

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Vícepodlažní nadzemní parkoviště ze železobetonu

Multistorey car park aboveground from concrete

Student:

Bc. Helena Urbánková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marie Kozielová, Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Helena Urbánková**

Studijní program: N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb

Téma: **Vícepodlažní nadzemní parkoviště ze železobetonu**
Multistorey car park aboveground from concrete

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je návrh vícepodlažního objektu určeného pro parkovací stání osobních automobilů.

Součástí návrhu je provedení:

1. konstrukčního a dispozičního řešení jednotlivých podlaží objektu
2. návrh rozměrů hlavního nosného železobetonového systému
3. statické posouzení nosných železobetonových prvků a konstrukcí
4. vyhotovení výkresové dokumentace vyztužení jednotlivých posouzených železobetonových prvků

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení – Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení budov, ČSNI 03/2004
- ČSN EN 1991-1-3: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení – Část 1-3: Zatížení sněhem, ČSNI 03/2005
- ČSN EN 1991-1-4: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení – Část 1-4: Zatížení větrem, ČSNI 2005
- ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Obecně – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby, ČSNI 2006
- ČSN EN ISO 3766: Výkresy stavebních konstrukcí – Kreslení vyztuže do betonu, ČSNI 2004
- ČSN 01 3481: Výkresy betonových konstrukcí, ČSNI 1987
- Procházka, J.; Krátký, J.: Navrhování betonových konstrukcí podle Eurocode 2. ČVUT, Praha 1995
- Procházka, J.; Krátký, J. a spol.: Betonové konstrukce – Příklady navrhování podle Eurocode 2. ČVUT, Praha 2003
- Bažant, Z.; Šmiřák, S.: Betonové konstrukce III – Konstrukce plošné, nádrže a zásobníky. Brno 2002

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marie Kozielová, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2019

Datum odevzdání: 29.11.2019



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Poděkování

V první řadě bych velice ráda poděkovala paní Ing. Marie Kozielové, Ph.D. za její pedagogické vedení, vzácné rady, neocenitelnou vstřícnost, ochotu a trpělivost při zpracování mé diplomové práce. Velikým povzbuzením byly pro mne její úsměvy, které mi dávaly další sílu do práce.

Dále bych chtěla moc poděkovat mé rodině, která byla, je a bude mou nenahraditelnou oporou. Bez ní by tato práce nikdy nebyla napsána.

Také chci poděkovat mému příteli, který často ťukal na klávesnici svou diplomovou práci vedle mě ve stejných chvílích jako já. V těch chvílích souznění to byla o to větší zábava a pomoc.

A v neposlední řadě patří poděkování mému kamarádovi už od střední školy panu Bc. Martinu Mlčákovi za cenné rady při hledání inspirace návrhu parkovacího domu.

Anotace

Diplomová práce řeší návrh a posudek hlavních částí čtyřpatrového parkovacího domu ze železobetonu inspirující se reálným investičním záměrem multifunkčního parkovacího domu u Městské nemocnice Ostrava. Původní objekt byl následně trochu pozměněn a v MKP softwaru ve 3D kompletně vymodelován. Na základě programových výsledků vnitřních sil byla dále navržena a posouzena nosná výztuž stropních desek, sloupů, schodiště a rampy podle mezního stavu únosnosti a použitelnosti dle platných norem. Následně byla zpracována výkresová dokumentace výztuže jednotlivých prvků spolu s projektovou dokumentací objektu.

Klíčová slova

Železobetonová skeletová konstrukce, parkovací dům, vícepodlažní objekt, nájezdová rampa, monolitické schodiště, zelená střecha.

Abstract

The diploma thesis solves the design and assessment of the main parts of the four-storey parking house made of reinforced concrete inspired by the real investment plan of a multifunctional parking house at the Hospital in the Ostrava City. The object was subsequently slightly modified and completely modeled in FEM software in 3D. Based on internal forces results from the software it has also been designed and assessed load-bearing reinforcement of ceiling slabs, columns, staircases and ramps according to the ultimate limit state and serviceability according to valid standards. Subsequently, drawings of reinforcement of individual elements were carried out with project documentation of the object.

Keywords

Reinforced concrete frame structure, parking house, multi-storey buildings, ramp for cars, monolithic staircase, green roof.

Seznam použitých značek a symbolů

Latinská písmena

A	průřezová plocha v účinném průřezu	[m ²]
$a_{s,min}$	minimální plocha výztuže	[mm ²]
$a_{s,max}$	maximální plocha výztuže	[mm ²]
a_s	plocha výztuže	[mm ²]
A_{sw}	plocha navržené smykové výztuže	[mm ²]
s_{sw}	vzdálenost prutů smykové výztuže	[mm]
c_{nom}	krycí vrstva výztuže	[mm]
c_{min}	minimální krycí vrstva výztuže	[mm]
E	modul pružnosti	[MPa]
F_s	síla na mezi kluzu	[kN]
F_c	síla na mezi porušení	[kN]
f_{ck}	charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku	[MPa]
f_{yk}	charakteristická pevnost oceli na mezi kluzu	[MPa]
f_{ctm}	střední hodnota pevnosti betonu v tahu	[MPa]
$f_{ctk,0,05}$	dolní kvantil pevnosti betonu v tahu	[MPa]
f_{ywd}	návrhová pevnost oceli od třmínků a smykové výztuže	[MPa]
g_k	charakteristické zatížení od skladby	[kN/m ²]
q_k	proměnné charakteristické zatížení	[kN/m ²]
Q_k	proměnné charakteristické zatížení	[kN]
$b_{eff,1}$	spolupůsobící šířka desky v levé části průřezu	[mm]
$b_{eff,2}$	spolupůsobící šířka desky v pravé části průřezu	[mm]
b_w	šířka průvlaku	[mm]
b_{eff}	celková spolupůsobící šířka desky	[mm]
b_1	polovina šířky pole desky bez šířky průvlaku v levé části	[mm]
b_2	polovina šířky pole desky bez šířky průvlaku v pravé části	[mm]
N	normálová síla	[kN]
$M_{v,hlavě}$	ohybový moment působící v hlavě sloupu	[kNm]
$M_{v,patě}$	ohybový moment působící v patě sloupu	[kNm]
M_x^+	ohybový kladný moment ve směru x	[kNm]
M_x^-	ohybový záporný moment ve směru x	[kNm]
M_y^+	ohybový kladný moment ve směru y	[kNm]

M_y^-	ohybový záporný moment ve směru y	[kNm]
M_z	ohybový moment ve směru z	[kNm]
M_{rd}	moment na mezi únosnosti	[kNm]
N_{rd}	únosnost průřezu v tlaku	[kN]
$V_{rd,c}$	únosnost ve smyku prvku bez smykové výztuže	[kN]
m_{xD}^+	maximální dimenzační moment ve směru x nad podporou	[kNm/m]
m_{xD}^-	maximální dimenzační moment ve směru x v poli	[kNm/m]
m_{yD}^+	maximální dimenzační moment ve směru y nad podporou	[kNm/m]
m_{yD}^-	maximální dimenzační moment ve směru y v poli	[kNm/m]
s_k	charakteristický součinitel zatížení sněhem na zemi	[kN/m ²]
$c_{pe,10}$	součinitel tlaku a sil pro velké zatěžovací plochy (> 10 m ²)	[-]
TL	tloušťka materiálu	[mm]
D	označení typu stropní konstrukce	[-]

Řecká písmena

\emptyset	průměr výztuže	[mm]
	průměr sloupu	[mm]
μ	tvarový součinitel střechy	[-]
γ_G	součinitel pro stálé zatížení	[-]
γ_Q	součinitel pro proměnné zatížení	[-]
γ_c	součinitel spolehlivosti betonu	[-]
γ_s	součinitel spolehlivosti oceli	[-]
θ	úhel tlačené diagonály v betonu u smykové výztuže	[-]
ρ_l	součinitel vyztužení	[-]
ρ	objemová hmotnost	[kg/m ³]
γ	plošná hmotnost	[kg/m ²]
σ_{cp}	normálové napětí betonu v kritickém průřezu	[MPa]

Obsah

1. Úvod.....	15
2. Popis objektu.....	16
2.1 Účel a dispoziční řešení	16
2.2 Architektonické řešení	17
2.3 Konstrukční řešení	17
2.3.1 Výpočet schodiště	18
3. Konstrukce vícepodlažních budov	20
3.1 Historický vývoj	20
3.2 Statické působení	20
3.2.1 Zatížení	21
3.2.2 Tuhost konstrukce	21
3.2.3 Ztužující funkce	21
3.3 Základní rozdělení	21
3.3.1 Stěnové systémy	22
3.3.2 Sloupové systémy	23
3.3.3 Kombinované systémy.....	24
3.3.4 Zvláštní systémy	26
4. Rozbor zatížení	27
4.1 Stálá zatížení	27
4.1.1 Vodorovné zatížení	27
4.1.2 Svislé zatížení	31
4.2 Proměnné zatížení.....	33
4.2.1 Užité zatížení	33
4.2.2 Zatížení sněhem	34
4.2.2.1 Výpočet tvarových součinitelů pro střechu ve směru x.....	36
4.2.2.1.1 (A) Tvarový součinitel pro střechu sousedící a přiléhající k vyšší stavbě	36
4.2.2.1.2 (B) Tvarový součinitel pro výjimečné navátí sněhu u atiky	38
4.2.2.2 Výpočet tvarových součinitelů pro střechu ve směru y.....	39
4.2.2.2.1 (A) Tvarový součinitel pro plochou střechu ve tvaru pultové a sedlový světlík	39
4.2.2.2.2 (B) Tvarový součinitel pro střechy vícepodlažních budov mezi odtokovými žlaby	39
4.2.2.2.3 (C) Tvarový součinitel pro střechy vícepodlažních budov mezi odtokovým žlabem a světlíkem.....	40
4.2.2.3 Charakteristická hodnota zatížení sněhem	40
4.2.3 Zatížení větrem	42

4.2.3.1	Rychlost a tlak větru	42
4.2.3.1.1	Povětrnostní podmínky	42
4.2.3.1.2	Místní vlivy	42
4.2.3.1.3	Charakteristický maximální dynamický tlak	43
4.2.3.2	Kvazistatická odezva	44
4.2.3.2.1	Součinitelé vnějšího tlaku pro svislé stěny	44
4.2.3.2.2	Součinitelé vnějšího tlaku pro plochou střechu	45
4.2.3.2.3	Součinitelé vnějšího tlaku pro světlík	47
4.2.3.2.4	Výsledky tlaku větru na střešní konstrukci a stěny	49
5.	Výpočetní model.....	53
5.1	MKP model.....	53
5.1.1	Popis výpočtu – nastavení sítě apod.	53
5.1.2	Zatížení ve 3D modelu.....	54
5.1.2.1	Stálé zatížení.....	54
5.1.2.2	Proměnné – užité	54
5.1.2.3	Proměnné – sníh	55
5.1.2.4	Proměnné – vítr	55
5.2	Ruční výpočet	56
5.2.1	Podpření desky	56
5.2.2	Lokálně podepřená deska – metoda součtových momentů	58
5.2.2.1	Výpočet ohybových momentů ve směru x	59
5.2.2.2	Výpočet ohybových momentů ve směru y	59
5.2.3	Porovnání ručního výpočtu s MKP modelem.....	60
5.3	Výsledky vnitřních sil.....	61
5.3.1	Stropní desky	61
5.3.1.1	Stropní deska D_1 nad 1. NP	61
5.3.1.1.1	Dimenzační momenty ve směru x.....	61
5.3.1.1.2	Dimenzační momenty ve směru y.....	62
5.3.1.1.3	Výsledky na desce D_1	63
5.3.1.2	Stropní deska D_2 nad 2. NP	63
5.3.1.2.1	Dimenzační momenty ve směru x.....	63
5.3.1.2.2	Dimenzační momenty ve směru y.....	64
5.3.1.2.3	Výsledky na desce D_2	65
5.3.1.3	Stropní deska D_3 nad 3. NP	65
5.3.1.3.1	Dimenzační momenty ve směru x.....	65
5.3.1.3.2	Dimenzační momenty ve směru y.....	66
5.3.1.3.3	Výsledky na desce D_3	67
5.3.1.4	Střešní deska D_4 nad 4. NP	67

5.3.1.4.1	Dimenzační momenty ve směru x.....	67
5.3.1.4.2	Dimenzační momenty ve směru y.....	68
5.3.1.4.3	Výsledky na desce D ₄	69
5.3.2	Průvlaky.....	69
5.3.2.1	Typ A.....	69
5.3.2.2	Typ B.....	71
5.3.2.3	Typ C.....	72
5.3.2.4	Typ D.....	74
5.3.2.5	Typ E.....	75
5.3.2.6	Typ F.....	77
5.3.2.7	Typ G.....	78
5.3.3	Sloupy.....	80
5.3.3.1	Typ I.....	80
5.3.3.2	Typ II.....	81
5.3.3.3	Typ III.....	81
5.3.3.4	Typ IV.....	82
5.3.3.5	Typ V.....	83
5.3.3.6	Typ VI.....	83
5.3.3.7	Typ VII.....	84
5.3.3.8	Typ VIII.....	85
5.3.3.9	Typ IX.....	85
5.3.4	Schodiště.....	86
5.3.5	Rampa.....	88
5.3.5.1	Šikmé desky rampy.....	89
5.3.5.2	Průvlaky na rampě.....	91
6.	Návrh a posouzení na MSÚ.....	93
6.1	Základní informace.....	93
6.1.1	Charakteristika materiálu.....	93
6.1.2	Krytí výztuže.....	94
6.1.2.1	Krytí výztuže pro stropní desky.....	94
6.1.2.2	Krytí výztuže pro průvlaky.....	94
6.1.3	Požadovaná plocha výztuže.....	95
6.1.4	Posudek výztuže desky a průvlaku.....	96
6.1.5	Posudek výztuže sloupu.....	97
6.1.6	Posudek limitní štíhlosti.....	98
6.1.7	Konstrukční zásady.....	99
6.1.7.1	Omezení množství hlavní tahové výztuže.....	99
6.1.7.2	Maximální osová vzdálenost hlavní výztuže.....	100

6.1.7.3	Minimální světlá vzdálenost prutů	100
6.1.7.4	Minimální kotevní délka.....	101
6.1.7.5	Kotevní délka.....	101
6.1.7.6	Minimální kotevní délka.....	101
6.2	Stropní deska.....	102
6.2.1	Stropní deska D ₁ , D ₂ , D ₃ nad 1. NP, 2. NP, 3. NP.....	102
6.2.1.1	Horní povrch.....	102
6.2.1.2	Dolní povrch.....	104
6.2.2	Stropní deska D ₄ nad 4. NP	107
6.3	Průvlaky	108
6.3.1	Typ A – průvlaky nad rampou ve směru y	108
6.3.1.1.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu).....	108
6.3.1.1.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	110
6.3.1.1.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	113
6.3.1.2	Typ B – průvlaky nad rampou ve směru x	115
6.3.1.2.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu).....	115
6.3.1.2.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	116
6.3.1.2.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	116
6.3.1.3	Typ C – vnitřní průvlaky směr x a směr y.....	117
6.3.1.3.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu).....	117
6.3.1.3.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	118
6.3.1.3.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	118
6.3.1.4	Typ D – krajní průvlaky ve směru x a směru y	119
6.3.1.4.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu).....	119
6.3.1.4.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	120
6.3.1.4.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	121
6.3.1.5	Typ E – oblouky	121
6.3.1.5.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu).....	122
6.3.1.5.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	122
6.3.1.5.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	123
6.3.1.6	Typ F – velké průvlaky u schodiště ve směru x	124
6.3.1.6.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu).....	124
6.3.1.6.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	125
6.3.1.6.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	125
6.3.1.7	Typ G – malé průvlaky u schodiště ve směru x	126
6.3.1.7.1	Návrh a posudek hlavní výztuže	126
6.3.1.7.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	127
6.3.1.7.3	Návrh a posudek smykové výztuže.....	127

6.3.2	Rekapitulace profilů v průvlaku	128
6.4	Sloupy	129
6.4.1.1	Typ I	129
6.4.1.2	Typ II	130
6.4.1.3	Typ III	132
6.4.1.4	Typ IV	134
6.4.1.5	Typ V	135
6.4.1.6	Typ VI	137
6.4.1.7	Typ VII	139
6.4.1.8	Typ VIII	140
6.4.1.9	Typ IX	142
6.4.1.10	Rekapitulace sloupů	143
6.5	Schodiště	144
6.5.1	Horní povrch	144
6.5.2	Dolní povrch	144
6.6	Rampa	145
6.6.1	Rampová deska	145
6.6.1.1	Horní povrch	145
6.6.1.2	Dolní povrch	146
6.6.2	Průvlaky na rampě	147
6.6.2.1	Vnitřní průvlaky	147
6.6.2.1.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)	147
6.6.2.1.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	148
6.6.2.1.3	Návrh a posudek smykové výztuže	149
6.6.2.2	Vnější průvlaky	149
6.6.2.2.1	Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)	150
6.6.2.2.2	Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)	150
6.6.2.2.3	Návrh a posudek smykové výztuže	151
7.	Návrh a posouzení na MSP	152
7.1	Mezní stav omezení napětí	152
7.2	Mezní stav trhlin	153
7.3	Mezní stav přetvoření	153
7.4	MSP pro stropní konstrukce	154
7.5	MSP pro průvlaky	154
8.	Závěr	155
9.	Seznamy	156
9.1	Seznam obrázků	156
10.	Odkazy (citace):	163

1. Úvod

Parkovací domy se stále častěji stávají nedílnou součástí našich životů. S rostoucím počtem aut a hustotou dopravy je čím dál složitější řešit nepříjemnou situaci se zaparkováním auta. Obzvláště pro velkoměsta s historickými částmi představuje parkování aut veliký problém a hledají se vhodné možnosti, jak tento z mnoha stran kritizovaný stav vyřešit. Vznikají tak několikamilionové zakázky na parkovací domy na frekventovaných místech u nemocnic, vlakových a autobusových nádraží nebo úřadů. Otvírají se tím nové možnosti využití materiálů a architektonických studií, které musí řešit nájezdové rampy spolu s vhodným umístěním v budově a připojením na již vzniklé komunikace. Parkovací domy se již na mnoha místech staly a nejspíše stanou ve větší míře součástí našeho života a urbanistiky měst, do které se musí promítnout kreativita a profesionalita projektantů a staticků v jejich projektech odolných, moderně, funkčně, esteticky a ekologicky řešených parkovacích domů. Jedná se o jedny z mála objektů, které se spíše než rekonstruovat, budou budovat. Proto jsem si za téma diplomové práce vybrala vícepodlažní objekt pro parkovací stání, protože mě tato tematika zajímá a přímo osobně i dotýká.

Cílem práce je v první řadě zpracovat dispoziční řešení a konstrukční studii vícepodlažního parkovacího domu pro osobní automobily. Následně navrhnout a posoudit hlavní nosné prvky ze železobetonu a k tomu vyhotovit příslušnou výkresovou dokumentaci posouzených železobetonových prvků.

Návrh mé navržené koncepce vychází z reálného investičního záměru multifunkčního parkovacího domu u Městské nemocnice Ostrava. Objekt není dosud realizován, je pouze v podobě výkresové dokumentace jednotlivých podlaží a náležitostech s tím spjatých. Obsahuje dvě varianty řešení jak střešní konstrukce, tak fasády. O žádné z nich nebylo dosud přímo rozhodnuto.

Oproti původní dokumentaci byl objekt pro diplomovou práci, aby vyhovoval zadání, upraven. Jako střešní konstrukce byla vybrána varianta se zelenou střechou. Fasáda je zvolena jako zavěšená prosklená po celém svém obvodu. Budova má pouze čtyři nadzemní podlaží s jednotnou konstrukční výškou bez podzemních parkovacích prostor a upravený terén je srovnán do jedné přímé linie. Kvůli statickému řešení byl zvolen zásah i do umístění schodiště, které se otočilo o 180 stupňů do protějšího rohu místnosti.

2. Popis objektu



Obrázek 2.1 - Vizualizace parkovacího domu (jihozápadní pohled) [3]

2.1 Účel a dispoziční řešení

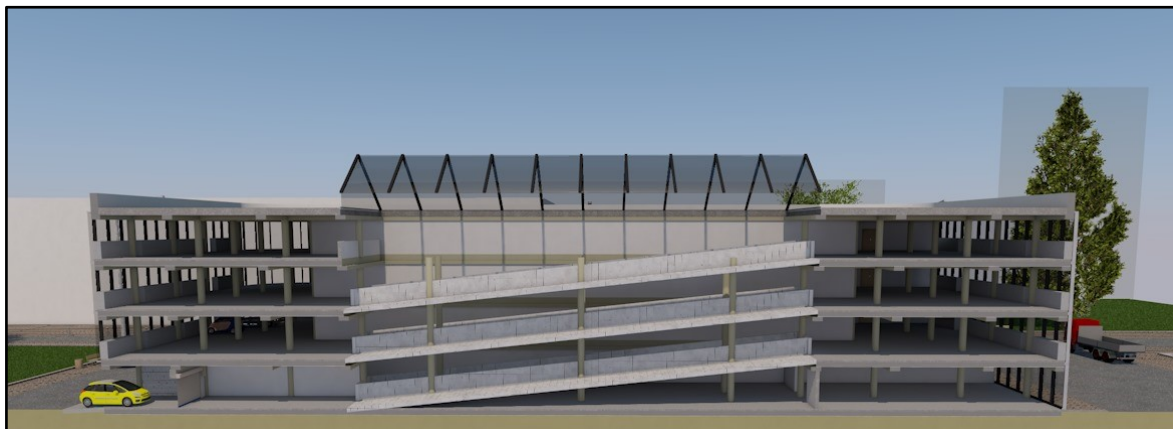
Navržený objekt slouží pro parkování osobních automobilů v blízkosti nemocnice pro návštěvníky a pracující personál. Jedná se o novostavbu občanské vybavenosti, která je plně bezbariérová a nepodsklepená s nájezdovou rampou nacházející se uvnitř budovy. Pojme přibližně 258 osobních automobilů, z nichž je 18 míst speciálně vyhrazeno a navrženo pro invalidy a rodiče s kočárky. Parkovací místa jsou situována ve vyšších patrech, přízemní část je zcela vyhrazena zázemí, kolárně, lékárně a případně jiným dalším službám, ať zdravotnickým, či obchodním.

Vícepodlažní parkoviště se skládá ze čtyř nadzemních podlaží a je zcela nepodsklepené. Nájezdové železobetonové rampy, nacházející se uvnitř budovy pro nájezd a výjezd, jsou přímé a dvojramenné. Ústí vždy do stejného směru a jejich prostor přirozeně prosvětluje střešní světlík. V každém patře se nachází dvě komunikační jádra se schodištěm a výtahem, která slouží pro pohyb příchozích a odchozích uživatelů automobilů.

První nadzemní podlaží slouží pro vjezd a výjezd osobních automobilů, která dále pokračují po rampě do vyšších pater. Nachází se zde zázemí parkovacího domu spolu s kolárnou a lékárnou pro návštěvníky.

Druhé, třetí a čtvrté nadzemní podlaží je půdorysně a dispozičně zcela totožné. Slouží jenom pro parkování vozidel. Každé parkovací místo, které sousedí s prosklenou fasádou budovy, je opatřeno betonovým svodidlem proti nárazu.

Střešní konstrukce slouží jako zelená střecha pro vysokou zeleň.



Obrázek 2.2 - 3D podélný řez objektem [3]

2.2 Architektonické řešení

Konstrukce je definována jako jednoduchý prosklený „kvádr“ se zaoblenými rohy. Pouze první nadzemní podlaží tvoří v některých částech plnou stěnu, a to v místě vchodu do garáže a do budovy. Dominantou objektu je zelená plochá střecha spolu se střešním proskleným světlíkem z ocelové konstrukce, která nadlehčuje masivní betonovou konstrukci prosklenou fasádou. Budova působí nadčasově, moderně i ekologicky.

2.3 Konstrukční řešení

Konstrukční systém je řešený jako skeletový čtyřpatrový ze železobetonu třídy C25/30 a betonářské oceli třídy B500B. Skládá se z kruhových nosných sloupů výšky 3,5 metru o průměru 400 mm, obdélníkových průvlaků o šířce 500 mm a výšky 300 mm, menších průvlaků o šířce 200 mm a výšce 200 mm a stropních desek o tloušťce 200 mm.

Opláštění budovy je řešeno závěsným systémem skleněné fasády. Obvodové stěny, které nejsou nosné, se nachází pouze u vstupních prostor v 1. NP. Spolu s vnitřními příčkami jsou z pórobetonových tvárnic. Každá stropní konstrukce má vytvořený podhled ze sádkartonu, kde se nachází jak vzduchotechnika, tak dodatečné zateplení.

Rampa spolu se schodišti se nachází od 1. NP až do 3. NP. Jsou vytvořeny stejně jako skelet z monolitického železobetonu. V každém patře jsou dvě stejné přímé rampy, a to ve tvaru U, a proto rampa neobsahuje žádná další svodidla. Schodiště je dvojramenné, deskové s mezipodestou.

Od 2. NP do 4. NP jsou instalována betonová svodidla proti nárazu u parkovacích míst, která sousedí s fasádou.

Střecha je řešena jako zelená s ocelovým sedlovým světlíkem v její středové části. Jedná se o plochou střechu se spádem 3 %, který vede do dvou střešních žlabů.

Založení objektu tvoří železobetonový rošt spolu se základovou deskou v nezámrné hloubce o rozměrech 700 x 750 mm.

2.3.1 Výpočet schodiště

Kvůli nevhodnému statickému umístění schodiště v původní dokumentaci byla konstrukce přepočítána a přemístěna.

Výpočet dvojramenného schodiště:

- konstrukční výška: 3 500 mm,
- $3\,500 : 170 = 20,58$ - počet schodů,
- návrh: 20 stupňů \rightarrow 10 stupňů v jednom rameni,

1) $h = 3\,500 : 20 = 175 \text{ mm} = \mathbf{175 \text{ mm}}$ – výška stupně,

2) $2 \cdot h + b = 630$

$$2 \cdot 175 + b = 630$$

$$b = 280 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \text{ – šířka stupně,}$$

3) 10 výšek a 9 šířek,

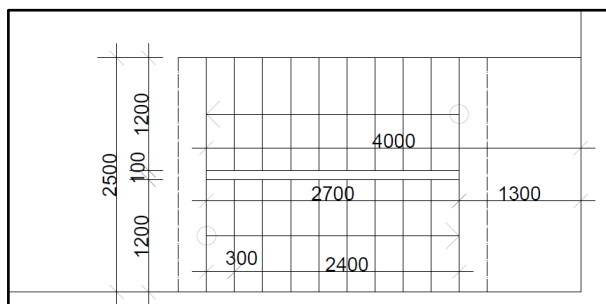
$$9 \cdot b = 9 \cdot 300 = 2\,700 \text{ mm} \text{ – délka schodišťového ramene,}$$

4) $\text{tg } \alpha = h / b = 175 / 300$

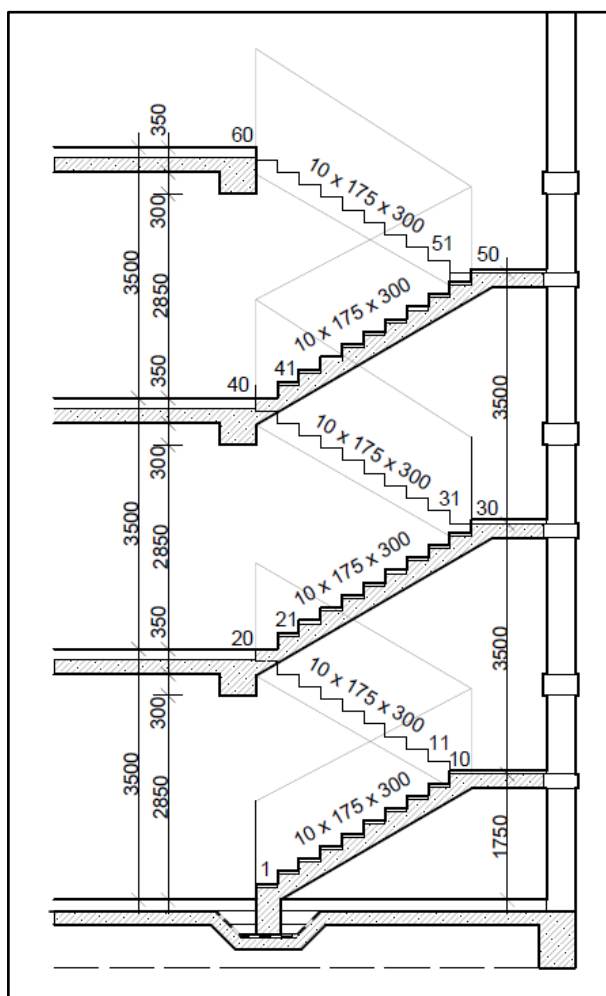
$$\text{sklon schodiště } \alpha = 30^\circ$$

Navržené hodnoty:

- šířka schodišťového ramene je 1 200 mm,
- celková šířka schodiště je $2\,400 + 100 = 2\,500$ mm,
- $1\,200 + 100 = 1\,300$ mm → šířka mezipodesty,
- celková délka ramene je $2\,700 + 1\,300 = 4\,000$ mm.



Obrázek 2.3 Schéma půdorysu schodiště



Obrázek 2.4 - Řez schodištěm

3. Konstrukce vícepodlažních budov

3.1 Historický vývoj

Po celá staletí je člověk úzce spojen se stavitelstvím. Ať se jednalo o malé pozemní stavby rodinného charakteru, nebo velkolepé sakrální stavby v gotickém stylu. Touha člověka stavět do stále větších výšek narůstala. Naskytla se tak příležitost pro nové materiály a konstrukce, které se neustále vyvíjely. I přes veškerou snahu však stále dominovalo používání tradičních materiálů jako například zdivo z kamene, nebo z cihel, a to až do začátku 20. století. O století dříve za průmyslové revoluce sice začaly vznikat lehčí konstrukce z oceli, ale jednalo se spíše o raritu než o běžnou záležitost. Stavitelé i lidé jednoduše trpěli obavami, že by se vysoké stavby mohly pod vlastní tíhou lehce zhroutit. Až s příchodem nového století začala velká revoluce ve stavebnictví. Architekti apelovali na větší odlehčení staveb, průmyslovou výrobu dílců a používání nových materiálů, jak již zmíněné ocele, nebo v dnešní době stále oblíbenějšího skla. Do středu zájmu se tak dostal železobeton, který byl na vzestupu. Tento nový vynález konce 19. století změnil celou koncepci stavebnictví. Stal se z něj jak nejrozšířenější materiál pro nosné konstrukce, tak i pro nově vznikající vícepodlažní objekty. Převratný objev ve stavebnictví také zaznamenal skeletový systém, který se hojně používá na vícepodlažní objekty z železobetonu i oceli. Vymyslel jej architekt William Le Baron Jenney v druhé polovině 19. století v Chicagu. Potřeboval najít způsob, jak postavit vysoké budovy bez použití tradičního dřeva, které suchem rádo lehalo popelem. Při pohledu na odloženou těžkou knihu své ženy na ptačí kleci, vymyslel lehký ocelový sloupový systém s vodorovnými nosníky natolik pevný, aby vydržel tíhu několika podlaží nad sebou, [9], [10].

3.2 Statické působení

Konstrukční systém vícepodlažních budov funguje na principu navzájem propojených nosných konstrukčních prvků, které jsou ve vzájemné interakci. Hlavními prvky jsou svislé části konstrukce přenášející jak účinky svislé, tak vodorovné. Svislé prvky působí jako konzoly jednostranně vetknuté do základové konstrukce. Za určitého uspořádání mohou být uloženy kloubově nebo posuvně. Vodorovné prvky v konstrukci zajišťují spolupůsobení svislých prvků v rámci celého systému, [11].

3.2.1 Zatížení

Zatížení se přenáší z vodorovných stropních a střešních konstrukcí do svislých nosných prvků jako například jsou sloupy, stěny nebo pilíře směrem do základové konstrukce. Definujeme dva různé typy zatížení podle rozložení – liniové a bodové, které může působit dostředně nebo mimostředně, [13].

3.2.2 Tuhost konstrukce

Prostorová tuhost a stabilita je dána celkovým působením konstrukce a jejím uspořádáním. S narůstající výškou objektu se zvyšují jejich požadavky vlivem vodorovného zatížení, které působí na svislé prvky ohybovými momenty. S rostoucími momenty se zvětšuje i normálová napětí jak tlaková, tak tahová, u svislých prvků. Proto je důležité věnovat pozornost zajištění spolupůsobení mezi nosnými prvky konstrukce a návrhu ztužujících prvků, [13].

3.2.3 Ztužující funkce

Ztužující funkci plní ty prvky, které mají v jednom směru vysokou ohybovou a smykovou tuhost. Jsou to například stěny, obvodové pláště, stropní konstrukce nebo ztužující jádra. U nosných sloupů ve skeletové konstrukci, které naopak mají malou ohybovou a smykovou tuhost, se dá tohoto ztužujícího efektu docílit spřažením tuhými průvlaky, stěnami nebo diagonálními ztužidly, [11], [13].

3.3 Základní rozdělení

Konstrukční systémy vícepodlažních objektů lze rozdělit mnoha způsoby – podle prostorového umístění, funkčního uspořádání, způsobu spřažení, použitého materiálu, technologie výroby nebo typu stropní konstrukce. Volba jednotlivého typu závisí na konstrukční výšce, výšce objektu, vodorovných rozponů, prostorovém řešení, volbě materiálu nebo výběru vhodné technologie. Tato kapitola bude podrobněji popisovat vícepodlažní objekty podle dvou kritérií, a to podle charakteru svislých nosných konstrukcí a podle polohy vzhledem k hlavní ose budovy, [9], [10], [14].

Podle charakteru svislých nosných konstrukcí:

- a) stěnové,
- b) sloupové,
- c) kombinované,
- d) zvláštní.

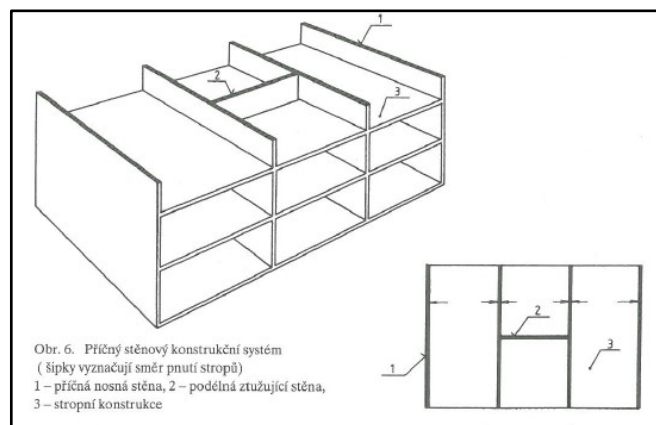
Podle polohy k hlavní ose budovy:

- a) podélné,
- b) příčné,
- c) obousměrné.

V dalších podkapitolách níže jsou podrobněji rozepsány jednotlivé systémy.

3.3.1 Stěnové systémy

Stěnové systémy fungují na principu použití výhradně stěnových prvků, které podpírají stropní konstrukce a zajišťují odolnost proti vodorovnému zatížení. Nosné stěny mohou být orientovány podélně a příčně, nebo obousměrně. Provádí se buď ze zdiva, dřeva, z monolitického betonu, z prefabrikátu, z prefa-monolitu, nebo kovu. U návrhu stěnového systému je potřeba vzít v potaz vhodný poměr mezi tloušťkou stěny, výškou podlaží a vzdáleností propojení kolmých stěn, [9], [14].



Obrázek 3.1 - Příčný stěnový konstrukční systém [10]

Výhody:

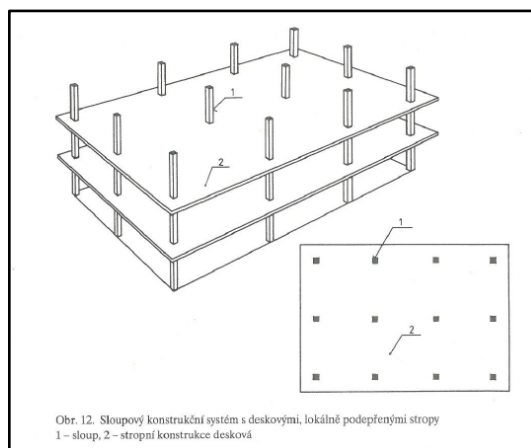
- nosná stěna působí jako průběžná přímková podpora – vliv na vysokou odolnost proti ohybovým momentům působících rovnoběžně se střednicí nosné stěny,
- velká ohybová tuhost ve střednicové rovině stěny,
- dobrá prostorová tuhost způsobena spřažením tuhých nosných stěn se stropní konstrukcí,
- zvukoizolační schopnosti a zajištění vzduchové neprůzvučnosti,
- protipožární dělení vzniklé nosnými stěnami.

Nevýhody:

- malá ohybová tuhost proti ohybovým momentům působících kolmo na střednici nosné stěny,
- nízká senzibilita vůči změnám teploty a poklesu základových podpor,
- omezení vnitřního prostoru rozponem stropní konstrukce – vhodný pouze do objektu s menšími nároky na vnitřní rozměry.

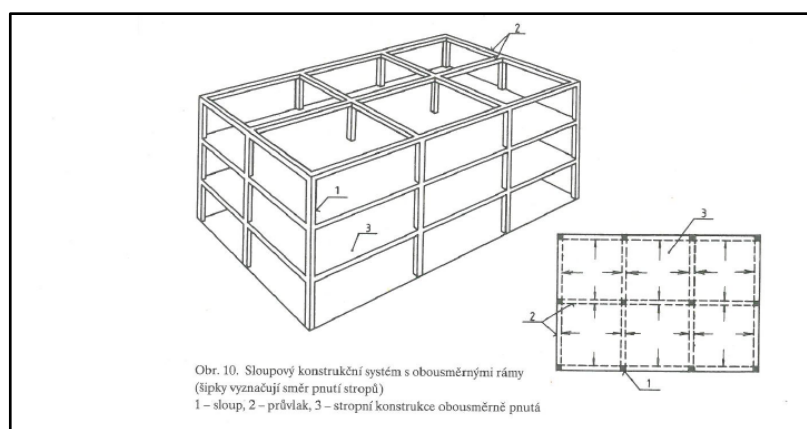
3.3.2 Sloupové systémy

Nosnou funkci v sloupových systémech tvoří sloupový systém, který podpírá stropní konstrukci. Stěny tak zastávají pouze plnicí funkci. Konstrukční systém může být doplněn i o nosníky – průvlaky, které jsou uloženy na sloupech za účelem zvýšení odporu proti vodorovným zatížením. Tímto propojením vzniká prostorová rámová konstrukce. Využívá se převážně u vyšších objektů, kde s narůstající výškou budovy roste vodorovné zatížení způsobené větrem. Průvlaky jsou zde namáhány ohybovými momenty vyvozených od reakcí stropních konstrukcí a posouvajícími svislými silami způsobených vzájemným spolupůsobením spřažených sloupů. Sloupy naopak zatěžuje tlakové napětí a ohybové momenty od vodorovných a svislých zatížení. Proti narůstajícím půdorysným rozměrům nosných prvků s narůstající výškou objektu se používá zavětrování z ocelové konstrukce. Nosné prvky sloupového systému mohou být pouze z materiálů s vysokou pevností jako je například železobeton, ocel, popřípadě dřevo i některé únosnější druhy zdíva.



Obrázek 3.2 – Sloupový konstrukční systém [10]

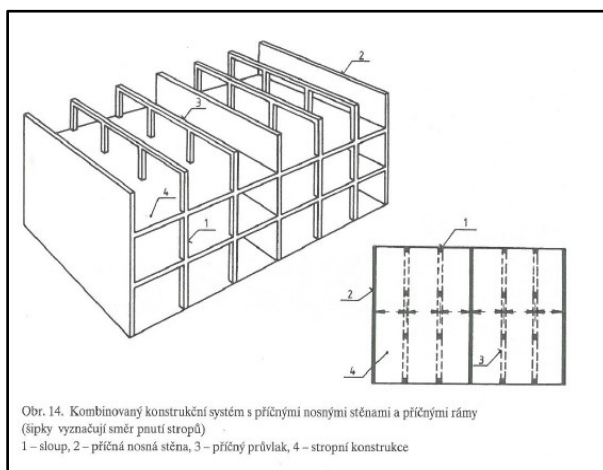
Sloupové systémy dělíme na deskové, rámové a hlavicové. Rámové systémy mohou být stejně jako systémy stěnové příčné, podélné a obousměrné. Sloupový systém s podélnými rámy se nejčastěji využívá u budov s nízkou výškou, s příčnými rámy u budov s vysokou výškou. Obousměrný systém, který se vyznačuje vysokou tuhosti, se používá u objektů s nestabilním podložím a s velkou výškou. Jeho velkou nevýhodou je složitější návrh vodorovných rozvodů, [9], [14].



Obrázek 3.3 - Sloupový konstrukční systém s obousměrnými rámy [10]

3.3.3 Kombinované systémy

Kombinovaný systém se skládá ze sloupového systému, který je doplněný o příčné i podélně umístěné nosné stěny. Nejčastěji se využívá pro polyfunkční domy, kde potřebujeme zajistit variabilitu jednotlivých podlaží dle typu odlišného typologického využití. Přidání podélně i příčně umístěných stěn se zmenšuje průřez plochy jednotlivých nosných sloupů [10], [14]. Kombinovaný systém může být situován v horizontální rovině, nebo vertikální rovině. Speciálním typem jsou jádrové systémy.



Obrázek 3.4 - Kombinovaný konstrukční systém [10]

Výhody:

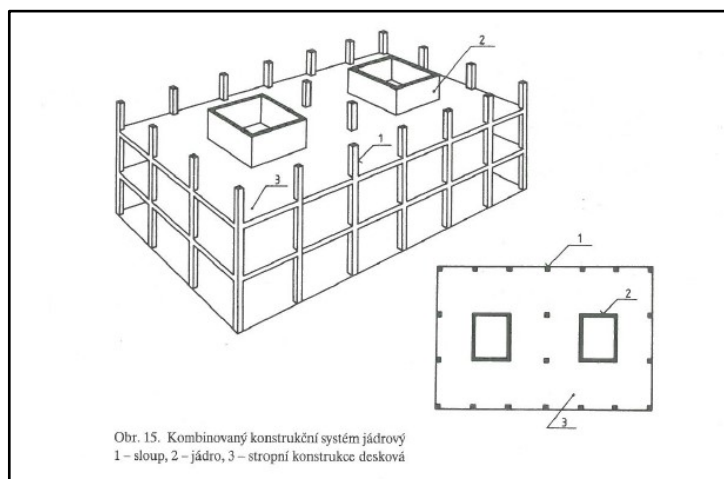
- zmenšení průřezu sloupů,
- vyšší ohybová tuhost.

Nevýhody:

- nesourodé základové poměry způsobené rozdílným založením sloupu a nosné stěny,
- uložení stropních desek.

Jádrový systém

Jádrový systém obsahuje kromě sloupové sestavy uzavřený stěnový prostor zvaný „jádro“. Slouží k oddělení hlučných a neosvětlených prostor od účelných, jako jsou schodiště nebo výtahy. Tento úsek je jak protipožárně uzavřen, tak daleko lépe vzdoruje vodorovnému zatížení než nosné sloupy. Přenáší veškeré vodorovné zatížení kvůli menší tuhosti sloupů vůči němu. Jádro by mělo být souměrné a umístěné v těžišti půdorysu budovy.



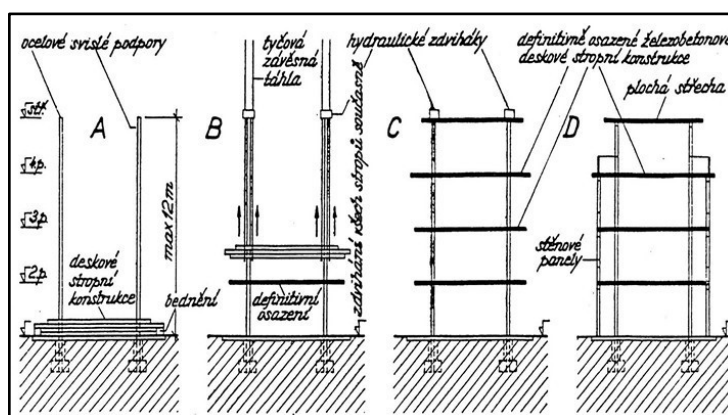
Obrázek 3.5 - Kombinovaný konstrukční jádrový systém [10]

3.3.4 Zvláštní systémy

Mezi zvláštní systémy patří zvedané stropy a superkonstrukce.

Zvedané stropy

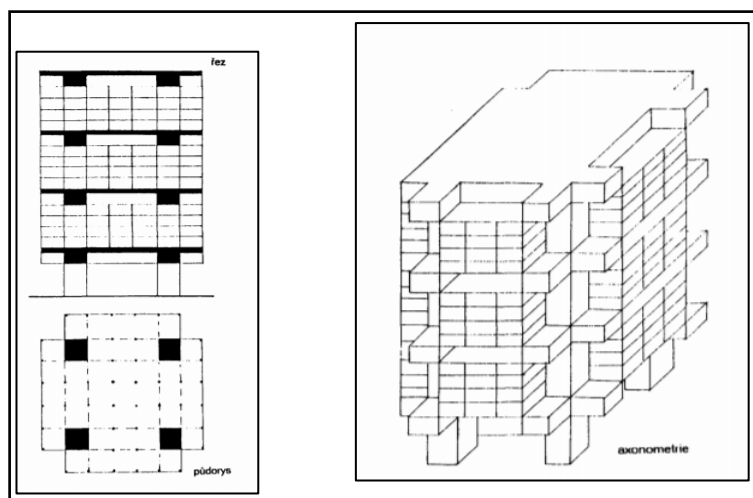
Tento systém se používá pro objekty s nepravidelným půdorysem a proluky. V první fázi se stropní desky vybetonují na zemi. Ve druhé fázi se zvednou do finální polohy a výšky po vystavených nosných sloupech. Velkou nevýhodou zvedaného systému je vysoká cena, která se ale snižuje absencí klasického bednění, [14].



