.22 – © JORDAHL & PFEIFER Stavební technika, s.r.o.
GEO5 2020 – © FINE, spol. s.r.o.
FINE 2020 – © FINE, spol. s.r.o.
AutoCAD 2011 – © Autodesk, Inc.
Software firmy RECOC, spol. s r. o. – vázaná výztuž, 3D modelář
Microsoft Office 365 - Excel – © Microsoft Corporation, a.s.
Microsoft Office 365 - Word – © Microsoft Corporation, a.s.

8 Seznam obrázků

<i>Obr. 1: 3D model objektu.....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 2: Reakce R_z při působení větru v podélném směru.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3: Reakce R_z při působení větru v příčném směru.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 4: Uspořádání zatížení sněhem na střeše</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 5: Zatížení větrem</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 6: Výpočetní model schodišťových prostor – Renex 3D</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 7: Schéma výztuže schodišťového prostoru 2.PP – dolní výztuž.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 8: Schéma výztuže schodišťového prostoru 2.PP – horní výztuž</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 9: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.PP – dolní výztuž.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 10: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.PP – horní výztuž</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 11: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.NP – dolní výztuž</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 12: Schéma výztuže schodišťového prostoru 1.NP – horní výztuž.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 13: Schéma výztuže schodišťového prostoru typické podlaží – dolní výztuž</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 14: Schéma výztuže schodišťového prostoru typické podlaží – horní výztuž</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 15: Geometrie schodiště</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 16: Schéma zvedání z formy</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 17: Schéma transportu schodiště výroba-stavba</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 18: Schéma vztyčení schodiště</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 19: Schéma transportu schodiště na stavbě.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 20: Přídavná výztuž ke kotvám DEHA 6000-2.5-0120</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 21: Přídavná výztuž ke kotvám DEHA 6000-2.5-0170</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 22: Geometrie konzoly</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 23: Výztuž konzoly</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 24: Geometrie ozubu</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 25: Výztuž ozubu</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 26: Výpočetní model patrového výseku - Renex 3D.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 27: Schéma pro výpočet ručních momentů</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 28: Obrazce pro stanovení tuhostního součinitele βt</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 29: Rozdělení na sloupové a středové pruhy</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 30: Vykreslení momentů s průměrnými hodnotami – Renex 3D</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 31: Interakční diagram sloupu</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 32: Celkový výpočetní model</i>	<i>55</i>

9 Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Skladby konstrukcí</i>	15
<i>Tab. 2: Užité zatížení</i>	16
<i>Tab. 3: Součinitele vnějšího tlaku stěny $c_{pe,10}$ (podélný vítr)</i>	17
<i>Tab. 4: Tlak působící na příslušnou oblast stěny</i>	18
<i>Tab. 5: Lokalizace zatížení větrem na zatěžovací šířku (do úrovně stropních desek)... ..</i>	18
<i>Tab. 6: Geologický profil – zemní tlaky</i>	19
<i>Tab. 7: Součinitele Ψ</i>	20
<i>Tab. 8: Momenty ve sloupových a středních pruzích</i>	50
<i>Tab. 9: Porovnání momentů ve sloupovém poli - ruční výpočet x Renex 3D</i>	51
<i>Tab. 10: Geologický profil - piloty</i>	53

10 Seznam příloh

10.1 Přílohy statického výpočtu

1. Zemní tlaky – GEO5
2. Statické posouzení schodišťových prostor a schodišť – Renex 3D
3. Statické posouzení stropní desky nad 1.NP – Renex 3D
4. Posouzení protlačení stropní desky nad 1.NP– Jordahl Expert
5. Posouzení sloupu – FINE
6. Reakce do pilot – Renex 3D
7. Posouzení pilot – GEO5
8. Celkový model – Posouzení vodonepropustných konstrukcí – tzv. bílé vany, síly ve sloupech – Renex 3D
9. Posouzení protlačení základové desky – Jordahl Expert

10.2 Seznam výkresové dokumentace

v.č. 1	Výkres tvaru základové desky	M1:50
v.č. 2	Výkres tvaru 2. podzemního podlaží	M1:50
v.č. 3	Výkres tvaru 1. podzemního podlaží	M1:50
v.č. 4	Výkres tvaru 1. nadzemního podlaží	M1:50
v.č. 5	Výkres tvaru typického podlaží (2.NP - 6.NP)	M1:50
v.č. 6	Výkres tvaru 7. nadzemního podlaží	M1:50
v.č. 7	Výkres tvaru a výztuže schodišťového ramene Sh	M1:25
v.č. 8	Výkres výztuže stropní desky nad 1.NP – dolní povrch	M1:50
v.č. 9	Výkres výztuže stropní desky nad 1.NP – horní povrch	M1:50
v.č. 10	Výkres výztuže stropní desky nad 1.NP – lemovací výztuž a řezy	M1:50
v.č. 11	Výkres výztuže sloupu	M1:25
v.č. 12	Výkres výztuže základové desky – dolní povrch	M1:50
v.č. 13	Výkres výztuže základové desky – horní povrch	M1:50
v.č. 14	Výkres výztuže základové desky – lemovací výztuž a řezy	M1:50
v.č. 15	Výkres výztuže suterénních stěn	M1:50
v.č. 16	Výkres detailů bílé vany	M1:10