



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

MUZEUM VOJENSKÉ TECHNIKY
MUSEUM OF WARFARE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN DVOULETÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Martin Dvouletý

Název Muzeum vojenské techniky

Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....
prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1990- Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991- Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993- Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] ČSN EN 1995- Navrhování dřevěných konstrukcí
- [5] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce- Konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985
- [6] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998

Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh nosné konstrukce objektu muzea pro vojenskou techniku, který bude umístěn v katastru obce Zlína. Minimální zastavěná půdorysná plocha je 600 m². Minimální rozpon zastřešení 9 m. Minimální světlá výška je stanovena na 5 m v nejnižším bodě. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s architektonickými požadavky souvisejícími s účelem stavby. Pro nosnou konstrukci užíjte ocel běžných pevností. Vypracujte statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně řešení směrných detailů. Vypracujte technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v rozsahu specifikovaném vedoucím práce. Z výkresové dokumentace se předpokládá: dispoziční výkresy, plán kotvení, výkresy směrných detailů a konstrukční výkres vybraných nosných prvků.
Popisná data (vkládá student před odevzdáním práce)

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

Ing. Jan Barnat, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Autor práce Martin Dvouletý

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Muzeum vojenské techniky

Název práce v anglickém jazyce Museum of warfare

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze

Anotace práce Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové nosné konstrukce budoucího muzea vojenské techniky. Konstrukce je určena pro muzejní výstavu středně těžké a těžké techniky s průchozím prostorem pro návštěvníky muzea. Jedná se o rámovou konstrukci tvořenou podpůrnými sloupy ve vzdálenosti 10 m a vazníkem s náběhy připojeným k těmto sloupům. Konstrukce je koncipována tak, aby vznikla pultová střecha spojením sloupu vysokého 5,36 m a sloupu vysokého 6,4 m vazníkem. V podélném směru jsou od sebe rámy vzdáleny po 6 m. Konstrukce je specifická svým půdorysným schématem, díky zalomení na konci první lodě haly pod 45° vzniká kratší meziprostor, na jehož konci je další zalomení konstrukce, taktéž pod úhlem 45° a napojení na druhou loď. Jedna z lodí probíhá podélně a druhá příčně, díky zalomení mezi těmito loděmi. Dalším specifikem jsou vratové konstrukce umístěné na straně vyšších sloupů, určené pro vjezd a výjezd vojenské techniky na svá místa v expozičním plánu muzea. Konstrukce je navržena dle normativních požadavků ČSN EN na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Jako hlavní materiál nosných prvků konstrukce byla použita ocel S355.

**Anotace práce
v anglickém
jazyce**

The subject of the Bachelor thesis is the design and assessment of the steel (load bearing) structure of the future museum of military equipment. The building, with passageway for the visitors, is going to serve museum for garaging medium and heavy equipment. The framework is constructed by connection of abutment pillars placed in the distance of 10 m and roof girders with haunches. Construction is designed to have mono-pitched roof created by 5,36 m long pillar and 6,4 m long pillar connected with girder. In the endwise direction the frames are in the distance of 6 m. The construction is specific by its plan. By its cranking at the end of the first wing under 45° angle there is created smaller interstice. At the end of the interstice is another 45° angle cranking connected to the second wing. Thanks to the cranking between the wings the first wing extends endwise and the second extends crosswise. Another specifics are gate constructions placed on the side of the higher pillars. The gate is intended for entrance and exit of the military equipment to be placed for an exposition in the museum. The framework is designed by norms ČSN EN for the ultimate and serviceability limit state. As the main material used for load-bearing elements was steel S355.

Klíčová slova

ocelová nosná konstrukce, sloup, vazník, rám, loď, ocel, muzeum, vojenská technika, náběh, pultová střecha

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce**

steel (load bearing) structure, column, girder, frame, wing, steel, museum, military equipment, haunched beam, mono-pitched roof

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové nosné konstrukce budoucího muzea vojenské techniky. Konstrukce je určena pro muzejní výstavu středně těžké a těžké techniky s průchozím prostorem pro návštěvníky muzea. Jedná se o rámovou konstrukci tvořenou podpůrnými sloupy ve vzdálenosti 10 m a vazníkem s náběhy připojeným k těmto sloupům. Konstrukce je koncipována tak, aby vznikla pultová střecha spojením sloupu vysokého 5,36 m a sloupu vysokého 6,4 m vazníkem. V podélném směru jsou od sebe rámy vzdáleny po 6 m. Konstrukce je specifická svým půdorysným schématem, díky zalomení na konci první lodě haly pod 45° vzniká kratší meziprostor, na jehož konci je další zalomení konstrukce, taktéž pod úhlem 45° a napojení na druhou loď. Jedna z lodí probíhá podélně a druhá příčně, díky zalomení mezi těmito loděmi. Dalším specifikem jsou vratové konstrukce umístěné na straně vyšších sloupů, určené pro vjezd a výjezd vojenské techniky na svá místa v expozičním plánu muzea. Konstrukce je navržena dle normativních požadavků ČSN EN na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Jako hlavní materiál nosných prvků konstrukce byla použita ocel S355.