Obrázek 3.6 - Postup provádění zvedaných stropů [15].

Superkonstrukce

Superkonstrukce dnes využíváme pro stavění extrémně vysokých budov s velkou životností, jako jsou například mrakodrapy. Konstrukce je buď skeletová, nebo kombinovaná, a je složena s takzvaných superrámů. Klade se důraz na požární bezpečnost, řešení vertikální dopravy v objektu a správný návrh rozvodů. Jsou složité jak na statický výpočet, tak navrhnutí provozní koncepce objektu, [9], [14].



Obrázek 3.7 - Schéma superkonstrukce [9]

4. Rozbor zatížení

4.1 Stálá zatížení

Jednotlivá stálá zatížení jsou uvedena v charakteristických hodnotách a provedena dle normy ČSN EN 1991-1-1 [4]. Vodorovné zatížení je vypočteno a do modelu vloženo jako plošné zatížení v kN/m^2 , které působí na nosné stropní desce. Svislé zatížení se naopak chová jako liniové zatížení na hraně desky v kN/m . Vlastní tíha nosných prvků konstrukce zde započtena není. Ta budou následně vygenerována v programu SCIA Engineer [1].

4.1.1 Vodorovné zatížení

Podlahy

Tabulka 4.1 - Skladba podlahy na stropní desce v komunikačním jádře

Typ konstrukce:	Podlaha				
Varianta:	Polyuretanová stěrka				
Kde:	Komunikační jádro				
Popis zatížení	kg/m^2	kg/m^3	TL. [mm]	Výpočet zatížení	g_{k1} [kN/m^2]
Sikafloor- 305 W (pečetící vrstva); $\gamma=0,15 \text{ kg/m}^2$	0,15	0	0	$0,15 \cdot 10^{-2}$	0,002
Sikafloor- 327 (podlahová stěrka); TL. 2 mm; $\gamma=2,8 \text{ kg/m}^2$	2,8	0	2	$2,8 \cdot 10^{-2}$	0,028
Sikafloor- 156 a 161 (kotevní nátěr); TL. 20 mm; $\gamma=1,55 \text{ kg/m}^2$ na 1 mm	1,55	0	20	$1,55 \cdot 20 \cdot 10^{-2}$	0,310
Cementový potěr; $\gamma=2050 \text{ kg/m}^3$	0	2050	128	$2050 \cdot 10^{-2} \cdot 128 \cdot 10^{-3}$	2,624
Celková tloušťka konstrukce:			150		
SUMA:					2,964

Tabulka 4.2 - Skladba podlahy na stropní desce a rampě v parkovací zóně

Typ konstrukce:	Podlaha				
Varianta:	Litá				
Kde:	Vozovka pro automobily				
Popis zatížení	kg/m^2	kg/m^3	TL. [mm]	Výpočet zatížení	g_{k2} [kN/m^2]
Finální nátěr AST 202; TL. 20 mm; nasycený stav: $\gamma=15 \text{ kg/m}^2$; suchý 10 kg/m^2	15	0	20	$0,15 \cdot 10^{-2}$	0,150
Stěrka AST 330 FLEX; TL. 110 mm; nasycený stav: $\gamma=850 \text{ kg/m}^3$; suchý 630 kg/m^2	0	850	110	$850 \cdot 10^{-2} \cdot 110 \cdot 10^{-3}$	0,935
Membrána AST 360; TL. 2 mm; $\gamma=0,2 \text{ kg/m}^2$	0,2	0	2	$0,2 \cdot 10^{-2}$	0,002
Penetrace AST 105; TL. 20 mm; $\gamma=0,1 \text{ kg/m}^2$	0,1	0	20	$0,1 \cdot 10^{-2}$	0,001

Celková tloušťka konstrukce:		152	
SUMA:			1,088

Schodiště

Tabulka 4.3 - Skladba podlahy na schodišťové podestě

Typ konstrukce:	Podlaha				
Varianta:	Keramická dlažba				
Kde:	Schodišťová podesta				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	g _{k3} [kN/m ²]
Keramická dlažba; TL. 10 mm; γ=2000 kg/m ³ ;	0	2000	10	2000 · 10 ⁻² · 10 · 10 ⁻³	0,200
Tenkvrstvé cementové lepidlo; TL. 5 mm; nasycený stav: γ=1670 kg/m ³ ; suchý 1570 kg/m ²	0	1670	5	1670 · 10 ⁻² · 5 · 10 ⁻³	0,084
Celková tloušťka konstrukce:			15		
SUMA:					0,284

Tabulka 4.4 - Výpočet hmotnosti schodišťového ramene

Typ konstrukce:	Podlaha			
Varianta:	Keramická dlažba			
Kde:	Schodišťové rameno			
Základní údaje o schodišti				
Délka jednoho schodišťového ramene	L ₁	2700	[mm]	Hmotnost schodišťových stupňů na rameni: $g = 0,5 \cdot \check{s} \cdot v \cdot n \cdot \gamma =$ $g = 0,5 \cdot 0,175 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 25 =$ $g = 6,5625 \text{ kN/m}^3$
Sklon schodišťového ramene	α	30	[°]	
Šikmá délka jednoho schodišťového ramene	L ₂	3118	[mm]	
Šířka stupně	š	300	[mm]	
Výška stupně	v	175	[mm]	
Počet stupňů v jednom schodišťovém rameni	n	10	[ks]	
Tíha betonu	γ	25	[kN/m ²]	

Výpočet celkového zatížení na schodišťový stupeň:

$$g_{k4} = g_{k3} + \frac{g}{L_2} = 0,284 + \frac{6,5625}{3,118} = 3,124 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (4.1)$$

Podhled

Tabulka 4.5 - Skladba sádrokartonového podhledu

Typ konstrukce:	Podhled				
Varianta:	Sádrokartonový				
Kde:	Stropy				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	g _{k5} [kN/m ²]
Nosná stropní konstrukce	-				
Penetrační nátěr z emulze PC 56	-				
PC 56 (lepidlo); $\gamma=4,5 \text{ kg/m}^2$	4,5	0	5	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,045
FOAMGLAS T3+ (tepelná izolace); TL. 200 mm; $\gamma=100 \text{ kg/m}^3$	0	100	200	$100 \cdot 10^{-2} \cdot 200 \cdot 10^{-3}$	0,200
SDK rošt; TL. 200 mm	-				
Podhled sádrokartonový; TL. 2x12,5 mm; $\gamma=750 \text{ kg/m}^3$	0	750	25	$750 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-3}$	0,188
Vápenná omítka; TL. 10 mm; $\gamma=1600 \text{ kg/m}^3$	0	1600	10	$1600 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$	0,160
Vzduchotechnika, sprinklery, odhad $\gamma=50 \text{ kg/m}^2$	50	0	300	$50 \cdot 10^{-2}$	0,500
Celková tloušťka konstrukce:	540				
SUMA:					1,093

Střecha

Tabulka 4.6 – Skladba zelené střechy

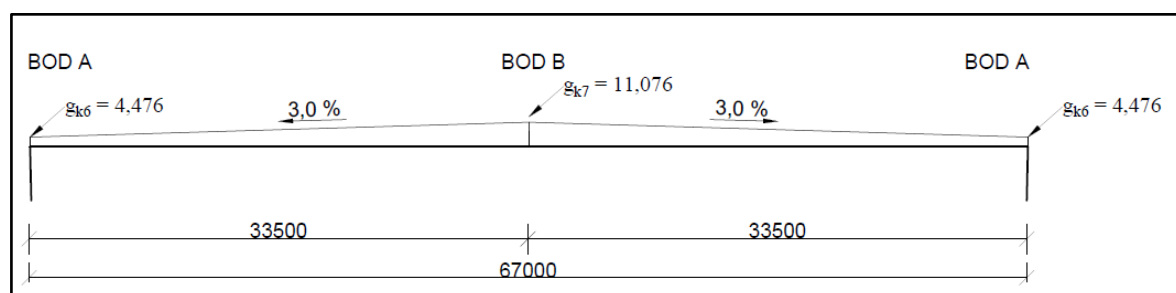
Typ konstrukce:	Střešní konstrukce				
Varianta:	Zelená střecha				
Typ:	DEK Střecha ST.2007B				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	g _{k6} [kN/m ²]
Substrát střešní intenzivní DEK TR 100; TL. 250 mm; nasycený stav: $\gamma=950 \text{ kg/m}^3$; suchý 510 kg/m^2	0	950	250	$950 \cdot 10^{-2} \cdot 250 \cdot 10^{-3}$	2,375
FILTEK 200 (hydroizolace); TL. 2 mm; $\gamma=0,22 \text{ kg/m}^2$	0,22	0	2	$0,22 \cdot 10^{-2}$	0,002
DEKDREN T20 GARDEN (nopová folie); TL. 20 mm; $\gamma=1 \text{ kg/m}^2$	1	0	20	$1 \cdot 10^{-2}$	0,010
Betonová mazanina; TL. 80 mm; $\gamma=2300 \text{ kg/m}^3$	0	2300	80	$2300 \cdot 10^{-2} \cdot 80 \cdot 10^{-3}$	1,840
FILTEK 500 (hydroizolace); TL. 4,0 mm; $\gamma=0,55 \text{ kg/m}^2$	0,55	0	4	$0,55 \cdot 10^{-2}$	0,006
DEKDREN P 900 (geotextílie); TL. 6 mm; $\gamma=0,990 \text{ kg/m}^2$	0,99	0	6	$0,99 \cdot 10^{-2}$	0,010
DEKPLAN 77 (hydroizolace); TL. 2 mm; $\gamma=2,45 \text{ kg/m}^2$	2,45	0	2	$2,45 \cdot 10^{-2}$	0,025
DEKDREN P 900 (geotextílie); TL. 6 mm; $\gamma=0,990 \text{ kg/m}^2$	0,99	0	6	$4,99 \cdot 10^{-2}$	0,010

DEKPLAN 77 (hydroizolace); TL. 2 mm; $\gamma=2,45 \text{ kg/m}^2$	2,45	0	2	$2,45 \cdot 10^{-2}$	0,025
FILTEK 300 (hydroizolace); TL. 2,9 mm; $\gamma=0,33 \text{ kg/m}^2$	0,33	0	2,9	$0,33 \cdot 10^{-2}$	0,003
XPS 500-L (tepelná izolace); TL. 2x120 mm; $\gamma=40 \text{ kg/m}^3$	0	40	240	$40 \cdot 10^{-2} \cdot 240 \cdot 10^{-3}$	0,096
INSTA-STIK STD PUK 3D (lepidlo)	-				
DEKDREN P 900 (geotextílie); TL. 6 mm; $\gamma=0,990 \text{ kg/m}^2$	0,99	0	6	$0,99 \cdot 10^{-2}$	0,010
GLASTEK AL 40 MINERAL (hydroizolace); TL. 4 mm; $\gamma=4,5 \text{ kg/m}^2$	4,5	0	4	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,045
DEKPRIMER (asfaltová emulze); TL. 2 mm; $\gamma=1,0 \text{ g/cm}^3$	0	1000	2	$1000 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3}$	0,020
Celková tloušťka konstrukce:			626,9		
SUMA:					4,476

Společně se spádovou vrstvou bude mít skladba v nejvyšším a nejnižším bodě spádu zatížení dle Tabulka 4.7.

Tabulka 4.7 - Výpočet spádové vrstvy

Typ konstrukce:	Spádová vrstva				
Varianta:	Zelená střecha				
Kde:	Střešní konstrukce				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	[kN/m ²]
Cementový potěr PORIMENT PS; (spádová vrstva); $\gamma=660 \text{ kg/m}^3$	0	660	1000	$660 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 \cdot 10^{-3}$	6,600
Zatížení v bodě A	$g_{k6} = 4,476$				
Zatížení v bodě B	$g_{k7} = 6,600 + 4,476 = 11,076$				



Obrázek 4.1 - Schéma zatížení od spádu na střeše

Tabulka 4.8 - Skladba světlíku na střešní konstrukci

Typ konstrukce:	Světlík				
Varianta:	Skleněná střecha				
Kde:	Střešní konstrukce				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	G _{k8} [kN/m ²]
Skleněná střecha; TL. 20 mm; γ=2500 kg/m ³	0	2500	20	2500 · 10 ⁻² · 20 · 10 ⁻³	0,500
Celková tloušťka konstrukce:	20				
SUMA:					0,500

4.1.2 Svislé zatížení

Stěny

Výška stěny pro obvodovou a vnitřní stěnu je 3,5 m.

Tabulka 4.9 - Skladba obvodové stěny z YTONGU

Typ konstrukce:	Stěna				
Varianta:	YTONG - pórobetonová				
Typ:	Nosná				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	G _{k1} [kN/m ²]
Vápenná omítka; TL. 10 mm; γ= 1600 kg/m ³	0	1600	10	1600 · 10 ⁻² · 10 · 10 ⁻³	0,160
YTONG Statik; TL. 300 mm; γ= 550 kg/m ³	0	550	250	550 · 10 ⁻² · 250 · 10 ⁻³	1,375
Nenasákavá HI; TL. 1,5 mm; γ= 1,6 kg/m ²	1,6	0	1,5	1,6 · 10 ⁻²	0,016
Ocelová kotva	-				
Polystyren EPS; TL. 200; γ= 32 kg/m ³	0	32	200	32 · 10 ⁻² · 200 · 10 ⁻³	0,064
Vnější vápenocementová omítka; γ= 2000 kg/m ³ ; TL. 10 mm	0	2000	10	2000 · 10 ⁻² · 10 · 10 ⁻³	0,200
Celková tloušťka konstrukce:			471,5		
SUMA v kN/m²:					1,815
SUMA:				1,815 · 3,5	6,353

Tabulka 4.10 - Skladba obvodové stěny ze skla

Typ konstrukce:	Stěna				
Varianta:	Skleněná				
Typ:	Obvodová				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	G _{k2} [kN/m]
Skleněný obvodový plášť; TL. 30 mm; γ= 2400 kg/m ³	0	2400	30	2400 · 10 ⁻² · 30 · 10 ⁻³	0,720
Celková tloušťka konstrukce:			30		
SUMA v kN/m²:					0,720
SUMA:				0,720 · 3,5	2,520

Tabulka 4.11 - Skladba vnitřní stěny a zábradlí z YTONGU

Typ konstrukce:	Stěna					
Varianta:	YTONG – pórobetonová					
Typ:	Vnitřní					
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	[kN/m]	
Vápenná omítka; TL. 10 mm; $\gamma = 1600 \text{ kg/m}^3$	0	1600	10	$1600 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$	0,160	
YTONG; TL. 250 mm; $\gamma = 550 \text{ kg/m}^3$	0	550	250	$550 \cdot 10^{-2} \cdot 250 \cdot 10^{-3}$	1,375	
Vápenná omítka; TL. 10 mm; $\gamma = 1600 \text{ kg/m}^3$	0	1600	10	$1600 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$	0,160	
Celková tloušťka konstrukce:			270			
SUMA v kN/m²:					1,695	
SUMA v kN/m:	Výška stěny:			$1,695 \cdot 3,5$	G_{k3}	5,933
	Výška zábradlí:			$1,695 \cdot 1,2$	G_{k4}	2,034

Svodidlo

Každé parkovací místo v budově u prosklené fasády je na konci parkovacího stání opatřeno betonovým svodidlem proti nárazu.

Tabulka 4.12 - Stálé zatížení od betonového svodidla

Typ konstrukce:	Svodidlo				
Varianta:	Betonové				
Kde:	Parkovací místo				
Základní údaje o svodidle					
Výška	<i>v</i>	1200	[mm]	Liniové zatížení svodidla: $G_{k5} = (hm) / l =$ $G_{k5} = (3350) / 4000 =$ $G_{k5} = 0,8375 \text{ kg/mm} =$ $G_{k5} = 8,375 \text{ kN/m}$	
Šířka	<i>š</i>	549	[mm]		
Délka	<i>l</i>	4000	[mm]		
Hmotnost	<i>hm.</i>	3350	[kg]		
Stupeň zadržení	H4				

Střecha

Střešní atika je z betonové konstrukce výšky 1 metr bez střešní skladby a šířky 200 mm. Z vnitřní i z vnější strany je odizolovaná. Do modelu byla spočítána a zadána jako liniové zatížení na hraně stropní desky i s vlastní tíhou betonové atiky, jelikož konstrukce atiky nebyla součástí modelu.

Tabulka 4.13 - Skladba betonové střešní atiky

Typ konstrukce:	Atika				
Varianta:	Betonová atika				
Kde:	Střecha				
Popis zatížení	kg/m ²	kg/m ³	TL. [mm]	Výpočet zatížení	G _{k6} [kN/m]
2 X Nenasákavá HI; TL. 1,5 mm; γ= 1,6 kg/m ²	1,6	0	3	$2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}$	0,032
Polystyren EPS; TL. 100 mm; γ= 32 kg/m ³	0	32	100	$32 \cdot 10^{-2} \cdot 100 \cdot 10^{-3}$	0,032
Nenasákavá HI; TL. 1,5 mm; γ= 1,6 kg/m ²	1,6	0	1,5	$1,6 \cdot 10^{-2}$	0,016
Betonová atika; 1000 x 200 mm (v x š); γ=25 kN/m ³	0	2500	200	$2500 \cdot 10^{-2} \cdot 200 \cdot 10^{-3}$	5,000
Nenasákavá HI; TL. 1,5 mm; γ= 1,6 kg/m ²	1,6	0	1,5	$1,6 \cdot 10^{-2}$	0,016
Ocelová kotva	-				
Polystyren EPS; TL. 200; γ= 32 kg/m ³	0	32	200	$32 \cdot 10^{-2} \cdot 200 \cdot 10^{-3}$	0,064
Vnější vápenocementová omítka; γ= 2000 kg/m ³ ; TL. 10 mm	0	2000	10	$2000 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$	0,200
Celková tloušťka konstrukce:			516		
SUMA v kN/m²:					5,360
SUMA:	7,828 · 1,0				5,360

4.2 Proměnné zatížení

4.2.1 Užiténé zatížení

Užitná zatížení jsou uvedena v charakteristických hodnotách a provedeny dle normy ČSN EN 1991-1-1 [4].

Tabulka 4.14 - Užiténé zatížení pro schodiště

Typ:	6.3.1 Obytné, společenské, obchodní a administrativní budovy		
Kde:	Schodiště		
Kategorie	Stanovené použití	Příklad	q _{k1} [kN/m ²]
A	Obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	Schodiště	3

Tabulka 4.15 - Užiténé zatížení pro komunikační jádro

Typ:	6.3.1 Obytné, společenské, obchodní a administrativní budovy		
Kde:	Komunikační jádro		
Kategorie	Stanovené použití	Příklad	q _{k2} [kN/m ²]
C	Plochy, kde může docházet ke shromažďování lidí (kromě ploch uvedených v kategorii A, B a D)	C3: Plochy bez překážek pro pohyb osob	5

Tabulka 4.16 - Užité zátížení pro parkovací plochu

Typ:	6.3.3 Garáže a dopravní plochy pro vozidla (s výjimkou mostů)			
Kde:	Parkovací plocha			
Kategorie	Stanovené použití	Příklad	q_{k3} [kN/m ²]	Q_{k3} [kN]
F	Dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla (celková tíha vozidla ≤ 30 kN a s nejvýše 8 sedadly kromě řidiče)	Garáže; parkovací plochy a parkovací garáže	2,5	20

Tabulka 4.17 - Užité zátížení pro střešní konstrukci

Typ:	6.3.4 Střechy			
Kde:	Zelená střecha			
Kategorie	Stanovené použití	Příklad	q_{k4} [kN/m ²]	
H	Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav	-	0,75	

Užité zátížení ploché střechy kategorie H se neuplatní. Charakteristická hodnota zátížení sněhem je větší.

$$g_{k4} = 0,75 \text{ kN/m}^2 < s_1 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2 Zátížení sněhem

Výpočet zátížením sněhem je provedeno dle normy ČSN EN 1991-1-3 [5]. Střecha je plochá se spádem 3 % a zakončená po svém obvodu betonovou atikou o výšce 1 metr. Základní údaje o objektu a jejich parametry, potřebné k výpočtu zátížení sněhem jsou vypsány v souhrnné tabulce (viz Tabulka 4.18). Rozměry střechy a schéma odtokových žlabů na střeše jsou zobrazeny na obrázcích pod textem (viz - Schéma a rozměry střešní konstrukce Obrázek 4.3 a Obrázek 4.4).

Zadání:

- lokalita: Ostrava,
- typ krajiny: chráněná,
- skladba střechy: tepelně izolovaná,
- sklon střechy: $\alpha_1 = 3 \% = 1,72^\circ$ pro plochou střechu a $\alpha_2 = 30^\circ$ pro světlík.

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:

$$s = \mu_l \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.2)$$

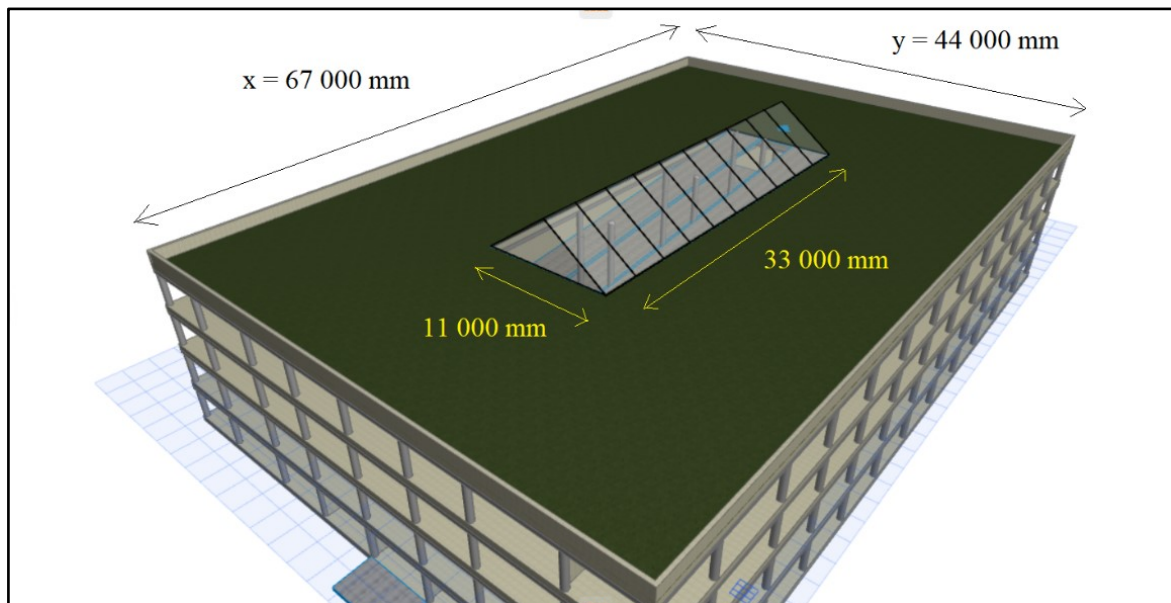
- μ_l tvarový součinitel zatížení sněhem,
- C_e součinitel expozice,
- C_t tepelný součinitel,
- s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi.

Tabulka 4.18 – Hodnoty součinitelů pro výpočet zatížení sněhem

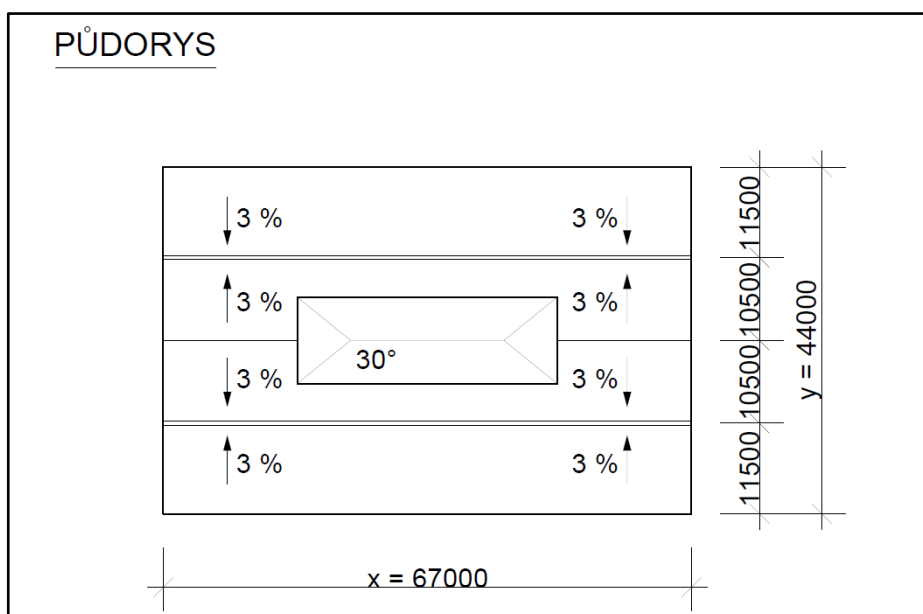
Typ:	Zatížení sněhem		
Kde:	Zelená střecha		
Součinitel	Typ	Příklad	Hodnota
C_e	Chráněný typ krajiny	Stavba je obklopena vysokými stromy a vyššími stavbami	1,2
C_t	Ostatní případy	Střecha je tepelně izolovaná, pro skleněný světlík brána stejná hodnota – na straně bezpečné	1,0
s_k	Plochá střecha	Střecha je tepelně izolovaná	0,88



Obrázek 4.2 - Poloha a hodnota zatížení sněhu na zemi [8]



Obrázek 4.3 - Schéma a rozměry střešní konstrukce [1]

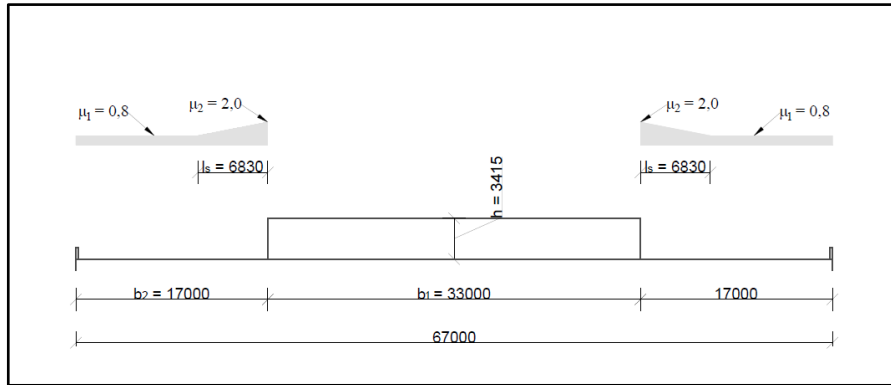


Obrázek 4.4 – Schéma střešních odtokových žlabů

4.2.2.1 Výpočet tvarových součinitelů pro střechu ve směru x

4.2.2.1.1 (A) Tvarový součinitel pro střechu sousedící a přiléhající k vyšší stavbě

Návěj sněhem ze světlíku ve směru x byl vypočten jako střecha sousedící a přiléhající k vyšší stavbě, jelikož jeho výška přesahuje 3 metry. Nejedná se tedy o výstupek, ale o vyšší stavbu.



Obrázek 4.5 - Tvarové součinitele ve směru x typ (A) pro návěj u světlíku

$\mu_1 = 0,8$ (nižší střecha je plochá)

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (4.3)$$

- μ_s tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující sesuv sněhu z horní střechy, přičemž pro $\alpha \leq 15^\circ \rightarrow 0^\circ \leq 15^\circ \rightarrow \mu_s = 0$,
- μ_w tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující působení větru.

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/s_k \quad (4.4)$$

- γ objemová tíha sněhu, 2 kN/m^3 ,
- h výška vyšší přiléhající stavby, 3,415 metrů,
- s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi.

Dosazením do vztahu (4.4) a (4.3) dostaneme výsledky:

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/s_k = (33 + 17)/2 \cdot 3,415 = 7,32 < 2 \cdot 3,415/0,88 = 7,76 \rightarrow 7,76$$

$$\mu_w \leq 2,0 \rightarrow 7,76 > 2,0 \rightarrow \mu_w = 2,0$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 2,0 = 2,0.$$

Délka návěje:

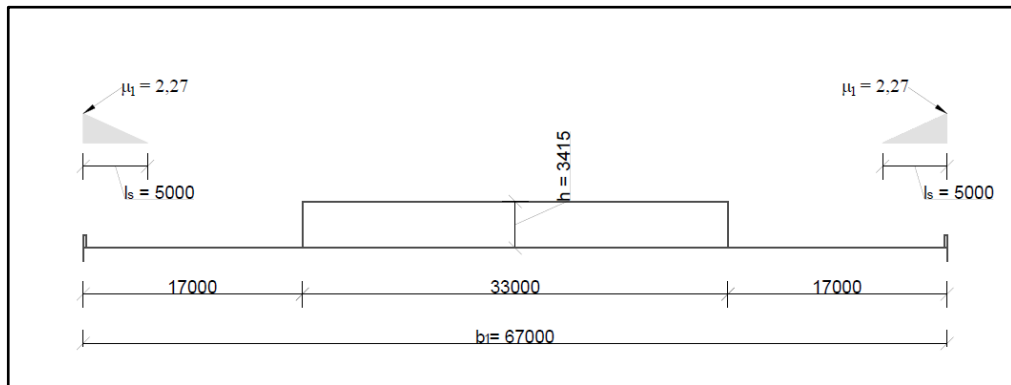
$$l_s = 2 \cdot h \quad (4.5)$$

- h výška vyšší stavby; 3,415 metrů.

Po dosazení do vzorce (4.5) délka návěje vyjde:

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 3,415 = 6,83 \text{ m} \rightarrow 5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m} \rightarrow 5 \text{ m} \leq 6,83 \leq 15 \text{ m} \checkmark$$

4.2.2.1.2 (B) Tvarový součinitel pro výjimečné navátí sněhu u atiky



Obrázek 4.6 - Tvarové součinitele ve směru x typ (A) pro návěj u atiky

Tvarový součinitel se určí jako nejmenší číslo z:

$$\begin{aligned}\mu_1 &= 2h/s_k \\ \mu_1 &= 2b/l_s \\ \mu_1 &= 8\end{aligned}\quad (4.6)$$

- h výška atiky; 1 metr,
- s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi,
- b šířka budovy $b_l = 67\text{ m}$,
- l_s délka návěje.

Délka návěje l_s se uvažuje jako nejmenší hodnota:

$$5\text{ m} = \begin{cases} l_s = 5h = 5 \cdot 1 = 5\text{ m} \\ l_s = b_l = 67\text{ m} \\ l_s = 15\text{ m} \end{cases}\quad (4.7)$$

Dosazením do vztahu (4.6) nám vyjde nejmenší číslo:

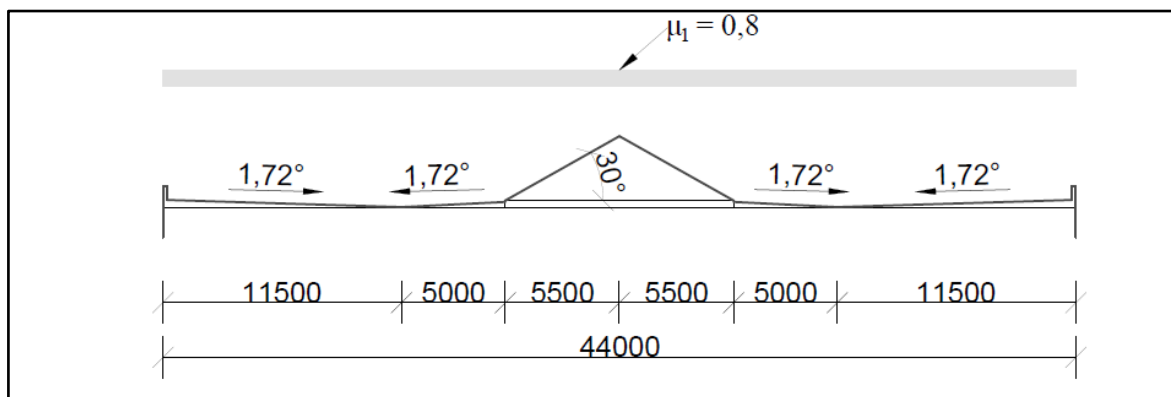
$$\mu_1 = 2 \cdot 1,0/0,88 = 2,27 < 26,8 < 8 \quad \checkmark$$

$$\mu_1 = 2 \cdot 67/5 = 26,8$$

$$\mu_1 = 8$$

4.2.2.2 Výpočet tvarových součinitelů pro střechu ve směru y

4.2.2.2.1 (A) Tvarový součinitel pro plochou střechu ve tvaru pultové a sedlový světlík

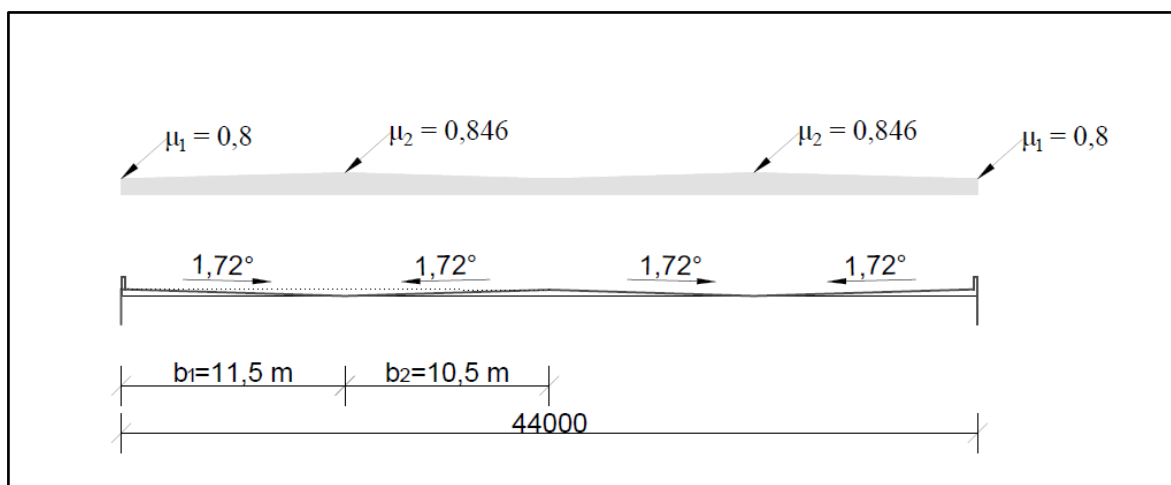


Obrázek 4.7 - Tvarový součinitel ve směru y typ (A)

$\mu_1(\alpha_1) = 0,8$ plochá pultová střecha pro sklon 1,72°,

$\mu_1(\alpha_2) = 0,8$ sedlový světlík pro sklon 30°.

4.2.2.2.2 (B) Tvarový součinitel pro střechy vícelodních budov mezi odtokovými žlaby



Obrázek 4.8 - Tvarové součinitele ve směru y typ (B)

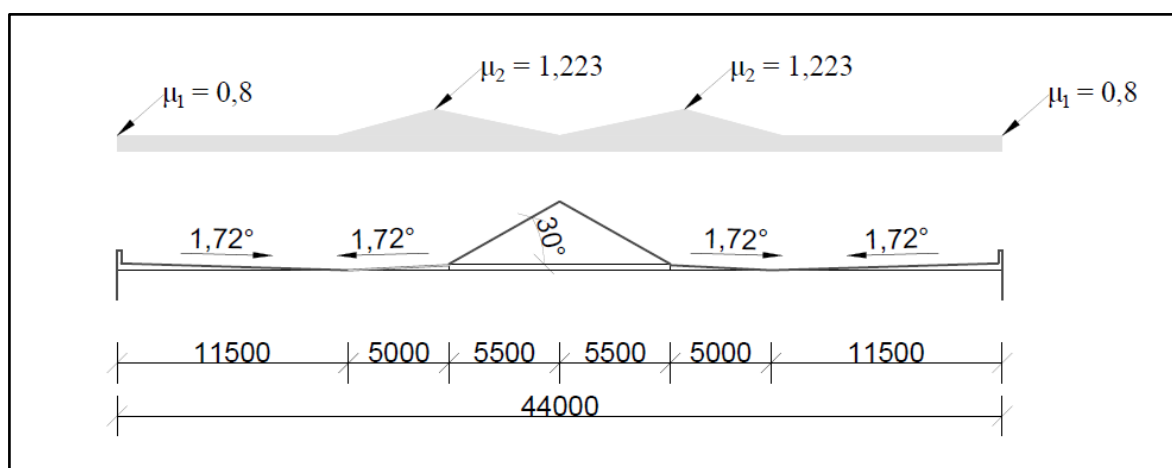
$\mu_1(\alpha_1) = 0,8$ plochá pultová střecha pro sklon 1,72°,

$\mu_1(\alpha_2) = 0,8$ sedlový světlík pro sklon 30°,

$$\overline{\alpha_{1,1}} = (\alpha_1 + \alpha_1) / 2 = (1,72 + 1,72) / 2 = 1,72^\circ,$$

$$\mu_2(\overline{\alpha_{1,1}}) = 0,8 + 0,8 \overline{\alpha_{1,1}} / 30 = 0,8 + 0,8 \cdot 1,72^\circ / 30 = 0,846.$$

4.2.2.2.3 (C) Tvarový součinitel pro střechy vícelodních budov mezi odtokovým žlabem a světlíkem



Obrázek 4.9 - Tvarové součinitele ve směru y typ (C)

$\mu_1(\alpha_1) = 0,8$ plochá pultová střecha pro sklon $1,72^\circ$,

$\mu_1(\alpha_2) = 0,8$ sedlový světlík pro sklon 30° ,

$$\overline{\alpha_{1,2}} = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2 = (1,72 + 30) / 2 = 15,86^\circ,$$

$$\mu_2(\overline{\alpha_{1,2}}) = 0,8 + 0,8 \overline{\alpha_{1,2}} / 30 = 0,8 + 0,8 \cdot 15,86^\circ / 30 = 1,223.$$

4.2.2.3 Charakteristická hodnota zatížení sněhem

Hodnoty pro zatížení sněhem ze směru x i y získáme dosazením tvarových součinitelů do vzorce (4.2) společně se součiniteli z tabulky (viz Tabulka 4.18).

Směr x

(A) Návěj u světlíku:

$$s_1 = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,8448 \text{ kN/m}^2 \cong 0,85 \text{ kN/m}^2,$$

$$s_2 = 2,0 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 1,6896 \text{ kN/m}^2 \cong 1,69 \text{ kN/m}^2.$$

(B) Návěj u atiky:

$$s_3 = 2,27 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 2,39712 \text{ kN/m}^2 \cong 2,40 \text{ kN/m}^2.$$

Směr y

(A) Plochá střecha a světlík:

$$s_4 = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,8448 \text{ kN/m}^2 \cong 0,85 \text{ kN/m}^2.$$

(B) Vícelodní budova pro střešní žlaby:

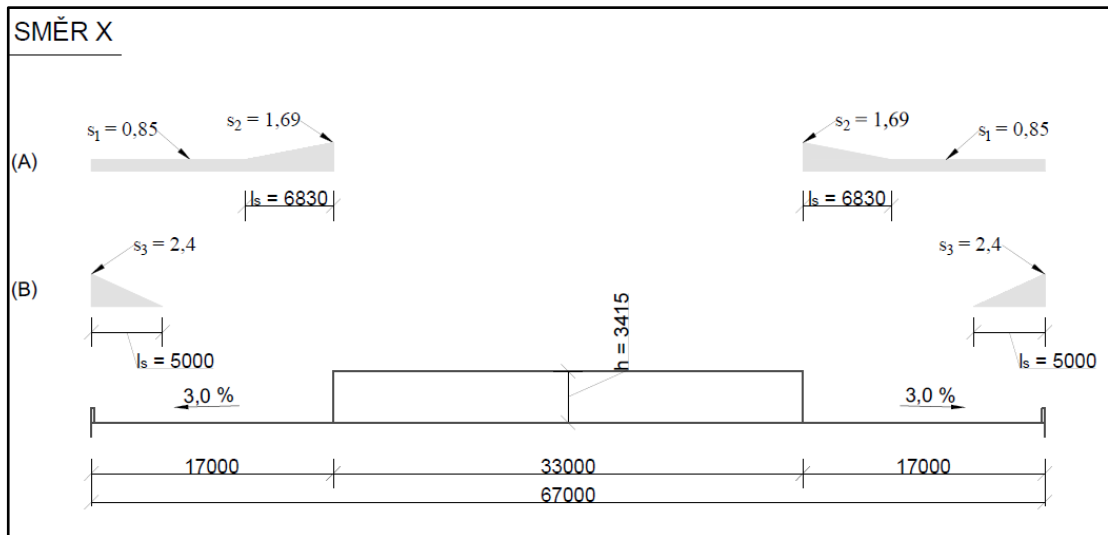
$$s_5 = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,8448 \text{ kN/m}^2 \cong 0,85 \text{ kN/m}^2,$$

$$s_6 = 0,846 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,893376 \text{ kN/m}^2 \approx 0,90 \text{ kN/m}^2.$$

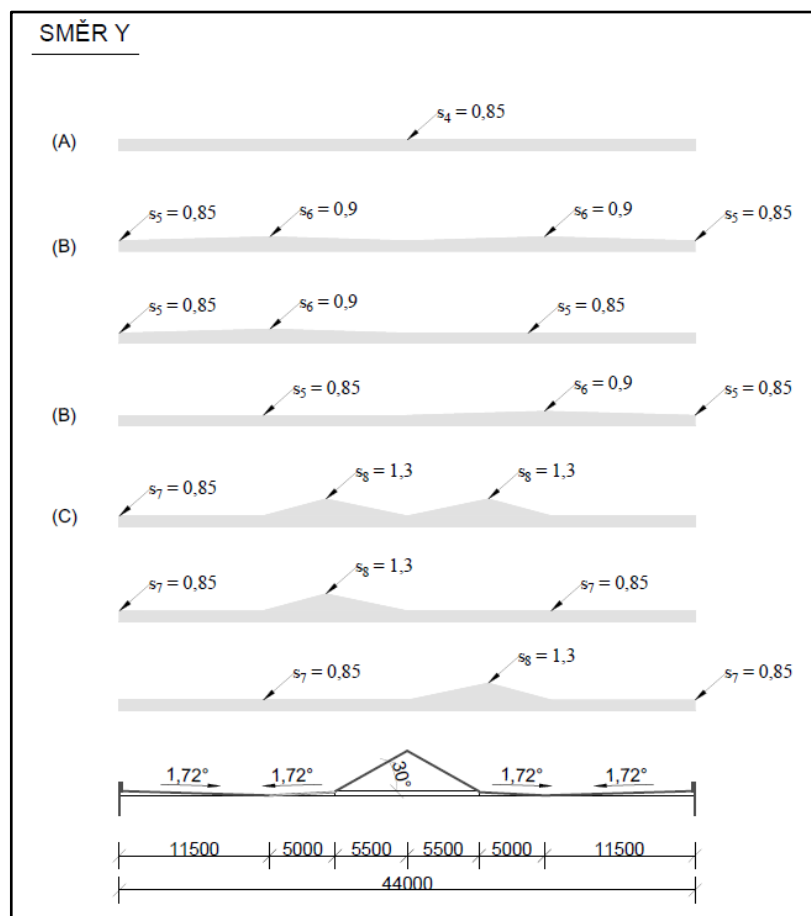
(C) Vícelodní budova pro střešní žlab se světlíkem:

$$s_7 = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,8448 \text{ kN/m}^2 \approx 0,85 \text{ kN/m}^2,$$

$$s_8 = 1,223 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,88 = 1,291488 \text{ kN/m}^2 \approx 1,30 \text{ kN/m}^2.$$



Obrázek 4.10 - Zatížení sněhem ve směru x



Obrázek 4.11 - Zatížení sněhem ve směru y

4.2.3 Zatížení větrem

Zadání:

- lokalita: Ostrava,
- větrová oblast: kategorie II,
- kategorie terénu: III – oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami.

4.2.3.1 Rychlost a tlak větru

4.2.3.1.1 Povětrnostní podmínky

Základní rychlost větru se vypočte ze vztahu:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s} \quad (4.8)$$

- c_{dir} součinitel větru – běžná hodnota 1,
- c_{season} součinitel ročního období – běžná hodnota 1,
- $v_{b,0}$ výchozí základní rychlost větru – z mapy větrných oblastí.

4.2.3.1.2 Místní vlivy

Výpočet referenční výšky (viz Tabulka 4.19):

Tabulka 4.19 - Určení referenční výšky

Popis	h [m]	b [m]	d [m]	Podmínka h $\leq b$	Rozdělení zatížení	$z_e = h$ [m]
Referenční výška h (směr x)	15	67	44	$15 \leq 67$	Konstantní zatížení	15
Referenční výška h (směr y)	15	44	67	$15 \leq 44$	Konstantní zatížení	15

Drsnost terénu je vyjádřena vztahem:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (4.9)$$

- k_r součinitel terénu, který je vyjádřen v rovnici (4.10),
- z referenční výška, v tomto případě $z = z_e = h = 15 \text{ m}$,
- z_0 parametr drsnosti terénu, $z_0 = 0,3 \rightarrow$ pro kategorii terénu III.

Musí být splněna podmínka:

$$z_{min} \leq z = z_e \leq z_{max} \quad \rightarrow 5 \text{ m} \leq 15 \text{ m} \leq 200 \text{ m} \quad \checkmark$$

- z_{min} minimální výška, $z_{min} = 5 \rightarrow$ pro kategorii terénu III.

Vztah pro výpočet součinitele terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,21539 \quad (4.10)$$

- $z_{0,II} = 0,05$.

Drsnost terénu po dosazení všech hodnot do rovnice (4.9):

$$c_r(z) = 0,21539 \cdot \ln\left(\frac{15}{0,3}\right) = 0,8426$$

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,8426 \cdot 1,0 \cdot 25 = 21,065 \text{ m/s} \quad (4.11)$$

- c_r součinitel drsnosti terénu z rovnice (4.9),
- c_0 součinitel ortografie, v běžných případech roven hodnotě 1,
- v_b základní rychlost větru ze vztahu (4.8).

Intenzita turbulence větru:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{15}{0,3}\right)} = 0,256 \quad (4.12)$$

- platí pro $z_{min} \leq z = z_e \leq z_{max} \rightarrow 5 \text{ m} \leq 15 \text{ m} \leq 200 \text{ m} \quad \checkmark$,
- k_I součinitel turbulence, v běžných případech roven hodnotě 1,
- c_0 součinitel ortografie, v běžných případech roven hodnotě 1,
- z_0 parametr drsnosti terénu, $z_0 = 0,3$.

4.2.3.1.3 Charakteristický maximální dynamický tlak

Charakteristický maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \quad (4.13)$$

- I_v intenzita turbulence větru z rovnice (4.12),
- ρ měrná hmotnost vzduchu; hodnota z národní přílohy 1,25 kg/m³,
- v_m střední rychlost větru z rovnice (4.11).

Po dosazení:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,256] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 21,065^2 = 773,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,7736 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.2.3.2 Kvizistatická odezva

4.2.3.2.1 Součinitelé vnějšího tlaku pro svislé stěny

Tabulka 4.20 - Rozměry stěn

Stěny	b [m]	d [m]	h [m]
1 - směr x	67	44	15
2 - směr y	44	67	

- b kolmý rozměr na směr větru,
- d rovnoběžný rozměr na směr větru,
- h výška objektu.

Zatěžovací plocha je v obou případech jak ve směru x , tak i ve směru y , větší než 10 m^2 . Proto dále ve výpočtu je brán součinitel $c_{pe,10}$.

Hodnoty součinitelů vnějších tlaků $c_{pe,10}$ pro svislé stěny určíme podle poměru:

$$\text{Stěna 1 - směr } x \quad \rightarrow \quad h/d = 15/44 = 0,3409 \equiv 0,34,$$

$$\text{Stěna 2 - směr } y \quad \rightarrow \quad h/d = 15/67 = 0,2239 \equiv 0,22.$$

Výsledky součinitelů tlaku:

Stěna 1 - směr x

A $c_{pe,10} = -1,2$

B $c_{pe,10} = -0,8$

C $c_{pe,10} = -0,5$

D $c_{pe,10} = +0,8$

E $c_{pe,10} = -0,467$

Stěna 2 - směr y

A $c_{pe,10} = -1,2$

B $c_{pe,10} = -0,8$

C $c_{pe,10} = -0,5$

D $c_{pe,10} = +0,7$

E $c_{pe,10} = -0,3$

Výpočet hodnoty e :

Stěna 1 - směr x

$$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{67; 2 \cdot 15 = 30\} = 30 \text{ m}$$

$$e < d \quad 30 < 44 \quad \checkmark \text{ splněno}$$

Stěna 2 - směr y

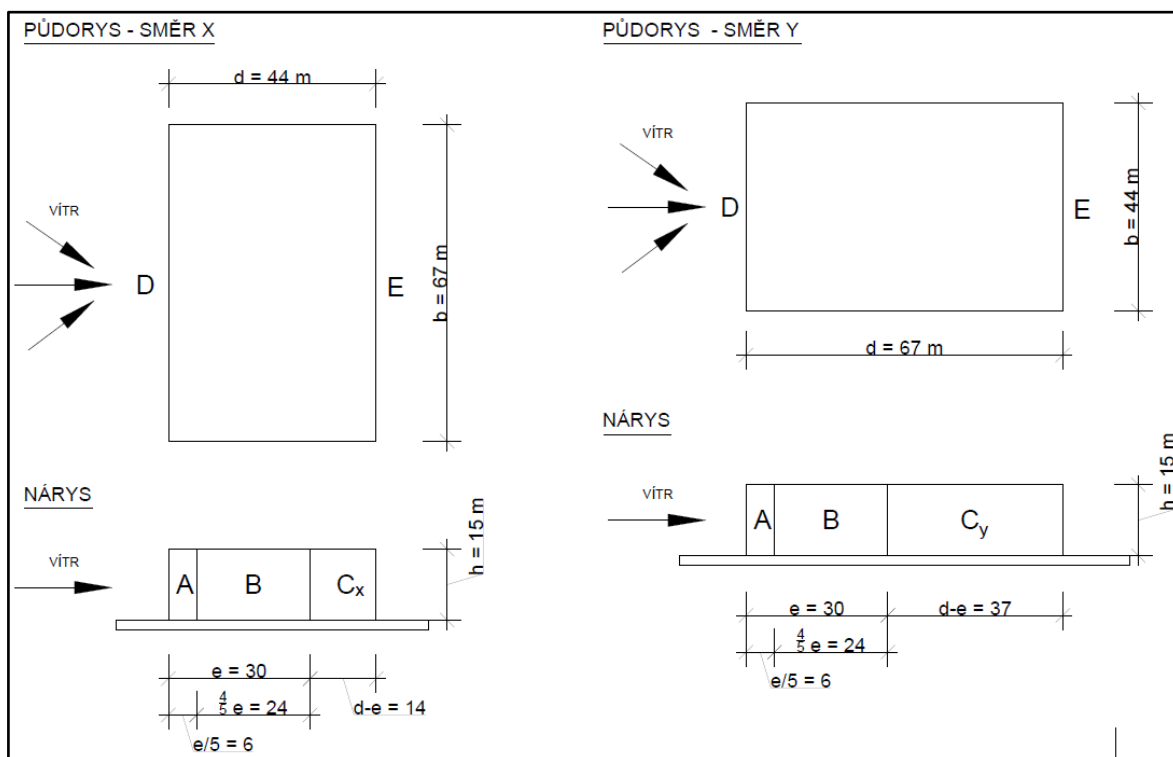
$$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{44; 2 \cdot 15 = 30\} = 30 \text{ m}$$

$$e < d \quad 30 < 67 \quad \checkmark \text{ splněno}$$

Rekapitulace šířky oblastí – ploch u svislých stěn:

Tabulka 4.21 - Šířky oblastí pro svislé stěny

Zóna	Vzorec	Výpočet	š [m]
A+B	e	-	30
A	$e/5$	$30/5$	6
B	$4/5 e$	$4/5 \cdot 30$	24
C_x	$d-e$	$44-30$	14
C_y		$67-30$	37



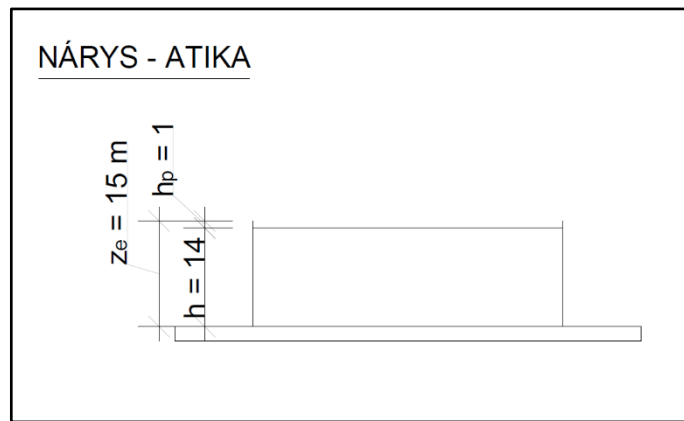
Obrázek 4.12 – Označení ploch u svislých stěn ve směru x a směru y

4.2.3.2.2 Součinitelé vnějšího tlaku pro plochou střechu

Hodnoty součinitelů vnějších tlaků $c_{pe,10}$ pro plochou střechu s atikou určíme podle poměru:

$$h_p/h = 1/14 = 0,071 \quad (4.14)$$

- h_p výška atiky [m],
- h výška objektu nad upraveným terénem bez atiky [m].



Obrázek 4.13 - Schéma nárýsu s atikou

Výsledky součinitelů tlaku:

F $c_{pe,10} = -1,316$

G $c_{pe,10} = -0,858$

H $c_{pe,10} = -0,7$

I⁻ $c_{pe,10} = -0,2$

I⁺ $c_{pe,10} = +0,2$

Výpočet hodnoty e:

Stěna 1 - směr x

$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{67; 2 \cdot 14 = 28\} = 28\text{ m}$

$e < d \quad 28 < 44 \quad \checkmark \text{ splněno}$

Stěna 2 - směr y

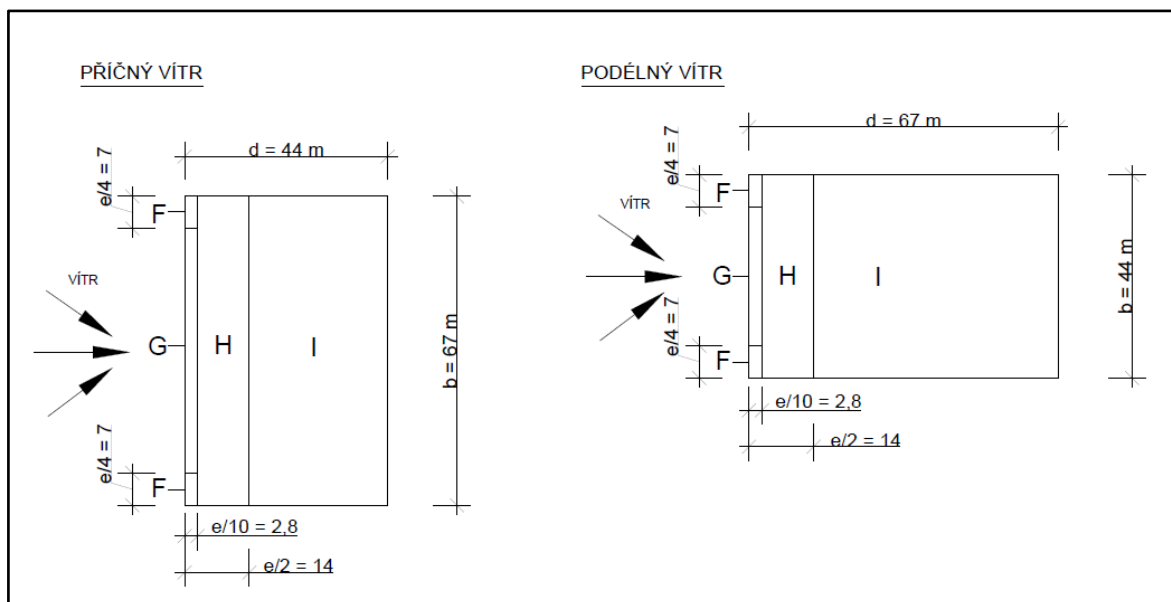
$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{44; 2 \cdot 14 = 28\} = 28\text{ m}$

$e < d \quad 28 < 67 \quad \checkmark \text{ splněno}$

Výpočet rozměrů oblastí:

Tabulka 4.22 - Šířky oblastí pro plochou střechu

Zóna	Vzorec	Výpočet	š [m]
-	e	-	28
G + H	$e/2$	28/2	14
F	$e/4$	28/4	7
F a G	$e/10$	28/10	2,8



Obrázek 4.14 - Označení ploch pro plochou střechu ve směru x a y

4.2.3.2.3 Součinitelé vnějšího tlaku pro světlík

Tabulka 4.23 - Rozměry střešního světlíku

Rozměry	b [m]	d [m]	h [m]	α [m]
1 - směr x	33	11	3,1	30°
2 - směr y	11	33		

- b kolmý rozměr na směr větru,
- d rovnoběžný rozměr na směr větru,
- h výška objektu.

Výsledky součinitelů tlaku:

Směr větru $\theta = 0^\circ$

F ⁻	$c_{pe,10} = -0,5$
F ⁺	$c_{pe,10} = +0,7$
G ⁻	$c_{pe,10} = -0,5$
G ⁺	$c_{pe,10} = +0,7$
H ⁻	$c_{pe,10} = -0,2$
H ⁺	$c_{pe,10} = +0,4$
I ⁻	$c_{pe,10} = -0,4$
I ⁺	$c_{pe,10} = +0,0$
J ⁻	$c_{pe,10} = -0,5$
J ⁺	$c_{pe,10} = +0,0$

Směr větru $\theta = 90^\circ$

F	$c_{pe,10} = -1,1$
G	$c_{pe,10} = -1,4$
H	$c_{pe,10} = -0,8$
I	$c_{pe,10} = -0,5$

Výpočet hodnoty e:

1 - směr x

$$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{11; 2 \cdot 3,1\} = 6,2 \text{ m}$$

$$e < d \quad 6,2 < 33 \quad \checkmark \text{ splněno}$$

2 - směr y

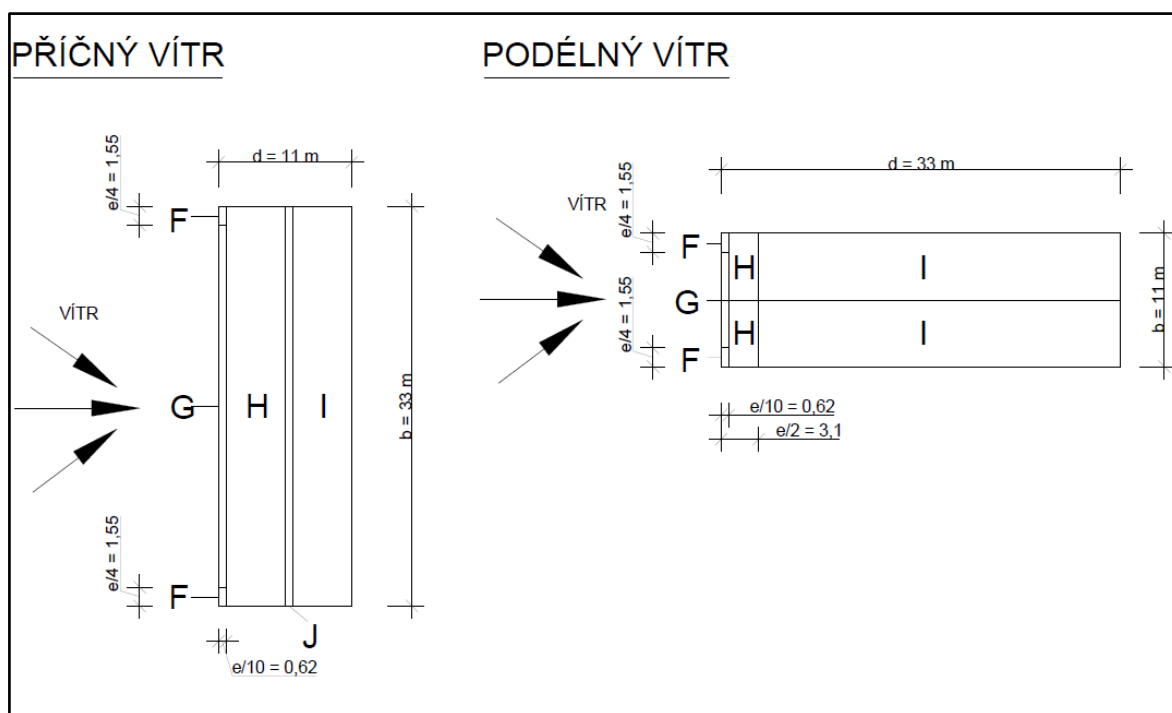
$$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{33; 2 \cdot 3,1\} = 6,2 \text{ m}$$

$$e < d \quad 6,2 < 11 \quad \checkmark \text{ splněno}$$

Výpočet rozměrů oblastí:

Tabulka 4.24 - Šířky oblastí pro střešní světlík

Zóna	Vzorec	Výpočet	š [m]
-	e	-	6,2
G + F + H	$e/2$	$6,2/2$	3,1
F	$e/4$	$6,2/4$	1,55
F + G a J	$e/10$	$6,2/10$	0,62



Obrázek 4.15 – Označení ploch pro světlík (sedlovou střechu)

4.2.3.2.4 Výsledky tlaku větru na střešní konstrukci a stěny

Výsledný tlak větru na konstrukci je dán vztahem:

$$w_k = q_p \cdot (c_{pe} - c_{pi}) \quad (4.15)$$

- q_p maximální dynamický tlak z rovnice (4.13),
- c_{pe} součinitel vnějšího tlaku,
- c_{pi} součinitel vnitřního tlaku, $c_{pi} = -0,3; +0,2$.

Tabulka 4.25 - Tlak větru na stěnu 1 směru x pro $c_{pi} = +0,2$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=+0,2$	
Typ konstrukce:			Stěna 1 - směr x	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^A	-1,2	$0,7736 \cdot (-1,2 - 0,2)$	-1,08	Vztlak
w_k^B	-0,8	$0,7736 \cdot (-0,8 - 0,2)$	-0,77	Vztlak
w_k^C	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 - 0,2)$	-0,54	Vztlak
w_k^D	+0,8	$0,7736 \cdot (+0,8 - 0,2)$	0,46	Tlak
w_k^E	-0,467	$0,7736 \cdot (-0,467 - 0,2)$	-0,52	Vztlak

Tabulka 4.26 Tlak větru na stěnu 2 směru y pro $c_{pi} = +0,2$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=+0,2$	
Typ konstrukce:			Stěna 2 - směr y	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^A	-1,2	$0,7736 \cdot (-1,2 - 0,2)$	-1,08	Vztlak
w_k^B	-0,8	$0,7736 \cdot (-0,8 - 0,2)$	-0,77	Vztlak
w_k^C	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 - 0,2)$	-0,54	Vztlak
w_k^D	+0,8	$0,7736 \cdot (+0,7 - 0,2)$	0,39	Tlak
w_k^E	-0,461	$0,7736 \cdot (-0,3 - 0,2)$	-0,39	Vztlak

Tabulka 4.27 - Tlak větru na stěnu 1 směru x pro $c_{pi} = -0,3$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=-0,3$	
Typ konstrukce:			Stěna 1 - směr x	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^A	-1,2	$0,7736 \cdot (-1,2 + 0,3)$	-0,7	Vztlak
w_k^B	-0,8	$0,7736 \cdot (-0,8 + 0,3)$	-0,39	Vztlak
w_k^C	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 + 0,3)$	-0,15	Vztlak
w_k^D	+0,8	$0,7736 \cdot (+0,8 + 0,3)$	0,85	Tlak
w_k^E	-0,467	$0,7736 \cdot (-0,467 + 0,3)$	-0,13	Vztlak

Tabulka 4.28 Tlak větru na stěnu 2 směru y pro $c_{pi} = -0,3$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi} = -0,3$	
Typ konstrukce:			Stěna 2 - směr y	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^A	-1,2	$0,7736 \cdot (-1,2 + 0,3)$	-0,7	Vztlak
w_k^B	-0,8	$0,7736 \cdot (-0,8 + 0,3)$	-0,39	Vztlak
w_k^C	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 + 0,3)$	-0,15	Vztlak
w_k^D	+0,8	$0,7736 \cdot (+0,7 + 0,3)$	0,78	Tlak
w_k^E	-0,461	$0,7736 \cdot (-0,3 + 0,3)$	0,00	-

Tabulka 4.29 - Tlak větru na plochou střechu pro $c_{pi} = +0,2$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi} = +0,2$	
Typ konstrukce:			Plochá střecha	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^F	-1,316	$0,7736 \cdot (-1,316 - 0,2)$	-1,17	Vztlak
w_k^G	-0,858	$0,7736 \cdot (-0,858 - 0,2)$	-0,82	Vztlak
w_k^H	-0,7	$0,7736 \cdot (-0,7 - 0,2)$	-0,7	Vztlak
w_k^{I-}	-0,2	$0,7736 \cdot (-0,2 - 0,2)$	-0,31	Vztlak
w_k^{I+}	+0,2	$0,7736 \cdot (+0,2 - 0,2)$	0,00	-

Tabulka 4.30 - Tlak větru na plochou střechu pro $c_{pi} = -0,3$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi} = -0,3$	
Typ konstrukce:			Plochá střecha	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^F	-1,316	$0,7736 \cdot (-1,332 + 0,3)$	-0,79	Vztlak
w_k^G	-0,858	$0,7736 \cdot (-0,866 + 0,3)$	-0,43	Vztlak
w_k^H	-0,7	$0,7736 \cdot (-0,7 + 0,3)$	-0,31	Vztlak
w_k^{I-}	-0,2	$0,7736 \cdot (-0,2 + 0,3)$	0,08	Tlak
w_k^{I+}	+0,2	$0,7736 \cdot (+0,2 + 0,3)$	0,39	Tlak

Tabulka 4.31 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = +0,2$ pro směr větru $\theta = 0^\circ$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=+0,2$	
Typ konstrukce:			Světlík	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^{F-}	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 - 0,2)$	-0,54	Vztlak
w_k^{F+}	+0,7	$0,7736 \cdot (+0,7 - 0,2)$	+0,39	Tlak
w_k^{G-}	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 - 0,2)$	-0,54	Vztlak
w_k^{G+}	+0,7	$0,7736 \cdot (+0,7 - 0,2)$	+0,39	Tlak
w_k^{H-}	-0,2	$0,7736 \cdot (-0,2 - 0,2)$	-0,31	Vztlak
w_k^{H+}	+0,4	$0,7736 \cdot (+0,4 - 0,2)$	+0,15	Tlak
w_k^{I-}	-0,4	$0,7736 \cdot (-0,4 - 0,2)$	-0,46	Vztlak
w_k^{I+}	+0,0	$0,7736 \cdot (+0,0 - 0,2)$	-0,15	Vztlak
w_k^{J-}	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 - 0,2)$	-0,54	Vztlak
w_k^{J+}	+0,0	$0,7736 \cdot (+0,0 - 0,2)$	-0,15	Vztlak

Tabulka 4.32 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = -0,3$ pro směr větru $\theta = 0^\circ$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=-0,3$	
Typ konstrukce:			Světlík	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^{F-}	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 + 0,3)$	-0,15	Vztlak
w_k^{F+}	+0,7	$0,7736 \cdot (+0,7 + 0,3)$	+0,77	Tlak
w_k^{G-}	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 + 0,3)$	-0,15	Vztlak
w_k^{G+}	+0,7	$0,7736 \cdot (+0,7 + 0,3)$	+0,77	Tlak
w_k^{H-}	-0,2	$0,7736 \cdot (-0,2 + 0,3)$	+0,08	Tlak
w_k^{H+}	+0,4	$0,7736 \cdot (+0,4 + 0,3)$	+0,54	Tlak
w_k^{I-}	-0,4	$0,7736 \cdot (-0,4 + 0,3)$	-0,08	Vztlak
w_k^{I+}	+0,0	$0,7736 \cdot (+0,0 + 0,3)$	+0,23	Tlak
w_k^{J-}	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 + 0,3)$	-0,15	Vztlak
w_k^{J+}	+0,0	$0,7736 \cdot (+0,0 + 0,3)$	+0,23	Tlak

Tabulka 4.33 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = +0,2$ pro směr větru $\theta = 90^\circ$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=+0,2$	
Typ konstrukce:			Světlík	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^F	-1,1	$0,7736 \cdot (-1,1 - 0,2)$	-1,01	Vztlak
w_k^G	-1,4	$0,7736 \cdot (-1,4 - 0,2)$	-1,24	Vztlak
w_k^H	-0,8	$0,7736 \cdot (-0,8 - 0,2)$	-0,77	Vztlak
w_k^I	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 - 0,2)$	-0,54	Vztlak

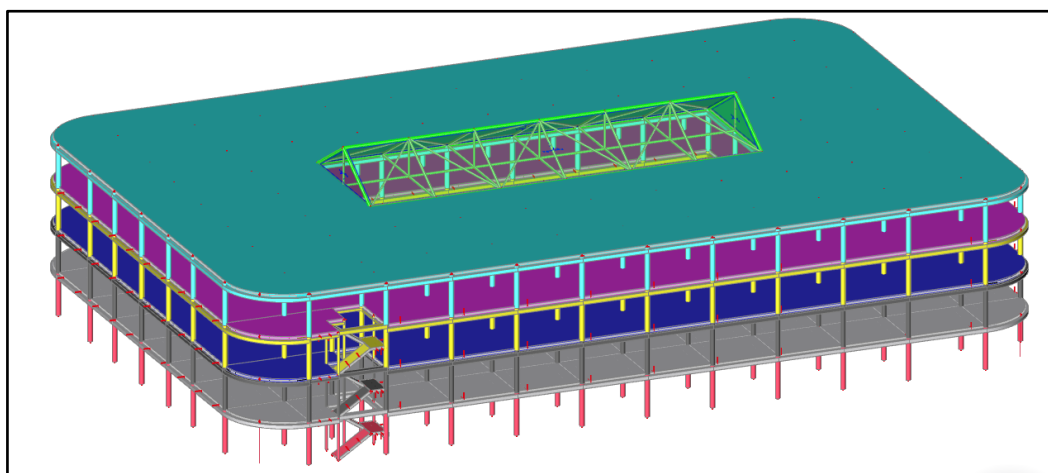
Tabulka 4.34 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = -0,3$ pro směr větru $\theta = 90^\circ$

Součinitel vnitřního tlaku:			$c_{pi}=+0,2$	
Typ konstrukce:			Světlík	
Tlak větru	$c_{pe,10}$	Výpočet	Výsledek [kN/m ²]	
w_k^F	-1,1	$0,7736 \cdot (-1,1 + 0,3)$	-0,62	Vztlak
w_k^G	-1,4	$0,7736 \cdot (-1,4 + 0,3)$	-0,85	Vztlak
w_k^H	-0,8	$0,7736 \cdot (-0,8 + 0,3)$	-0,39	Vztlak
w_k^I	-0,5	$0,7736 \cdot (-0,5 + 0,3)$	-0,15	Vztlak

5. Výpočetní model

5.1 MKP model

Výpočetní model byl jako celek ve 3D vymodelován v programu SCIA Engineer [1] z prutových a plošných prvků v obecné rovině x, y, z . Sloupy spolu se schodišťovou deskou jsou podepřeny tuze. Výpočet je proveden lineárně – Kirchhoffovou teorií desek s velikostí sítě 0,2 m, která byla zvolena na základě tloušťky stropní desky. Na místech jako jsou kruhové segmenty desky a v místě podpor byla síť vhodně pozměněna.



Obrázek 5.1 – 3D model ve Scia Engineer [1]

5.1.1 Popis výpočtu – nastavení sítě apod.

Počet zatěžovacích stavů: 29

Nastavení kombinací ve výpočtovém modelu:

- kombinace EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B pro mezní stav únosnosti,
- lineární použitelnost pro mezní stav použitelnosti.

Nastavení sítě ve výpočtovém modelu:

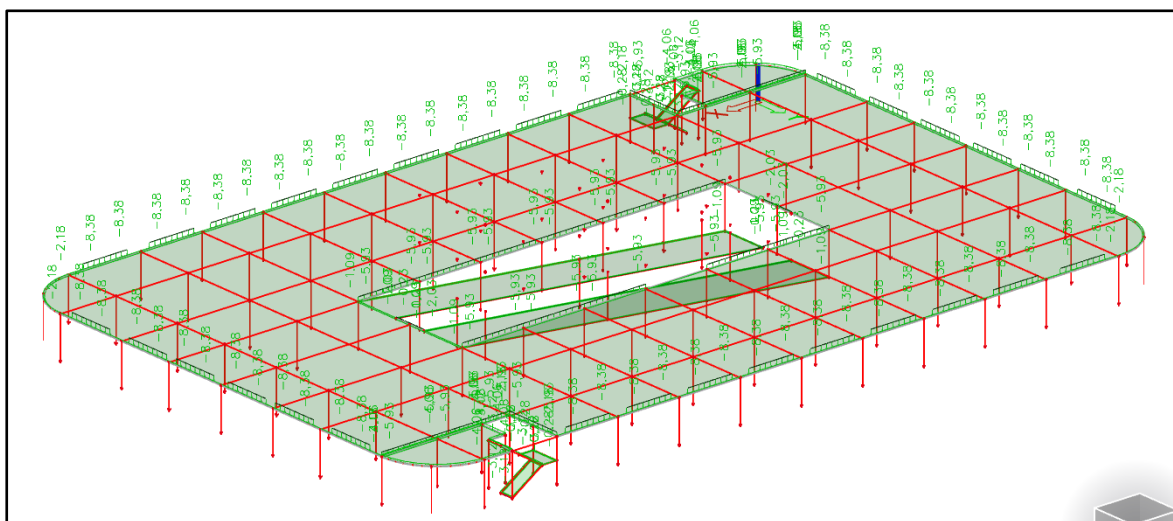
- počet dílků na prutu: 5,
- průměrná velikost plošného prvku: 0,2 s lokálním zahuštěním v kritických místech.

5.1.2 Zatížení ve 3D modelu

Zatížení bylo do modelu vloženo jako plošné v kN/m^2 , liniové v kN/m a bodové v kN . Jednotlivé typy jsou podrobněji popsány v podkapitolách níže.

5.1.2.1 Stálé zatížení

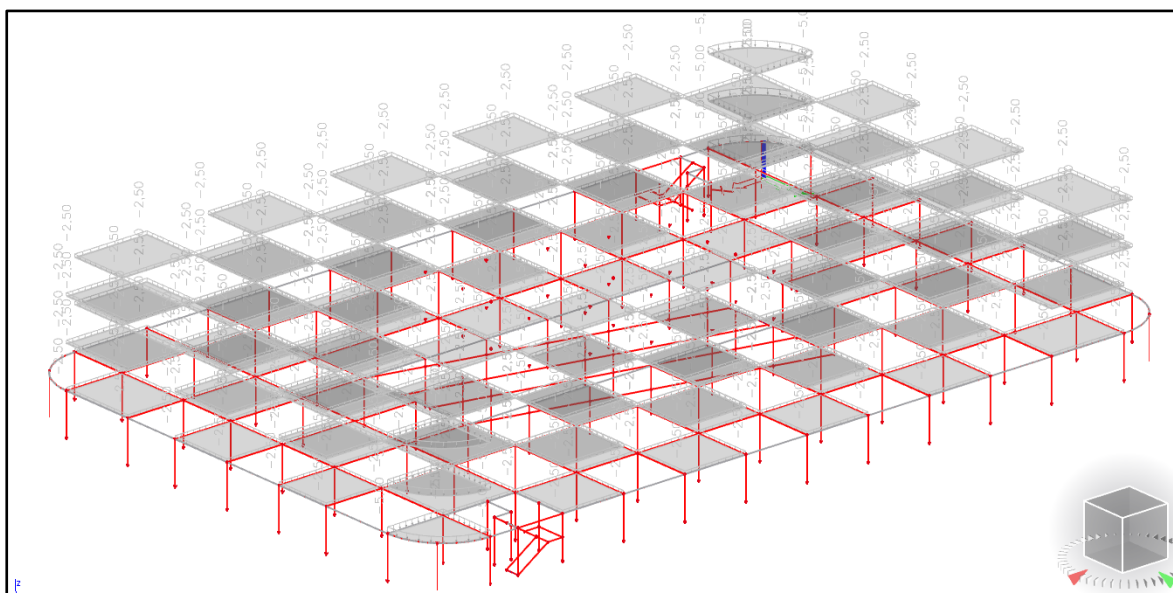
Stálé zatížení od vlastní tíhy bylo v programu vygenerované automaticky podle zvoleného typu materiálu a jeho rozměru. Výjimku tvoří pouze atika na střešní konstrukci, kde vlastní tíha betonové konstrukce atiky je vypočtena v celkové skladbě atiky. Hodnoty ostatních zatížení jsou vypočteny v kapitole 4.1. Vodorovné zatížení od skladeb podlah, střešní konstrukce a schodiště bylo zadáno jako plošné v kN/m^2 a vloženo na příslušné konstrukce dle projektové dokumentace. Svislé zatížení naopak bylo vloženo jako liniové v kN/m přesně do míst, kde se v půdorysu nachází. Vztah pro kombinaci je nastaven v typu „Standard“.



Obrázek 5.2 - Stálé zatížení v 1. NP

5.1.2.2 Proměnné – užité

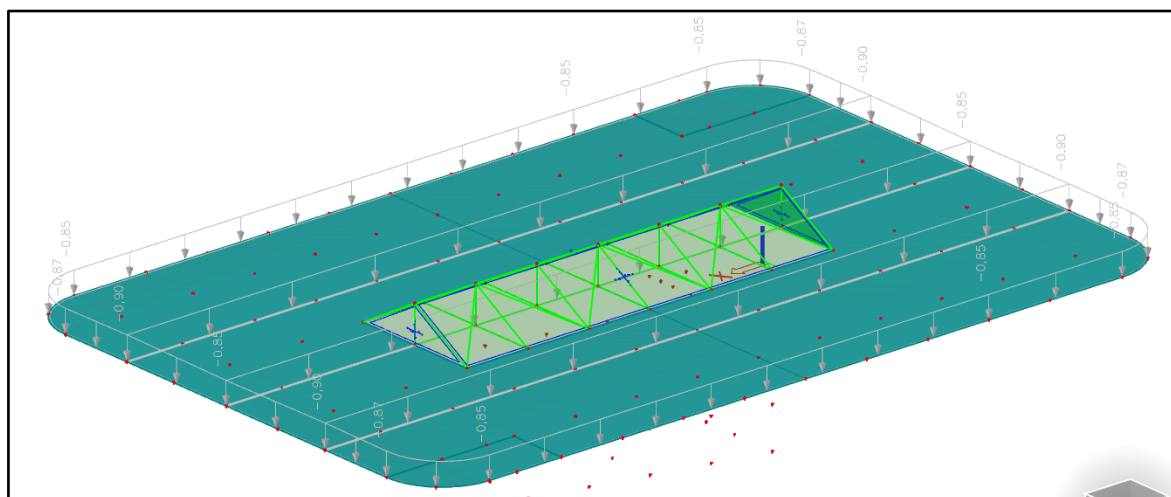
Hodnoty proměnného užitého zatížení jsou vypsány v kapitole 4.2.1. V modelu byly zadány podle skupiny zatížení a její dané kategorie jako plošné v kN/m^2 a jako bodové od zatížení od nápravových sil v kN . Zatížení má vztah pro kombinaci zvolenou jako výběrovou. Dále bylo navíc v dalších zatěžovacích stavech umístěno do šachovnice na jednotlivá pole.



Obrázek 5.3 - Šachovnicově rozdělení užitého plošného zatížení 1. - 4. NP

5.1.2.3 Proměnné – sníh

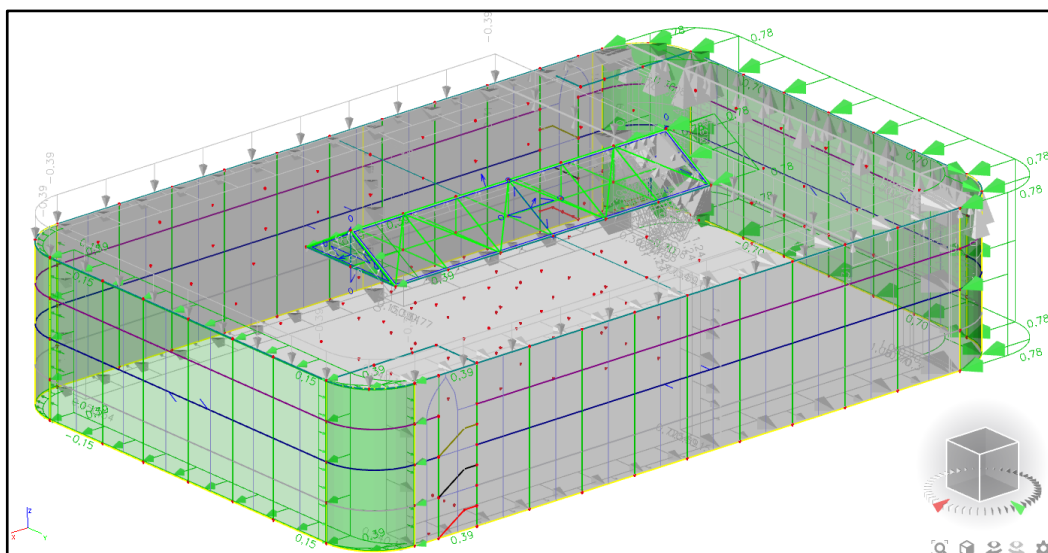
Sníh působí na konstrukci po celé ploše střešní konstrukce s možností navátého sněhu u atiky a střešního světlíku. Jeho hodnoty jsou vypočteny v kapitole 4.2.2 ve směru x a y a do modelu vloženy dle daného typu plošně v kN/m^2 .



Obrázek 5.4 – Sníh ve směru y typ B

5.1.2.4 Proměnné – vítr

Výsledné hodnoty po vítr působící na konstrukci jak na stěny a na střešní konstrukci, tak na střešní světlík jsou vypsány v kapitole 4.2.3.2.4. Kvůli souměrnému tvaru objektu byl vítr zadán pouze ve směru x a y jako plošné zatížení výběrové v kN/m^2 .



Obrázek 5.5 – Vítr ve směru 270° (směr x) pro c_{pe}^- a c_{pi}^-

5.2 Ruční výpočet

Pro zvolení správného typu ručního výpočtu pro výpočet vnitřních sil musíme určit, jak je stropní deska podepřena. Tato problematika je detailně vysvětlena v podkapitole 5.2.1 níže. Výsledky ze zvolené metody jsou porovnány s výsledky z MKP modelu. Jejich rozdíl by neměl překročit 25 %.

5.2.1 Podepření desky

Pravoúhlé stropní desky působící ve dvou směrech mohou dle tvaru průhybové plochy nabývat dvojího typu – podepřená po obvodě, nebo podepřená lokálně [12]. Každý typ má svůj specifický výpočetní postup pro určení vnitřních sil na desce. Proto výběr správné zjednodušené metody pro desku působící ve dvou směrech závisí na způsobu podepření desky, a to může být poddajné, nebo nepoddajné. Pokud podepření dle podmínky (5.1) z literatury [12] vyjde poddajné – tuhost vnitřních ztužujících trámů je nedostatečná –, použijeme zjednodušenou metodu pro desky lokálně podepřené se ztužujícími rámy. V opačném případě je deska tuhá a podepřena po svém obvodě.

Podepření desky lze považovat za nepoddajné, splňuje-li podmínku:

$$\frac{\alpha_1 \cdot L_2}{L_1} \geq 2 \quad (5.1)$$

- α_1 součinitel ztužení z rovnice (5.2),
- L_1 rozpětí deskového pole ve směru x ,
- L_2 rozpětí deskového pole ve směru y .

Součinitel ztužení:

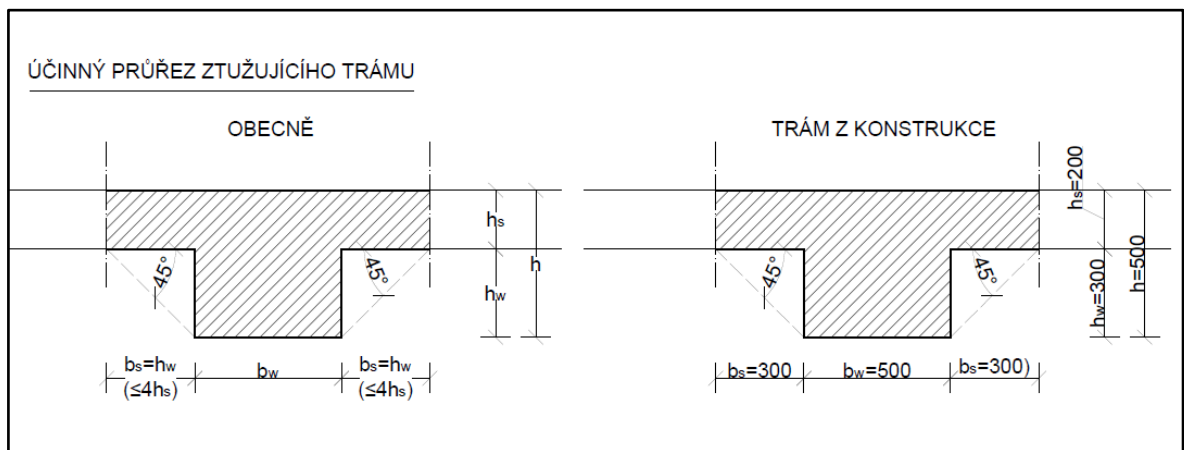
$$\alpha = \frac{E_b \cdot I_b}{E_s \cdot I_s} \quad (5.2)$$

- E_b modul pružnosti ztužujícího trámu,
- I_b moment setrvačnosti účinného průřezu ztužujícího trámu viz (5.3),
- E_s modul pružnosti desky,
- I_s moment setrvačnosti desky o šířce b – pásu desky.

Moment setrvačnosti účinného průřezu ztužujícího rámu:

$$I_b = \frac{I}{12} (A_1 \cdot h^2 + A_2 \cdot h_s^2) + \frac{A_1 \cdot A_2 \cdot e^2}{A_1 + A_2} \quad (5.3)$$

- A_1 plocha v účinném průřezu viz Obrázek 5.6 $\rightarrow A_1 = b_w \cdot h$,
- A_2 plocha v účinném průřezu viz Obrázek 5.6 $\rightarrow A_2 = b_s \cdot h_s$,
- e vzdálenost těžišť ploch A_1 a A_2 .



Obrázek 5.6 - Schéma účinného průřezu trámu

Výpočet podmínky nepoddajného podepření desky pro vnitřní ztužující trámy:

Řešena je spojitá deska o obdélníkových polích s rozpětím L_1 a $L_2 = 6\ 500\ mm$. Schéma průřezu trámu je zakresleno na obrázku nad textem (viz Obrázek 5.6).

$$A_1 = b_w \cdot h = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25\ m^2$$

$$A_2 = b_s \cdot h_s = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,2 = 0,12\ m^2$$

$$e_y = h/2 - h_s/2 = 0,5/2 - 0,2/2 = 0,15\ m$$

$$I_b = \frac{I}{12} (A_1 \cdot h^2 + A_2 \cdot h_s^2) + \frac{A_1 \cdot A_2 \cdot e^2}{A_1 + A_2} = \frac{I}{12} (0,25 \cdot 0,5^2 + 0,12 \cdot 0,2^2) + \frac{0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,15^2}{0,25 + 0,12} = 0,007433\ m^4$$

Tabulka 5.1 - Podepření desky pro vnitřní ztužující trámy

	Lx ₁	Lx ₂	Ly ₁	Ly ₂	L ₁	L ₂	bs _y	I _s	α	α·(L ₂ /L ₁)	≥ 2
	[m]							[m ⁴]	[-]		
a	6,5	5,5	6,5	5	6	5,75	5,75	0,00383	1,939	1,858	PODDAJNÉ (LPD)
b	5,5	5,5	6,5	5	5,5	5,75	5,75	0,00383	1,939	2,027	NEPODDAJNÉ (obvodě)
c	6,5	5,5	5	6,5	6	5,75	5,75	0,00383	1,939	1,858	PODDAJNÉ (LPD)
d	5,5	5,5	5	6,5	5,5	5,75	5,75	0,00383	1,939	2,027	NEPODDAJNÉ (obvodě)
e	12	5,5	5	5,5	8,75	5,25	5,25	0,0035	2,124	1,274	PODDAJNÉ (LPD)

Spojité deska řešené konstrukce nemá u všech polí stejnorodé rozpětí. Proto bylo řešeno pět případů polí a následně posouzeno. Většina z nich vyšla poddajně a zbylý zbytek, který vyšel nepoddajně, se lišil jen o zanedbatelný kousek. Proto pro ruční výpočet byla vybrána metoda lokálně podepřených desek pro rozpětí pole $L_1 = 5,5 \text{ m}$ a $L_2 = 5,75 \text{ m}$ typ *d*.

5.2.2 Lokálně podepřená deska – metoda součtových momentů

Základní parametry:

Zadané parametry:				
Rozměry:	L_x	5,5	[m]	délka v ose x
	L_y	5,75	[m]	délka v ose y
	c_x	400	[mm]	rozměr sloupu v ose x
	c_y	400	[mm]	rozměr sloupu v ose y
Beton:	C25/30			
	f_{ck}	25	[MPa]	charakteristická pevnost betonu v tlaku
	f_{cd}	16,66667	[MPa]	návrhová pevnost betonu v tlaku
	f_{ctm}	2,6	[MPa]	pevnost betonu v tahu
Výztuž:	B500B			
	f_{yk}	500	[MPa]	charakteristická hodnota meze kluzu
	f_{yd}	434,78	[MPa]	návrhová hodnota meze kluzu
	L_{mx}	5100	[mm]	světlá délka deskového pole v ose x
	L_{my}	5350	[mm]	světlá délka deskového pole v ose y

Zatížení:

Pro kontrolní výpočet bylo pro zjednodušení použito pouze zatížení od vlastní tíhy.

$$g_k = 0,2 \cdot 25 = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 5 \cdot 1,35 = 6,75 \text{ kN/m}^2$$

5.2.2.1 Výpočet ohybových momentů ve směru x

Celkový součtový moment ve směru x:

$$M_{tot} = \frac{1}{8} (g_d + q_d) \cdot b \cdot L_n^2 \quad (5.4)$$

- g_d stálé zatížení, v našem případě 5 kN/m²,
- q_d proměnné zatížení, v našem případě 0,
- b šířka uvažovaného pásu od poloviny pole do poloviny druhého pole,
- L_n světlé rozpětí vyšetřovaného pole.

Po dosažení do vzorce (5.4) vyjde hodnota:

$$M_{tot} = \frac{1}{8} (g_d + q_d) \cdot b \cdot L_{nx}^2 = \frac{1}{8} (6,75) \cdot 5,75 \cdot 5,1^2 = 126,189 \text{ kNm}$$

Ohybový moment ve směru x v poli:

$$M_x^+ = 35 \% \cdot M_{tot} = 0,35 \cdot M_{tot} = 0,35 \cdot 126,189 = 44,166 \text{ kNm}$$

Ohybový moment ve směru x nad podporou:

$$M_x = 65 \% \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot 126,189 = 82,023 \text{ kNm}$$

5.2.2.2 Výpočet ohybových momentů ve směru y

Celkový součtový moment ve směru y se vypočte stejně jako ve směru x dle vzorce (5.4).