Klíčová slova

ocelová nosná konstrukce, sloup, vazník, rám, loď, ocel, muzeum, vojenská technika, náběh, pultová střecha

Abstract

The subject of the Bachelor thesis is the design and assessment of the steel (load bearing) structure of the future museum of military equipment. The building, with passageway for the visitors, is going to serve museum for garaging medium and heavy equipment. The framework is constructed by connection of abutment pillars placed in the distance of 10 m and roof girders with haunches. Construction is designed to have mono-pitched roof created by 5,36 m long pillar and 6,4 m long pillar connected with girder. In the endwise direction the frames are in the distance of 6 m. The construction is specific by its plan. By its cranking at the end of the first wing under 45° angle there is created smaller interstice. At the end of the interstice is another 45° angle cranking connected to the second wing. Thanks to the cranking between the wings the first wing extends endwise and the second extends crosswise. Another specifics are gate constructions placed on the side of the higher pillars. The gate is intended for entrance and exit of the military equipment to be placed for an exposition in the museum. The framework is designed by norms ČSN EN for the ultimate and serviceability limit state. As the main material used for load-bearing elements was steel S355.

Keywords

steel (load bearing) structure, column, girder, frame, wing, steel, museum, military equipment, haunched beam, mono-pitched roof

...

Bibliografická citace VŠKP

Martin Dvouletý *Muzeum vojenské techniky*. Brno, 2016. 29 s., 98 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.5.2016

.....
podpis autora
Martin Dvouletý

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12.5.2016

.....
podpis autora
Martin Dvouletý

Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Janu Barnatovi Ph.D., za všechny odborné rady a vedení v mé práci. Stejně tak děkuji za čas, který si pro mě vymezoval vždy, když jsem potřeboval odbornou radu s bakalářskou prací.

Taktéž bych rád poděkoval panu Ing. Ivanovi Balázsovi, za občasnou výpomoc týkající se konkrétních odborných dotazů ohledně mé práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu po dobu celého mého studia na vysoké škole.

Martin Dvouletý



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

MUZEUM VOJENSKÉ TECHNIKY
MUSEUM OF WARFARE

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN DVOULETÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2016

Obsah

1. ÚDAJE O STAVBĚ	2
1.1. Účel stavby.....	2
1.2. Geometrie stavby.....	2
2. POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE.....	4
2.1. Materiál	4
2.2. Střešní plášť.....	4
2.3. Stěnové opláštění	6
2.4. Popis konstrukčních prvků	8
2.4.1. Vazník	8
2.4.2. Podélná výztuha.....	10
2.4.3. Sloup IPE 450	11
2.4.4. Sloup CSH 273,0/16,0.....	11
2.4.5. Sloupek ve štítové stěně	12
2.4.6. Stěnové ztužidlo	13
2.4.7. Střešní ztužidlo	14
2.4.8. Paždík	14
3. Výpočtový model.....	15
4. Zatížení	15
4.1. Zatěžovací stavy	16
5. Výroba konstrukce	17
6. Montáž	17
7. Povrchové úpravy	18
8. Seznam použité literatury.....	18
9. Seznam příloh	18

1. ÚDAJE O STAVBĚ

1.1. Účel stavby

Navržená ocelová hala je určena pro muzejní výstavu středně těžké a těžké techniky s průchozím prostorem pro návštěvníky muzea. Vzhledem k velikosti vojenské techniky, která bude v muzeu vystavována, musí být konstrukce dostatečně dlouhá, aby bylo možno vystavit co možná nejvíce vojenské techniky a návštěvníci si tak mohli projít co nejvíce možných exemplářů, které jim toto budoucí muzeum poskytne.

Stavba se bude nacházet v okrajové části města Zlína.

1.2. Geometrie stavby

Aby konstrukce nebyla klasického obdélníkového průřezu a nezabírala zbytečně mnoho prostoru v podélném směru, tak je zvolena situace, kdy se navržená konstrukce skládá ze dvou lodí, kdy ve střední části dochází k zakřivení konstrukce pod 45° , čímž vznikne poměrně specifický půdorysný tvar konstrukce a zároveň se tímto způsobem vytvoří dvůr muzea, ve kterém mohou být exempláře jak vystavovány, tak případně vizuálně spravovány za účelem výstavy. Jedná se o rámovou konstrukci tvořenou podpůrnými sloupy ve vzdálenosti 10 m a vazníkem s náběhy připojený k těmto sloupům.

Konstrukce je koncipována tak, aby vznikla pultová střecha spojením sloupu vysokého 6,4 m a sloupu vysokého 5,36 m vazníkem. Střecha je ve sklonu 6° , se spádem směrem od dvora, který konstrukce vytvoří. V podélném směru jsou rámy vzdáleny po 6 m.

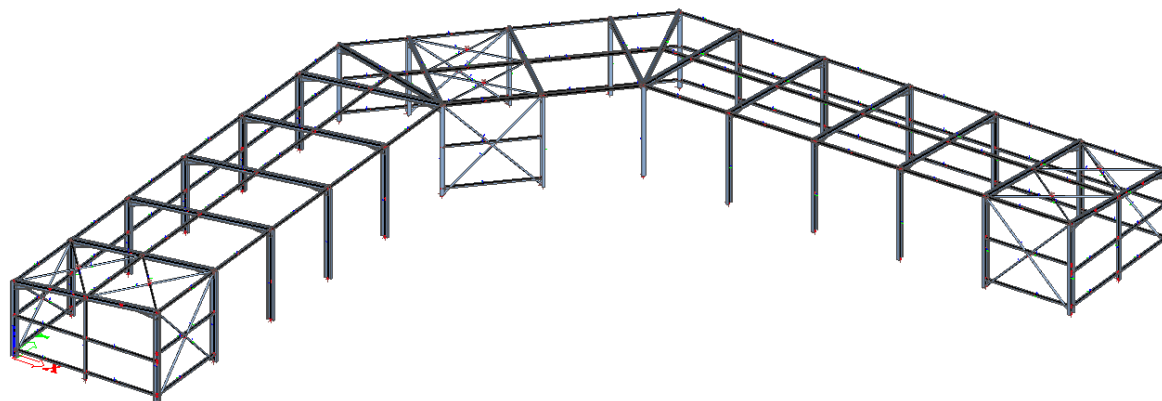
Konstrukce je specifická svým půdorysným schématem, díky zalomení na konci první lodě haly pod 45° vzniká kratší meziprostor, na jehož konci je další zalomení konstrukce, taktéž pod úhlem 45° a napojení na druhou loď. Jedna z lodí probíhá podélně a druhá loď příčně, díky zalomení mezi těmito loděmi. Díky tomuto zalomení vznikne tedy takzvaný dvůr, který bude pro budoucí muzeum velmi prospěšný.