Celkový součtový moment ve směru y:

$$M_{tot} = \frac{1}{8} (g_d + q_d) \cdot b \cdot L_{ny}^2 = \frac{1}{8} (6,75) \cdot 5,5 \cdot 5,35^2 = 132,826 \text{ kNm}$$

Ohybový moment ve směru x v poli:

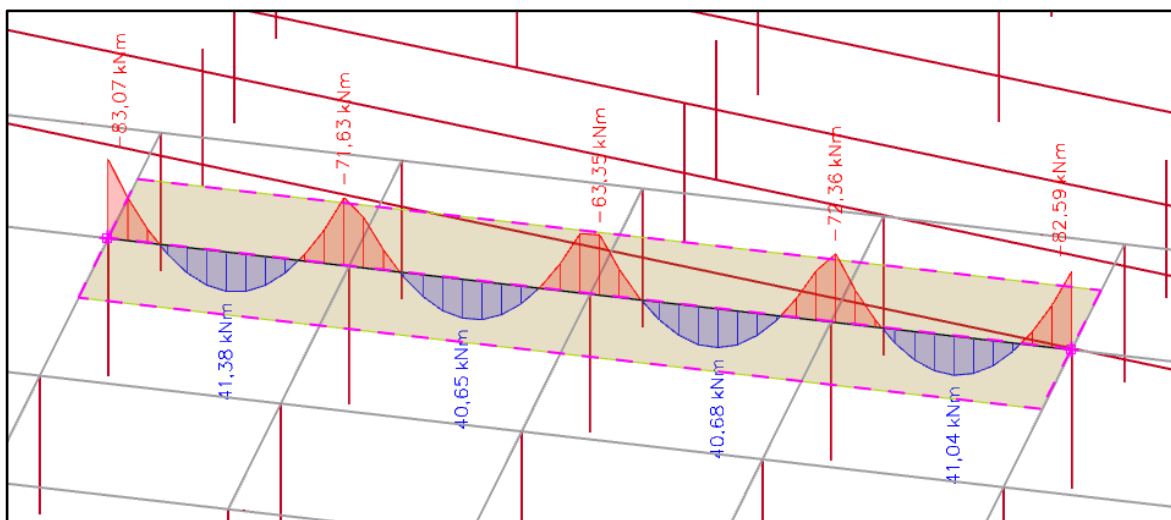
$$M_y^+ = 35 \% \cdot M_{tot} = 0,35 \cdot M_{tot} = 0,35 \cdot 132,826 = 46,489 \text{ kNm}$$

Ohybový moment ve směru x nad podporou:

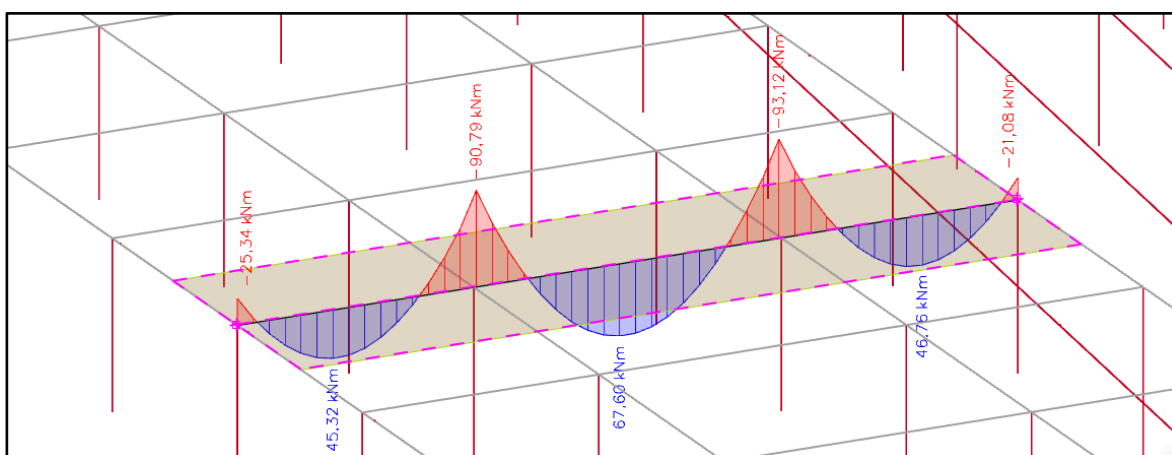
$$M_y = 65 \% \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot 132,826 = 86,337 \text{ kNm}$$

5.2.3 Porovnání ručního výpočtu s MKP modelem

V MKP modelu jsou vnitřní síly vygenerovány z vlastní tíhy na integračním páse. Jednotlivé výsledky ve směru x a y jsou vygenerovány na obrázcích níže.



Obrázek 5.8 - Vnitřní ohybové momenty ve směru x



Obrázek 5.7 - Vnitřní ohybové momenty ve směru y

Tabulka 5.2 - Porovnání výsledků modelu s ručním výpočtem

MKP model		Ruční výpočet		Rozdíl	
M_x^-	-83,07 [kNm]	M_x^-	-82,023 [kNm]	2	%
M_x^+	51,37 [kNm]	M_x^+	44,166 [kNm]	13	%
M_y^-	-93,12 [kNm]	M_y^-	-86,337 [kNm]	7	%
M_y^+	67,60 [kNm]	M_y^+	46,489 [kNm]	31	%

Rozdíl výsledků dodržel rozdíl 25 % až na poslední hodnotu pro ohybový moment ve směru y v poli. Můžeme jej zanedbat. Vedlejší hodnoty na páse v poli vykazovaly podobné hodnoty jako v ručním výpočtu. Maximální hodnota je pravděpodobně způsobena velkým rozpětím pole a nepřesností vůči 3D modelu.

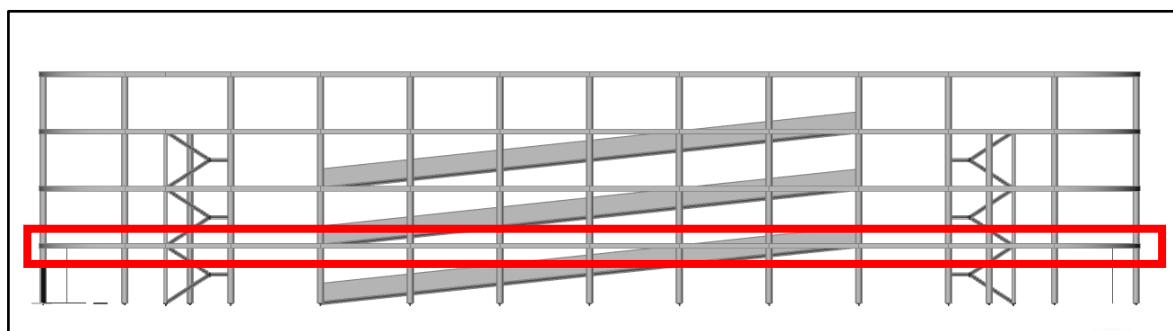
5.3 Výsledky vnitřních sil

Výstupy vnitřních sil jsou provedeny z výsledků vnitřních sil z programu Scia Engineer [1]. Následující kapitoly obsahují vnitřní síly jednotlivých nosných prvků, které jsou následně vypsány do tabulek.

5.3.1 Stropní desky

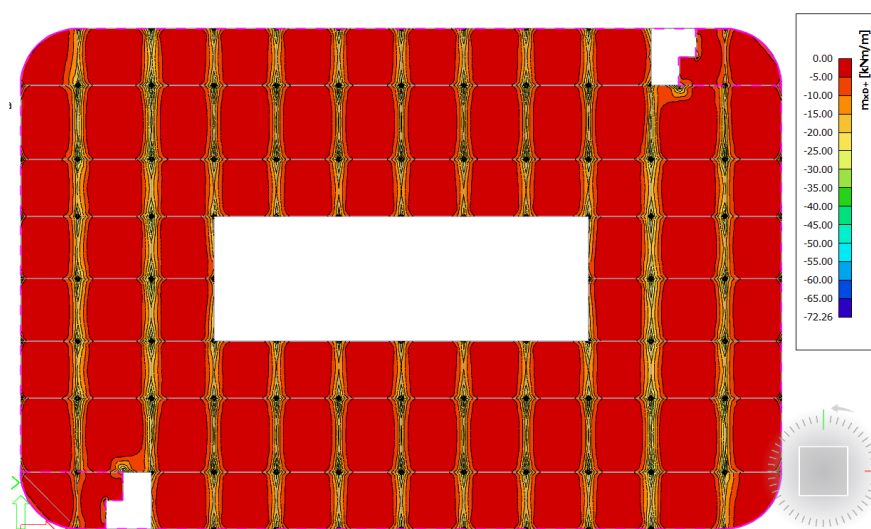
Pro výstupy vnitřních sil na stropních deskách byly použity dimenzační momenty, které zahrnují jak ohybové momenty, tak kroučící momenty. Vybrána byla nejhorší možná kombinace zatížení. Pro návrh horní výztuže jsou dimenzační momenty označeny m_{xD}^+ ve směru x a m_{yD}^+ ve směru y v záporných hodnotách. Pro návrh dolní výztuže jsou dimenzační momenty označeny m_{xD}^- ve směru x a m_{yD}^- ve směru y v kladných hodnotách.

5.3.1.1 Stropní deska D₁ nad 1. NP

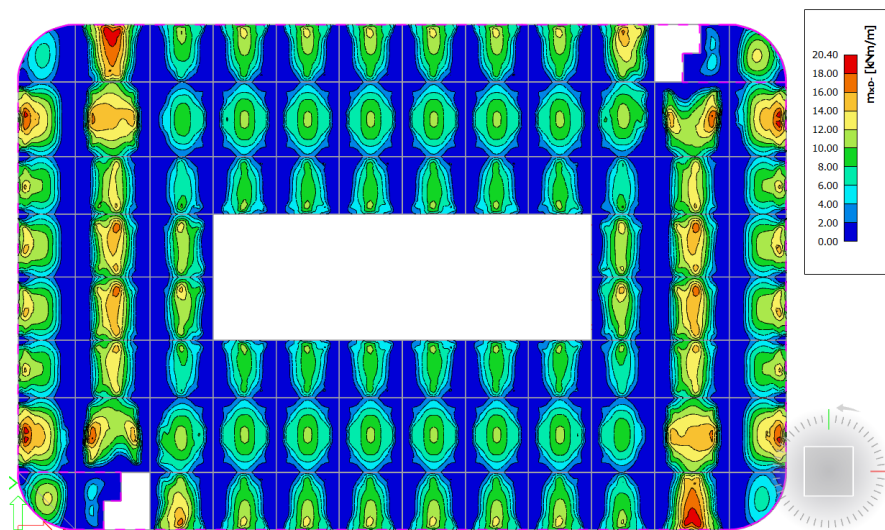


Obrázek 5.9 - Schéma desky D₁ v řezu

5.3.1.1.1 Dimenzační momenty ve směru x

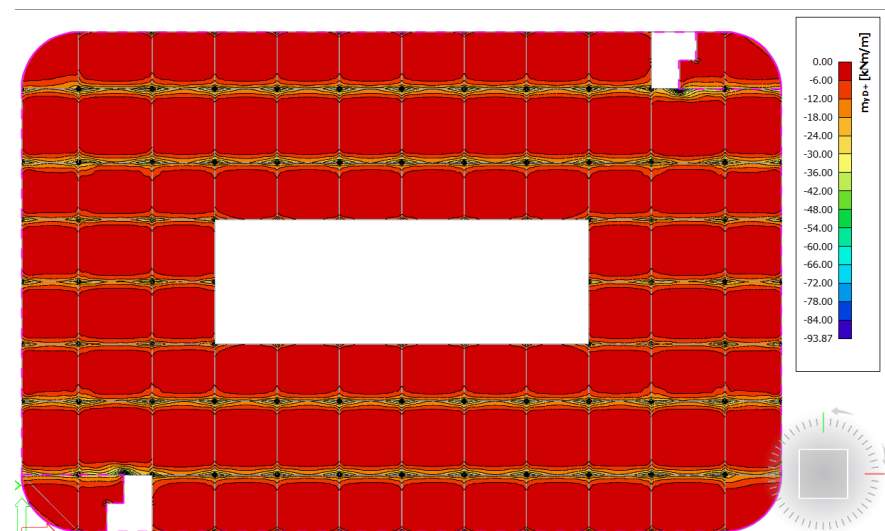


Obrázek 5.10 - Dimenzační moment na desce D₁ ve směru x nad podporou (horní povrch)

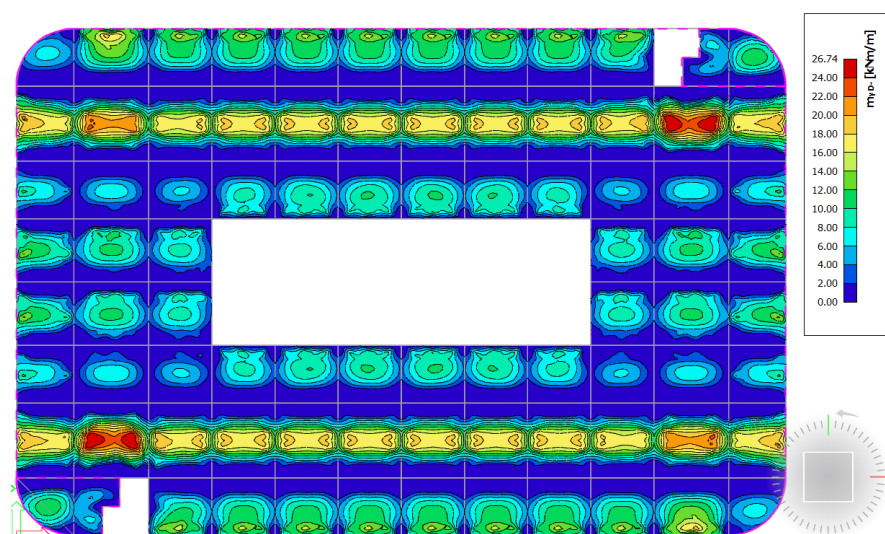


Obrázek 5.11 - Dimenzační moment na desce D_1 ve směru x v poli (dolní povrch)

5.3.1.1.2 Dimenzační momenty ve směru y



Obrázek 5.12- Dimenzační moment na desce D_1 ve směru y nad podporou (horní povrch)



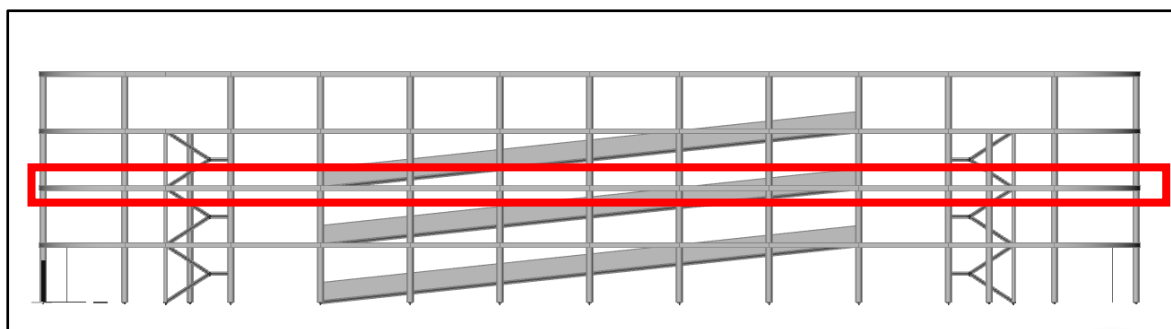
Obrázek 5.13- Dimenzační moment na desce D_1 ve směru y v poli (dolní povrch)

5.3.1.1.3 Výsledky na desce D₁

Tabulka 5.3 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D₁

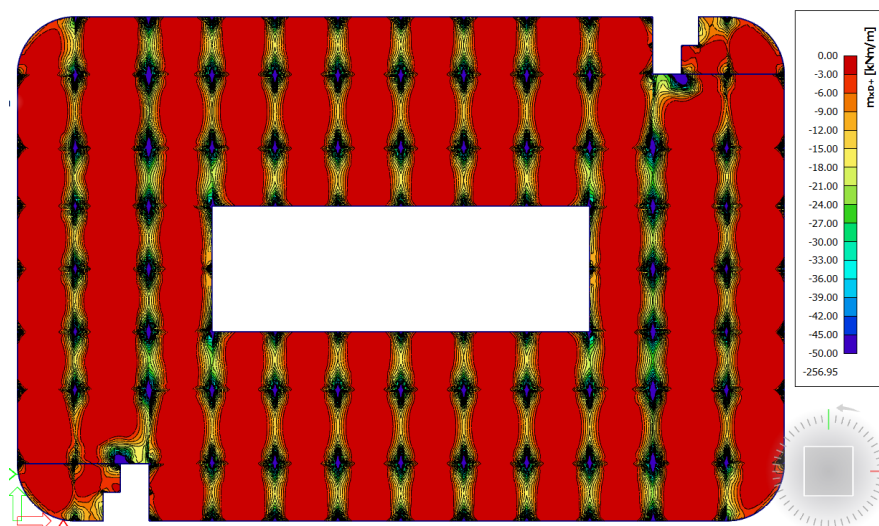
Vnitřní síly na desce D ₁ (dimenzační momenty)					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-72,26	[kNm/m]	m_{yD}^+	-93,87	[kNm/m]
m_{xD}^-	20,40	[kNm/m]	m_{yD}^-	26,74	[kNm/m]

5.3.1.2 Stropní deska D₂ nad 2. NP

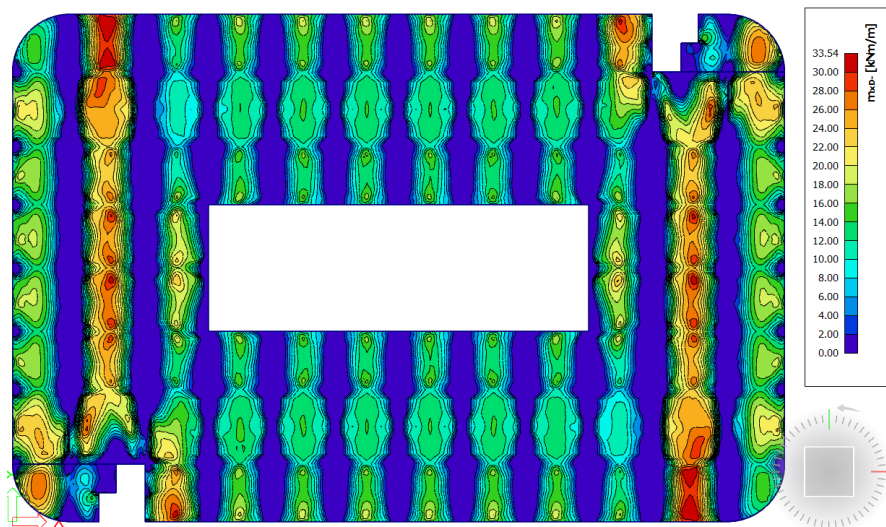


Obrázek 5.14 - Schéma desky D₂ v řezu

5.3.1.2.1 Dimenzační momenty ve směru x

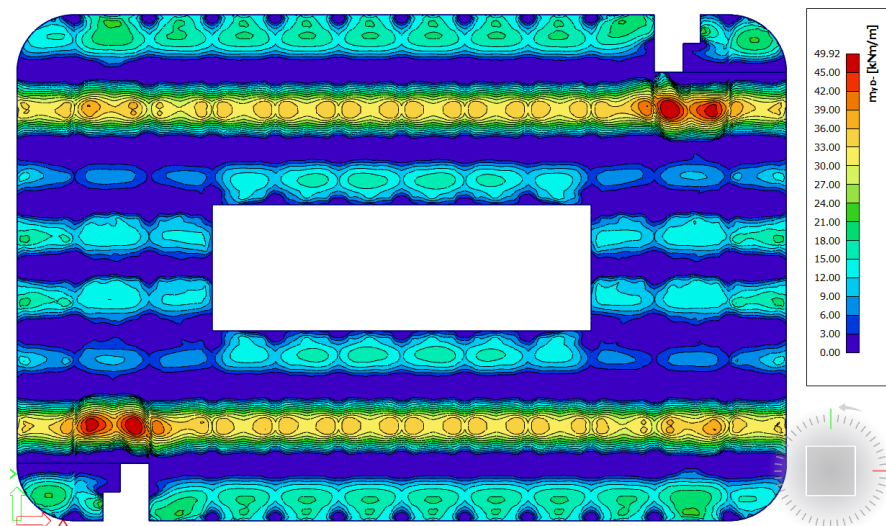


Obrázek 5.15 - Dimenzační moment na desce D₂ ve směru x nad podporou (horní povrch)

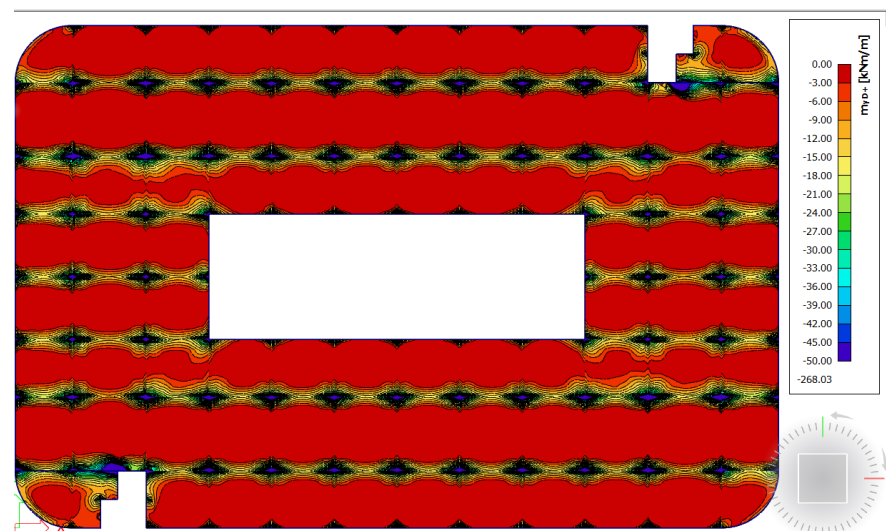


Obrázek 5.16 - Dimenzační moment na desce D_2 ve směru x v poli (dolní povrh)

5.3.1.2.2 Dimenzační momenty ve směru y



Obrázek 5.17- Dimenzační moment na desce D_2 ve směru y nad podporou (horní povrh)



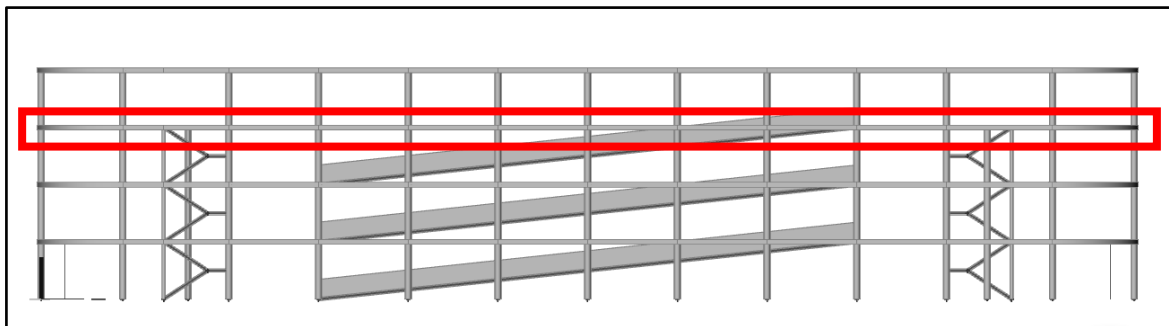
Obrázek 5.18- Dimenzační moment na desce D_2 ve směru y v poli (dolní povrh)

5.3.1.2.3 Výsledky na desce D₂

Tabulka 5.4 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D₂

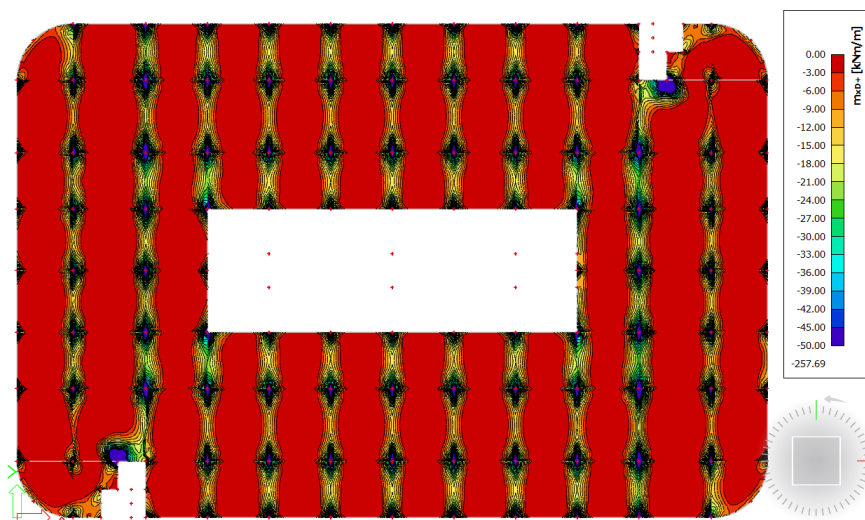
Vnitřní síly na desce D ₂ (dimenzační momenty)					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-96,84	[kNm/m]	m_{yD}^+	-97,51	[kNm/m]
m_{xD}^-	33,54	[kNm/m]	m_{yD}^-	49,92	[kNm/m]

5.3.1.3 Stropní deska D₃ nad 3. NP

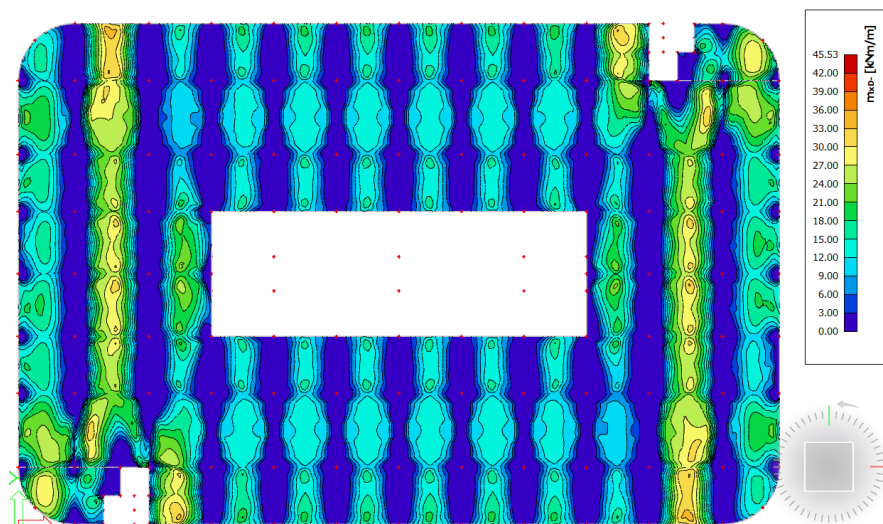


Obrázek 5.19 - Schéma desky D₃ v řezu

5.3.1.3.1 Dimenzační momenty ve směru x

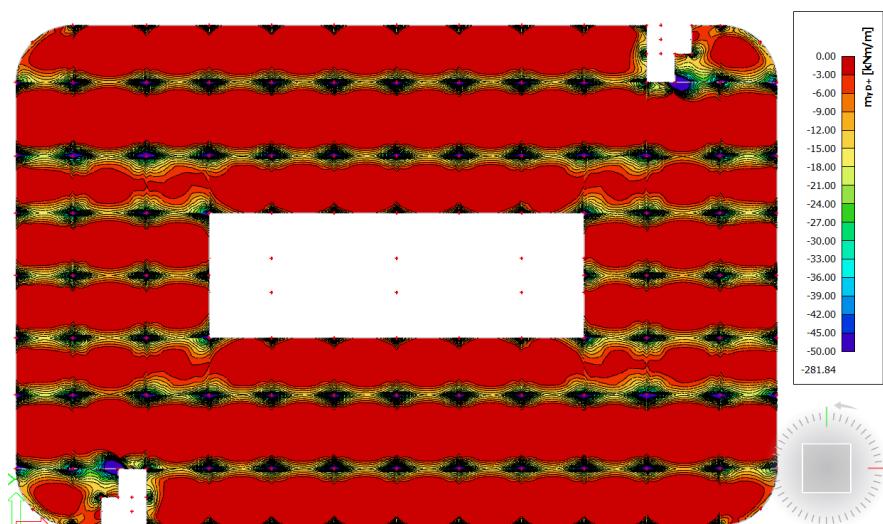


Obrázek 5.20 - Dimenzační moment na desce D₃ ve směru x nad podporou (horní povrch)

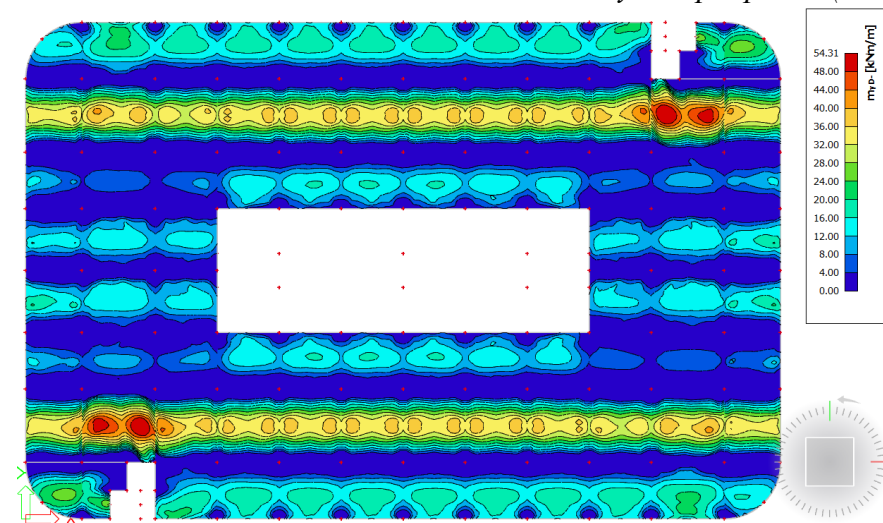


Obrázek 5.21 - Dimenzační moment na desce D_3 ve směru x v poli (dolní povrch)

5.3.1.3.2 Dimenzační momenty ve směru y



Obrázek 5.23- Dimenzační moment na desce D_3 ve směru y nad podporou (horní povrch)



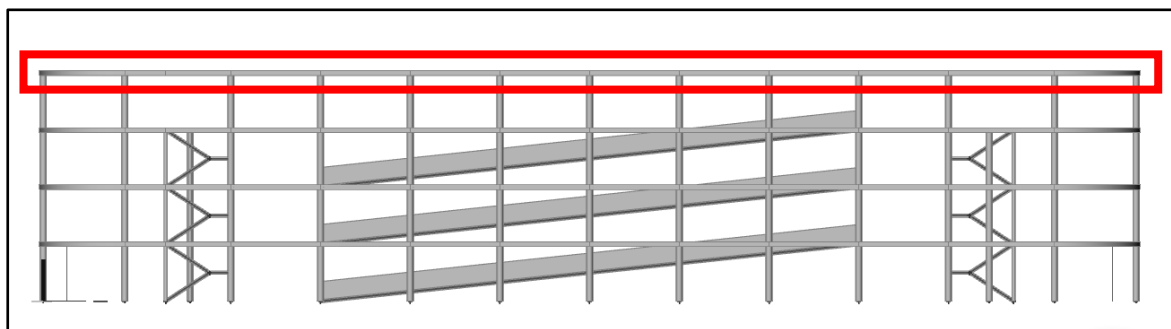
Obrázek 5.22- Dimenzační moment na desce D_3 ve směru y v poli (dolní povrch)

5.3.1.3.3 Výsledky na desce D₃

Tabulka 5.5 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D₃

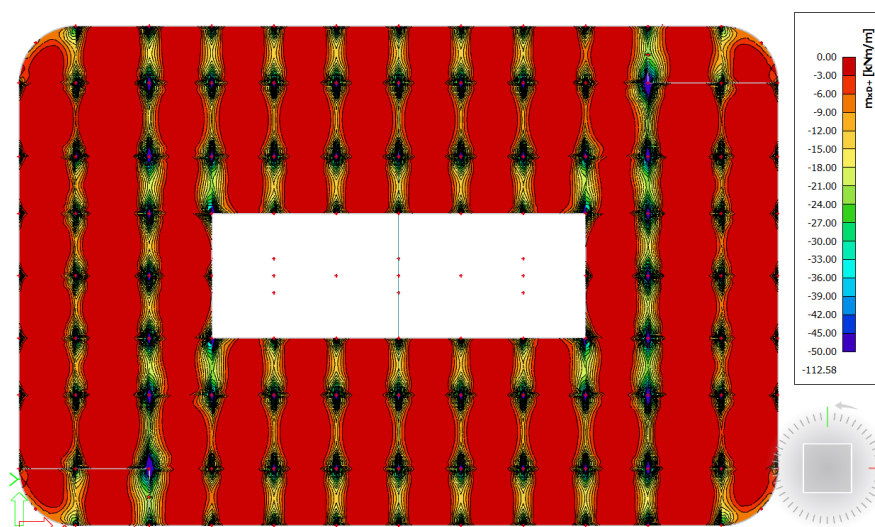
Vnitřní síly na desce D ₃ (dimenzační momenty)					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-102,18	[kNm/m]	m_{yD}^+	-101,3	[kNm/m]
m_{xD}^-	45,53	[kNm/m]	m_{yD}^-	54,31	[kNm/m]

5.3.1.4 Střešní deska D₄ nad 4. NP

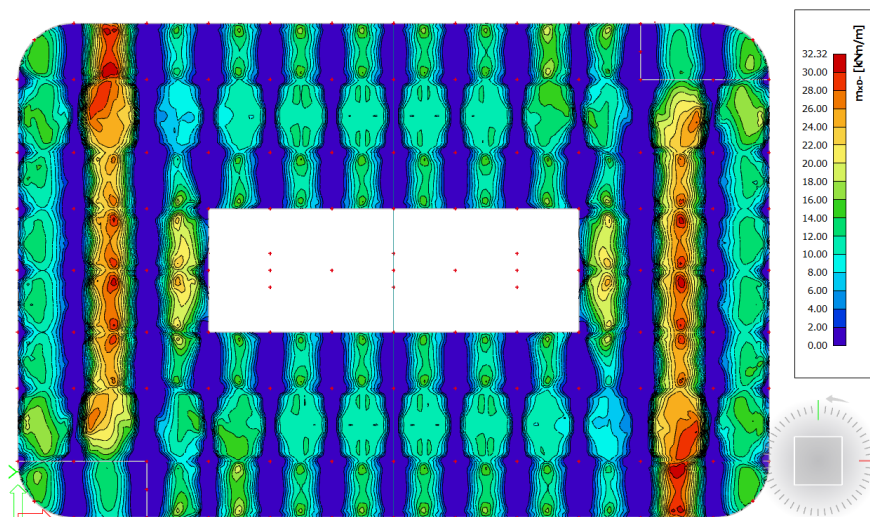


Obrázek 5.24 - Schéma desky D₄ v řezu

5.3.1.4.1 Dimenzační momenty ve směru x

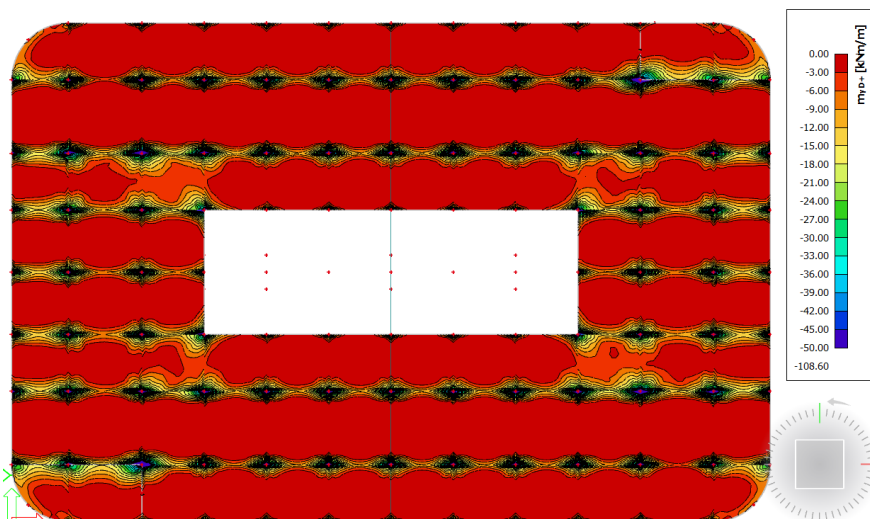


Obrázek 5.25 - Dimenzační moment na desce D₄ ve směru x nad podporou (horní povrch)

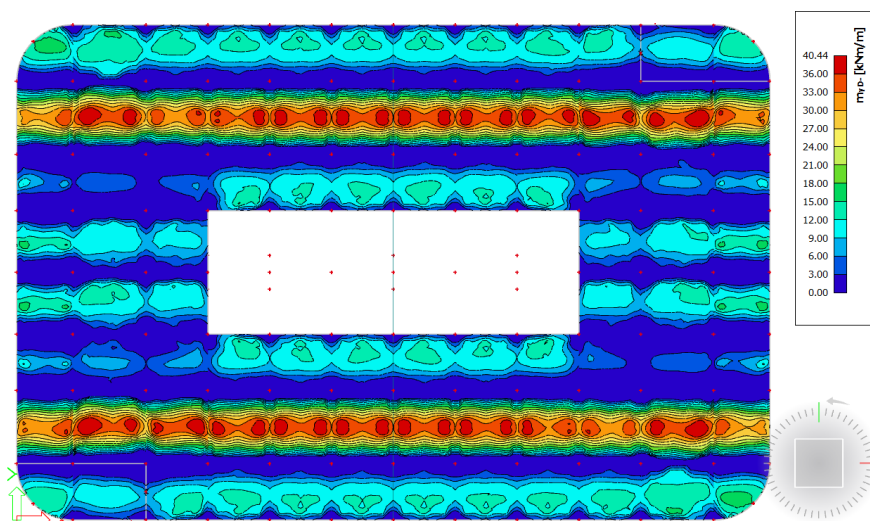


Obrázek 5.26 - Dimenzační moment na desce D_4 ve směru x v poli (dolní povrh)

5.3.1.4.2 Dimenzační momenty ve směru y



Obrázek 5.27- Dimenzační moment na desce D_4 ve směru y nad podporou (horní povrh)



Obrázek 5.28- Dimenzační moment na desce D_4 ve směru y v poli (dolní povrh)

5.3.1.4.3 Výsledky na desce D₄

Tabulka 5.6 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D₄

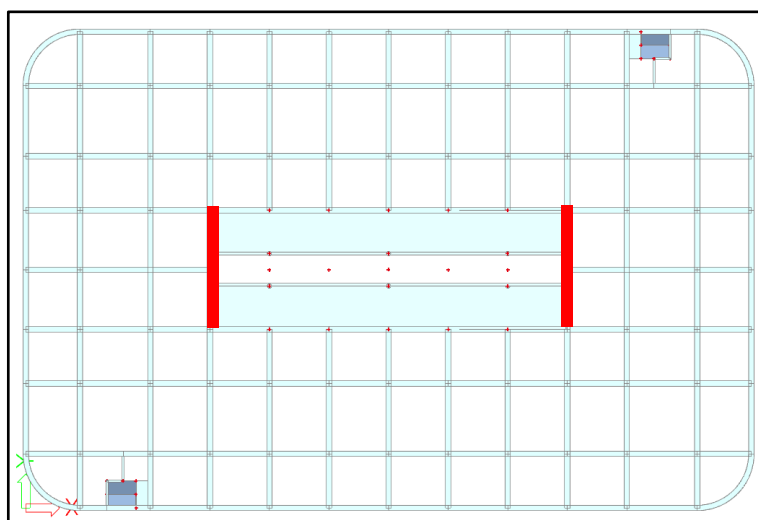
Vnitřní síly na desce D ₄ (dimenzační momenty)					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-75,13	[kNm/m]	m_{yD}^+	-70,20	[kNm/m]
m_{xD}^-	32,32	[kNm/m]	m_{yD}^-	40,44	[kNm/m]

5.3.2 Průvlaky

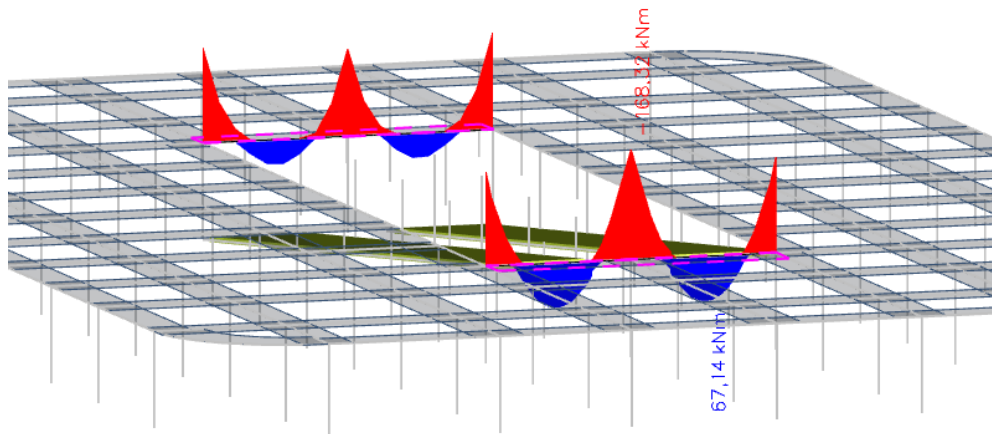
Průvlaky jsou v konstrukci dvojího typu. První typ má průvlak o rozměrech 500 x 300 mm a druhý typ 200 x 200 mm. Druhý typ se nachází u schodišťového ramene, který podepírá schodišťové průvlaky, a první typ se nachází ve zbytku konstrukce. Za vnitřní síly byly brány hodnoty ohybových momentů ve směru y a posouvající síly ve směru z.

5.3.2.1 Typ A

Průvlaky typu A se v každém podlaží půdorysně nachází nad rampou ve směru y. Délka jednoho průvlaku je 5 500 mm.



Obrázek 5.29 - Schéma průvlaku typu A

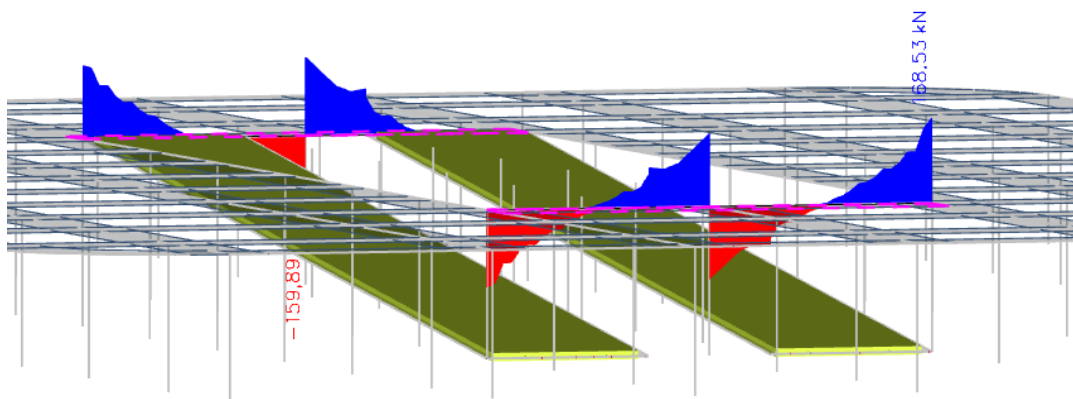


Obrázek 5.30 - Ohybové momenty na průvlaku typu A v 3. NP

Tabulka 5.7 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu A

typ A	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-142,23	-155,45	-168,32	-137,34
M_y^+	61,39	63,14	67,14	22,74

Ohybové momenty jsou v 1. až 3. NP podlaží téměř ve stejných hodnotách. Pro návrh výztuže v těchto podlažích budou brány nejvyšší hodnoty z 3. NP.



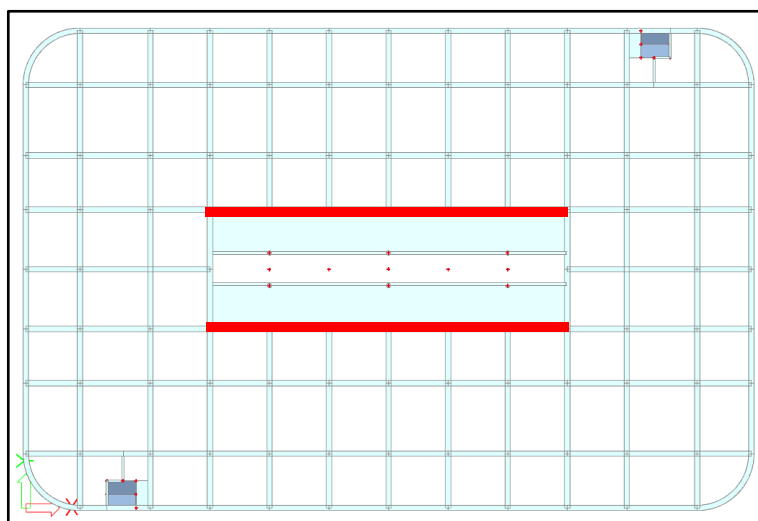
Obrázek 5.31 – Posouvající síly na průvlaku typu A v 2. NP

Tabulka 5.8 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu A

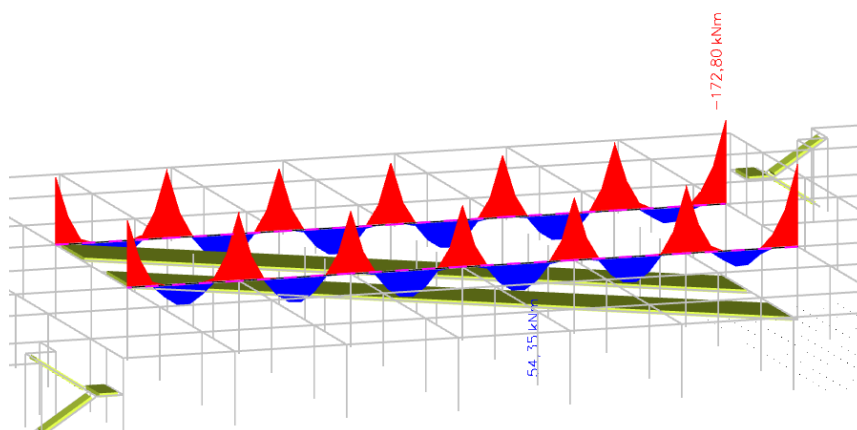
typ A	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	134,26	168,53	165,52	146
N	117,30	123,82	74,70	108,59

5.3.2.2 Typ B

Průvlaky typu B se v každém podlaží půdorysně nachází nad rampou ve směru x . Délka jednoho průvlaku je 5 500 mm.



Obrázek 5.33 - Schéma průvlaku typu B

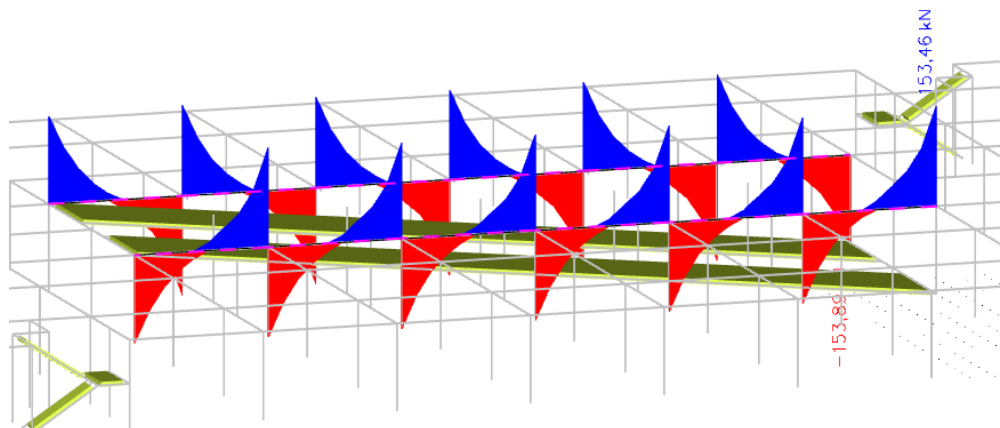


Obrázek 5.32 - Ohybové momenty na průvlaku typu B v 1. NP

Tabulka 5.9 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu B

typ B	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-122,20	-146,74	-172,80	-155,67
M_y^+	55,28	60,06	54,35	53,48

Nejvyšší záporný ohybový moment vyšel ve 3. NP a nejvyšší kladný ohybový moment v 2. NP. Na tyto momenty bude navržena výztuž ve všech čtyřech podlažích.



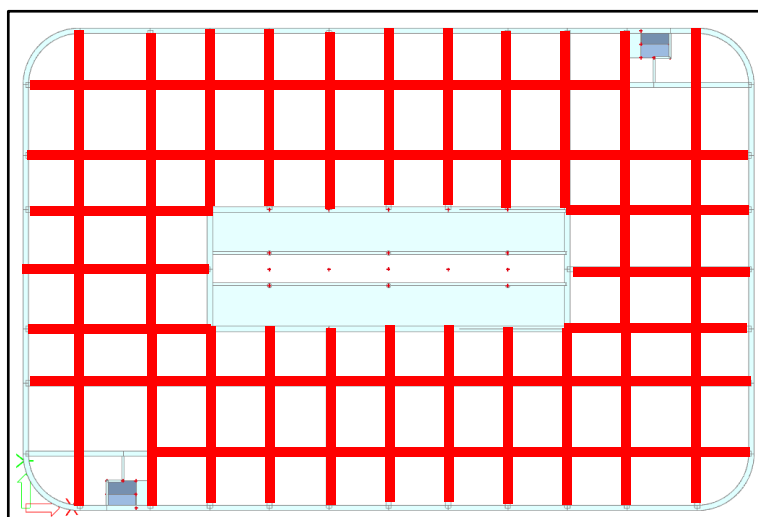
Obrázek 5.34 – Posouvající síly na průvlaku typu B v 3. NP

Tabulka 5.10 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu B

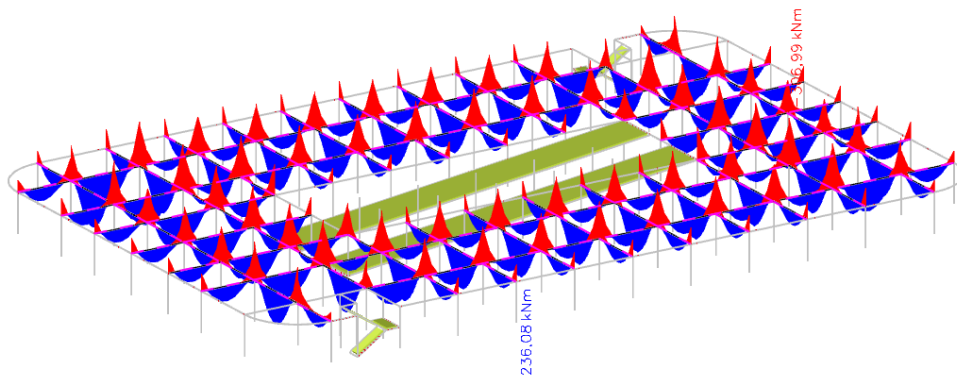
typ B	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	117,32	140,77	153,89	137,85
N	23,87	10,38	17,76	73,26

5.3.2.3 Typ C

Průvlaky typu C jsou vnitřní ve směru x a y a nachází v každém podlaží. Jejich půdorysná délka různá (6 500, 5 500 a 5 000 mm).



Obrázek 5.35- Schéma průvlaku typu C

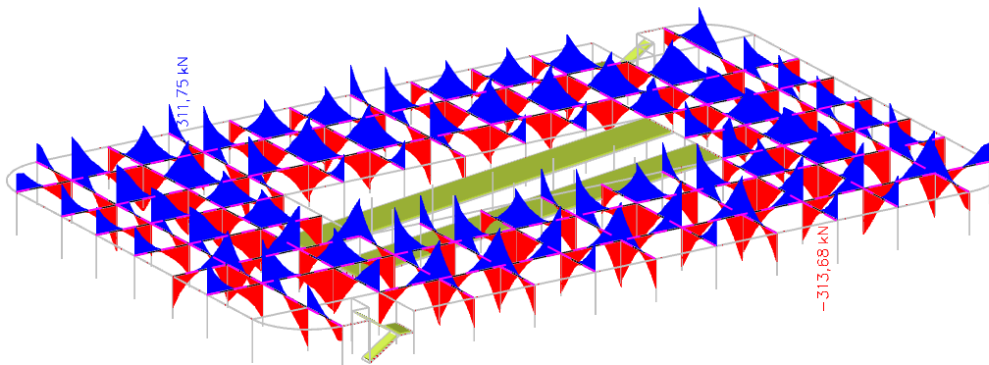


Obrázek 5.36 - Ohybové momenty na průvlaku typu C ve 3. NP

Tabulka 5.11 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu C

typ E	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-272,93	-305,31	-306,99	-292,11
M_y^+	205,82	231,28	236,08	224,79

Největší ohybové momenty jsou na průvlaku typu C ve 3. NP. Návrh nosné výztuže ve všech podlažích je navržena podle těchto maximálních hodnot.



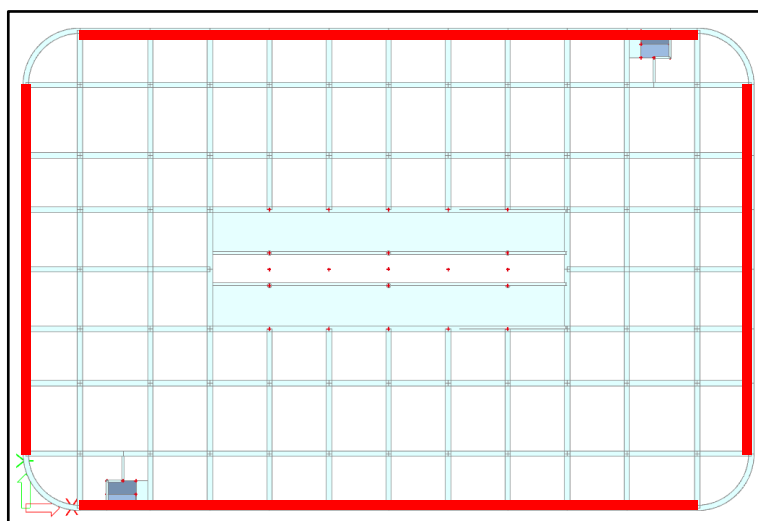
Obrázek 5.37 – Posouvající síly na průvlaku typu C ve 3. NP

Tabulka 5.12 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu C

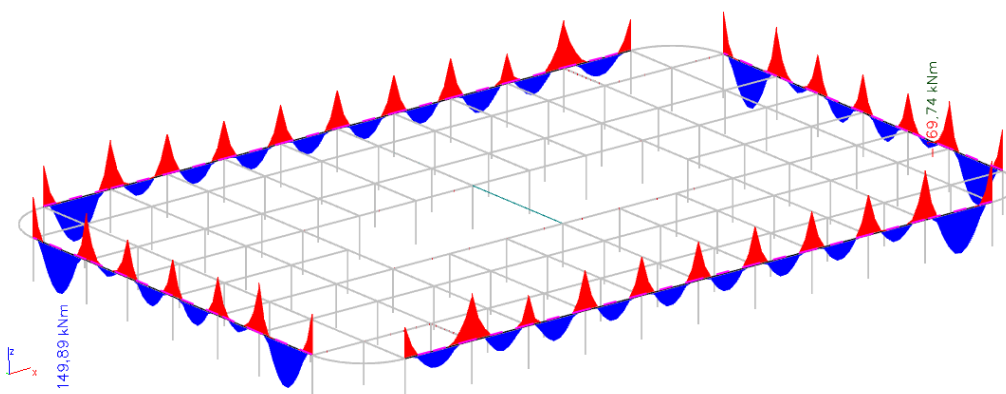
typ C	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	270,26	311,91	313,68	304,84
N	129,18	80,45	87,76	94,02

5.3.2.4 Typ D

Průvlaky typu D jsou krajní ve směru x a y v každém podlaží. Jejich půdorysná délka různá (6 500, 5 500 a 5 000 mm).



Obrázek 5.38- Schéma průvlaku typu D

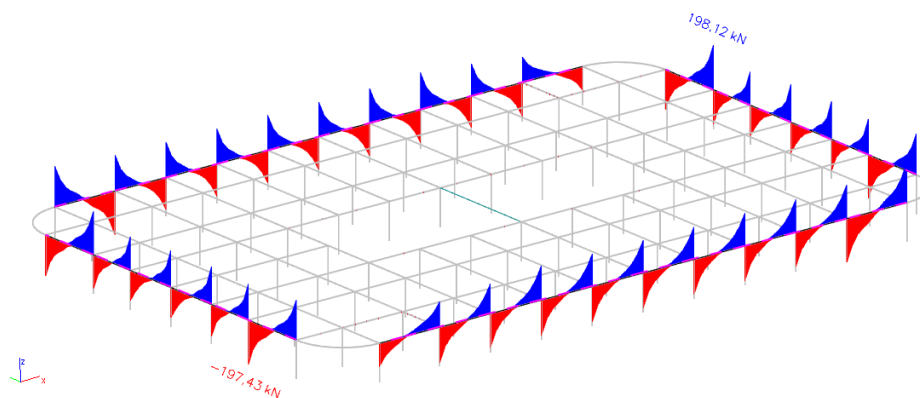


Obrázek 5.39 - Ohybové momenty na průvlaku typu D ve 4. NP

Tabulka 5.13 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu D

typ D	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-157,45	-169,54	-169,38	-169,74
M_y^+	127,27	134,18	139,22	149,89

Návrh nosné výztuže v 1. - 3. NP bude proveden podle maximálních hodnot ohybových momentů ve 4. NP.



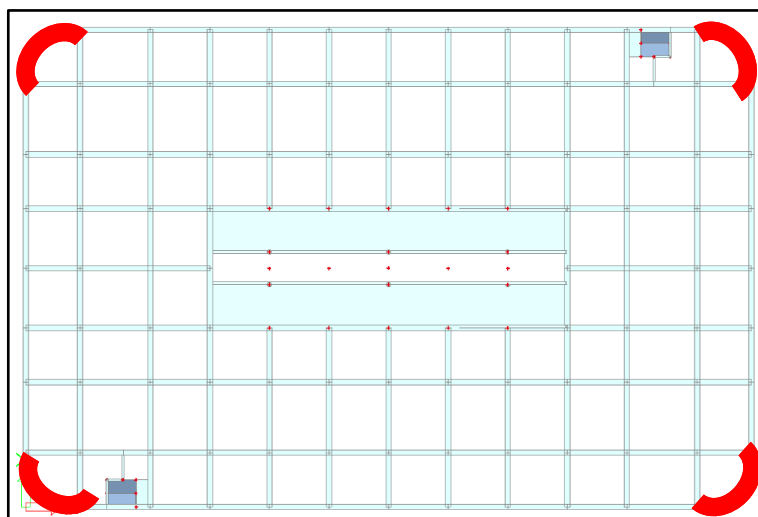
Obrázek 5.40 – Posouvající síly na průvlaku typu D ve 4. NP

Tabulka 5.14 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu D

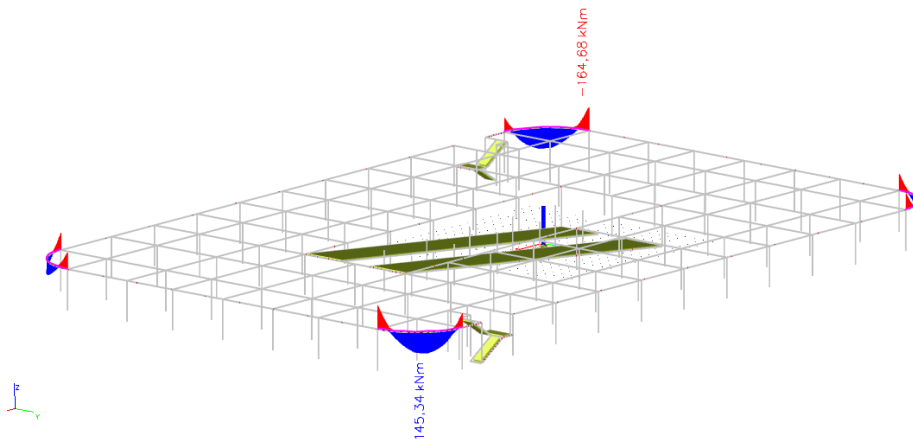
typ D	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	175,53	185,53	187,21	198,12
N	18,34	14,95	20,25	23,68

5.3.2.5 Typ E

Mezi průvlaky typu E patří vnější kruhové segmenty. Délka jednoho segmentu je 7 854 mm.



Obrázek 5.41- Schéma průvlaku typu E

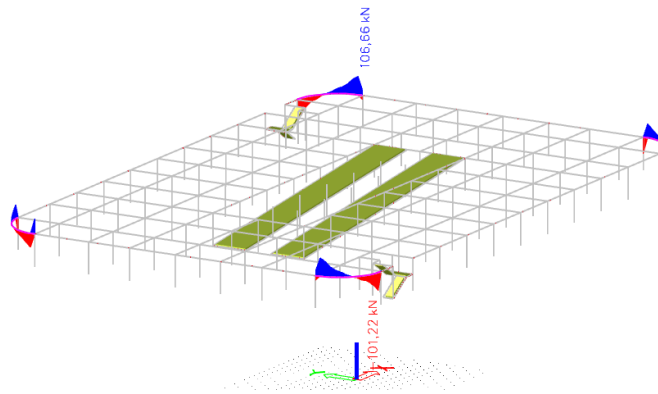


Obrázek 5.42 - Ohybové momenty na průvlaku typu E ve 3. NP

Tabulka 5.15 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu E

typ E	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-140,86	-149,70	-164,68	-136,1
M_y^+	87,90	135,88	143,93	99,07

Návrh nosné výztuže bude proveden podle maximálních hodnot ohybových momentů ve 2. NP a 3. NP pro všechna podlaží.



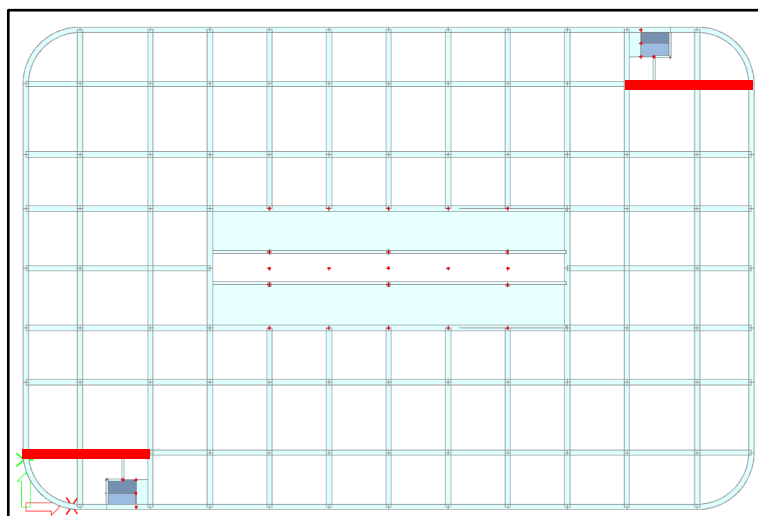
Obrázek 5.43 – Posouvající síly na průvlaku typu E v 3. NP

Tabulka 5.16 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu E

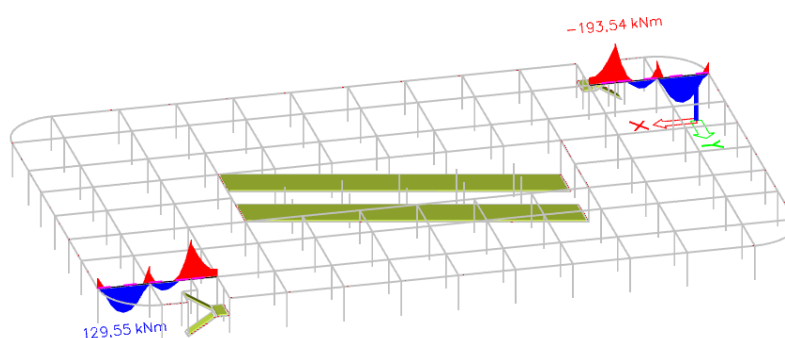
typ E	1. NP	2. NP	3. NP	4. NP
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	88,92	96,22	106,66	86,4
N	8,2	11,35	16,37	6,2

5.3.2.6 Typ F

Do typu F spadají průvlaky ve směru x u schodiště. Délka je 5 000, 4 000, a 2 500 mm.



Obrázek 5.44- Schéma průvlaku typu F

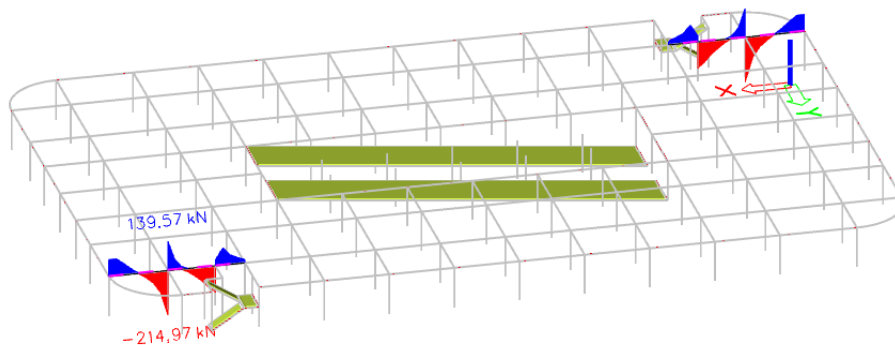


Obrázek 5.45 - Ohybové momenty na průvlaku typu F v 2. NP

Tabulka 5.17 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu F

typ F	1. NP	2. NP	3. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-115,26	-193,54	-86,77
M_y^+	107,93	129,55	99,12

Výsledky ohybových momentů ve 2. NP budou použity pro návrh výztuže všech průvlaků typu F.



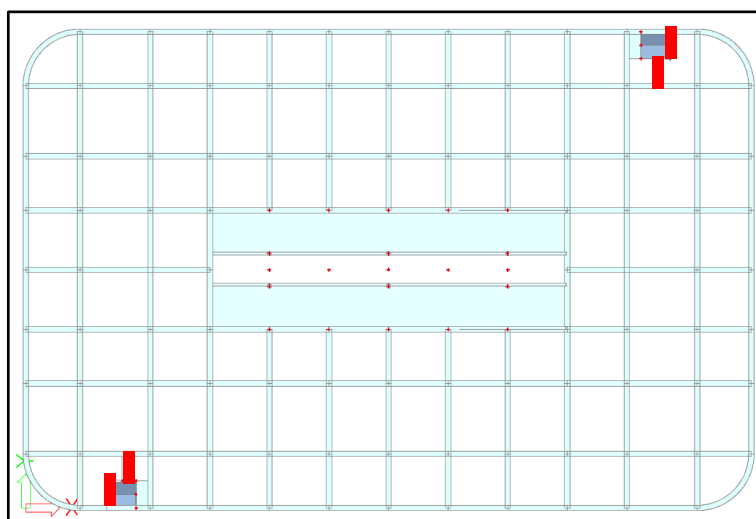
Obrázek 5.46 – Posouvající síly na průvlaku typu F ve 2. NP

Tabulka 5.18 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu F

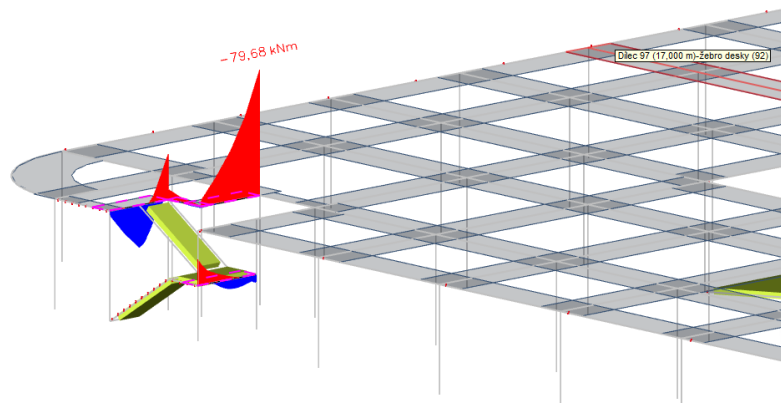
typ F	1. NP	2. NP	3. NP
	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	190,11	214,97	201,43
N	59,80	35,89	27,76

5.3.2.7 Typ G

Typ G jsou průvlaky u schodiště. Slouží jako podpora schodiště a mezipodesty. Délka jednotlivých průvlaků je 2 500 mm a 1 500 mm.



Obrázek 5.47- Schéma průvlaku typu G

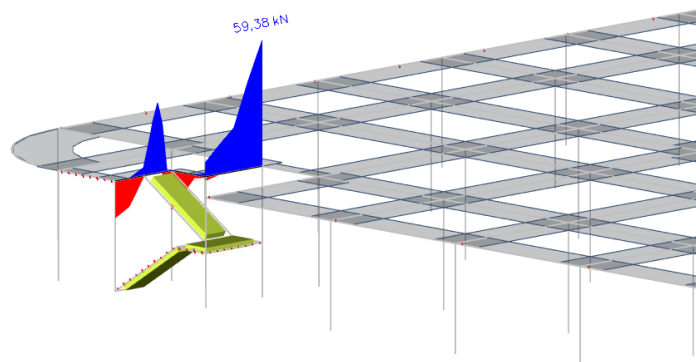


Obrázek 5.48 - Ohybové momenty na průvlaku typu G v 3. NP

Tabulka 5.19 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu G

typ G	1. NP	2. NP	3. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-50,81	-55,39	-79,68
M_y^+	24,94	20,01	28,37

Hlavní nosná výztuž bude do všech průvlaků ve všech podlažích navržena dle maxima ohybových momentů z 3. NP.



Obrázek 5.49 – Posouvající síly na průvlaku typu G v 3. NP

Tabulka 5.20 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu G

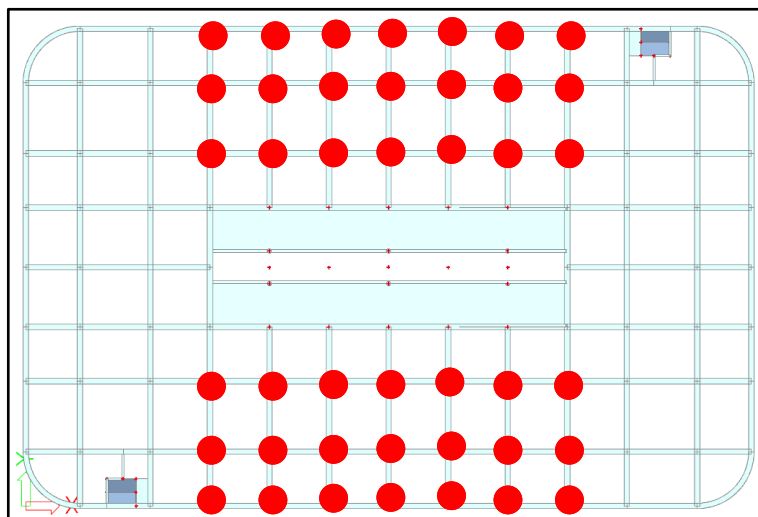
typ G	1. NP	2. NP	3. NP
	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	42,01	44,62	59,38
N	22,35	48,13	39,39

5.3.3 Sloupy

Sloupy jsou vytvořeny z prostorového prutového prvku „sloup“. Vyšetřovány byly vnitřní ohybové momenty M_y , M_z a normálová síla N . Výsledky na sloupcích jsou zobrazeny dle typu sloupů od I do IX. Prvky jsou vyšetřovány ve všech podlažích společně.

5.3.3.1 Typ I

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšku 3 500 mm.



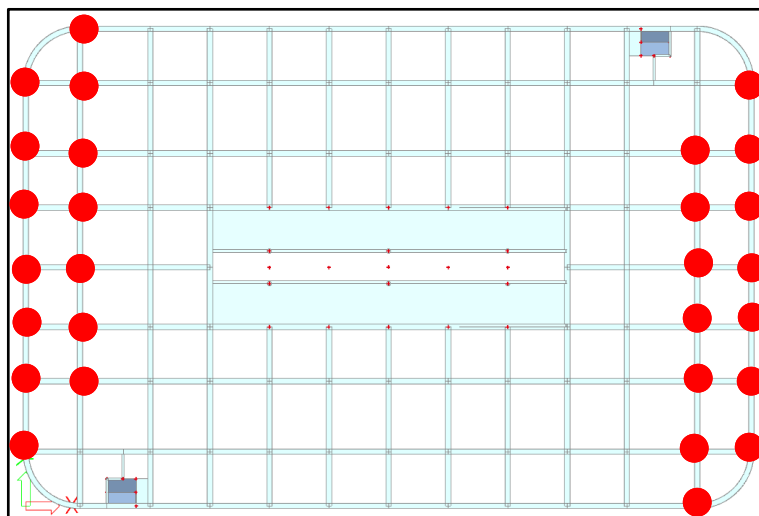
Obrázek 5.50 - Schéma umístění sloupů typu I

Tabulka 5.21 - Maximální výsledky na sloupech typu I

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B21	-2472,46	/	/	-1,55	10,50
B381	-607,38	-10,66	7,88	-10,66	40,46
B1332	-310,20	/	/	1,24	57,66

5.3.3.2 Typ II

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšku 3 500 mm.



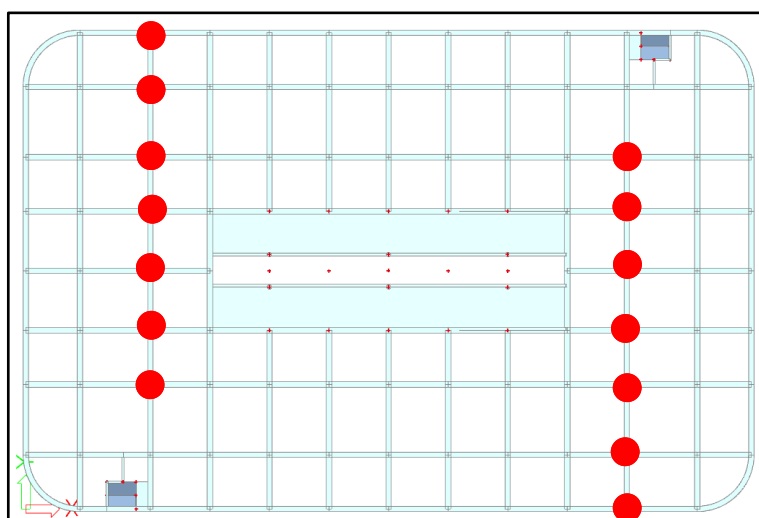
Obrázek 5.51 – Schéma umístění sloupů typu II

Tabulka 5.22 - Maximální výsledky na sloupech typu II

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B37	-2560,96	/	/	-10,29	9,68
B442	-340,60	-56,86	53,32	-56,86	16,92
B468	-283,26	/	/	-30,04	-52,90

5.3.3.3 Typ III

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšku 3 500 mm.



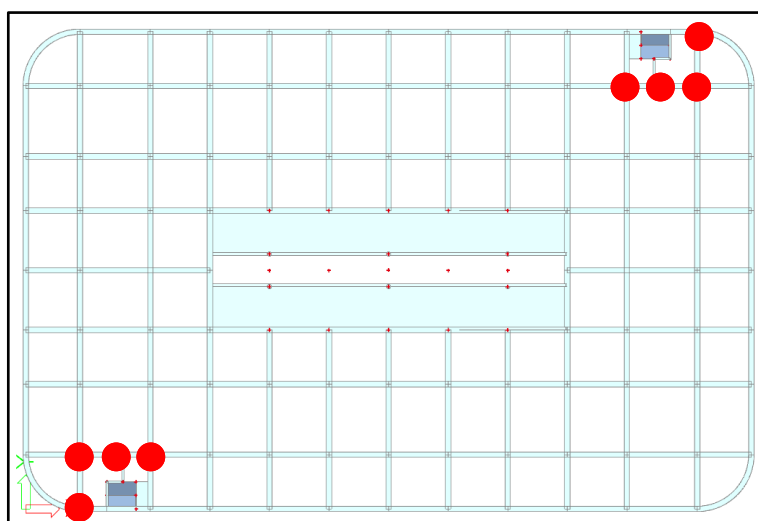
Obrázek 5.52 - Schéma umístění sloupů typu III

Tabulka 5.23 - Maximální výsledky na sloupech typu III

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B101	-2580,05	/	/	-7,02	10,20
B1664	-623,77	-19,55	19,72	19,72	1,51
B469	-355,26	-60,96	55,73	12,07	-60,96

5.3.3.4 Typ IV

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšce 3 500 mm.



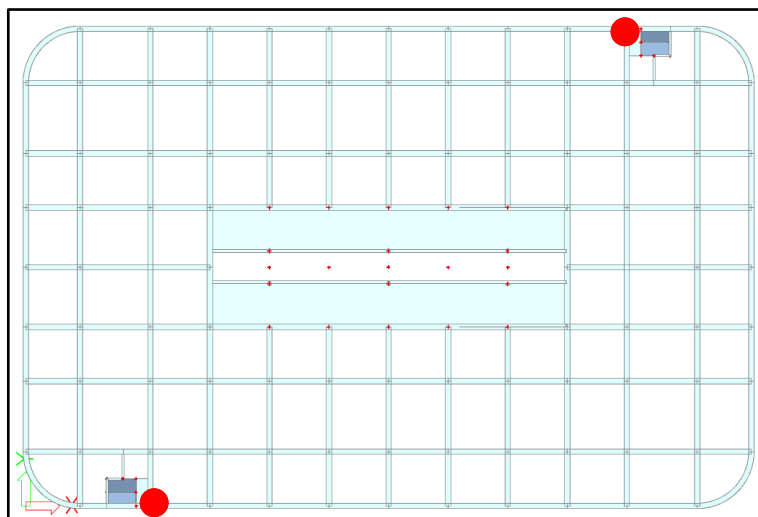
Obrázek 5.53 - Schéma umístění sloupů typu IV

Tabulka 5.24 - Maximální výsledky na sloupech typu IV

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B92	-2118,44	/	/	2,06	10,05
B258	-693,12	/	/	-44,64	4,80
B358	-501,26	/	/	-3,72	-63,33

5.3.3.5 Typ V

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšku 3 500 mm Tento sloup je napojen na průvlak mezipodesty od konstrukce schodiště. Vzpěrná délka se rovná 1 750 mm.



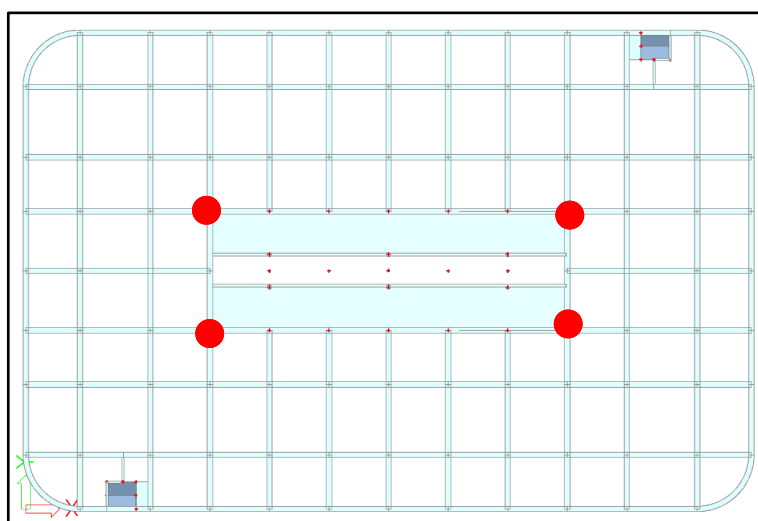
Obrázek 5.54 - Schéma umístění sloupů typu V

Tabulka 5.25 - Maximální výsledky na sloupech typu V

Prvek	N	dx	M v hlavě	dx	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B11	-681,94	1,75	/	0	/	-15,52	-6,26
B356	-332,99	3,5	35,33	1,75	-3,64	35,33	-18,58
B376	-252,79	3,5	/	0	/	-15,44	36,67

5.3.3.6 Typ VI

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšku 3 500 mm.



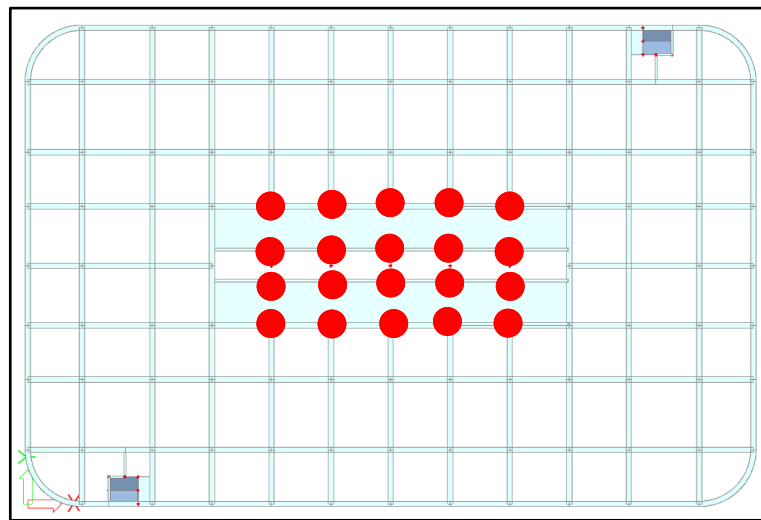
Obrázek 5.55 - Schéma umístění sloupů typu VI

Tabulka 5.26 - Maximální výsledky na sloupech typu VI

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B49	-1971,13	/	/	1,02	0,70
B407	-450,09	27,50	-26,49	27,50	-18,60
B407	-407,58	-18,60	18,07	27,24	-19,05

5.3.3.7 Typ VII

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšku 3 500 mm Tento sloup je napojen na šikmý průvlak rampy.



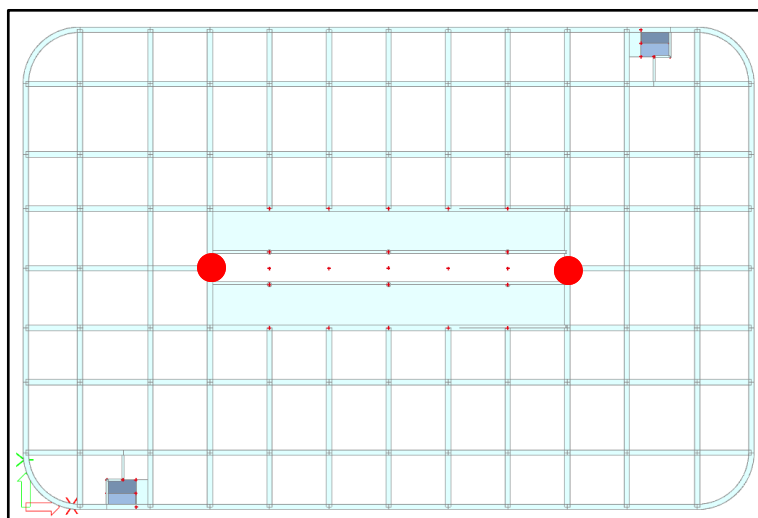
Obrázek 5.56 - Schéma umístění sloupů typu VII

Tabulka 5.27 - Maximální výsledky na sloupech typu VII

Prvek	N	dx	M v hlavě	dx	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B48	-1582,16	2,917	M_y [kNm] 0,54 M_z [kNm] -45,54	0	M_y [kNm] 0,14 M_z [kNm] -42,34	0,14	-1,09
B315	-222,00	2,917	/	0	/	-18,39	-35,87
B308	-616,00	3,5	/	0	/	-1,63	71,59

5.3.3.8 Typ VIII

Sloup má kruhový profil o průměru 400 mm a výšce 3 500 mm.



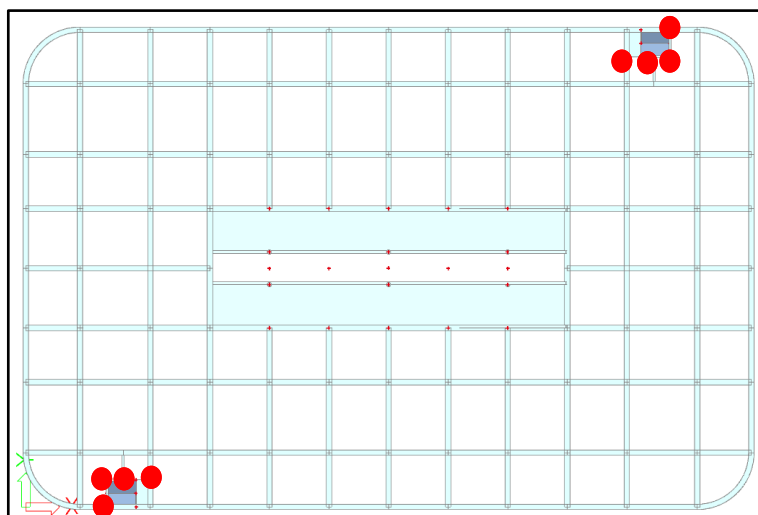
Obrázek 5.57 - Schéma umístění sloupů typu VIII

Tabulka 5.28 - Maximální výsledky na sloupech typu VIII

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B71	-1588,76	/	/	9,63	0,76
B434	-471,48	57,42	-55,39	57,42	-0,84
B313	-855,91	-1,85	1,77	47,80	-1,85

5.3.3.9 Typ IX

Sloup má kruhový profil o průměru 200 mm a výšce 3 500 mm.



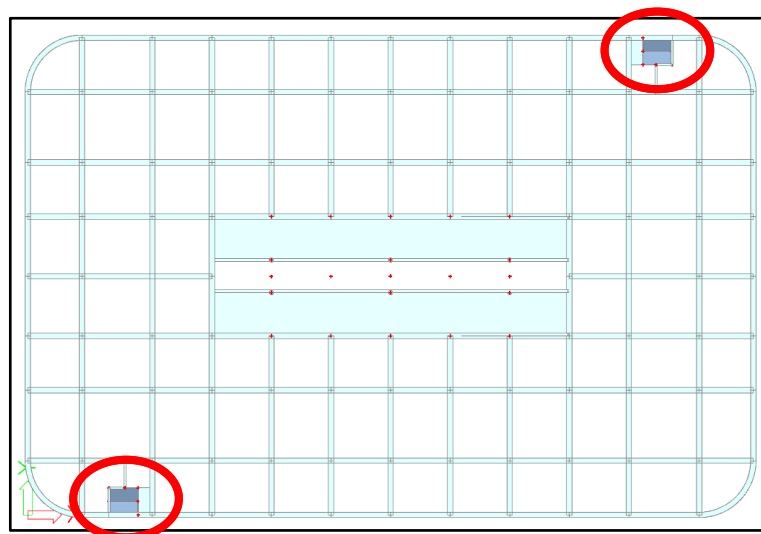
Obrázek 5.58 - - Schéma umístění sloupů typu IX

Tabulka 5.29 - Maximální výsledky na sloupech typu IX

Prvek	N	M v hlavě	M v patě	M_y	M_z
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
B118	-270,43	/	/	0,23	0,11
B1639	-131,71	/	/	-6,05	3,43
B1644	-127,52	/	/	5,66	-3,64

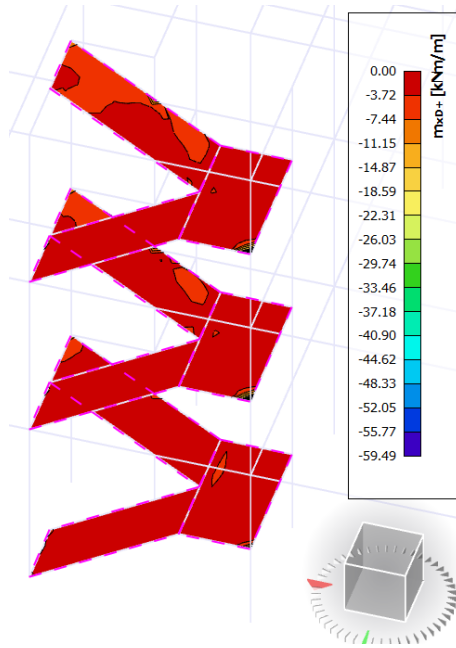
5.3.4 Schodiště

Schodiště v modelu je dvojramenné s mezipodestou a deskové. Schodišťová ramena jsou vetknuta jak do průvlaků, tak mezipodesty. Nástupní rameno v 1. NP má samostatný základ, proto bylo v modelu pevně vetknuto. Vymodelována byla pouze schodišťová ramena s mezipodestami bez jednotlivých stupňů plošným prvkem „deska“ o tloušťce 200 mm. Návrh výztuže a výstupy vnitřních sil jsou stejné jako u stropních desek – pomocí dimenzačních hodnot.