Dalším specifikem jsou vratové konstrukce umístěné na straně vyšších sloupů, určené pro vjezd a výjezd vojenské techniky na svá místa v expozičním plánu muzea. Vratové konstrukce jsou instalovány všude, vyjma míst kde musí dojít ke stěnovému a střešnímu ztužení konstrukce. Tato ztužidla se nacházejí ve třech polích konstrukce. První provedení střešního ztužení je provedeno v ose A;B-1;2 a B;C-1;2 další ztužení v ose D;E-8;9 a E;F-8;9 a poslední ztužení v G;H-16;17 a H;I-16;17.

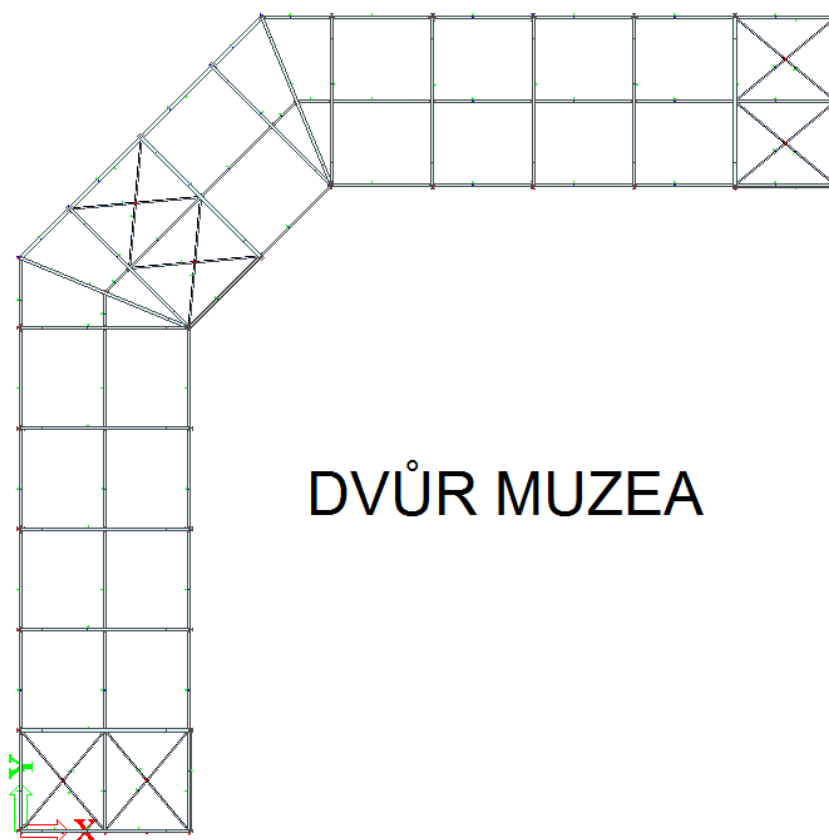
Pro představu budoucí konstrukce slouží následující axonometrický pohled a půdorys.

Zastavěná plocha:	802,8 m ²	(bez dvora muzea)
Zastavěná plocha:	1450,0 m ²	(včetně dvora muzea)
Obestavěný prostor:	4446,0 m ³	

AXONOMETRIE:



PŮDORYS:



DVŮR MUZEA

2. POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE

2.1. Materiál

Veškeré nosné i nenosné části navrhované konstrukce jsou navrženy z oceli S355J0, dle ČSN EN 1090-2.

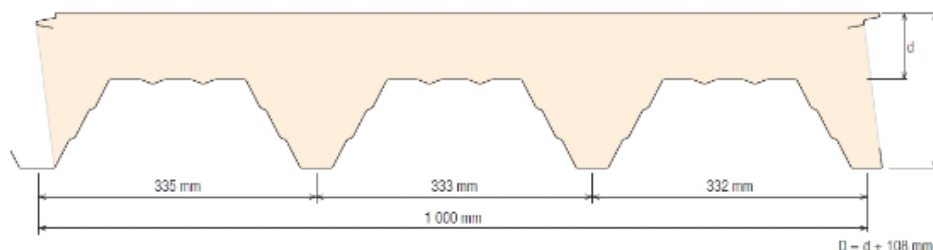
2.2. Střešní plášť

Střešní opláštění je navrženo ze střešních panelů od firmy KINGSPAN a to konkrétně KS1000 X-DEK (XM).

Tyto panely taktéž splňují požadavky na namáhání větrem a sněhem, které garantuje výrobce tabulkovými hodnotami, které jsou níže uvedeny.

Střešní panely jsou kladeny rovnoběžně s konstrukcí a mají délku 12 m, čímž vzniká spojitý nosník o dvou polích, který má lepší únosnost v tlaku a sání dle přiložené tabulky. Takto kladené vazníky by měli mít podle výrobce dostatečnou únosnost na tlak i sání. Ve zlomu jsou tyto panely seřezány pod požadovaným úhlem, tedy 45°. Taktéž je nutno přihlídnout na orientaci panelu, kterou firma nabízí, tato orientace je stanovena na orientaci levou, tudíž bude střešní plášť konstruován z levé strany na pravou.

Řez panelem



Hmotnost panelu

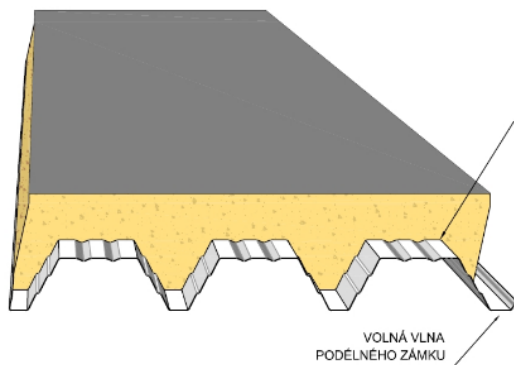
Tloušťka jádra d [mm]	Tloušťka spodního plechu [mm]	Celková tloušťka D [mm]	Hmotnost panelu [kg/m ²]			
			XD	XM	XB	XG
80	0,9	188	21,4	17,7	15,9	15,8
	1,1	208	23,7	20,0	18,2	18,1
100	0,9	188	22,2	18,6	16,8	16,7
	1,1	208	24,6	20,9	19,1	19,0

Muzeum vojenské techniky

Technická zpráva

LEVÝ PANEL

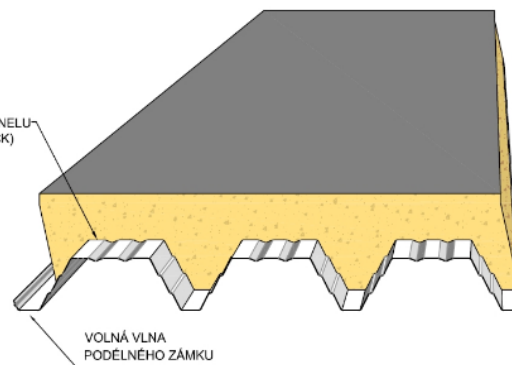
Při pohledu na panel je podřez natočený směrem k vám a volná vlna je na pravé straně.



Montáž z LEVÉ strany DOPRAVA
(platí při natočení podřezu směrem k vám)

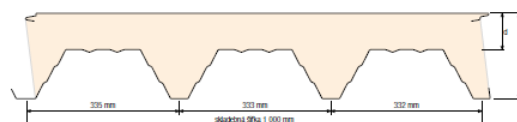
PRAVÝ PANEL

Při pohledu na panel je podřez natočený směrem k vám a volná vlna je na levé straně.



Montáž z PRAVÉ strany DOLÉVA
(platí při natočení podřezu směrem k vám)

Střešní panel KS1000 XM, XB, XG



Tloušťka spodního plechu [mm]	Systém	Tloušťka jádra [mm]	Případ zatížení	Typ zatížení	Všechna zatížení v kN/m² pro dané rozpory v metrech											
					2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	rozpon	
1,1	Prostý nosník	80	MSU	Tlak	15,60	12,44	9,92	7,22	5,57	4,37	3,48	2,84	2,34	1,97		
				Sání	21,06	13,55	9,45	6,99	4,83	3,85	3,15	2,57	2,23	1,92		
		100	MSP	Tlak	10,40	8,29	6,61	4,81	2,89	1,99	1,39	1,02	0,73	0,54		
				Sání	14,04	9,03	6,30	4,55	3,10	2,20	1,67	1,30	1,04	0,86		
		100	MSU	Tlak	15,60	12,44	9,92	7,22	5,67	4,45	3,54	2,90	2,38	2,01		
				Sání	21,06	13,55	9,45	6,99	4,83	3,85	3,15	2,57	2,23	1,92		
	Spojitý nosník o 2 polích	80	MSP	Tlak	10,40	8,29	6,61	4,81	2,94	2,03	1,42	1,04	0,74	0,55		
				Sání	14,04	9,03	6,30	4,55	3,10	2,20	1,67	1,30	1,04	0,86		
		100	MSU	Tlak	14,09	9,86	7,25	5,52	4,32	3,45	2,81	2,31	1,92	1,62		
				Sání	21,80	14,76	10,32	7,62	5,29	4,19	3,42	2,86	2,42	2,09		
		100	MSP	Tlak	9,39	6,57	4,83	3,68	5,47	4,11	3,19	2,51	2,02	1,19		
				Sání	14,53	9,85	6,88	5,08	4,98	3,82	3,01	2,35	1,88	1,71		

tabulka revize 04/2012

— maximální zatížení pro MSU porovnávat s návrhovými hodnotami
— maximální zatížení pro MSP porovnávat s charakteristickými hodnotami

2.3. Stěnové opláštění

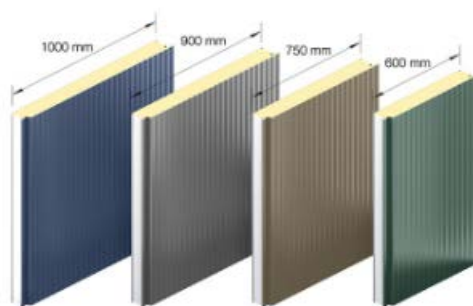
Stěnové opláštění je navrženo od stejné firmy jako opláštění střešní a to od firmy KINGSPAN.