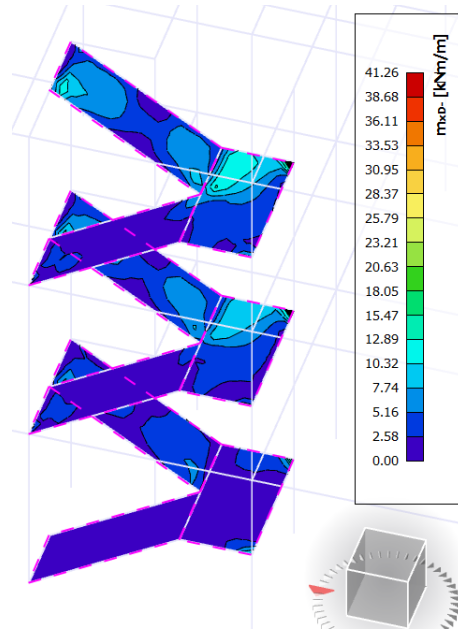


Obrázek 5.59 - Schéma umístění schodiště

Dimenzační momenty ve směru x:

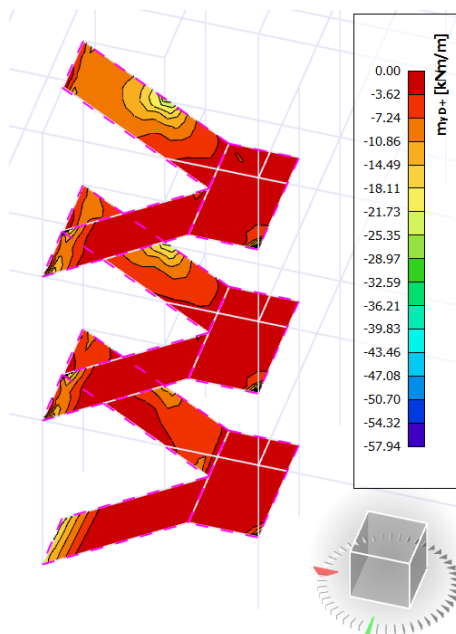


Obrázek 5.60 - Horní povrch m_{xD+}
u schodiště

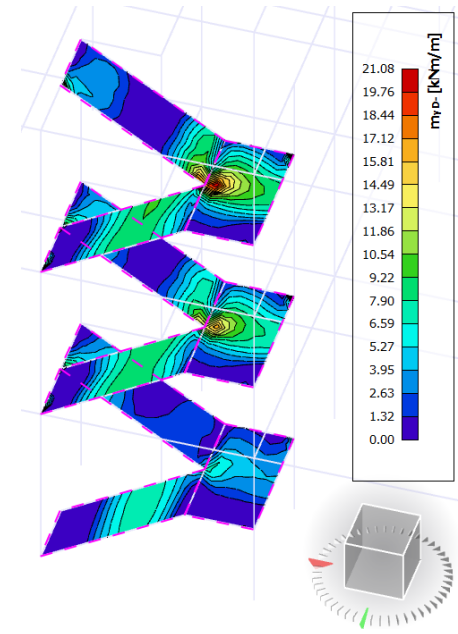


Obrázek 5.61 - Dolní povrch m_{xD-} u schodiště

Dimenzační momenty ve směru y:



Obrázek 5.62 - Horní povrch m_{yD+}
u schodiště



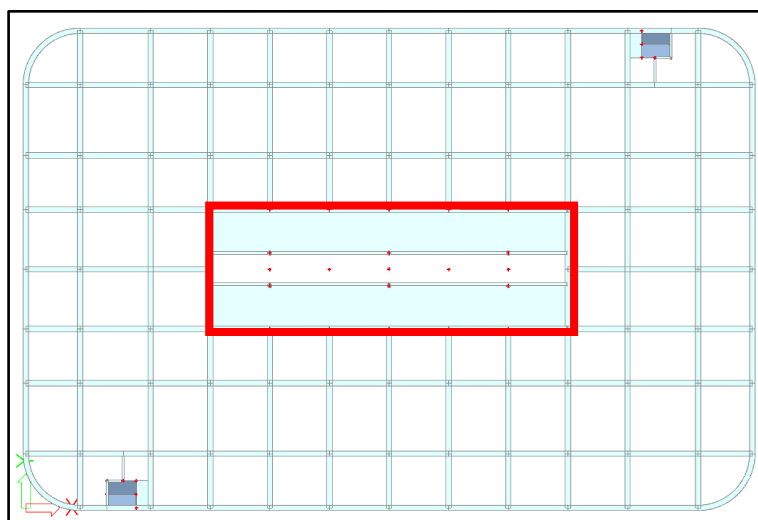
Obrázek 5.63 - Dolní povrch m_{yD-}
u schodiště

Tabulka 5.30 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na schodišťové konstrukci

Vnitřní síly (dimenzační momenty)					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-59,49	[kNm/m]	m_{yD}^+	-57,94	[kNm/m]
m_{xD}^-	41,26	[kNm/m]	m_{yD}^-	21,08	[kNm/m]

5.3.5 Rampa

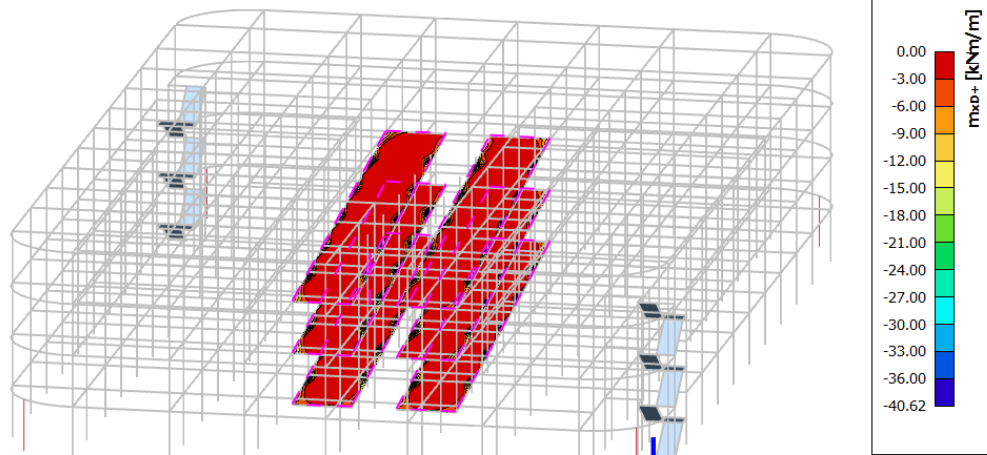
Rampa v konstrukci je přímá a její řez má tvar písmene U. Skládá se ze šikmé desky vytvořené z plošného prvku „deska“ o tloušťce 200 mm a průvlaků o rozměrech 200 x 1 200 mm, který je se šikmou deskou monoliticky spojen. Tento průvlak je navíc nesen nosnými sloupy typu XI v atriu. Jednotlivá ramena rampy jsou vetknuta jak do bočních průvlaků, tak stropní desky. Obě dvě ramena ramp v 1. NP mají pevný základ v podobě vetknutí. Výstupy vnitřních sil na desce rampy jsou v podobě dimenzačních momentů. Na průvlacích byly vyšetřovány vnitřní síly v podobě ohybových momentů ve směru y a posouvající síly ve směru z.



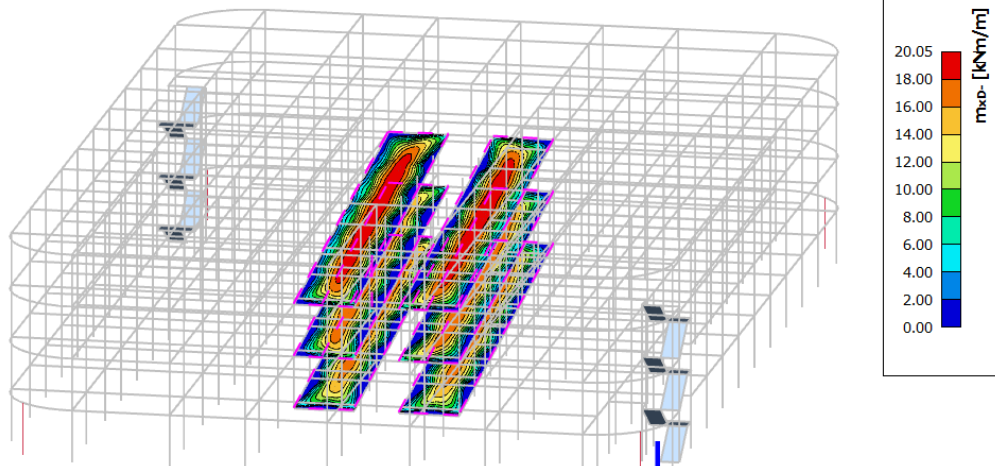
Obrázek 5.64 - Schéma rampy v půdoryse

5.3.5.1 Šikmé desky rampy

Dimenzační momenty ve směru x:

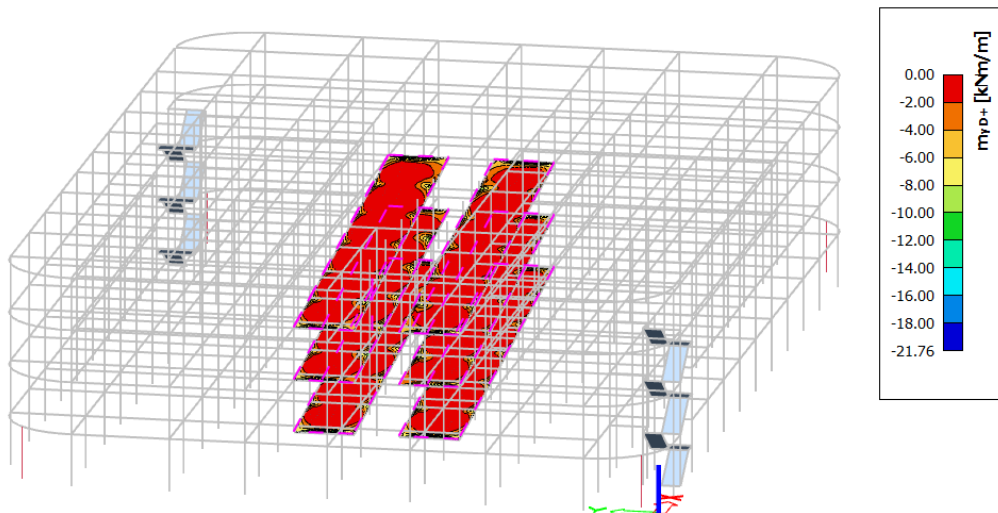


Obrázek 5.66 - Horní povrch m_{xD+} u rampy

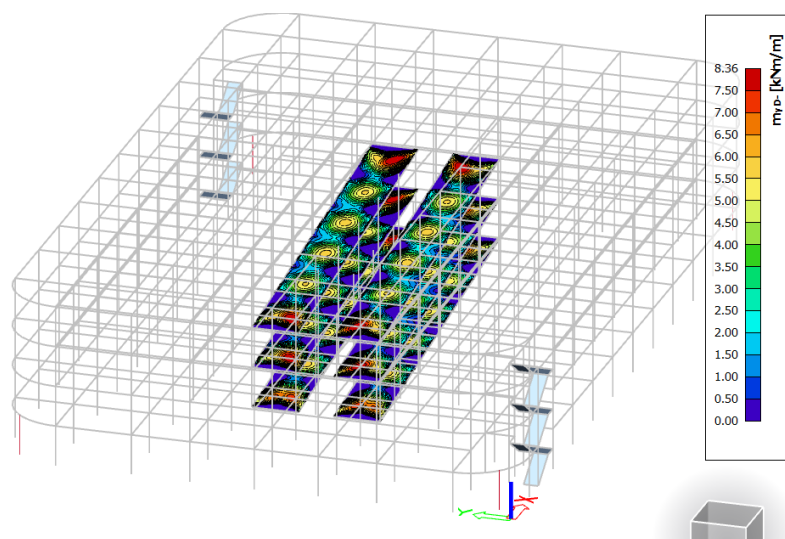


Obrázek 5.65 - Dolní povrch m_{xD-} u rampy

Dimenzační momenty ve směru y:



Obrázek 5.67 - Horní povrch m_{yD+} u rampy



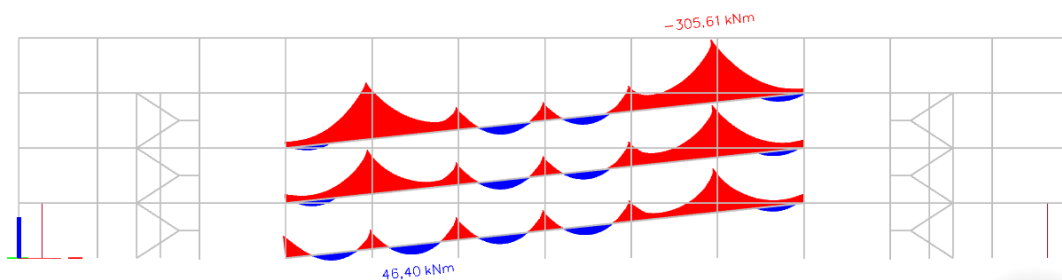
Obrázek 5.68 - Dolní povrch m_{yD} - u rampy

Tabulka 5.31 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na rampové desce

Dimenzační momenty na rampě v 1. NP					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-37,95	[kNm/m]	m_{yD}^+	-21,76	[kNm/m]
m_{xD}^-	5,17	[kNm/m]	m_{yD}^-	1,37	[kNm/m]
Dimenzační momenty na rampě v 2. NP					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-40,62	[kNm/m]	m_{yD}^+	-12,49	[kNm/m]
m_{xD}^-	13,29	[kNm/m]	m_{yD}^-	5,81	[kNm/m]
Dimenzační momenty na rampě v 3. NP					
ve směru x			ve směru y		
m_{xD}^+	-30,40	[kNm/m]	m_{yD}^+	-11,28	[kNm/m]
m_{xD}^-	20,05	[kNm/m]	m_{yD}^-	8,36	[kNm/m]

Nosná výztuž desky pro všechna ramena rampy bude navržena ze stejných maximálních výsledných hodnot vnitřních sil.

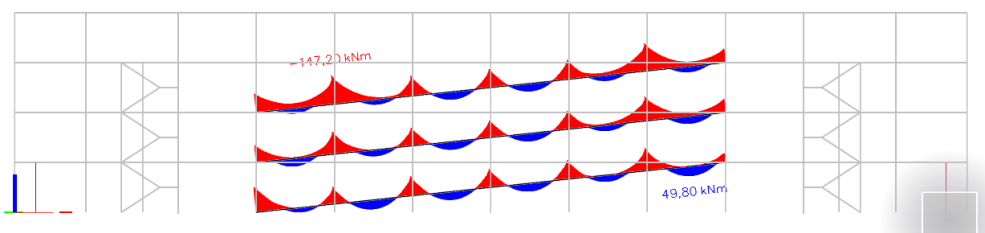
5.3.5.2 Průvlaky na rampě



Obrázek 5.69 - Ohybové momenty na vnitřním průvlaku na rampě

Tabulka 5.32 - Výsledky ohybových momentů – vnitřní průvlaky na rampě

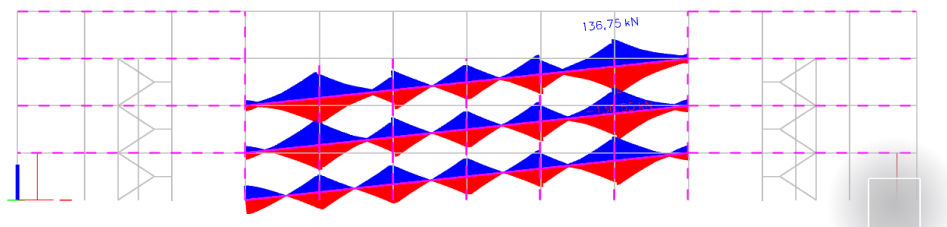
Rampa	1. NP	2. NP	3. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-215,55	-300,52	-305,61
M_y^+	46,40	44,51	40,82



Obrázek 5.70 - Ohybové momenty na vnějším průvlaku na rampě

Tabulka 5.33 - Výsledky ohybových momentů – vnější průvlaky na rampě

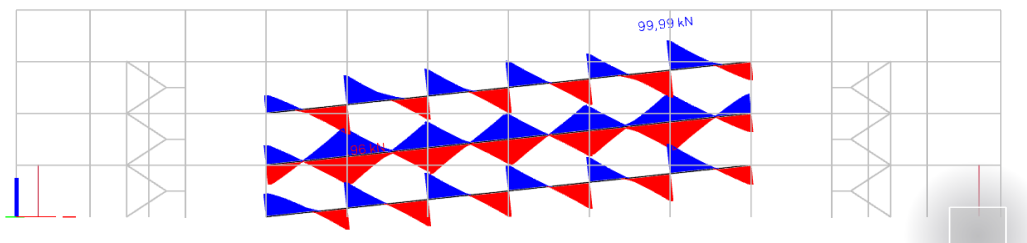
Rampa	1. NP	2. NP	3. NP
	[kNm]	[kNm]	[kNm]
M_y^-	-86,32	-120,22	-147,23
M_y^+	49,80	32,56	28,97



Obrázek 5.71 – Posouvající síly na vnitřním průvlaku na rampě

Tabulka 5.34 - Výsledky posouvajících sil – vnitřní průvlaky na rampě

Rampa	1. NP	2. NP	3. NP
	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	111,48	107,61	136,75
N	86,57	50,61	66,83



Obrázek 5.72 – Posouvající síly na vnějším průvlaku na rampě

Tabulka 5.35 - Výsledky posouvajících sil – vnější průvlaky na rampě

Rampa	1. NP	2. NP	3. NP
	[kN]	[kN]	[kN]
V_z	66,75	97,82	99,99
N	22,97	10,11	40,75

6. Návrh a posouzení na MSÚ

Statický výpočet je zaměřen na návrh a posudek mezního stavu únosnosti hlavních nosných železobetonových prvků skeletové konstrukce parkoviště z betonu třídy C25/30, a to nosných sloupů, průvlaků, stropních desek, schodišťových desek a šikmé rampy. Vyztužení je z betonářské oceli třídy B500B. Doba životnosti konstrukce se předpokládá 50 let s konstrukční třídou S4 a stupněm vlivem prostředí x_{c1} – nízká vlhkost vzduchu. Postup výpočtu je stanoven podle normy ČSN EN 1992-1-1 [7].

Průměr kruhového nosného sloupu:	400 mm
Průměr schodišťového kruhového sloupu:	200 mm
Rozměr průvlaku č. 1:	500 x 500 mm
Rozměr průvlaku č. 2:	400 x 200 mm
Rozměr schodišťového průvlaku:	200 x 1 400 mm
Tloušťka desky v 1–4 NP.:	200 mm
Tloušťka rampové desky:	200 mm
Tloušťka schodišťové desky s mezipodestou:	200 mm

Návrh konstrukce střešního světlík není součástí návrhu a posudku.

6.1 Základní informace

6.1.1 Charakteristika materiálu

Modul pružnosti betonu (střední hodnota):	$E_{cm} = 30,5 \text{ MPa}$
Hustota betonu:	$\rho = 2\,400 \text{ kg/m}^3$

Návrhová pevnost betonu v tlaku (C25/30):

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,667 \text{ MPa} \quad (6.1)$$

Návrhová pevnost oceli (B500B):

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,782 \text{ MPa} \quad (6.2)$$

Návrhová pevnost betonu v tahu

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk 0,05}}{\gamma_c} = \frac{1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (6.3)$$

6.1.2 Krytí výztuže

Výpočet krytí výztuže je závislý na předběžném návrhu profilu betonářské výztuže a vlivu prostředí. Určí se podle vzorce (6.4).

Krytí výztuže:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dov} \quad (6.4)$$

- c_{min} minimální krycí vrstva viz (6.5),
- Δc_{dov} pro monolitické konstrukce 10 mm.

Minimální krycí vrstva:

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}) \quad (6.5)$$

- $c_{min,b}$ soudržnost, pro kamenivo $\leq 32 \text{ mm} \rightarrow c_{mi,b} = \emptyset \rightarrow$ průměr prutu,
- $c_{min,dur}$ podmínky prostředí - $c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$.

6.1.2.1 Krytí výztuže pro stropní desky

Po dosazení hodnot z rovnic (6.4) a (6.5) do rovnice krytí výztuže (6.3) vychází:

$$c_{min} = \max(12; 15; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

6.1.2.2 Krytí výztuže pro průvlaky

Po dosazení hodnot z rovnic (6.4) a (6.5) do rovnice krytí výztuže (6.3) vychází:

a) krytí třmíneků:

$$c_{min,sw} = \max(6; 15; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

b) krytí podélné (hlavní) výztuže:

$$c_{min,1} = \max(18; 15; 10 \text{ mm}) = 18 \text{ mm}$$

$$c_{min,2} = c_{min,sw} + \varnothing_{sw} = 15 + 6 = 21 \text{ mm} \rightarrow c_{min,1} < c_{min,2} \rightarrow c_{min} = 21 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 21 + 10 = 31 \text{ mm} \sim 35 \text{ mm}$$

6.1.3 Požadovaná plocha výztuže

Výpočet plochy výztuže slouží pro návrh minimálního profilu výztuže. Za ohybový moment M_{ed} dosazujeme vypočtené vnitřní síly $m_{ed,x}$ ve směru x a $m_{ed,y}$ ve směru y.

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{m_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (6.6)$$

- m_{ed} vnitřní ohybové momenty z kapitoly 5.3,
- d účinná výška průřezu viz (6.7),
- f_{yd} návrhová pevnost oceli pro B500B vypočtena ze vzorce viz (6.2).

Účinná výška průřezu ve směru x:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_x}{2} \quad (6.7)$$

- h výška průřezu – tloušťka desky,
- c_{nom} krytí výztuže vypočtena ze vzorce (6.4) – 25 mm,
- \varnothing_x profil návrhu výztuže ve směru x.

Účinná výška průřezu ve směru y:

$$d_y = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_y}{2} - \varnothing_x \quad (6.8)$$

- h výška průřezu,
- c_{nom} krytí výztuže vypočtena ze vzorce (6.4) – 25 mm,
- \varnothing_y profil návrhu výztuže ve směru y.
- \varnothing_x profil návrhu výztuže ve směru x.

6.1.4 Posudek výztuže desky a průvlaku

Síla v tlačené výztuži na mezi kluzu:

$$F_s = a_s \cdot f_{yd} \quad (6.9)$$

- a_s minimální plocha výztuže dle vzorce (6.6),
- f_{yd} návrhová pevnost oceli pro B500B viz (6.2).

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{F_s}{f_{cd} \cdot 0,8 \cdot \eta \cdot b} \quad (6.10)$$

- F_s síla v tlačené výztuži na mezi kluzu dle vzorce (6.9),
- f_{cd} návrhová pevnost betonu v tlaku z rovnice (6.1),
- η součinitel plnosti obrazce napětí v betonu roven 1,
- b šířka tlačené oblasti betonu.

Moment na mezi únosnosti:

$$M_{rd} = F_s (d - 0,4 \cdot x) \quad (6.11)$$

- F_s síla v tlačené výztuži na mezi kluzu dle vzorce (6.9),
- d účinná výška průřezu z rovnic (6.7) a (6.8),
- x výška tlačené oblasti průřezu určen vztahem z (6.10).

Platí podmínka:

$$M_{rd} \geq M_{ed} \quad (6.12)$$

Ověření výšky tlačené oblasti betonu:

$$\zeta = \frac{x}{d} \leq \zeta_{bal,1} \text{ a zároveň } \zeta = \frac{x}{d} \leq 0,45 \quad (6.13)$$

- $\zeta_{bal,1}$ poměrná výška tlačené oblasti na mezi kluzu ve výztuži viz (6.14).

Poměrná výška tlačené oblasti na mezi kluzu ve výztuži:

$$\zeta_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} \quad (6.14)$$

- f_{yd} návrhová pevnost oceli pro B500B viz (6.2).

6.1.5 Posudek výztuže sloupu

Posudek sloupu, namáhaného kombinací ohybového momentu a normálové síly, se provádí výpočtem interakčního diagramu. V prvním kroku se určí jeho jednotlivé body. V druhém kroku se sestrojí z bodů diagram. Pokud bod sestrojený z výsledku vnitřních sil v interakčním diagramu se bude nacházet vevnitř grafu, navržená výztuž vyhověla. V opačném případě se návrh a posudek musí zopakovat.

Výpočet excentricity:

$$z_s = \frac{h}{2} - c - \frac{\emptyset}{2} \quad (6.15)$$

- h výška posuzovaného sloupu v řezu,
- c krytí výztuže vypočtena ze vzorce (6.4) – 35 mm,
- \emptyset profil návrhu výztuže sloupu.

Výpočet bodu 0:

$$\begin{aligned} F_c &= b \cdot h \cdot f_{cd} \\ N_{rd,0} &= F_c + F_s + F_s \\ M_{rd,0} &= F_s \cdot z_s - F_s \cdot z_s \end{aligned} \quad (6.16)$$

Výpočet bodu 1:

$$\begin{aligned} F_c &= 0,8 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \\ N_{rd,1} &= F_c + F_s \\ M_{rd,1} &= F_c \cdot (0,5 \cdot h - 0,4 \cdot d) + F_s \cdot z_s \end{aligned} \quad (6.17)$$

Výpočet bodu 2:

$$\begin{aligned} \zeta &= \frac{700}{700 + f_y d} \cdot d \\ F_c &= 0,8 \cdot b \cdot \zeta \cdot f_{cd} \\ N_{rd,2} &= F_c + F_s - F_s \\ M_{rd,2} &= F_c \cdot (0,5 \cdot h - 0,4 \cdot d) + F_s \cdot z_s + F_s \cdot z_s \end{aligned} \quad (6.18)$$

Výpočet bodu 3:

$$\begin{aligned} x &= \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \\ N_{rd,3} &= 0 \\ M_{rd,3} &= F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) \end{aligned} \quad (6.19)$$

- F_c síla v tlačené výztuži na mezi porušení,
- h výška posuzovaného sloupu v řezu,

- b šířka posuzovaného sloupu v řezu,
- f_{cd} návrhová pevnost betonu v tlaku z rovnice (6.1),
- F_s síla v tlačené výztuži na mezi kluzu dle vzorce (6.9),
- z_s excentricita, výstřednost ze vzorce (6.15),
- ζ výška tlačené oblasti betonu,
- x výška tlačené oblasti průřezu určen vztahem z (6.10).

Podmínka:

$$\Sigma (A_s + A_s) \cdot f_{yd} \geq 0,1 \cdot N_{ed} \quad (6.20)$$

- A_s navržená plocha výztuže,
- f_{yd} návrhová pevnost oceli pro B500B viz (6.2),
- N_{ed} normálová síla působící na průřez sloupu.

6.1.6 Posudek limitní štíhlosti

Účinky druhého řádu se nemusí uvažovat u štíhlých prvků, které splní následující podmínku.

Podmínka limitní štíhlosti:

$$\lambda \leq \lambda_{lim} \quad (6.21)$$

- λ skutečná štíhlost prvku viz rovnice (6.22),
- λ_{lim} limitní štíhlost dána vztahem (6.23).

Skutečná štíhlost prvku:

$$\lambda = l_0 / i \quad (6.22)$$

- l_0 účinná délka sloupu, závislá na jeho podepření,
- i poloměr setrvačnosti průřezu sloupu.

Limitní štíhlost prvku:

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \quad (6.23)$$

- A hodnota A, dosazena hodnota 0,7,
- B hodnota B, dosazena hodnota 1,1,
- C hodnota C, vypočtena dle rovnice (6.28),
- n poměrná normálová síla ze vzorce (6.26).

Hodnota C:

$$C=1,7-r_m \quad (6.24)$$

- r_m poměr momentů viz hodnota z (6.25).

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} \quad (6.25)$$

- M_{01} koncový ohybový moment v hlavě sloupu,
- M_{02} koncový ohybový moment v patě sloupu.

Poměrná normálová síla:

$$n = \frac{N_{ed}}{(A_c \cdot f_{cd})} \quad (6.26)$$

- N_{ed} normálová síla,
- A_c průřezová plocha betonového průřezu sloupu.

6.1.7 Konstrukční zásady

6.1.7.1 Omezení množství hlavní tahové výztuže

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,min} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot b \cdot d \end{cases} \quad (6.27)$$

- f_{ctm} střední hodnota pevnosti betonu v tahu pro C25/30 $\rightarrow f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$,
- b šířka tlačené oblasti betonu,
- d účinná výška průřezu z rovnic (6.7) a (6.8).

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot a_c = 0,04 \cdot b \cdot h \quad (6.28)$$

- b šířka tlačené oblasti betonu,
- h výška průřezu.

Musí být splněna podmínka:

$$a_{s,min} \leq a_s \leq a_{s,max} \quad (6.29)$$

- $a_{s,min}$ minimální plocha výztuže viz (6.27),
- a_s plocha navržené výztuže,
- $a_{s,max}$ maximální plocha výztuže viz (6.28).

6.1.7.2 Maximální osová vzdálenost hlavní výztuže

Maximální osová vzdálenosti:

$$s_{max} = \min\{2 \cdot h; 250 \text{ mm}\} \quad (6.30)$$

- h výška průřezu.

Podmínka pro splnění kritéria:

$$s < s_{max} \quad (6.31)$$

- s osová vzdálenost prutů,
- s_{max} maximální osová vzdálenost prutů viz (6.30).

6.1.7.3 Minimální světlá vzdálenost prutů

Určení minimální světlé vzdálenosti prutů:

$$s_{min} = \max \begin{cases} k_1 \cdot \emptyset \\ d_g + k_2 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \quad (6.32)$$

- k_1 $k_1 = 1 \rightarrow$ podle normy [7],
- \emptyset průměr profilu výztuže,
- d_g maximální průměr kameniva, $d_g = 16 \text{ mm}$,
- k_2 $k_2 = 5 \rightarrow$ podle normy [7].

Podmínka:

$$s > s_{min} \quad (6.33)$$

- s světlá vzdálenost prutů,
- s_{min} minimální světlá vzdálenost prutů viz (6.32).

6.1.7.4 Minimální kotevní délka

Mezní napětí soudržnosti betonu se spočte podle vztahu:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad (6.34)$$

- η_1 součinitel, definuje podmínky při betonáži, $\eta_1 = 1$ – dobré,
- η_2 součinitel, záleží na průměru prutu, $\eta_2 = 1 \rightarrow \emptyset \leq 32$ mm,
- f_{ctd} návrhová pevnost betonu v tahu vypočten vztahem (6.3).

Základní kotevní délka:

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad (6.35)$$

- σ_{sd} návrhové napětí v prutu rovno f_{yd} ,
- f_{bd} mezní napětí soudržnosti betonu, vypočteno dle vzorce (6.34).

6.1.7.5 Kotevní délka

$$l_b = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \quad (6.36)$$

- $\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3; \alpha_4; \alpha_5$ součinitel roven 1,
- $l_{b,rqd}$ základní kotevní délka, vypočteno dle rovnice (6.35).

6.1.7.6 Minimální kotevní délka

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10 \cdot \emptyset \\ 100 \text{ mm} \end{cases} \quad (6.37)$$

- $l_{b,rqd}$ základní kotevní délka, vypočteno dle rovnice (6.35),
- \emptyset průměr profilu výztuže.

6.2 Stropní deska

Výsledky vnitřních ohybových momentů jsou na stropních deskách D₁, D₂, D₃ nad 1. NP, 2. NP a 3. NP v podobném rozsahu. Proto je hlavní nosná výztuž pro tyto prvky vypočtena dohromady na základě nejvyšších hodnot, které byly naměřeny na desce D₃. Stropní deska D₄ je řešena samostatně. K výpočtu byly užity vzorce z kapitoly 6.1.

6.2.1 Stropní deska D₁, D₂, D₃ nad 1. NP, 2. NP, 3. NP

Krytí konstrukce je vypočteno v kapitole 6.1.2.1.

6.2.1.1 Horní povrch

Vnitřní ohybové momenty:

$$m_{ed_x^+} = -102,18 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ed_y^+} = -101,30 \text{ kNm/m}$$

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 16 \text{ mm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_x}{2} = 200 - 25 - \frac{16}{2} = 167 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_{nom} - \varnothing_x - \frac{\varnothing_y}{2} = 200 - 25 - 16 - \frac{16}{2} = 151 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,req_x} = \frac{m_{ed_x^+}}{0,9 \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{102,18}{0,9 \cdot 0,167 \cdot 434782} = 0,001536 \text{ m}^2$$

$$a_{s,req_y} = \frac{m_{ed_y^+}}{0,9 \cdot d_y \cdot f_{yd}} = \frac{101,30}{0,9 \cdot 0,151 \cdot 434782} = 0,001617 \text{ m}^2$$

NÁVRH: $\varnothing 16 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm} \rightarrow a_s = 0,002011 \text{ m}^2$

Síla v tlačené výztuži na mezi kluzu:

$$F_s = a_s \cdot f_{yd} = 0,002011 \cdot 10^6 \cdot 434,782 = 874\,346,6 \text{ N} = 874,346 \text{ kN}$$

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{F_s}{f_{cd} \cdot 0,8 \cdot \eta \cdot b} = \frac{874,367}{16\,667 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1} = 0,065 \text{ m}$$

Moment na mezi únosnosti:

$$m_{rd,x} = F_s \cdot (d_x - 0,4 \cdot x) = 874,346 \cdot (0,167 - 0,4 \cdot 0,065) = 123,28 \text{ kNm/m}$$

$$m_{rd,y} = F_s \cdot (d_y - 0,4 \cdot x) = 874,346 \cdot (0,151 - 0,4 \cdot 0,065) = 109,29 \text{ kNm/m}$$

POSUDEK: $m_{rd,x} \geq m_{ed,x}^+ \rightarrow 123,28 \text{ kNm/m} > 102,18 \text{ kNm/m}$ **Vyhovuje ✓**

$m_{rd,y} \geq m_{ed,y}^+ \rightarrow 109,29 \text{ kNm/m} > 101,30 \text{ kNm/m}$ **Vyhovuje ✓**

Poměrná výška tlačené oblasti na mezi kluzu ve výztuži:

$$\zeta_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434,782} = 0,617$$

Ověření výšky tlačené oblasti betonu:

$$\zeta = \frac{x}{d_x} = \frac{0,054}{0,167} = 0,392 \leq \zeta_{bal,1} = 0,617 \text{ a zároveň } 0,392 \leq 0,45$$

Vyhovuje ✓

$$\zeta = \frac{x}{d_y} = \frac{0,064}{0,151} = 0,434 \leq \zeta_{bal,1} = 0,617 \text{ a zároveň } 0,434 \leq 0,45$$

Vyhovuje ✓

Omezení množství hlavní tahové výztuže:

$$a_{s,min_x} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \\ 0,0013 \cdot b \cdot d_x \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 1 \cdot 0,167 = 0,000226 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,167 = 0,000217 \end{array} \right. = 0,000226 \text{ m}^2$$

$$a_{s,min_y} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \\ 0,0013 \cdot b \cdot d_y \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 1 \cdot 0,151 = 0,000204 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,151 = 0,000217 \end{array} \right. = 0,000217 \text{ m}^2$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot a_c = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,2 = 0,008 \text{ m}^2$$

$$a_{s,min} \leq a_s \leq a_{s,max} \rightarrow \text{pro x: } 0,000226 \leq 0,002011 \leq 0,008$$

$$\text{pro y: } 0,000217 \leq 0,002011 \leq 0,008$$

Vyhovuje ✓

Osové vzdálenosti:

$$s_{max} = \min\{2 \cdot h; 250 \text{ mm}\} = \min\{2 \cdot 200 = 400 \text{ mm}; 250 \text{ mm}\} = 250 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max \begin{cases} k_1 \cdot \emptyset \\ d_g + k_2 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 1 \cdot 16 = 16 \\ 16 + 5 = 21 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} \geq s \geq s_{min} \quad \rightarrow \quad 250 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \geq 21 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

Kotevní délky:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{16 \cdot 434,872}{4 \cdot 2,7} = 644,12 \text{ mm}$$

$$l_b = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 644,12 = 644,12 \text{ mm} = 650 \text{ mm} \quad \text{kotevní délka}$$

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10 \cdot \emptyset \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot 650 = 193,23 \\ 10 \cdot 16 = 160 \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 194 \text{ mm} \quad \text{minimální kotevní délka}$$

$$l_b \geq l_{b,min} \quad \rightarrow \quad 650 \text{ mm} \geq 194 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

6.2.1.2 Dolní povrch

Vnitřní ohybové momenty:

$$m_{ed_x^-} = 45,53 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ed_y^-} = 54,31 \text{ kNm/m}$$

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \emptyset = d_s = 14 \text{ mm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset_x}{2} = 200 - 25 - \frac{14}{2} = 168 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_{nom} - \emptyset_x - \frac{\emptyset_y}{2} = 200 - 25 - 14 - \frac{14}{2} = 154 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,req_x} = \frac{m_{ed_x^+}}{0,9 \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{45,53}{0,9 \cdot 0,168 \cdot 434782} = 0,000684 \text{ m}^2$$

$$a_{s,req_y} = \frac{m_{ed_y^+}}{0,9 \cdot d_y \cdot f_{yd}} = \frac{54,31}{0,9 \cdot 0,154 \cdot 434782} = 0,000867 \text{ m}^2$$

NÁVRH: $\varnothing 14 \text{ mm} \sim 160 \text{ mm} \rightarrow a_s = 0,000962 \text{ m}^2$

Síla v tlačené výztuži na mezi kluzu:

$$F_s = a_s \cdot f_{yd} = 0,000962 \cdot 10^6 \cdot 434,782 = 418\,309,9 \text{ N} = 418,309 \text{ kN}$$

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{F_s}{f_{cd} \cdot 0,8 \cdot \eta \cdot b} = \frac{418,309}{16\,667 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1} = 0,0313 \text{ m}$$

Moment na mezi únosnosti:

$$m_{rd_x} = F_s (d_x - 0,4 \cdot x) = 418,309 \cdot (0,168 - 0,4 \cdot 0,0313) = 65,02 \text{ kNm/m}$$

$$m_{rd_y} = F_s (d_y - 0,4 \cdot x) = 418,309 \cdot (0,154 - 0,4 \cdot 0,0313) = 59,17 \text{ kNm/m}$$

POSUDEK: $m_{rd_x} \geq m_{ed_x^+} \rightarrow 65,02 \text{ kNm/m} > 45,53 \text{ kNm/m}$ Vyhovuje ✓

$m_{rd_y} \geq m_{ed_y^+} \rightarrow 59,17 \text{ kNm/m} > 54,31 \text{ kNm/m}$ Vyhovuje ✓

Poměrná výška tlačené oblasti na mezi kluzu ve výztuži:

$$\zeta_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434,782} = 0,617$$

Ověření výšky tlačené oblasti betonu:

$$\zeta = \frac{x}{d_x} = \frac{0,0313}{0,168} = 0,186 \leq \zeta_{bal,1} = 0,617 \text{ a zároveň } 0,186 \leq 0,45$$

Vyhovuje ✓

$$\zeta = \frac{x}{d_y} = \frac{0,313}{0,154} = 0,203 \leq \zeta_{bal,1} = 0,617 \text{ a zároveň } 0,203 \leq 0,45$$

Vyhovuje ✓

Omezení množství hlavní tahové výztuže:

$$a_{s,min_x} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = \max & \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 1 \cdot 0,168 = 0,000228 = 0,000228 \text{ m}^2 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,168 = 0,000219 \end{array} \right. \end{cases}$$

$$a_{s,min_y} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y = \max & \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 1 \cdot 0,154 = 0,000212 = 0,0002197 \text{ m}^2 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,154 = 0,0002197 \end{array} \right. \end{cases}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot a_c = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,2 = 0,008 \text{ m}^2$$

$$a_{s,min} \leq a_s \leq a_{s,max} \quad \rightarrow \quad \text{pro x: } 0,000228 \leq 0,000962 \leq 0,008$$

$$\text{pro y: } 0,000219 \leq 0,000962 \leq 0,008$$

Vyhovuje ✓

Osová vzdálenosti:

$$s_{max} = 250 \text{ mm}$$

$$s_{min} = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} \geq s \geq s_{min} \quad \rightarrow \quad 250 \text{ mm} \geq 160 \text{ mm} \geq 21 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

Kotevní délky:

$$l_b = 570 \text{ mm} \quad \text{kotevní délka}$$

$$l_{b,min} = 169 \text{ mm} \quad \text{minimální kotevní délka}$$

$$l_b \geq l_{b,min} \quad \rightarrow \quad 570 \text{ mm} \geq 169 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

6.2.2 Stropní deska D₄ nad 4. NP

Postup výpočtu je stejný jako v případě desek D₁-D₃ v kapitole 6.2.1.

Tabulka 6.1 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na stropní desce D₄

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
směr x									
∅	s	a _s	d _x	F _s	x	m _{rd_x} ⁺	m _{ed_x} ⁺	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
v	130	0,001547	167	672	0,050	98,73	75,13	24	✓
směr y									
∅	s	a _s	d _y	F _s	x	m _{rd_y} ⁺	m _{ed_y} ⁺	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
16	130	0,001547	151	672	0,050	87,97	70,2	20	✓
Dolní povrch									
směr x									
∅	s	a _s	d _x	F _s	x	m _{rd_x} ⁻	m _{ed_x} ⁻	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
12	200	0,000565	169	246	0,018	39,74	32,32	19	✓
směr y									
∅	s	a _s	d _y	F _s	x	m _{rd_y} ⁻	m _{ed_y} ⁻	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
12	150	0,000754	157	328	0,025	48,24	40,44	16	✓

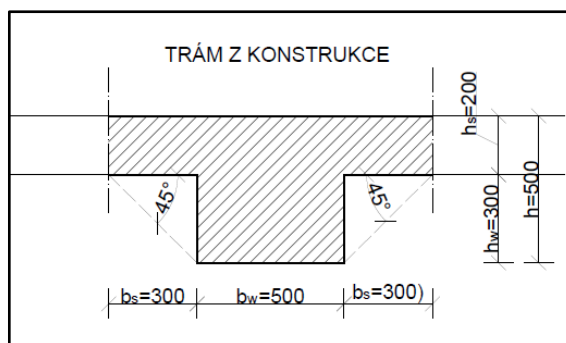
Tabulka 6.2 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na stropní desce D₄

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
směr x													
ζ _{bal,1}	ζ	p.	a _{s,max}	a _{s,min}	p.	S _{max}	S _{min}	p.	f _{bd}	l _{b,rqd}	l _b	l _{b,min}	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,302	✓	0,008	0,00023	✓	250	21	✓	2,7	644,1	650	193,2	✓
směr y													
ζ _{bal,1}	ζ	p.	a _{s,max}	a _{s,min}	p.	S _{max}	S _{min}	p.	f _{bd}	l _{b,rqd}	l _b	l _{b,min}	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,334	✓	0,008	0,00022	✓	250	21	✓	2,7	644,1	650	193,2	✓
Dolní povrch													
směr x													
ζ _{bal,1}	ζ	p.	a _{s,max}	a _{s,min}	p.	S _{max}	S _{min}	p.	f _{bd}	l _{b,rqd}	l _b	l _{b,min}	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,157	✓	0,008	0,00023	✓	250	21	✓	2,7	483,1	500	144,9	✓
směr y													

směr y													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{max}	S_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,157	✓	0,008	0,00022	✓	250	21	✓	2,7	483,1	500	144,9	✓

6.3 Průvlaky

Krytí je vypočteno v kapitole 6.1.2.2.



Obrázek 6.1 - Řez trámu z konstrukce o rozměrech 500 x 500 mm

6.3.1 Typ A – průvlaky nad rampou ve směru y

Rozměry:

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b_w = b = 500 \text{ mm}$$

$$L = 5 \text{ 500 mm} \quad \text{délka průvlaku ve směru y}$$

$$L_1 = 5 \text{ 500 mm} \quad \text{délka levého pole ve směru x}$$

$$L_2 = 0 \text{ mm} \quad \text{délka pravého pole ve směru x}$$

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed} = 168,53 \text{ kN}$$

$$V_{ed,z} = 123,82 \text{ kN}$$

$$M_{ed,y}^- = -168,32 \text{ kNm/m} \quad \text{(horní povrch průřezu)}$$

$$M_{ed,y}^+ = +67,14 \text{ kNm/m} \quad \text{(dolní povrch průřezu)}$$

6.3.1.1.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 22 \text{ mm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 500 - 35 - \frac{22}{2} = 454 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{M_{ed,y}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{168,32}{0,9 \cdot 0,454 \cdot 434782} = 0,000939 \text{ m}^2$$

$$A_s = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} \cdot n \rightarrow n = \frac{A_s \cdot 4}{\pi \cdot \varnothing^2} = \frac{0,000939 \cdot 4}{\pi \cdot 0,022^2} = 2,4 \text{ ks} = 3 \text{ ks}$$

NÁVRH: $\varnothing 22 \text{ mm} \sim 3 \text{ ks} \rightarrow A_s = 0,001140 \text{ m}^2$

Síla v tlačené výztuži na mezi kluzu:

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 0,001140 \cdot 10^6 \cdot 434,782 = 495\,825,27 \text{ N} = 495,825 \text{ kN}$$

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{F_s}{f_{cd} \cdot 0,8 \cdot \eta \cdot b} = \frac{495,825}{16\,667 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,5} = 0,074 \text{ m}$$

Moment na mezi únosnosti:

$$M_{rd,y} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 495,825 \cdot (0,454 - 0,4 \cdot 0,074) = 210,35 \text{ kNm}$$

POSUDEK: $M_{rd,y} \geq M_{ed,y} \rightarrow 210,35 \text{ kNm} > 168,32 \text{ kNm}$ **Vyhovuje ✓**

Poměrná výška tlačené oblasti na mezi kluzu ve výztuži:

$$\zeta_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434,782} = 0,617$$

Ověření výšky tlačené oblasti betonu:

$$\zeta = \frac{x}{d} = \frac{0,074}{0,454} = 0,163 \leq \zeta_{bal,1} = 0,617 \text{ a zároveň } 0,163 \leq 0,45$$

Vyhovuje ✓

Omezení množství hlavní tahové výztuže:

$$a_{s,min} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot b \cdot d \end{cases} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 0,5 \cdot 0,454 = 0,0003069 = 0,00031 \text{ m}^2 \\ 0,0013 \cdot 0,5 \cdot 0,454 = 0,0002951 \end{cases}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot a_c = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,01 \text{ m}^2$$

$$a_{s,min} \leq a_s \leq a_{s,max} \quad \rightarrow \quad 0,00031 \leq 0,000628 \leq 0,01$$

Vyhovuje ✓

Osové vzdálenosti:

$$s_{min} = \max \begin{cases} k_1 \cdot \emptyset \\ d_g + k_2 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 1 \cdot 22 = 22 \\ 16 + 5 = 21 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} = 22 \text{ mm}$$

$$s_{sv} = (bw - 2 \cdot c_{nom} - n \cdot \emptyset) / (n - 1) = (500 - 2 \cdot 35 - 3 \cdot 22) / 2 = 182 \text{ mm}$$

$$s_{sv} \geq s_{min} \quad \rightarrow \quad 182 \text{ mm} \geq 22 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

Kotevní délky:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{22}{4} \cdot \frac{434,872}{2,7} = 885,66 \text{ mm}$$

$$l_b = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 885,66 = 885,66 \text{ mm} = 890 \text{ mm} \quad \text{kotevní délka}$$

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10 \cdot \emptyset \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot 890 = 265,7 \\ 10 \cdot 22 = 220 \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 265,7 \text{ mm} \quad \text{minimální kotevní délka}$$

$$l_b \geq l_{b,min} \quad \rightarrow \quad 890 \text{ mm} \geq 265,7 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

6.3.1.1.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \emptyset = d_s = 14 \text{ mm}$$

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 500 - 35 - \frac{14}{2} = 458 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{M_{ed,y}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{67,14}{0,9 \cdot 0,458 \cdot 434782} = 0,000375 \text{ m}^2$$

$$A_s = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} \cdot n \rightarrow n = \frac{A_s \cdot 4}{\pi \cdot \varnothing^2} = \frac{0,000375 \cdot 4}{\pi \cdot 0,014^2} = 2,43 \text{ ks} = 3 \text{ ks}$$

NÁVRH: $\varnothing 14 \text{ mm} \sim 3 \text{ ks} \rightarrow A_s = 0,000461 \text{ m}^2$

Spolupůsobící šířka desky:

$$l_0 = 0,85 \cdot L = 0,85 \cdot 5,5 = 4,675 \text{ m} \quad \text{„krajní průvlak“}$$

$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 2,5 + 0,1 \cdot 4,675 = 0,9675 \text{ m}$$

$$b_{eff,1} = 0,9675 \leq \begin{cases} 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 4,675 = 0,935 \text{ m} \\ b_1 = 2,5 \text{ m} \end{cases}$$

Vyhovuje ✓

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 0 \text{ m}$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} + b_w = 0,9675 + 0 + 0,5 = 1,435 \text{ m} < b = 2,5 \text{ m}$$

Vyhovuje ✓

Síla v tlačené výztuži na mezi kluzu:

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 0,000461 \cdot 10^6 \cdot 434,782 = 200\,788,74 \text{ N} = 200,788 \text{ kN}$$

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{F_s}{f_{cd} \cdot 0,8 \cdot \eta \cdot b_{eff}} = \frac{200\,788}{16\,667 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,435} = 0,0104 \text{ m}$$

Moment na mezi únosnosti:

$$M_{rd,y} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 200,788 \cdot (0,458 - 0,4 \cdot 0,0104) = 91,11 \text{ kNm}$$

POSUDEK: $M_{rd,y} \geq M_{ed,y} \rightarrow 99,11 \text{ kNm} > 67,14 \text{ kNm}$ **Vyhovuje ✓**

Poměrná výška tlačené oblasti na mezi kluzu ve výztuži:

$$\zeta_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434,782} = 0,617$$

Ověření výšky tlačené oblasti betonu:

$$\zeta = \frac{x}{d} = \frac{0,010}{0,458} = 0,022 \leq \zeta_{bal,1} = 0,617 \text{ a zároveň } 0,022 \leq 0,45$$

Vyhovuje ✓

Omezení množství hlavní tahové výztuže:

$$a_{s,min} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0,0013 \cdot b \cdot d \end{cases} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 0,5 \cdot 0,458 = 0,000310 = 0,000310 m^2 \\ 0,0013 \cdot 0,5 \cdot 0,458 = 0,000295 \end{cases}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot a_c = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,01 m^2$$

$$a_{s,min} \leq a_s \leq a_{s,max} \quad \rightarrow \quad 0,000310 \leq 0,000461 \leq 0,01$$

Vyhovuje ✓

Osové vzdálenosti:

$$s_{min} = \max \begin{cases} k_1 \cdot \emptyset \\ d_g + k_2 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 1 \cdot 14 = 14 \\ 16 + 5 = 21 = 21 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{cases}$$

$$s_{sv} = (bw - 2 \cdot c_{nom} - n \cdot \emptyset) / (n - 1) = (500 - 2 \cdot 35 - 3 \cdot 14) / (3 - 1) = 194 \text{ mm}$$

$$s_{sv} \geq s_{min} \quad \rightarrow \quad 194 \text{ mm} \geq 21 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

Kotevní délky:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{14}{4} \cdot \frac{434,872}{2,7} = 885,66 \text{ mm}$$

$$l_b = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 885,66 = 890 \text{ mm}$$

kotevní délka

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 10 \cdot \emptyset \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot 890 = 169,08 \\ 10 \cdot 14 = 140 \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 169,08 \text{ mm}$$

minimální kotevní délka

$$l_b \geq l_{b,min} \quad \rightarrow \quad 890 \text{ mm} \geq 169,08 \text{ mm}$$

Vyhovuje ✓

6.3.1.1.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{454}} = 1,663 \text{ mm}$$

$$k \leq 2,0 \quad \rightarrow \quad 1,663 < 2,0$$

Vyhovuje ✓

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{0,000461}{0,5 \cdot 0,457} = 0,005024$$

$$\rho_l \leq 0,02 \quad \rightarrow \quad 0,005024 < 0,02$$

Vyhovuje ✓

$$k_l = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b_w \cdot h} = \frac{168,53}{0,5 \cdot 0,5} = 674,12 \text{ kPa} = 0,674 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd} = 0,2 \cdot 16,667 = 3,33 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad 0,674 \text{ MPa} < 3,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje ✓

$$V_{Rd,c,1} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_l \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d =$$

$$= [0,12 \cdot 1,663 \cdot (100 \cdot 0,005024 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,674] \cdot 0,5 \cdot 0,454 = 0,128 \text{ MN} = 128 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,663^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,375$$

$$V_{Rd,c,2} = (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,375 + 0,15 \cdot 0,674) \cdot 0,5 \cdot 0,457 = 0,108 \text{ MN} = 108 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max \{ V_{Rd,c,1}; V_{Rd,c,2} \} = \{ 128; 108 \} = 128 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \rightarrow \quad 123,82 \text{ kN} < 128 \text{ kN}$$

Vyhovuje ✓

Není potřeba navrhovat smykovou výztuž.