Konkrétní navržené stěnové panely jsou KS 1000 AWP Flex. Výhodou těchto panelů je variabilní modulová šířka a kotvení ve skrytém spoji.

Tyto panely se dodávají v modulových šířkách 600, 750, 900 a 1000 mm. Vzhledem k netypickému tvaru konstrukce bude návrh stěnového opláštění předmětem jednání s firmou KINGSPAN, s žádostí o výrobu dvou atypických kusů, zejména pro opláštění zalomených rohů konstrukce. Tento návrh bude vyřešen před samotným počátkem stavby, aby nedošlo ke zbytečným prodlevám ve fázi výstavby.

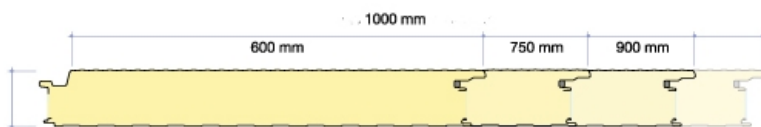
Panely budou kladeny vertikálně a jejich výška bude 5,36 m na nižší části konstrukce a 6,4 m na vyšší části konstrukce. Uchycení panelů bude realizováno na paždicích UPE 220, kterou jsou součástí navržené konstrukce.

Z hlediska únosnosti je přiložena tabulka, která jasně ukazuje, že únosnost panelu na tlak od větru je více než dostačující. Barevná variace bude řešena s investorem.



Řez panelem

Modulová šířka 600mm / 750mm / 900mm / 1000mm



Rozměry a hmotnost

d – tloušťka izolačního jádra [mm]	50	60	80	100	120	150
Hmotnost [kg/m ²]	10,77	11,17	11,97	12,77	13,57	14,77

Muzeum vojenské techniky

Technická zpráva

Stěnový panel KS1000 AWP 80

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace E/I, S280GD podle ČSN EN 14509



Systém	Skupina barev	charakteristické proměnné zatížení, tlak větru [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Prostý nosník	I, II, III (f)	8,39	6,86	6,01	5,46	5,00	4,61	4,27	3,99	3,76	3,57	3,40	3,26	3,05	2,84	2,64	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98
Spojitý nosník o 2 polích	I (f)	40	40	40	40	40	43	47	51	55	59	62	66	69	73	76	78	78	78	78	78
		7,27	5,46	4,66	4,19	3,87	3,63	3,42	3,25	3,10	2,98	2,88	2,79	2,71	2,64	2,58	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98
	II (f)	40	40	40	40	40	43	47	51	55	59	62	66	69	73	76	78	78	78	78	78
		7,27	5,46	4,66	4,19	3,87	3,63	3,42	3,25	3,10	2,98	2,88	2,79	2,71	2,64	2,58	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98
	III (f)	40	40	40	40	40	43	47	51	55	59	62	66	69	73	76	78	78	78	78	78
		7,27	5,46	4,66	4,19	3,87	3,63	3,42	3,25	3,10	2,98	2,88	2,79	2,71	2,64	2,58	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98
Spojitý nosník o 3 a více polích	I (f)	40	40	40	40	42	47	51	55	58	62	65	69	72	75	78	78	78	78	78	78
		9,29	6,63	5,46	4,77	4,30	3,95	3,68	3,47	3,29	3,14	3,01	2,90	2,80	2,72	2,64	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98
	II (f)	40	40	40	40	42	47	51	55	58	62	65	69	72	75	78	78	78	78	78	78
		9,29	6,63	5,46	4,77	4,30	3,95	3,68	3,47	3,29	3,14	3,01	2,90	2,80	2,72	2,64	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98
	III (f)	40	40	40	40	42	47	51	55	58	62	65	69	72	75	78	78	78	78	78	78
		9,29	6,63	5,46	4,77	4,30	3,95	3,68	3,47	3,29	3,14	3,01	2,90	2,80	2,72	2,64	2,48	2,33	2,20	2,09	1,98

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplyvá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

barevná skupina (zatížení dle odstínu v PAL)
(f) – přípustná deformace L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

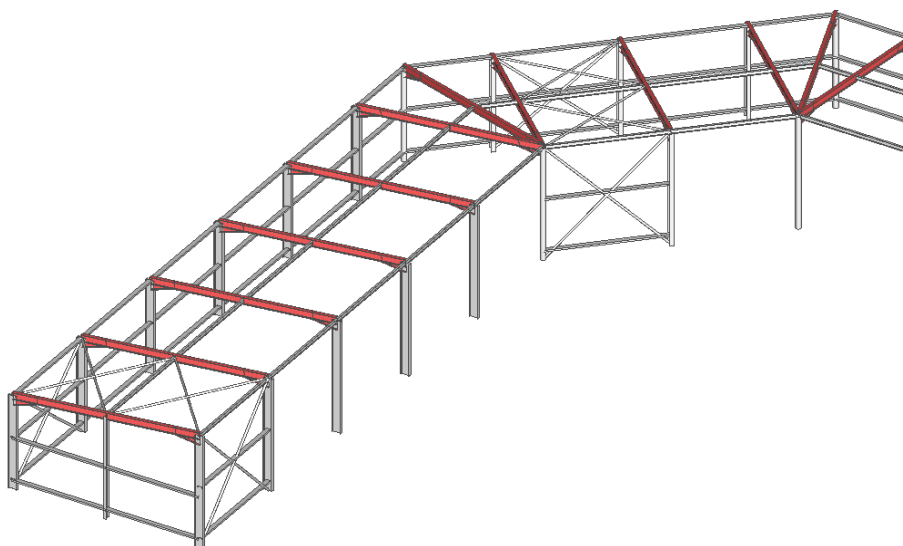
AA – min. šířka krajní podpory
X,XX – max. rozpon
BB – min. šířka střední podpory

V místech kde se nenacházejí paždíky UPE 220 pro upevnění stěnového pláště, budou vyhotoveny výsuvné vratové systémy. Tyto budou zadány firmě, která si rozvrhne veškeré otvory pro vratové systémy a možnosti upevnění těchto systémů do nosné konstrukce. Vzhledem k nízkému zatížení těchto vrat, nebyly počítány do statického modelu.

2.4. Popis konstrukčních prvků

Pro názornost je u některých popisovaných prvků přiložen vizuální obrázek, pro představu, o který prvky se konkrétně jedná, aby tak nedošlo k případným neshodám, nebo nepochopení popisovaného prvku.

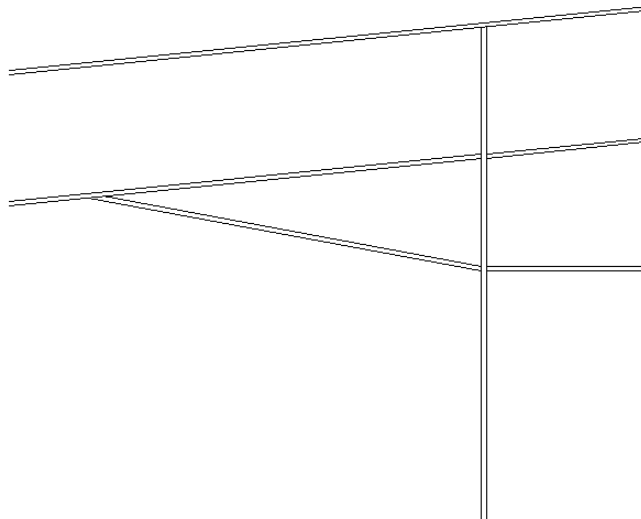
2.4.1. Vazník



Vazník přebírá veškerá zatížení, vyvozená zatíženími na střešní konstrukci. Navržené vazníky jsou z profilů IPE 360 s náběhy, tyto náběhy jsou vytvořeny svařením plechů tloušťky 12 mm. Tyto náběhy mají výšku 300 mm a jsou dlouhé 1,05 m a to směrem od vnitřního okraje sloupu. Náběhy vytvářejí větší statickou tuhost konstrukce a jsou pro samotnou konstrukci velmi důležité. Vazník s náběhy je připojen ke sloupu IPE 460 a to pomocí svarů a ztužujících plechů. Tímto se vytváří tedy rámový roh.

Horní pásnice vazníku je průběžná vždy ke konci sloupu a dolní pásnice je ukončena na sloupu a k tomuto sloupu přivařena. Ve směru a sklonu dolní pásnice je ve sloupu přivařen ztužující plech, který supluje dolní pásnici vazníku. Posledním ztužením na sloupu je ztužení náběhu a je vytvořeno v rovině ukončení náběhu, ve vodorovném směru taktéž ztužujícím plechem P12. Všechny ztužující plechy se nacházejí na obou stranách sloupu. Veškeré části rámového rohu jsou přivařeny svařky o účinné výšce $a=4$ mm. Jelikož je celý rámový roh i jeho ztužující části ovařeny, vzniká tuhý přípoj vazníku na sloup. Použité plechy na ztužení rámového rohu jsou tedy tloušťky 12 mm.

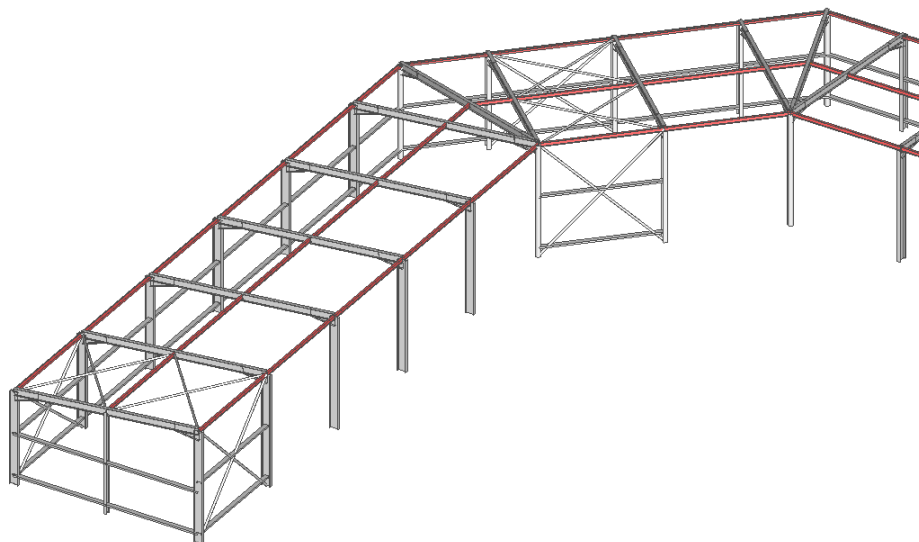
Pro názornost je připojen náčrt ztužení zmiňovaného rámového rohu.