Jelikož normálová síla nepůsobí v celém průřezu průvlaku a hodnotu výsledné únosnosti bez smykové výztuže navyšuje, je i přes vyhovění smyková výztuž navržena.

Posouvající síla, kterou přenesou smyková výztuž na mezi kluzu:

Návrh hlavní nosné výztuže:

$\varnothing_{sw} = 6 \text{ mm} \sim s_l = 100 \text{ mm} \rightarrow$ tří-střížný třmínek, z důvodu velké šířky průvlastku

$$A_{sw} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing^2}{4} = 3 \cdot \pi \cdot \frac{6^2}{4} = 0,0000848 \text{ m}^2$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 457 = 0,4086 \text{ m}$$

$$f_{ywd} = 365,22 \text{ MPa} \quad \text{pro ocel B420B}$$

$$\theta = 45^\circ, \cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot \frac{1,0}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg \theta = 0,0000848 \cdot \frac{1,0}{0,1} \cdot 0,4086 \cdot 365 \cdot 220 \cdot 1 = 126,58 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \rightarrow 126,58 \text{ kN} > 123,82 \text{ kN}$$

Vyhovuje ✓

Maximální únosnost ve smyku:

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cotg \theta + \tg \theta} = 1 \cdot 0,5 \cdot 0,4086 \cdot 0,54 \cdot \frac{16,67}{1+1} = 0,91$$

Konstrukční zásady:

Minimální plocha smykové výztuže, minimální stupeň vyztužení smykovou výztuží:

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{sw} = \frac{0,0000848}{0,1 \cdot 0,5 \cdot 1} = 0,00169 \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{420} = 0,000952$$

Vyhovuje ✓

Maximální vzdálenost mezi větvemi třmínku:

$$s_{sw,max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 467 = 0,3405 \text{ m}$$

$$s_t \leq s_{t,max} \rightarrow 0,212 \text{ m} < 0,3405 \text{ m}$$

Vyhovuje ✓

Maximální vzdálenost mezi třmínky:

$$s_{sw,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha) = 0,75 \cdot 0,457 \cdot (1 + 1) = 0,3405 \text{ m}$$

$$s_l \leq s_{sw,max} \quad \rightarrow \quad 0,1 \text{ m} < 0,3405 \text{ m}$$

Vyhovuje ✓

6.3.1.2 Typ B – průvlaky nad rampou ve směru x

Rozměry:

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b_w = b = 500 \text{ mm}$$

$$L = 5\,500 \text{ mm} \quad \text{délka průvlaku ve směru x}$$

$$L_1 = 5\,000 \text{ mm} \quad \text{délka levého pole ve směru y}$$

$$L_2 = 0 \text{ mm} \quad \text{délka pravého pole ve směru y}$$

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed} = 17,76 \text{ kN}$$

$$V_{ed,z} = 153,89 \text{ kN}$$

$$M_{ed,y}^- = -172,8 \text{ kNm/m} \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed,y}^+ = +60,06 \text{ kNm/m} \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.3.1.2.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 22 \text{ mm}$$

Tabulka 6.3 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku B (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\varnothing	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	$M_{ed,y}$	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
22	3	0,001140	454	496	0,074	210,35	172,8	18	✓

Tabulka 6.4 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku B (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,164	✓	0,01	0,00031	✓	22	182	✓	2,7	885,7	890	265,7	✓

6.3.1.2.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 16 \text{ mm}$

Tabulka 6.5 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku B (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\varnothing	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{\text{eff},1}$	$b_{\text{eff},2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	$M_{\text{ed},y}$	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
14	3	0,000462	458	4,7	2,25	0	0,9	0,0	1,4	201	0,011	91,11	60,06	34

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.6 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku B (dolní povrch)

Konstrukční zásady														
Dolní povrch														
$\zeta_{\text{bal},1}$	ζ	p.	$a_{s,\text{max}}$	$a_{s,\text{min}}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{\text{b,rqd}}$	l_{b}	$l_{\text{b,min}}$	p.	
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	
0,617	0,023	✓	0,01	0,00031	✓	21	194	✓	2,7	563,6	570	169,1	✓	

6.3.1.2.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.7 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku B

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže											
$C_{\text{rd},c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{\text{cp}} \leq 16,67$	$V_{\text{Rd},c,1}$	V_{min}	$V_{\text{Rd},c,2}$	$V_{\text{Rd},c}$	
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	
0,12	1,664	✓	0,00502	✓	0,071	✓	107,763	0,376	87,667	107,763	

$$V_{\text{Ed}} \leq V_{\text{Rd},c} \quad \rightarrow \quad 153,89 \text{ kN} < 107,763 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.8 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku B

Návrh a posudek smykové výztuže					
\varnothing_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{\text{rd},s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
6	100	0,000085	153,89	126,5804	✓

Tabulka 6.9 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku B

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0016965		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0031416	>	0,0009524	VYHOVUJE
$S_{t,max}$	0,3405	m	
0,212	<	0,3405	VYHOVUJE
$S_{l,max}$	0,3405	m	
0,1000000	<	0,3405	VYHOVUJE

6.3.1.3 Typ C – vnitřní průvlaky směr x a směr y

Rozměry:

$$h=500 \text{ mm}$$

$$b_w=b=500 \text{ mm}$$

$$L=\min 5\ 000 \text{ mm}$$

délka průvlaku ve směru x

$$L_1=\max 6\ 500 \text{ mm}$$

délka levého pole ve směru y

$$L_2=\max 5\ 500 \text{ mm}$$

délka pravého pole ve směru y

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed}=87,76 \text{ kN}$$

$$V_{ed_z}=313,68 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y^-}=-306,99 \text{ kNm/m} \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed_y^+}=+236,08 \text{ kNm/m} \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.3.1.3.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 25 \text{ mm}$$

Tabulka 6.10 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku C (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\varnothing	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
25	4	0,001963	452,5	854	0,128	342,57	306,99	10	✓

**Tabulka 6.11 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže
na průvlaku C (horní povrch)**

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,283	✓	0,01	0,00031	✓	25	110	✓	2,7	1006,4	1100	301,9	✓

6.3.1.3.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 22 \text{ mm}$

Tabulka 6.12 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku C (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\varnothing	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{eff,1}$	$b_{eff,2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	$M_{ed,y}$	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
22	4	0,00152	454	3,5	2,25	2,25	0,7	0,7	1,9	661	0,026	293,24	236,08	19

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.13 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku C (dolní povrch)

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,057	✓	0,01	0,00031	✓	22	114	✓	2,7	885,7	890	265,7	✓

6.3.1.3.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.14 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku C

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže											
$C_{rd,c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{cp} \leq 16,67$	$V_{Rd,c,1}$	V_{min}	$V_{Rd,c,2}$	$V_{Rd,c}$	
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	
0,12	1,665	✓	0,00868	✓	0,351	✓	137,979	0,376	96,964	137,979	

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \rightarrow \quad 313,68 \text{ kN} < 96,964 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.15 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku C

Návrh a posudek smykové výztuže					
\varnothing_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{rd,s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
6	100	0,000113	153,89	168,2163	✓

Tabulka 6.16 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku C

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0022619		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0022619	>	0,0009524	VYHOVUJE
$S_{t,max}$	0,339375	m	
0,14	<	0,339375	VYHOVUJE
$S_{l,max}$	0,339375	m	
0,1000000	<	0,339375	VYHOVUJE

6.3.1.4 Typ D – krajní průvlaky ve směru x a směru y

Rozměry:

$$h=500 \text{ mm}$$

$$b_w=b=500 \text{ mm}$$

$$L=\min 5\ 000 \text{ mm}$$

délka průvlaku ve směru x

$$L_1=5\ 000 \text{ mm}$$

délka levého pole ve směru y

$$L_2=0 \text{ mm}$$

délka pravého pole ve směru y

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed}=23,68 \text{ kN}$$

$$V_{ed,z}=198,12 \text{ kN}$$

$$M_{ed,y}^- = -169,74 \text{ kNm/m} \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed,y}^+ = +149,89 \text{ kNm/m} \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.3.1.4.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 22 \text{ mm}$$

Tabulka 6.17 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku D (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\emptyset	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	$M_{ed,y}$	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
22	3	0,001140	454	496	0,074	210,35	169,74	19	✓

Tabulka 6.18 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku D (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,164	✓	0,01	0,00031	✓	22	182	✓	2,7	885,7	860	265,7	✓

6.3.1.4.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\emptyset = d_s = 20 \text{ mm}$

Tabulka 6.19 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku D (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\emptyset	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{eff,1}$	$b_{eff,2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	$M_{ed,y}$	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
20	3	0,00094	455	4,3	2,25	0	0,9	0,0	1,4	410	0,023	182,72	149,89	18

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.20 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku D (dolní povrch)

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,050	✓	0,01	0,00031	✓	21	185	✓	2,7	805,2	810	241,5	✓

6.3.1.4.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.21 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku D

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže										
$C_{rd,c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{cp} \leq 16,67$	$V_{Rd,c,1}$	V_{min}	$V_{Rd,c,2}$	$V_{Rd,c}$
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]
0,12	1,664	✓	0,00502	✓	0,095	✓	108,570	0,376	88,473	108,570

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \rightarrow \quad 198,12 \text{ kN} < 88,473 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.22 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku D

Návrh a posudek smykové výztuže					
\emptyset_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{rd,s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
10	100	0,000236	198,12	351,6123	✓

Tabulka 6.23 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku D

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0047124		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0047124	>	0,0009524	VYHOVUJE
$s_{t,max}$	0,3405	m	
0,21	<	0,3405	VYHOVUJE
$s_{l,max}$	0,3405	m	
0,1000000	<	0,3405	VYHOVUJE

6.3.1.5 Typ E – oblouky

Rozměry:

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b_w = b = 500 \text{ mm}$$

$$L = 7\,854 \text{ mm}$$

délka průvlaku ve směru x

$$L_1 = 6\,500 \text{ mm}$$

délka levého pole ve směru y

$$L_2 = 0 \text{ mm}$$

délka pravého pole ve směru y

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed} = 16,37 \text{ kN}$$

$$V_{ed,z} = 106,66 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y}^- = -164,68 \text{ kNm/m} \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed_y}^+ = +143,93 \text{ kNm/m} \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.3.1.5.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 22 \text{ mm}$

Tabulka 6.24 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku E (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\varnothing	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
22	3	0,001140	454	496	0,074	210,35	164,68	22	✓

Tabulka 6.25 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku E (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,164	✓	0,01	0,00031	✓	22	182	✓	2,7	885,7	860	265,7	✓

6.3.1.5.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 20 \text{ mm}$

Tabulka 6.26 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku E (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\varnothing	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{eff,1}$	$b_{eff,2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
20	3	0,000942	455	6,7	3	0	1,3	0,0	1,8	410	0,017	183,60	143,93	22

Vyhovuje ✓

**Tabulka 6.27 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže
na průvlaku E (dolní povrch)**

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,038	✓	0,01	0,00031	✓	21	185	✓	2,7	805,2	810	241,5	✓

6.3.1.5.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.28 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku E

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže											
$C_{rd,c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{cp} \leq 16,67$	$V_{Rd,c,1}$	V_{min}	$V_{Rd,c,2}$	$V_{Rd,c}$	
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	
0,12	1,664	✓	0,00502	✓	0,065	✓	107,574	0,376	87,478	107,574	

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \rightarrow \quad 106,66 \text{ kN} < 88,473 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.29 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku E

Návrh a posudek smykové výztuže					
\emptyset_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{rd,s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
6	100	0,000085	106,66	126,5804	✓

Tabulka 6.30 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku E

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0016965		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0016965	>	0,000952	VYHOVUJE
$s_{t,max}$	0,3405 m		
0,212	<	0,3405	VYHOVUJE
$s_{l,max}$	0,3405 m		
0,1000000	<	0,3405	VYHOVUJE

6.3.1.6 Typ F – velké průvlaky u schodiště ve směru x

Rozměry:

$$h=500 \text{ mm}$$

$$b_w=b=500 \text{ mm}$$

$$L=\min 5\,000 \text{ mm}$$

délka průvlaku ve směru x

$$L_1=5\,000 \text{ mm}$$

délka levého pole ve směru y

$$L_2=6\,500 \text{ mm}$$

délka pravého pole ve směru y

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed}=35,89 \text{ kN}$$

$$V_{ed_z}=214,97 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y}^- = -193,54 \text{ kNm/m} \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed_y}^+ = +129,55 \text{ kNm/m} \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.3.1.6.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 22 \text{ mm}$$

Tabulka 6.31 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\varnothing	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
22	3	0,001140	454	496	0,074	210,35	193,54	8	✓

Tabulka 6.32 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku F (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,164	✓	0,01	0,00031	✓	22	182	✓	2,7	885,7	890	265,7	✓

6.3.1.6.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 18 \text{ mm}$

Tabulka 6.33 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\varnothing	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{\text{eff},1}$	$b_{\text{eff},2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	$M_{\text{ed},y}$	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
18	3	0,00076	456	3,5	2,25	3	0,7	0,7	1,9	332	0,013	149,61	129,55	13

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.34 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch)

Konstrukční zásady														
Dolní povrch														
$\zeta_{\text{bal},1}$	ζ	p.	$a_{s,\text{max}}$	$a_{s,\text{min}}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{\text{b,rqd}}$	l_{b}	$l_{\text{b,min}}$	p.	
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	
0,617	0,029	P	0,01	0,00031	P	21	188	P	2,7	724,6	730	217,4	P	

6.3.1.6.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.35 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku F

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže											
$C_{\text{rd},c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{\text{cp}} \leq 16,67$	$V_{\text{Rd},c,1}$	V_{min}	$V_{\text{Rd},c,2}$	$V_{\text{Rd},c}$	
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	
0,12	1,664	✓	0,00502	✓	0,144	✓	110,233	0,376	90,136	110,233	

$$V_{\text{Ed}} \leq V_{\text{Rd},c} \quad \rightarrow \quad 214,97 \text{ kN} < 110,233 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.36 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku F

Návrh a posudek smykové výztuže					
\varnothing_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{\text{rd},s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
10	100	0,000236	214,97	351,6123	✓

Tabulka 6.37 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku F

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0047124		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0047124	>	0,000952	VYHOVUJE
$S_{t,max}$	0,3405	m	
0,21	<	0,3405	VYHOVUJE
$S_{l,max}$	0,3405	m	
0,1000000	<	0,3405	VYHOVUJE

6.3.1.7 Typ G – malé průvlaky u schodiště ve směru x

Rozměry:

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

$$b_w=b=200 \text{ mm}$$

$$L=2\,500 \text{ mm}$$

délka průvlaku ve směru y

$$L_1=1\,500 \text{ mm}$$

délka levého pole ve směru x

$$L_2=4\,000 \text{ mm}$$

délka pravého pole ve směru x

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed}=39,39 \text{ kN}$$

$$V_{ed_z}=59,38 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y^-}=-79,68 \text{ kNm/m}$$

(horní povrch průřezu)

$$M_{ed_y^+}=+28,37 \text{ kNm/m}$$

(dolní povrch průřezu)

6.3.1.7.1 Návrh a posudek hlavní výztuže

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 18 \text{ mm}$$

Tabulka 6.38 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku G (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\varnothing	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
18	3	0,000763	356	332	0,124	101,64	79,68	22	P

**Tabulka 6.39 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže
na průvlaku G (horní povrch)**

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{min}	S_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,350	✓	0,0032	0,00010	✓	21	38	✓	2,7	724,6	730	217,4	✓

6.3.1.7.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 12 \text{ mm}$

Tabulka 6.40 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku G (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\varnothing	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{eff,1}$	$b_{eff,2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	$M_{ed,y}$	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
12	2	0,000226	359	2,1	0,65	1,9	0,3	0,4	1,0	98	0,008	35,01	28,37	19

Vyhovuje ✓

**Tabulka 6.41 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže
na průvlaku G (dolní povrch)**

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{min}	S_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,021	✓	0,0032	0,00010	✓	21	106	✓	2,7	483,1	490	144,9	✓

6.3.1.7.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.42 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku I

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže											
$C_{rd,c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{cp} \leq 16,67$	$V_{Rd,c,1}$	V_{min}	$V_{Rd,c,2}$	$V_{Rd,c}$	
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	
0,12	1,750	✓	0,01072	✓	0,492	✓	49,994	0,405	34,092	49,994	

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \rightarrow \quad 59,38 \text{ kN} < 49,994 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.43 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku F

Návrh a posudek smykové výztuže					
\varnothing_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{rd,s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
6	100	0,000057	59,38	66,17127	✓

Tabulka 6.44 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku F

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0028274		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0028274	>	0,0009524	VYHOVUJE
$s_{t,max}$	0,267	m	
0,1124	<	0,267	VYHOVUJE
$s_{l,max}$	0,267	m	
0,1000000	<	0,267	VYHOVUJE

6.3.2 Rekapitulace profilů v průvlaku

Tabulka 6.45 - Navržené profily průvlaků

Profily navržené výztuže								
typ	horní výztuž			dolní výztuž			smyková výztuž $\varnothing_{sw} \sim s_{sw}$	
	\varnothing	n	l_{bd}	\varnothing	n	l_{bd}		
	[mm]	[ks]	[mm]	[mm]	[ks]	[mm]		
A	22	3	890	14	3	570	tří-střížný	6 ~ 100
B	22	3	890	14	3	570	tří-střížný	6 ~ 100
C	25	4	1100	22	4	890	čtyř-střížný	6 ~ 100
D	22	3	860	20	3	810	tří-střížný	10 ~ 100
E	22	3	860	20	3	810	tří-střížný	6 ~ 100
F	22	3	860	18	3	730	tří-střížný	10 ~ 100
G	18	3	730	12	2	490	dvoj-střížné	8 ~ 100

6.4 Sloupy

Sloupy jsou kruhového průřezu. Jejich výpočet je proveden stejně jako pro průřez obdélníkový. Krytí je vypočteno v kapitole 6.1.2.2.

6.4.1.1 Typ I

Rozměry:

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

$$l = 3 \text{ 500 mm}$$

Účinky zatížení:

Prvek B21 (1)

$$N_{ed} = \max -2472,46 \text{ kN}$$

$$M_{ed,y} = -1,55 \text{ kNm}$$

Prvek B21 (2)

$$N_{ed} = \max -2472,46 \text{ kN}$$

$$M_{ed,z} = 10,50 \text{ kNm}$$

Prvek B381 (3)

$$M_{ed,y} = \max -10,66 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -607,38 \text{ kN}$$

Prvek B1332 (4)

$$M_{ed,z} = \max 57,66 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -310,20 \text{ kN}$$

Tabulka 6.46 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-1,55	1,55	2872,46	-1,00	15,16	38,27	✓
(2)	-10,5	10,5	2872,46	-1,00	15,16	38,27	✓
(3)	-10,66	7,88	607,38	-1,35	15,16	87,30	✓
(4)	-57,66	57,66	310,20	-1,00	15,16	108,04	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.47 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

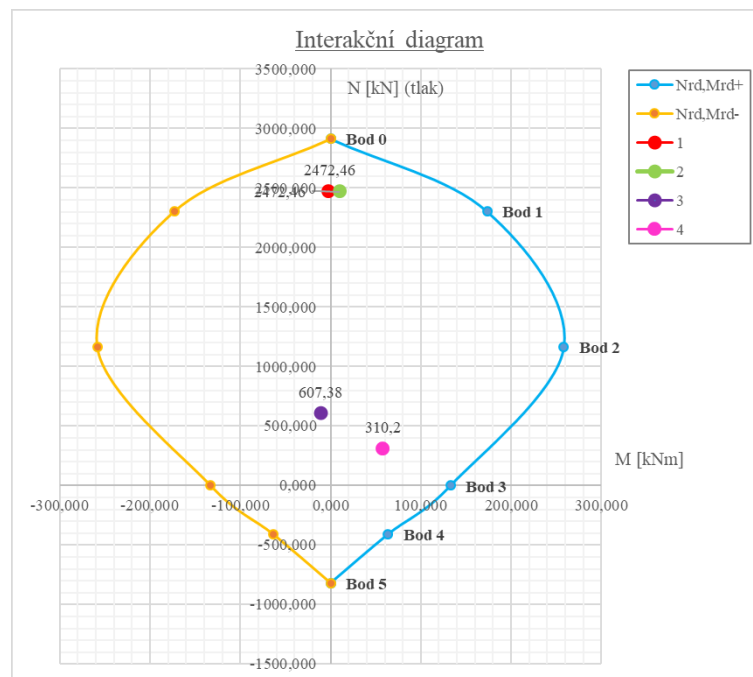
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\varnothing	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\varnothing_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
20	3	9,42E-04	355	410	155	6	200

Tabulka 6.48 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,219	0,216	✓	0,005027	0,000066	✓	400	21	✓	2,7	805,2	810	241,5	✓

Tabulka 6.49 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2913,941	2303,106	1167,918	0,000	-409,773	-819,546
M_{Rd}^+	0,000	173,328	258,311	132,876	63,515	0,000



Obrázek 6.2 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.2 Typ II

Rozměry:

$\varnothing=400 \text{ mm}$

$l=3 \text{ 500 mm}$

Účinky zatížení:

Prvek B37 (1)

$N_{ed}=\max -2560,96 \text{ kN}$

$M_{ed,y} = -10,29 \text{ kNm}$

Prvek B37 (2)

$N_{ed}=\max -2560,96 \text{ kN}$

$M_{ed,z} = 9,68 \text{ kNm}$

Prvek B422 (3)

$M_{ed_y} = \max -56,86 \text{ kNm}$

$N_{ed} = -340,6 \text{ kN}$

Prvek B468 (4)

$M_{ed_z} = \max -52,9 \text{ kNm}$

$N_{ed} = -283,26 \text{ kN}$

Tabulka 6.50 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-10,29	+10,29	2560,96	-1,00	15,16	37,60	✓
(2)	-56,86	53,32	2560,96	-1,07	15,16	38,53	✓
(3)	-56,86	53,32	340,6	-1,07	15,16	105,64	✓
(4)	-52,9	52,9	283,26	-1,00	15,16	113,06	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.51 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

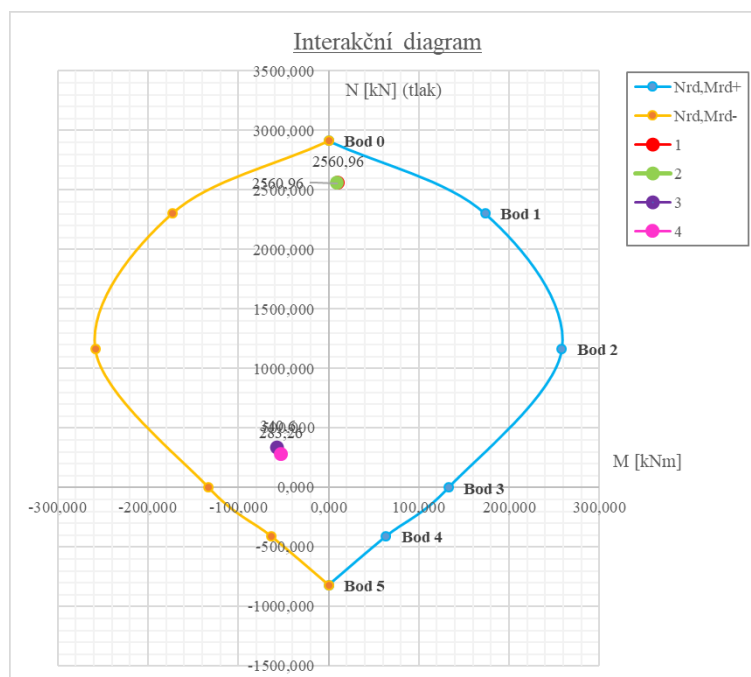
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\emptyset	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\emptyset_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
20	3	9,42E-04	355	410	155	6	200

Tabulka 6.52 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,219	0,216	✓	0,005027	0,00059	✓	400	21	✓	2,7	805,2	810	241,5	✓

Tabulka 6.53 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2913,941	2303,106	1167,918	0,000	-409,773	-819,546
M_{Rd+}	0,000	173,328	258,311	132,876	63,515	0,000



Obrázek 6.3 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.3 Typ III

Rozměry:

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

$$l = 3\,500 \text{ mm}$$

Účinky zatížení:

Prvek B101 (1)

$$N_{ed} = \max -2580,05 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y} = -7,02 \text{ kNm}$$

Prvek B101 (2)

$$N_{ed} = \max -2580,05 \text{ kN}$$

$$M_{ed_z} = 10,2 \text{ kNm}$$

Prvek 1664 (3)

$$M_{ed_y} = \max 19,72 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -623,77 \text{ kN}$$

Prvek B469 (4)

$$M_{ed_z} = \max -60,96 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -355,26 \text{ kN}$$

Tabulka 6.54 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-7,02	7,02	2580,05	-1,00	15,16	37,46	✓
(2)	-10,2	10,2	2580,05	-1,00	15,16	37,46	✓
(3)	-19,55	19,72	623,77	-0,99	15,16	75,95	✓
(4)	-60,96	55,73	355,26	-1,09	15,16	104,47	✓

Tabulka 6.55 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

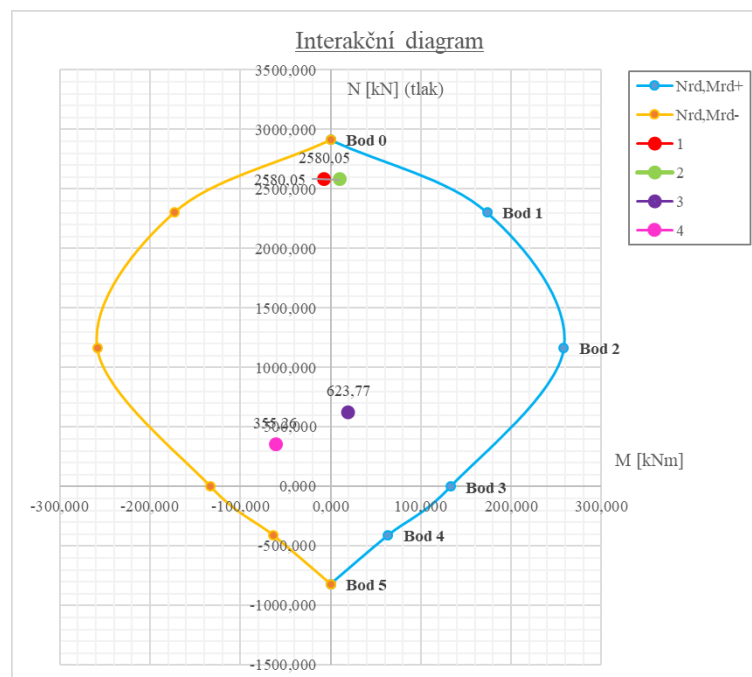
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\emptyset	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\emptyset_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
20	3	9,42E-04	355	410	155	6	200

Tabulka 6.56 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,219	0,216	✓	0,005027	0,00059	✓	400	21	✓	2,7	805,2	810	241,5	✓

Tabulka 6.57 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2913,941	2303,106	1167,918	0,000	-409,773	-819,546
M_{Rd}^+	0,000	173,328	258,311	132,876	63,515	0,000



Obrázek 6.4 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.4 Typ IV

Rozměry:

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

$$l = 3\,500 \text{ mm}$$

Účinky zatížení:

Prvek B92 (1)

$$N_{ed} = \max -2118,44 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y} = 2,06 \text{ kNm}$$

Prvek B92 (2)

$$N_{ed} = \max -2118,44 \text{ kN}$$

$$M_{ed_z} = 10,05 \text{ kNm}$$

Prvek 258 (3)

$$M_{ed_y} = \max -44,64 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -693,12 \text{ kN}$$

Prvek 358 (4)

$$M_{ed_z} = \max -63,33 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -501,26 \text{ kN}$$

Tabulka 6.58 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-2,06	2,06	2118,44	-1,00	15,16	41,34	✓
(2)	-10,05	10,05	2118,44	-1,00	15,16	41,34	✓
(3)	-44,64	44,64	693,12	-1,00	15,16	72,28	✓
(4)	-63,33	63,33	501,26	-1,00	15,16	84,99	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.59 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

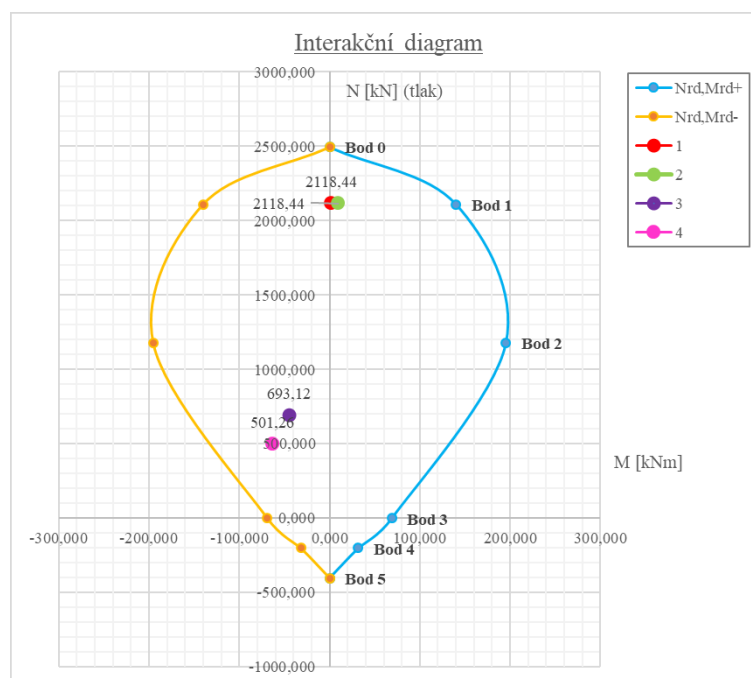
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\varnothing	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\varnothing_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
14	3	4,62E-04	358	201	158	6	200

Tabulka 6.60 - Konstruktivní zásady nosné výztuže

Konstruktivní zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,221	0,105	✓	0,005027	0,00049	✓	400	21	✓	2,7	563,6	560	169,1	✓

Tabulka 6.61 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2495,973	2110,122	1177,788	0,000	-200,789	-401,577
M_{Rd+}	0,000	140,175	194,968	68,859	31,725	0,000



Obrázek 6.5 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.5 Typ V

Rozměry:

$\varnothing = 400 \text{ mm}$

$l = 3 \text{ 500 mm}$

Účinky zatížení:

Prvek B11 (1)

$N_{ed} = \max -681,99 \text{ kN}$

$M_{ed_y} = -15,52 \text{ kNm}$

Prvek B11 (2)

$N_{ed} = \max -681,99 \text{ kN}$

$M_{ed_z} = -6,26 \text{ kNm}$

Prvek 356 (3)

$M_{ed_y} = \max 35,33 \text{ kNm}$

$N_{ed} = -332,99 \text{ kN}$

Prvek 376 (4)

$M_{ed_z} = \max 36,67 \text{ kNm}$

$N_{ed} = -252,79 \text{ kN}$

Tabulka 6.62 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-15,52	15,52	681,94	-1,00	15,16	72,87	✓
(2)	-6,26	6,26	681,94	-1,00	15,16	72,87	✓
(3)	35,33	-3,64	332,99	-9,71	15,16	440,52	✓
(4)	-36,67	36,67	252,79	-1,00	15,16	119,68	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.63 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

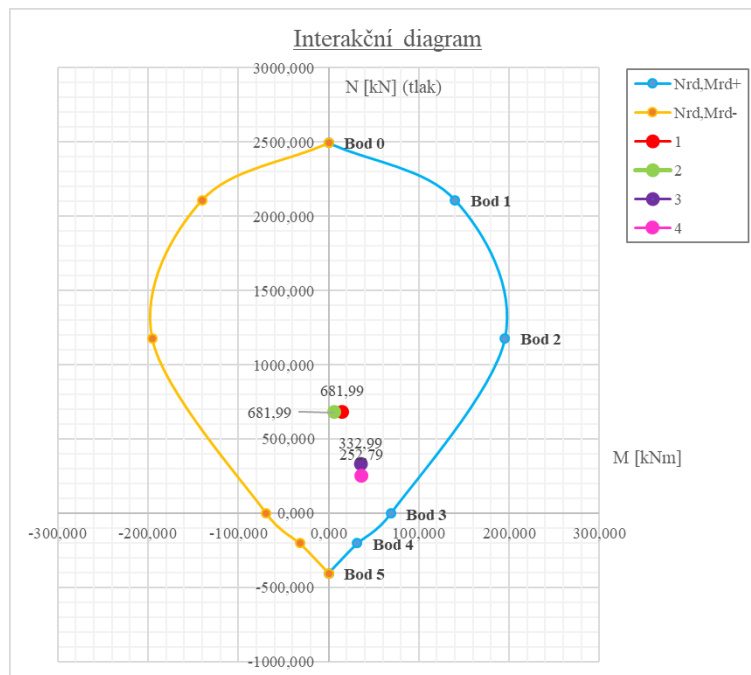
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\emptyset	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\emptyset_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
14	3	4,62E-04	358	201	158	6	200

Tabulka 6.64 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,221	0,105	✓	0,005027	0,00016	✓	400	21	✓	2,7	563,6	560	169,1	✓

Tabulka 6.65 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2495,973	2110,122	1177,788	0,000	-200,789	-401,577
M_{Rd+}	0,000	140,175	194,968	68,859	31,725	0,000



Obrázek 6.6 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.6 Typ VI

Rozměry:

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

$$l = 3\,500 \text{ mm}$$

Účinky zatížení:

Prvek B49 (1)

$$N_{ed} = \max -1971,13 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y} = 1,02 \text{ kNm}$$

Prvek B49 (2)

$$N_{ed} = \max -1971,13 \text{ kN}$$

$$M_{ed_z} = 0,7 \text{ kNm}$$

Prvek B407 (3)

$$M_{ed_y} = \max -27,5 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -450,09 \text{ kN}$$

Prvek B407 (4)

$$M_{ed_z} = \max -19,05 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -407,58 \text{ kN}$$

Tabulka 6.66 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě [kNm]	M v patě [kNm]	N max [kN]	r_m [-]	λ [-]	λ_{lim} [-]	$\lambda \leq \lambda_{lim}$ [-]
(1)	-1,02	1,02	1971,13	-1,00	15,16	42,86	✓
(2)	-0,7	0,7	1971,13	-1,00	15,16	42,86	✓
(3)	27,5	-26,49	450,09	-1,04	15,16	90,96	✓
(4)	-18,6	18,07	407,58	-1,03	15,16	95,28	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.67 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

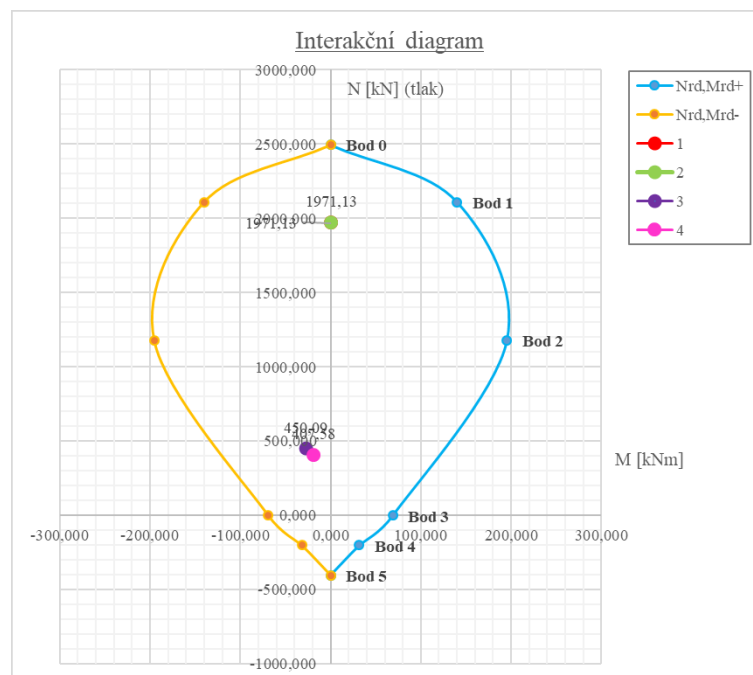
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\emptyset	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\emptyset_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
14	3	4,62E-04	358	201	158	6	200

Tabulka 6.68 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,221	0,105	✓	0,005027	0,00045	✓	400	21	✓	2,7	563,6	570	169,1	✓

Tabulka 6.69 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2495,973	2110,122	1177,788	0,000	-200,789	-401,577
M_{Rd}^+	0,000	140,175	194,968	68,859	31,725	0,000



Obrázek 6.7 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.7 Typ VII

Rozměry:

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

$$l = 3\,500 \text{ mm}$$

Účinky zatížení:

Prvek B48 (1)

$$N_{ed} = \max -1582,16 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y} = 0,14 \text{ kNm}$$

Prvek B48 (2)

$$N_{ed} = \max -1582,16 \text{ kN}$$

$$M_{ed_z} = -1,09 \text{ kNm}$$

Prvek 315 (3)

$$M_{ed_y} = \max -18,39 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -222,0 \text{ kN}$$

Prvek 308 (4)

$$M_{ed_z} = \max 71,59 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -616,0 \text{ kN}$$

Tabulka 6.70 – Výpočet limitní štíhlosti sloupu

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	0,54	0,14	1582,16	3,86	15,16	-38,22	✓
(2)	-45,54	42,34	1582,16	-1,08	15,16	49,18	✓
(3)	-18,39	18,39	222	-1,00	15,16	127,71	✓
(4)	-71,59	71,59	616	-1,00	15,16	76,67	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.71 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

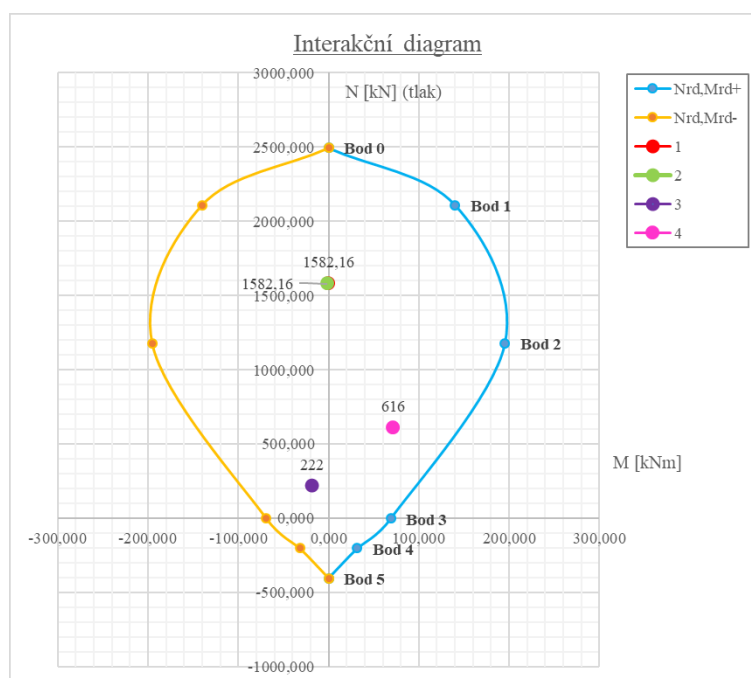
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\varnothing	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\varnothing_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
14	3	4,62E-04	358	201	158	6	200

Tabulka 6.72 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,105	✓	0,0050	0,00036	✓	400	21	✓	2,7	563,6	570	169,1	✓	0,105

Tabulka 6.73 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2495,973	2110,122	1177,788	0,000	-200,789	-401,577
M_{Rd+}	0,000	140,175	194,968	68,859	31,725	0,000



Obrázek 6.8 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.8 Typ VIII

Rozměry:

$\varnothing = 400 \text{ mm}$

$l = 3 \text{ 500 mm}$

Účinky zatížení:

Prvek B71 (1)

$N_{ed} = \max -1588,76 \text{ kN}$

$M_{ed_y} = -9,63 \text{ kNm}$

Prvek B71 (2)

$N_{ed} = \max -1588,76 \text{ kN}$

$M_{ed_z} = 0,76 \text{ kNm}$

Prvek 434 (3)

$M_{ed_y} = \max 57,42 \text{ kNm}$

$N_{ed} = -471,48 \text{ kN}$

Prvek 313 (4)

$M_{ed_z} = \max -1,85 \text{ kNm}$

$N_{ed} = -855,91 \text{ kN}$

Tabulka 6.74 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-9,63	9,63	1588,76	-1,00	15,16	47,74	✓
(2)	-0,76	0,76	1588,76	-1,00	15,16	47,74	✓
(3)	57,42	-55,39	471,48	-1,04	15,16	88,83	✓
(4)	-1,85	1,77	855,91	-1,05	15,16	66,13	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.75 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

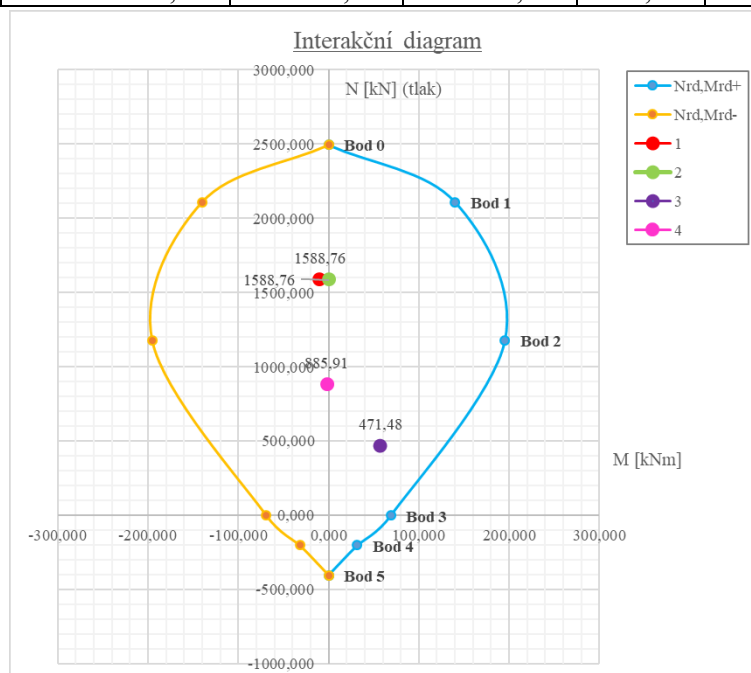
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\emptyset	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\emptyset_{sw}	S_{sw}
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
14	3	4,62E-04	358	201	158	6	200

Tabulka 6.76 - Konstrukční zásady nosné výztuže

Konstrukční zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{max}	S_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,221	0,105	✓	0,005027	0,00037	✓	400	21	✓	2,7	563,6	570	0,221	0,105

Tabulka 6.77 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	2495,973	2110,122	1177,788	0,000	-200,789	-401,577
M_{Rd+}	0,000	140,175	194,968	68,859	31,725	0,000



Obrázek 6.9 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.9 Typ IX

Rozměry:

$$\varnothing = 200 \text{ mm}$$

$$l = 3500 \text{ mm}$$

Účinky zatížení:

Prvek B118 (1)

$$N_{ed} = \max -270,43 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y} = 0,23 \text{ kNm}$$

Prvek B118 (2)

$$N_{ed} = \max -270,43 \text{ kN}$$

$$M_{ed_z} = 0,11 \text{ kNm}$$

Prvek 1639 (3)

$$M_{ed_y} = \max -6,05 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -131,71 \text{ kN}$$

Prvek 1644 (4)

$$M_{ed_z} = \max -3,64 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -127,52 \text{ kN}$$

Tabulka 6.78 - Výpočet limitní štíhlosti

Limitní štíhlost sloupu							
Bod	M v hlavě	M v patě	N max	r_m	λ	λ_{lim}	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]
(1)	-0,23	0,23	270,43	-1,00	15,16	115,71	✓
(2)	-0,11	0,11	270,43	-1,00	15,16	115,71	✓
(3)	-6,05	6,05	131,71	-1,00	15,16	165,81	✓
(4)	-3,64	3,64	127,52	-1,00	15,16	168,51	✓

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.79 - Návrh nosné a třmínkové výztuže

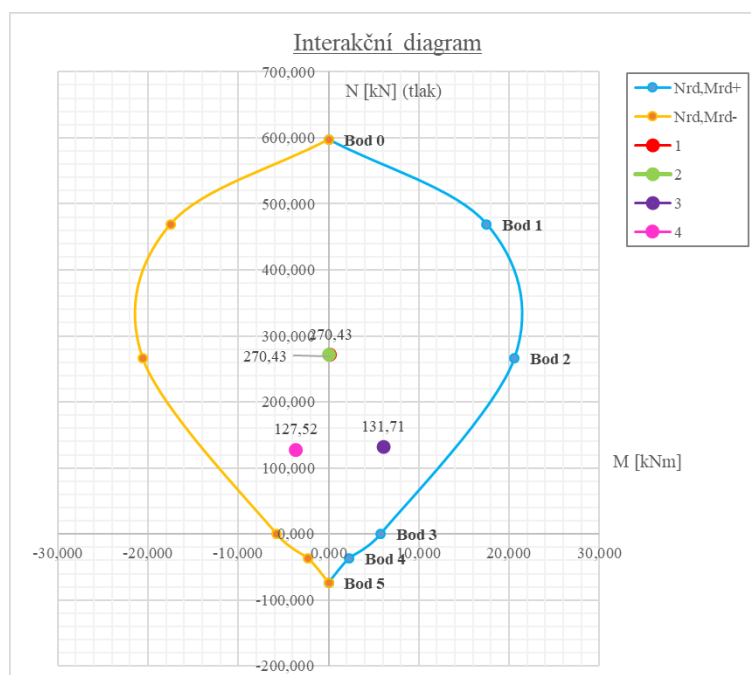
Návrh výztuže							
Návrh výztuže (hlavní výztuž, třmínky)							
\varnothing	n (v 1/2)	a_s	d	F_s	z_{s1}	\varnothing_{sw}	s_{sw}
[mm]	[ks]	[mm ²]	[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
6	3	8,48E-05	162	37	62	6	80

Tabulka 6.80 - Konstruktivní zásady nosné výztuže

Konstruktivní zásady													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,100	0,085	✓	0,001257	0,00006	✓	200	21	✓	2,7	241,5	250	100,0	✓

Tabulka 6.81 - Body interakčního diagramu

	Bod 0	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5
N_{Rd}	597,358	468,880	266,483	0,000	-36,880	-73,759
M_{Rd+}	0,000	17,493	20,569	5,770	2,287	0,000



Obrázek 6.10 - Graf interakčního diagramu

6.4.1.10 Rekapitulace sloupů

Tabulka 6.82 - Navržené profily sloupů

Profily navržené výztuže					
typ	hlavní výztuž			třmínky	
	\emptyset	n na 1/2	l_{bd}	\emptyset_{sw}	s_w
	[mm]	[ks]	[mm]	[mm]	[mm]
I	20	3	810	6	200
II	20	3	810	6	200
III	20	3	810	6	200
IV	14	3	560	6	200
V	14	3	560	6	200
VI	14	3	560	6	200
VII	14	3	560	6	200
VIII	14	3	560	6	200
IX	6	3	250	6	80

6.5 Schodiště

6.5.1 Horní povrch

Postup výpočtu je stejný jako v případě desek D₁-D₃ v kapitole 6.2.1. Výztuž je vypočtena na 1 metr délky.