Vazník je také rozdělen konstrukčním spojem, který bude umožňovat snadnější montáž na stavbě. Konstrukční spoj se nachází 2,0 m od osy sloupu pod sklonem 6° , což je sklon budoucí střešní konstrukce. Vodorovně je konstrukční spoj vzdálen od sloupu 1,75 m. Tímto konstrukčním spojem vzniknou 3 části budoucí rámové konstrukce. Tyto části jsou: sloup vysoký 5,36 m s rámovým rohem a částí vazníku, sloup 6,4 m vysoký také s rámovým rohem a částí vazníku a v neposlední řadě třetí část kterou tvoří samotný vazník což je průřez IPE 360 bez náběhů délky 6,05 m.

Tento konstrukční spoj je vyhotoven pomocí čelních desek na vazníku. Tyto čelní desky mají tloušťku 30 mm, aby bylo zamezeno páčení a jsou přivařeny k vazníku svarem o účinné výšce $a=5$ mm. Rozměry těchto čelních desek jsou P30-170x360 mm. Spojení vazníků je realizováno pomocí šroubů 10xM16 5.6. Tyto šrouby jsou od sebe vzdáleny vertikálně po 65 mm od okraje plechu a 60 mm mezi samotnými šrouby. Horizontálně jsou šrouby umístěny 40 mm od okraje plechu a rozteče mezi sebou jsou stanoveny na 90 mm. V konstrukčním spoji jsou tedy vytvořeny vertikálně 2 řady šroubů, z nichž každá řada čítá šroubů 5.

2.4.2. Podélná výztuha



Tento prvek je navržen z průřezu IPE 200 a nachází se jak na krajích, tak uprostřed rámové konstrukce v podélném směru, čímž nám tuto rámovou konstrukci v podélném směru vyztužuje a taktéž zkracuje vzpěrné délky.

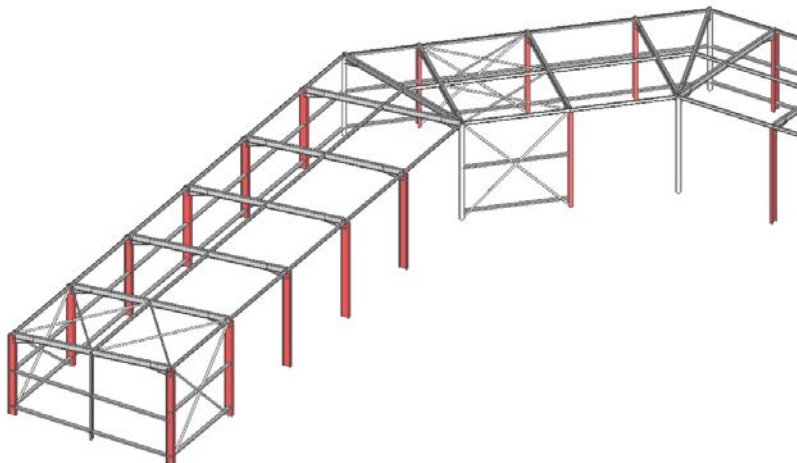
Střední i krajní podélné výztuhy jsou připojeny k vazníku a toto připojení je uvažováno jako kloubové.

Samotné připojení je realizováno pomocí čelní desky přivařené na podélnou výztuhu a opatřené dvěma šrouby 2xM16 5.6, které umožňují uchycení těchto podélných ztužidel pomocí čelních desek skrz vazník. Čelní deska je tedy přivařena na podélnou výztuhu svarem o účinné výšce $a=4$ mm.

Čelní deska výztuhy je z P12-120x80 a vzdálenost šroubů od okraje ve vertikálním směru je 40 mm a v horizontálním směru je vzdálenost těchto šroubů 60 mm a jejich vzdálenost od okraje činní 30 mm.

Krajní výztuhy jsou realizovány stejným přípojem jako podélná výztuha střední, s tím rozdílem, že není provrtána šrouby stojina vazníku, ale stojina sloupu ke kterému je daná podélná výztuha připojena.

2.4.3. Sloup IPE 450



Jedná se o prvek navržen z IPE 450. K těmto sloupům jsou připojeny vazníky s náběhy pomocí již zmiňovaného rámového rohu.

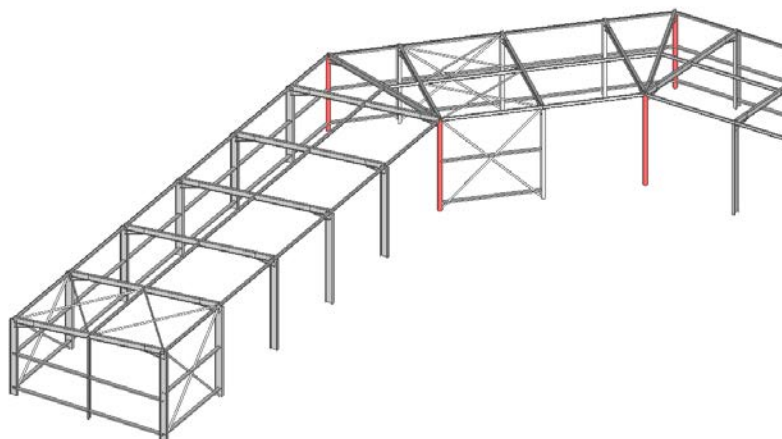
Kotvení těchto sloupů je uvažováno ze statického hlediska jako kloubové a jsou tedy navrženy patní plechy P12-250x500 a tyto plechy jsou připojeny ke sloupu svařem účinné tloušťky $a=4$ mm. Celkový počet těchto sloupů čítá 26 kusů. Z čehož 11 kusů je o výšce 6,4 m a zbylých 15 kusů má výšku 5,36 m.