Vnitřní ohybové momenty:

$$m_{ed_x}^+ = -59,49 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ed_y}^+ = -57,94 \text{ kNm/m}$$

Tabulka 6.83 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže schodiště (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
směr x									
∅	n	a _s	d _x	F _s	x	m _{rd_x} ⁺	m _{ed_x} ⁺	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
12	10	0,001131	169	492	0,037	75,85	59,49	22	✓
směr y									
∅	n	a _s	d _y	F _s	x	m _{rd_y} ⁺	m _{ed_y} ⁺	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
12	10	0,001131	157	492	0,037	69,95	57,94	17	✓

Tabulka 6.84 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže schodiště (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
směr x													
ζ _{bal,1}	ζ	p.	a _{s,max}	a _{s,min}	p.	S _{max}	S _{min}	p.	f _{bd}	l _{b,rqd}	l _b	l _{b,min}	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,218	✓	0,008	0,00023	✓	250	21	✓	2,7	483,1	483,1	144,9	✓
směr y													
ζ _{bal,1}	ζ	p.	a _{s,max}	a _{s,min}	p.	S _{max}	S _{min}	p.	f _{bd}	l _{b,rqd}	l _b	l _{b,min}	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,235	✓	0,008	0,00022	✓	250	21	✓	2,7	483,1	483,1	144,9	0,617

6.5.2 Dolní povrch

Vnitřní ohybové momenty:

$$m_{ed_x}^- = -+41,26 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ed_y}^- = +21,08 \text{ kNm/m}$$

Tabulka 6.85 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže schodiště (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Dolní povrch									
směr x									
\emptyset	s	a_s	d_x	F_s	x	$m_{rd_x^-}$	$m_{ed_x^-}$	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
12	6	0,000679	169	295	0,022	47,25	41,26	13	✓
směr y									
\emptyset	s	a_s	d_y	F_s	x	$m_{rd_y^-}$	$m_{ed_y^-}$	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
12	3	0,000339	157	148	0,011	22,51	21,08	6	✓

Tabulka 6.86 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže schodiště (dolní povrch)

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
směr x													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{max}	S_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,131	✓	0,008	0,00023	✓	250	21	✓	2,7	483,1	483,1	144,9	✓
směr y													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{max}	S_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,070	✓	0,008	0,00022	✓	250	21	✓	2,7	483,1	483,1	144,9	✓

6.6 Rampa

6.6.1 Rampová deska

6.6.1.1 Horní povrch

Postup výpočtu je stejný jako v případě desek D₁-D₃ v kapitole 6.2.1. Výztuž je vypočtena na 1 metr délky.

Vnitřní ohybové momenty:

$$m_{ed_x^+} = -40,62 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ed_y^+} = -21,79 \text{ kNm/m}$$

Tabulka 6.87 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže rampy (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
směr x									
\emptyset	n	a_s	d_x	F_s	x	$m_{rd_x^+}$	$m_{ed_x^+}$	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
14	5	0,00077	168	335	0,025	52,86	40,62	23	✓
směr y									
\emptyset	n	a_s	d_y	F_s	x	$m_{rd_y^+}$	$m_{ed_y^+}$	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
10	5	0,000393	156	171	0,013	25,76	21,76	16	✓

Tabulka 6.88 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže rampy (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
směr x													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{max}	S_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,149	✓	0,008	0,00023	✓	250	21	✓	2,7	563,6	570	169,1	✓
směr y													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{max}	S_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,082	✓	0,008	0,00022	✓	250	21	✓	2,7	402,6	410	120,8	✓

6.6.1.2 Dolní povrch

Vnitřní ohybové momenty:

$$m_{ed_x^-} = -+20,05 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ed_y^-} = +8,36 \text{ kNm/m}$$

Tabulka 6.89 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže rampy (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Dolní povrch									
směr x									
\emptyset	s	a_s	d_x	F_s	x	$m_{rd_x^-}$	$m_{ed_x^-}$	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
10	5	0,000393	170	171	0,013	28,15	20,05	29	✓
směr y									
\emptyset	s	a_s	d_y	F_s	x	$m_{rd_y^-}$	$m_{ed_y^-}$	rezerva	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[%]	[-]
8	5	0,000251	161	109	0,008	17,23	8,36	51	✓

Tabulka 6.90 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže rampy (dolní povrch)

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
směr x													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,075	✓	0,008	0,00023	✓	250	21	✓	2,7	402,6	410	120,8	✓
směr y													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{max}	s_{min}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,051	✓	0,008	0,00022	✓	250	21	✓	2,7	322,1	330	100,0	✓

6.6.2 Průvlaky na rampě

6.6.2.1 Vnitřní průvlaky

Rozměry:

$$h=1\ 400\ mm$$

$$b_w=b=200\ mm$$

$$L=5\ 500\ mm$$

délka průvlaku ve směru x

$$L_1=4\ 000\ mm$$

délka levého pole ve směru y

$$L_2=0\ mm$$

délka pravého pole ve směru y

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed}=66,83\ kN$$

$$V_{ed_z}=136,75\ kN$$

$$M_{ed_y^-} = -305,61\ kNm/m \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed_y^+} = +46,60\ kNm/m \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.6.2.1.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

$$\text{průměr prutu } \varnothing = d_s = 16\ mm$$

Tabulka 6.91 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\emptyset	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
16	3	0,000603	1357	262	0,098	345,56	305,61	12	✓

Tabulka 6.92 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,072	✓	0,0112	0,00037	✓	21	41	✓	2,7	644,1	650	193,2	✓

6.6.2.1.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\emptyset = d_s = 14 \text{ mm}$

Tabulka 6.93 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\emptyset	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{eff,1}$	$b_{eff,2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
14	3	0,000462	1358	4,7	1,9	0	0,8	0,0	1,0	201	0,014	271,52	46,6	83

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.94 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (dolní povrch)

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,011	✓	0,0112	0,00037	✓	21	44	✓	2,7	563,6	570	169,1	✓

6.6.2.1.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.95 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže										
$C_{rd,c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{cp} \leq 16,67$	$V_{Rd,c,1}$	v_{min}	$V_{Rd,c,2}$	$V_{Rd,c}$
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]
0,12	1,384	✓	0,00222	✓	0,239	✓	89,545	0,285	87,039	89,545

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \rightarrow 136,75 \text{ kN} < 89,545 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.96 - Návrh a posudek smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě

Návrh a posudek smykové výztuže - dvojitřizň					
\emptyset_{sw}	s_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{rd,s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
6	100	0,000057	136,75	252,2315	✓

Tabulka 6.97 - Konstrukční zásady smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0028274		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0028274	>	0,0009524	VYHOVUJE
$s_{t,max}$	1,01775	m	
0,134	<	1,01775	VYHOVUJE
$s_{l,max}$	1,01775	m	
0,1000000	<	1,01775	VYHOVUJE

6.6.2.2 Vnější průvlaky

Rozměry:

$$h = 1\,400 \text{ mm}$$

$$b_w = b = 200 \text{ mm}$$

$$L = 5\,500 \text{ mm}$$

délka průvlaku ve směru x

$$L_1 = 4\,000 \text{ mm}$$

délka levého pole ve směru y

$$L_2 = 0 \text{ mm}$$

délka pravého pole ve směru y

Vnitřní ohybové momenty:

$$N_{ed} = 40,75 \text{ kN}$$

$$V_{ed,z} = 99,99 \text{ kN}$$

$$M_{ed_y}^- = -147,23 \text{ kNm/m} \quad (\text{horní povrch průřezu})$$

$$M_{ed_y}^+ = +46,80 \text{ kNm/m} \quad (\text{dolní povrch průřezu})$$

6.6.2.2.1 Návrh a posudek hlavní výztuže (horní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 16 \text{ mm}$

Tabulka 6.98 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch)

Návrh a posudek výztuže									
Horní povrch									
\varnothing	n	a_s	d	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rezerva	posudek
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]	[-]
16	2	0,000402	1357	175	0,066	232,67	147,23	37	✓

Tabulka 6.99 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch)

Konstrukční zásady													
Horní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	s_{min}	s_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,048	✓	0,0112	0,00037	✓	21	98	✓	2,7	644,1	650	193,2	✓

6.6.2.2.2 Návrh a posudek hlavní výztuže (dolní povrch průřezu)

Návrh hlavní nosné výztuže:

průměr prutu $\varnothing = d_s = 16 \text{ mm}$

Tabulka 6.100 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch)

Návrh a posudek výztuže														
Dolní povrch														
\varnothing	n	a_s	d	l_0	b_1	b_2	$b_{eff,1}$	$b_{eff,2}$	b_{eff}	F_s	x	M_{rd}	M_{ed_y}	rez.
[mm]	[ks]	[m ²]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[m]	[kNm]	[kNm]	[%]
16	2	0,000402	1357	4,7	1,9	0	0,8	0,0	1,0	175	0,013	236,38	46,8	80

Vyhovuje ✓

Tabulka 6.101 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (dolní povrch)

Konstrukční zásady													
Dolní povrch													
$\zeta_{bal,1}$	ζ	p.	$a_{s,max}$	$a_{s,min}$	p.	S_{min}	S_{sv}	p.	f_{bd}	$l_{b,rqd}$	l_b	$l_{b,min}$	p.
[-]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
0,617	0,009	✓	0,0112	0,00037	✓	21	98	✓	2,7	644,1	650	193,2	✓

6.6.2.2.3 Návrh a posudek smykové výztuže

Návrhová únosnost v smyku prvku bez smykové výztuže:

Tabulka 6.102 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže										
$C_{rd,c}$	k	$k \leq 2$	ρ_1	$\rho_1 \leq 0,02$	σ_{cp}	$\sigma_{cp} \leq 16,67$	$V_{Rd,c,1}$	V_{min}	$V_{Rd,c,2}$	$V_{Rd,c}$
[MPa]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]
0,12	1,384	✓	0,00148	✓	0,146	✓	75,661	0,285	83,248	83,248

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \rightarrow \quad 99,99 \text{ kN} < 82,248 \text{ kN}$$

Nevyhovuje X

Návrh smykové výztuže

Tabulka 6.103 - Návrh a posudek smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě

Návrh a posudek smykové výztuže					
\emptyset_{sw}	S_{sw}	a_s	V_{ed}	$V_{rd,s}$	posudek
[mm]	[mm]	[m ²]	[kN]	[kN]	[-]
6	100	0,000057	99,99	252,2315	✓

Tabulka 6.104 - Konstrukční zásady smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě

Konstrukční zásady			
ρ_{sw}	0,0028274		
$\rho_{sw,min}$	0,000952381		
0,0028274	>	0,0009524	VYHOVUJE
$S_{t,max}$	1,01775	m	
0,1000000	<	1,01775	VYHOVUJE
$S_{l,max}$	1,01775	m	
0,1000000	<	1,01775	VYHOVUJE

7. Návrh a posouzení na MSP

Výpočet je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 [7].

7.1 Mezní stav omezení napětí

Omezení napětí se nejdříve provádí u průřezu bez trhlin. Tento výpočet je založen na určení veličin ideálního průřezu a následném výpočtu napětí betonu v krajních vláknech průřezu.

Poměr modulů pružnosti:

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad (7.1)$$

- E_s modul pružnosti betonářské výztuže, 200 MPa,
- E_{cm} modul pružnosti betonu z kapitoly 6.1.1.

Plocha ideálního průřezu:

$$A_i = A_c + \alpha_e (A_{s1} + A_{s2}) \quad (7.2)$$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od jeho horního okraje:

$$a_{gi} = \frac{A_c \cdot a_c + \alpha_e (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)}{A_i} \quad (7.3)$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu:

$$I_i = I_c + A_c \cdot (a_{gi} - a_c)^2 + \alpha_e [A_{s1} (a_{gi} - d)^2 + A_{s2} (a_{gi} - d_2)^2] \quad (7.4)$$

Napětí betonu v krajních vláknech průřezu namáhaného N a M:

$$\text{horní vlákna} \rightarrow \sigma_{c2} = \frac{N_{kd}}{A_i} - \frac{M_{kdi} \cdot a_{gi}}{I_i} \leq f_{ctm}$$

$$\text{dolní vlákna} \rightarrow \sigma_{c1} = \frac{N_{kd}}{A_i} + \frac{M_{kdi} \cdot (h - a_{gi})}{I_i} \leq f_{ctm} \quad (7.5)$$

- A_c plocha betonového průřezu,
- a_c vzdálenost těžiště betonového průřezu od horních vláken,
- α_e poměr modulu pružnosti viz (7.6),
- I_c moment setrvačnosti betonového prvku,

- A_{s1} průřezová plocha horní betonářské výztuže,
- A_{s2} průřezová plocha dolní betonářské výztuže.
- d účinná výška průřezu.

7.2 Mezní stav trhlin

Trhliny v konstrukci nejsou dále posuzovány.

7.3 Mezní stav přetvoření

Mezní stav přetvoření může být posuzován buď omezením poměru rozpětí k výšce prvku, nebo porovnáním vypočteného průhybu s mezní hodnotou. Při dodržení následujících podmínek lze od výpočtu průhybu upustit. Pokud je splněna podmínka, že skutečný poměr l/d je menší než limitní poměr l/d , nemusí se průhyb dále posuzovat, neboť lze předpokládat, že nadměrné průhyby za běžných podmínek nenastanou. Při tomto posudku se má uvažovat u lokálně podepřených desek delší z obou rozpětí [7].

Omezení průhybu:

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \quad (7.6)$$

- K součinitel zohledňující nosný systém,
- ρ_0 referenční stupeň vyztužení, výpočet ve vzorci (7.7),
- ρ stupeň vyztužení, vypočteno dle rovnice (7.8).

Referenční stupeň vyztužení:

$$\rho_0 = (f_{ck})^{0,5} \cdot 10^{-3} \quad (7.7)$$

- f_{ck} charakteristická pevnost betonu v tlaku.

Stupeň vyztužení

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad (7.8)$$

- d účinná výška dolní výztuže,
- A_s plocha dolní výztuže.

7.4 MSP pro stropní konstrukce

Tabulka 7.1 - Výpočet omezení napětí pro stropní desku

Mezní stav omezení napětí										
Směr	$N_{nad\ pod}$	$M_{nad\ pod}$	$N_{v\ poli}$	$M_{v\ poli}$	α_e	A_i	a_{gi}	I_i	σ_{c1}	$\sigma_{c2} < f_{ctm} = 2,6$
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[-]	[m ²]	[m]	[m ⁴]	[MPa]	[-]
x	0	49,56	0	18,93	6,885	0,213	0,104	0,000714	2,552	✓
y	0	40,22	0	19,1	6,885	0,213	0,104	0,000714	2,575	✓

Tabulka 7.2 - Omezení průhybu u stropní desky

Omezení průhybu						
Směr	K	ρ	ρ_0	l/d	rovnice	posudek
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
x	1,5	0,001	0,005	42,208	186,361	✓
y	1,5	0,001	0,005	42,21	186,36	✓

7.5 MSP pro průvlaky

Tabulka 7.3 - Výpočet omezení napětí pro průvlaky

Mezní stav omezení napětí										
Typ	$N_{nad\ pod}$	$M_{nad\ pod}$	$N_{v\ poli}$	$M_{v\ poli}$	α_e	A_i	a_{gi}	I_i	σ_{c1}	$\sigma_{c2} < f_{ctm} = 2,6$
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[-]	[m ²]	[m]	[m ⁴]	[MPa]	[-]
A	30,2	78,31	30,2	23,42	6,885	0,461	0,179	0,002125	0,296	✓
B	0,7	86,24	0,7	30,02	6,885	0,461	0,179	0,002125	0,297	✓
C	36,25	150,21	36,25	112,82	6,885	0,474	0,174	0,002125	1,454	✓
D	12,63	89,65	12,63	72,36	6,885	0,464	0,178	0,002125	0,787	✓
E	5,32	80,94	5,32	60,27	6,885	0,464	0,178	0,002125	0,645	✓
F	14,26	93,65	14,26	58,24	6,885	0,457	0,180	0,002125	0,570	✓
G	16,28	38,43	16,28	14,69	6,885	0,460	0,179	0,002125	0,179	✓

Tabulka 7.4 - Výpočet průhybu u stropní desky

Omezení průhybu						
Typ	K	ρ	ρ_0	l/d	rovnice	posudek
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
A	1,5	0,002	0,005	12,03	108,47	✓
B	1,5	0,002	0,005	12,03	108,47	✓
C	1,5	0,005	0,005	14,30	28,244	✓
D	1,5	0,004	0,005	14,31	32,351	✓
E	1,5	0,004	0,005	17,29	32,28	✓
F	1,5	0,001	0,005	14,31	147,49	✓
G	1,5	0,004	0,005	7,02	31,458	✓

8. Závěr

V diplomové práci byly staticky navrženy a posouzeny dle platných norem hlavní nosné prvky parkovacího domu ze železobetonu, a to stropní desky, průvlaky, sloupy, schodiště a rampa. Rozměry navržených prvků z původní dokumentace vyhověly a nebyly nijak pozměněny. Došlo však ke změnám v umístění. Schodiště muselo být úplně přesunuto na jiné místo, přesto zůstalo v komunikačním jádře. Jeho typologická poloha se tak nekonala. Taktéž konstrukce rampy byla jinak navržena. Byla doplněna o průvlaky jak ze statického a funkčního, tak estetického významu. Ve skutečnosti, ale bude rampa v realizaci nejspíše z ekonomických důvodů řešena jinak (nadbytek betonové směsi). Střešní světlík v rámci posudku nebyl řešen. V původní dokumentaci nejsou jeho rozměry zaznamenány. Kvůli jeho velkému nebude pravděpodobně řešen použitím hotového výrobku specializované firmy, ale bude vyroben přímo na místě z ocelové konstrukce.

9. Seznamy

9.1 Seznam obrázků

Obrázek 2.1 - Vizualizace parkovacího domu (jihozápadní pohled) [3]	16
Obrázek 2.2 - 3D podélný řez objektem [3]	17
Obrázek 2.3 Schéma půdorysu schodiště	19
Obrázek 2.4 - Řez schodištěm	19
Obrázek 3.1 - Příčný stěnový konstrukční systém [10]	22
Obrázek 3.2 – Sloupový konstrukční systém [10]	24
Obrázek 3.3 - Sloupový konstrukční systém s obousměrnými rámy [10]	24
Obrázek 3.4 - Kombinovaný konstrukční systém [10]	25
Obrázek 3.5 - Kombinovaný konstrukční jádrový systém [10]	25
Obrázek 3.6 - Postup provádění zvedaných stropů [15]	26
Obrázek 3.7 - Schéma superkonstrukce [9]	26
Obrázek 4.1 - Schéma zatížení od spádu na střeše	30
Obrázek 4.2 - Poloha a hodnota zatížení sněhu na zemi [8]	36
Obrázek 4.3 - Schéma a rozměry střešní konstrukce [1]	36
Obrázek 4.4 – Schéma střešních odtokových žlabů	36
Obrázek 4.5 - Tvarové součinitele ve směru x typ (A) pro návěj u světlíku	37
Obrázek 4.6 - Tvarové součinitele ve směru x typ (A) pro návěj u atiky	38
Obrázek 4.7 - Tvarový součinitel ve směru y typ (A)	39
Obrázek 4.8 - Tvarové součinitele ve směru y typ (B)	39
Obrázek 4.9 - Tvarové součinitele ve směru y typ (C)	40
Obrázek 4.10 - Zatížení sněhem ve směru x	41
Obrázek 4.11 - Zatížení sněhem ve směru y	41
Obrázek 4.12 – Označení ploch u svislých stěn ve směru x a směru y	45
Obrázek 4.13 - Schéma nárysu s atikou	46
Obrázek 4.14 - Označení ploch pro plochou střechu ve směru x a y	47
Obrázek 4.15 – Označení ploch pro světlík (sedlovou střechu)	48
Obrázek 5.1 – 3D model ve Scia Engineer [1]	53
Obrázek 5.2 - Stálé zatížení v 1. NP	54
Obrázek 5.3 - Šachovnicově rozdělení užitečného plošného zatížení 1.-4. NP	55
Obrázek 5.4 – Sníh ve směru y typ B	55
Obrázek 5.5 – Vítr ve směru 270° (směr x) pro c_{pe} a c_{pi}	56
Obrázek 5.6 - Schéma účinného průřezu trámu	57
Obrázek 5.7 - Vnitřní ohybové momenty ve směru y	60
Obrázek 5.8 - Vnitřní ohybové momenty ve směru x	60
Obrázek 5.9 - Schéma desky D_1 v řezu	61
Obrázek 5.10 - Dimenzační moment na desce D_1 ve směru x nad podporou (horní povrch)	61
Obrázek 5.11 - Dimenzační moment na desce D_1 ve směru x v poli (dolní povrch)	62
Obrázek 5.12- Dimenzační moment na desce D_1 ve směru y nad podporou (horní povrch)	62
Obrázek 5.13- Dimenzační moment na desce D_1 ve směru y v poli (dolní povrch)	62
Obrázek 5.14 - Schéma desky D_2 v řezu	63
Obrázek 5.15 - Dimenzační moment na desce D_2 ve směru x nad podporou (horní povrch)	63
Obrázek 5.16 - Dimenzační moment na desce D_2 ve směru x v poli (dolní povrch)	64

Obrázek 5.17- Dimenzační moment na desce D_2 ve směru y nad podporou (horní povrch)	64
Obrázek 5.18- Dimenzační moment na desce D_2 ve směru y v poli (dolní povrch)	64
Obrázek 5.19 - Schéma desky D_3 v řezu	65
Obrázek 5.20 - Dimenzační moment na desce D_3 ve směru x nad podporou (horní povrch)	65
Obrázek 5.21 - Dimenzační moment na desce D_3 ve směru x v poli (dolní povrch)	66
Obrázek 5.23- Dimenzační moment na desce D_3 ve směru y v poli (dolní povrch)	66
Obrázek 5.22- Dimenzační moment na desce D_3 ve směru y nad podporou (horní povrch)	66
Obrázek 5.24 - Schéma desky D_4 v řezu	67
Obrázek 5.25 - Dimenzační moment na desce D_4 ve směru x nad podporou (horní povrch)	67
Obrázek 5.26 - Dimenzační moment na desce D_4 ve směru x v poli (dolní povrch)	68
Obrázek 5.27- Dimenzační moment na desce D_4 ve směru y nad podporou (horní povrch)	68
Obrázek 5.28- Dimenzační moment na desce D_4 ve směru y v poli (dolní povrch)	68
Obrázek 5.29 - Schéma průvlastku typu A	69
Obrázek 5.30 - Ohybové momenty na průvlastku typu A v 3. NP	70
Obrázek 5.31 – Posouvající síly na průvlastku typu A v 2. NP	70
Obrázek 5.32 - Ohybové momenty na průvlastku typu B v 1. NP	71
Obrázek 5.33 - Schéma průvlastku typu B	71
Obrázek 5.34 – Posouvající síly na průvlastku typu B v 3. NP	72
Obrázek 5.35- Schéma průvlastku typu C	72
Obrázek 5.36 - Ohybové momenty na průvlastku typu C ve 3. NP	73
Obrázek 5.37 – Posouvající síly na průvlastku typu C ve 3. NP	73
Obrázek 5.38- Schéma průvlastku typu D	74
Obrázek 5.39 - Ohybové momenty na průvlastku typu D ve 4. NP	74
Obrázek 5.40 – Posouvající síly na průvlastku typu D ve 4. NP	75
Obrázek 5.41- Schéma průvlastku typu E	75
Obrázek 5.42 - Ohybové momenty na průvlastku typu E ve 3. NP	76
Obrázek 5.43 – Posouvající síly na průvlastku typu E v 3. NP	76
Obrázek 5.44- Schéma průvlastku typu F	77
Obrázek 5.45 - Ohybové momenty na průvlastku typu F v 2. NP	77
Obrázek 5.46 – Posouvající síly na průvlastku typu F ve 2. NP	78
Obrázek 5.47- Schéma průvlastku typu G	78
Obrázek 5.48 - Ohybové momenty na průvlastku typu G v 3. NP	79
Obrázek 5.49 – Posouvající síly na průvlastku typu G v 3. NP	79
Obrázek 5.50 - Schéma umístění sloupů typu I	80
Obrázek 5.51 – Schéma umístění sloupů typu II	81
Obrázek 5.52 - Schéma umístění sloupů typu III	81
Obrázek 5.53 - Schéma umístění sloupů typu IV	82
Obrázek 5.54 - Schéma umístění sloupů typu V	83
Obrázek 5.55 - Schéma umístění sloupů typu VI	83
Obrázek 5.56 - Schéma umístění sloupů typu VII	84
Obrázek 5.57 - Schéma umístění sloupů typu VIII	85
Obrázek 5.58 - - Schéma umístění sloupů typu IX	85
Obrázek 5.59 -Schéma umístění schodiště	86
Obrázek 5.60 - Horní povrch m_{xD+} u schodiště	87
Obrázek 5.61 - Dolní povrch m_{xD-} u schodiště	87
Obrázek 5.62 - Horní povrch m_{yD+} u schodiště	87
Obrázek 5.63 - Dolní povrch m_{yD-} u schodiště	87

Obrázek 5.64 - Schéma rampy v půdoryse	88
Obrázek 5.65 - Dolní povrch m_{xD-} u rampy	89
Obrázek 5.66 - Horní povrch m_{xD+} u rampy	89
Obrázek 5.67 - Horní povrch m_{yD+} u rampy	89
Obrázek 5.68 - Dolní povrch m_{yD-} u rampy	90
Obrázek 5.69 - Ohybové momenty na vnitřním průvlaku na rampě	91
Obrázek 5.70 - Ohybové momenty na vnějším průvlaku na rampě	91
Obrázek 5.71 – Posouvající síly na vnitřním průvlaku na rampě	91
Obrázek 5.72 – Posouvající síly na vnějším průvlaku na rampě	92
Obrázek 6.1 - Řez trámu z konstrukce o rozměrech 500 x 500 mm.....	108
Obrázek 6.2 - Graf interakčního diagramu	130
Obrázek 6.3 - Graf interakčního diagramu	132
Obrázek 6.4 - Graf interakčního diagramu	133
Obrázek 6.5 - Graf interakčního diagramu	135
Obrázek 6.6 - Graf interakčního diagramu	137
Obrázek 6.7 - Graf interakčního diagramu	138
Obrázek 6.8 - Graf interakčního diagramu	140
Obrázek 6.9 - Graf interakčního diagramu	141
Obrázek 6.10 - Graf interakčního diagramu	143
1. Seznam tabulek	159

1. Seznam tabulek

Tabulka 4.1 - Skladba podlahy na stropní desce v komunikačním jádře	27
Tabulka 4.2 - Skladba podlahy na stropní desce a rampě v parkovací zóně	27
Tabulka 4.3 - Skladba podlahy na schodišťové podestě	28
Tabulka 4.4 - Výpočet hmotnosti schodišťového ramene	28
Tabulka 4.5 - Skladba sádkartonového podhledu	29
Tabulka 4.6 – Skladba zelené střechy	29
Tabulka 4.7 - Výpočet spádové vrstvy	30
Tabulka 4.8 - Skladba světlíku na střešní konstrukci	31
Tabulka 4.9 - Skladba obvodové stěny z YTONGU	31
Tabulka 4.10 - Skladba obvodové stěny ze skla	31
Tabulka 4.11 - Skladba vnitřní stěny a zábradlí z YTONGU	32
Tabulka 4.12 - Stálé zatížení od betonového svodidla	32
Tabulka 4.13 - Skladba betonové střešní atiky	33
Tabulka 4.14 - Užité zatížení pro schodiště	33
Tabulka 4.15 - Užité zatížení pro komunikační jádro	33
Tabulka 4.16 - Užité zatížení pro parkovací plochu	34
Tabulka 4.17 - Užité zatížení pro střešní konstrukci	34
Tabulka 4.18 – Hodnoty součinitelů pro výpočet zatížení sněhem	35
Tabulka 4.19 - Určení referenční výšky	42
Tabulka 4.20 - Rozměry stěn	44
Tabulka 4.21 - Šířky oblastí pro svislé stěny	45
Tabulka 4.22 - Šířky oblastí pro plochou střechu	46
Tabulka 4.23 - Rozměry střešního světlíku	47
Tabulka 4.24 - Šířky oblastí pro střešní světlík	48
Tabulka 4.25 - Tlak větru na stěnu 1 směru x pro $c_{pi} = +0,2$	49
Tabulka 4.26 Tlak větru na stěnu 2 směru y pro $c_{pi} = +0,2$	49
Tabulka 4.27 - Tlak větru na stěnu 1 směru x pro $c_{pi} = -0,3$	49
Tabulka 4.28 Tlak větru na stěnu 2 směru y pro $c_{pi} = -0,3$	50
Tabulka 4.29 - Tlak větru na plochou střechu pro $c_{pi} = +0,2$	50
Tabulka 4.30 - Tlak větru na plochou střechu pro $c_{pi} = -0,3$	50
Tabulka 4.31 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = +0,2$ pro směr větru $\theta = 0^\circ$	51
Tabulka 4.32 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = -0,3$ pro směr větru $\theta = 0^\circ$	51
Tabulka 4.33 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = +0,2$ pro směr větru $\theta = 90^\circ$	52
Tabulka 4.34 - Tlak větru na světlík pro $c_{pi} = -0,3$ pro směr větru $\theta = 90^\circ$	52
Tabulka 5.1 - Podepření desky pro vnitřní ztužující trámy	58
Tabulka 5.2 - Porovnání výsledků modelu s ručním výpočtem	60
Tabulka 5.3 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D_1	63
Tabulka 5.4 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D_2	65
Tabulka 5.5 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D_3	67
Tabulka 5.6 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na desce D_4	69
Tabulka 5.7 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu A	70
Tabulka 5.8 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu A	70
Tabulka 5.9 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu B	71
Tabulka 5.10 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu B	72
Tabulka 5.11 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu C	73
Tabulka 5.12 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu C	73
Tabulka 5.13 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu D	74
Tabulka 5.14 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu D	75
Tabulka 5.15 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu E	76

Tabulka 5.16 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu E	76
Tabulka 5.17 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu F	77
Tabulka 5.18 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu F	78
Tabulka 5.19 - Výsledky ohybových momentů na průvlaku typu G.....	79
Tabulka 5.20 - Výsledky posouvajících sil na průvlaku typu G.....	79
Tabulka 5.21 - Maximální výsledky na sloupech typu I.....	80
Tabulka 5.22 - Maximální výsledky na sloupech typu II	81
Tabulka 5.23 - Maximální výsledky na sloupech typu III.....	82
Tabulka 5.24 - Maximální výsledky na sloupech typu IV.....	82
Tabulka 5.25 - Maximální výsledky na sloupech typu V	83
Tabulka 5.26 - Maximální výsledky na sloupech typu VI.....	84
Tabulka 5.27 - Maximální výsledky na sloupech typu VII	84
Tabulka 5.28 - Maximální výsledky na sloupech typu VIII.....	85
Tabulka 5.29 - Maximální výsledky na sloupech typu IX.....	86
Tabulka 5.30 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na schodišťové konstrukci.....	88
Tabulka 5.31 - Výpis výsledků vnitřních sil a průhybu na rampové desce	90
Tabulka 5.32 - Výsledky ohybových momentů – vnitřní průvlaky na rampě	91
Tabulka 5.33 - Výsledky ohybových momentů – vnější průvlaky na rampě	91
Tabulka 5.34 - Výsledky posouvajících sil – vnitřní průvlaky na rampě.....	92
Tabulka 5.35 - Výsledky posouvajících sil – vnější průvlaky na rampě	92
Tabulka 6.1 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na stropní desce D ₄	107
Tabulka 6.2 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na stropní desce D ₄	107
Tabulka 6.3 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku B (horní povrch)	115
Tabulka 6.4 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku B (horní povrch)...	115
Tabulka 6.5 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku B (dolní povrch)	116
Tabulka 6.6 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku B (dolní povrch)...	116
Tabulka 6.7 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku B	116
Tabulka 6.8 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku B	116
Tabulka 6.9 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku B.....	117
Tabulka 6.10 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku C (horní povrch)	117
Tabulka 6.11 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	118
Tabulka 6.12 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku C (dolní povrch)	118
Tabulka 6.13 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku C (dolní povrch) .	118
Tabulka 6.14 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku C	118
Tabulka 6.15 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku C	119
Tabulka 6.16 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku C.....	119
Tabulka 6.17 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku D (horní povrch)	120
Tabulka 6.18 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	120
Tabulka 6.19 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku D (dolní povrch)	120
Tabulka 6.20 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku D (dolní povrch) .	120
Tabulka 6.21 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku D	121
Tabulka 6.22 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku D	121
Tabulka 6.23 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku D	121
Tabulka 6.24 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku E (horní povrch)	122
Tabulka 6.25 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	122
Tabulka 6.26 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku E (dolní povrch).....	122
Tabulka 6.27 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	123
Tabulka 6.28 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku E.....	123
Tabulka 6.29 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku E	123
Tabulka 6.30 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku E.....	123
Tabulka 6.31 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (horní povrch).....	124
Tabulka 6.32 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	124

Tabulka 6.33 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch).....	125
Tabulka 6.34 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	125
Tabulka 6.35 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku F.....	125
Tabulka 6.36 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku F.....	125
Tabulka 6.37 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku F.....	126
Tabulka 6.38 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku G (horní povrch).....	126
Tabulka 6.39 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	127
Tabulka 6.40 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku G (dolní povrch).....	127
Tabulka 6.41 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže.....	127
Tabulka 6.42 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku I.....	127
Tabulka 6.43 - Návrh a posudek smykové výztuže průvlaku F.....	128
Tabulka 6.44 - Konstrukční zásady smykové výztuže průvlaku F.....	128
Tabulka 6.45 - Navržené profily průvlaků.....	128
Tabulka 6.46 - Výpočet limitní štíhlosti.....	129
Tabulka 6.47 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	129
Tabulka 6.48 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	130
Tabulka 6.49 - Body interakčního diagramu.....	130
Tabulka 6.50 - Výpočet limitní štíhlosti.....	131
Tabulka 6.51 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	131
Tabulka 6.52 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	131
Tabulka 6.53 - Body interakčního diagramu.....	131
Tabulka 6.54 - Výpočet limitní štíhlosti.....	132
Tabulka 6.55 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	133
Tabulka 6.56 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	133
Tabulka 6.57 - Body interakčního diagramu.....	133
Tabulka 6.58 - Výpočet limitní štíhlosti.....	134
Tabulka 6.59 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	134
Tabulka 6.60 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	134
Tabulka 6.61 - Body interakčního diagramu.....	135
Tabulka 6.62 - Výpočet limitní štíhlosti.....	136
Tabulka 6.63 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	136
Tabulka 6.64 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	136
Tabulka 6.65 - Body interakčního diagramu.....	136
Tabulka 6.66 - Výpočet limitní štíhlosti.....	137
Tabulka 6.67 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	138
Tabulka 6.68 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	138
Tabulka 6.69 - Body interakčního diagramu.....	138
Tabulka 6.70 - Výpočet limitní štíhlosti sloupu.....	139
Tabulka 6.71 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	139
Tabulka 6.72 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	139
Tabulka 6.73 - Body interakčního diagramu.....	140
Tabulka 6.74 - Výpočet limitní štíhlosti.....	141
Tabulka 6.75 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	141
Tabulka 6.76 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	141
Tabulka 6.77 - Body interakčního diagramu.....	141
Tabulka 6.78 - Výpočet limitní štíhlosti.....	142
Tabulka 6.79 - Návrh nosné a třmínkové výztuže.....	142
Tabulka 6.80 - Konstrukční zásady nosné výztuže.....	142
Tabulka 6.81 - Body interakčního diagramu.....	143
Tabulka 6.82 - Navržené profily sloupů.....	143
Tabulka 6.82 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže schodiště (horní povrch).....	144
Tabulka 6.83 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže schodiště (horní povrch).....	144

Tabulka 6.84 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže schodiště (dolní povrch)	145
Tabulka 6.85 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže schodiště (dolní povrch).....	145
Tabulka 6.86 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže rampy (horní povrch).....	146
Tabulka 6.87 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže rampy (horní povrch)	146
Tabulka 6.88 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže rampy (dolní povrch).....	146
Tabulka 6.89 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže rampy (dolní povrch)	147
Tabulka 6.90 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch).....	148
Tabulka 6.91 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch)	148
Tabulka 6.92 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch).....	148
Tabulka 6.93 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (dolní povrch).....	148
Tabulka 6.94 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku	149
Tabulka 6.95 - Návrh a posudek smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě	149
Tabulka 6.96 - Konstrukční zásady smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě.....	149
Tabulka 6.97 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch).....	150
Tabulka 6.98 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (horní povrch)	150
Tabulka 6.99 - Návrh a posudek hlavní nosné výztuže na průvlaku F (dolní povrch).....	150
Tabulka 6.100 - Konstrukční zásady hlavní nosné výztuže na průvlaku (dolní povrch)...	151
Tabulka 6.101 - Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže na průvlaku	151
Tabulka 6.102 - Návrh a posudek smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě	151
Tabulka 6.103 - Konstrukční zásady smykové výztuže vnitřního průvlaku na rampě.....	151
Tabulka 7.1 - Výpočet omezení napětí pro stropní desku	154
Tabulka 7.2 - Omezení průhybu u stropní desky	154
Tabulka 7.3 - Výpočet omezení napětí pro průvlaky.....	154
Tabulka 7.4 - Výpočet průhybu u stropní desky.....	154

10. Odkazy (citace):

Programy

- [1] *SCIA Engineer* [Komerční software]. Ver. 19. 1. Nemetschek group, Mnichov, Německo, 2018 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z:
<https://www.scia.net/cs/support/downloads/scia-engineer-19>

- [2] *AutoCAD* [Komerční software]. Ver. 2019. Autodesk Inc., San Rafael, Kalifornie, USA, 2019 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z:
<https://www.autodesk.cz/products/autocad/free-trial>

- [3] *ArchiCAD* [Komerční software]. Ver. 19. Nemetschek group, Mnichov, Německo, 2018 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z:
<https://www.graphisoft.com/downloads/archicad/>

Normy

- [4] ČSN EN 1991-1-1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004.

- [5] ČSN EN 1991-1-3: *Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1-3: Zatížení sněhem*. 2rd ed. Praha: Český normalizační institut, červen 2013.

- [6] ČSN EN 1991-1-4: *Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Část 1-4: Zatížení větrem*. 2rd ed. Praha: Český normalizační institut, duben 2013.

- [7] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, červenec 2011.

- [8] Mapa zatížení sněhem na zemi. *Sněhová mapa* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2019 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: <https://clima-maps.info/snehovamapa/>

Literatura

- [9] HÁJEK, Petr. *Konstrukce pozemních staveb 10: nosné konstrukce 1*. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2243-9.
- [10] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství pro 1. ročník SPŠ stavebních*. Vyd. 6., přeprac. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-868-1712-1.
- [11] BILL, Zdeněk. *Konstrukce pozemních staveb 50: konstrukčně statická analýza vícepodlažních a halových objektů*. Vyd. 2. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-010-1754-0.
- [12] BAŽANT, Zdeněk. *Betonové konstrukce I Modul CS 3: Betonové konstrukce plošné - část 1* [online]. Brno, 2005 [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <http://www.unium.cz/materialy/vut/fast/cs3-betonove-konstrukce-plosne-i-m14890-p1.html>. Skripta. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební.

Internetové stránky

- [13] GATTERMAYEROVÁ, Hana. *Konstrukční systémy vícepodlažních budov. ASB architektura stavebnictví byznis* [online]. Bratislava: Jagamedia, 2011 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hrubavstavba/obvodove-konstrukce/konstrukcni-systemy-vicepodlaznich-budov-1>
- [14] *Pozemní stavitelství I: Konstrukční systémy. VŠB-TU Ostrava: Fakulta stavební* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008 [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/xpodklad/01_kcni_systemy.pdf
- [15] Zdroj obrázku. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2410055/8/images/10/Zdvihan%C3%A9+stropy.jpg>

Přílohy:

Výkresy (formát A2):

Č. výkresu	Název	Měřítko
01	Půdorys 1. NP	M 1:200
02	Půdorys 2. – 3. NP	M 1:200
03	Řez A–A'	M 1:200
04	Výkres výztuže desky nad 1. – 3. NP (horní)	M 1:200
05	Výkres výztuže desky nad 1. – 3. NP (dolní)	M 1:200
06	Výkres výztuže desky nad 4.NP (horní povrch)	M 1:200
07	Výkres výztuže desky nad 4.NP (dolní povrch)	M 1:200
08	Výkres výztuže průvlaků	M 1:50
09	Výkresy výztuže sloupů	M 1:50
10	Výkres výztuže schodiště	M 1:50
11	Výkres výztuže rampy	M 1:50