Vzhledem ke smykovým silám, které jsou na tyto sloupy značné, jsou taktéž navrženy dvě smykové zářezky RD30 výšky 100 mm, které jsou situovány v horizontálním směru do středu patního plechu a ve směru vertikálním vždy 125 mm od okraje patní desky. Tyto zářezky jsou taktéž přivařeny pomocí půl-V svaru.

Dále je sloup dosti tažený, a proto jsou navrženy dvě chemické kotvy HILTI HAS-E M27x240/60 s kotevní chemikálií HIT-RE 500.

Na samotnou stavbu je sloup dodán s úhelníky pro přípoj pažníků (viz kapitola 2.4.8) a taktéž jsou již vybaveny rámovým rohem, který je taktéž popsán a to v kapitole 2.4.1.

2.4.4. Sloup CSH 273,0/16,0

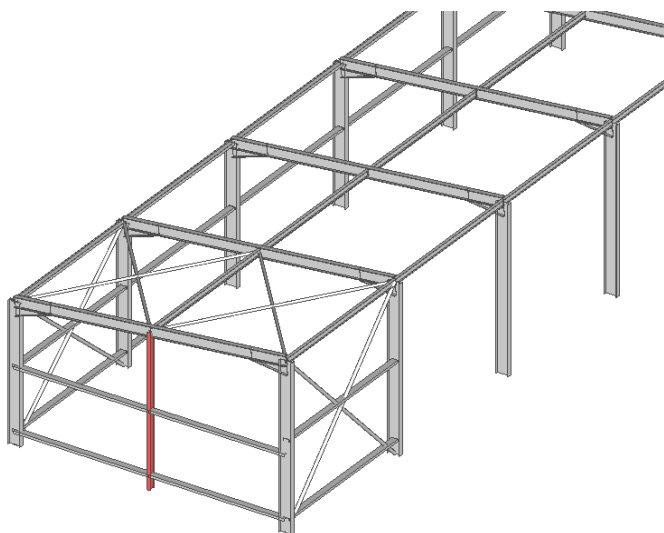


Sloupy navrženy z průřezů CSH 273,0/16,0 jsou kruhového průřezu a na konstrukci se nacházejí čtyři. Z čehož dva kusy jsou výšky 6,40 m a další dva kusy výšky 5,36 m.

Sloupy jsou také dimenzovány ze statického hlediska jako kloubově uloženy a jsou dimenzovány na tlak i tah. Sloupy jsou tedy přivařeny k patnímu plechu P12-340x340 půl-V svařem. Tyto patní plechy jsou bez smykových zářezek, ale opět jsou opatřeny chemickými kotvami. Přičemž v každém kotvení se nachází 4 kusy HILTI HAS-E M24x210/54, s chemikálií HIT-RE 500 a tyto šrouby jsou umístěny v rozích patního plechu a to tak, že každý je vzdálen 120 mm od okraje betonové patky jak ve vertikálním tak i horizontálním směru.

Sloupy výšky 6,40 m, které se nacházejí na budoucí stěně, která bude tvořena vratovými systémy, tedy na vyznačeném obrázku blíže k nám, budou opatřeny svařenci, které budou umožňovat spojení tří vazníků do každého jednoho sloupu. Tyto svařence jsou blíže geometricky specifikovány v přiložené výkresové dokumentaci. Zjednodušeně tyto svařence slouží k připojení všech tří vazníků jdoucích do vyššího sloupu a jsou již přivařeny z výroby na sloupech.

2.4.5. Sloupek ve štítové stěně



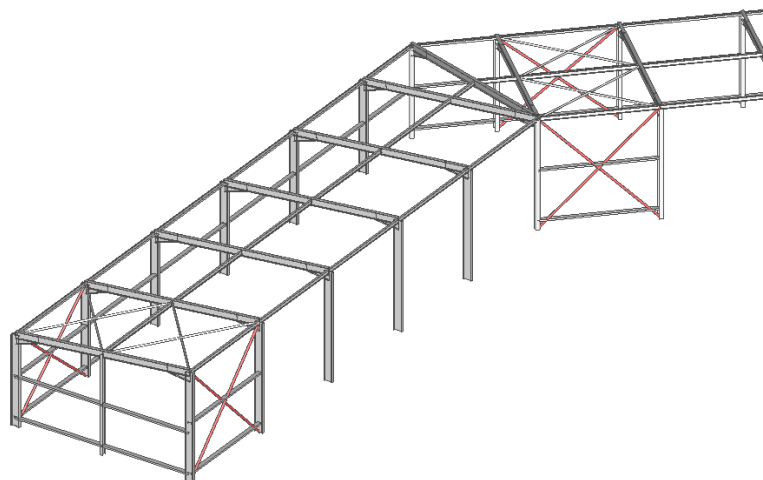
Tyto sloupky se na konstrukci nacházejí dva a jsou navrženy z průřezu IPE 240. Ze statického hlediska se jedná o kloubové uložení a to jak z hlediska kotvení, tak i z hlediska připojení k vazníku.

Připojení k vazníku je realizováno pomocí plechu P10-80x140, který bude již přivařen k vazníku z výroby a na štítovém sloupku budou ve stojně díry pro šroub. Celkově v tomto připojení sloupu k vazníku budou dva šrouby M16-8.8. Přivařený plech k pásnici vazníku je realizován svařem účinné výšky $a=3$ mm.

Kotvení sloupu je opět realizováno pomocí patního plechu a chemickými kotvami. Patní plech je navržen P12-190x270.

Chemické kotvy jsou vzhledem k vysokým tahovým silám navrženy čtyři a to HILTI HAS-E M24x210/54, s chemikálií HIT-RE 500, rozmístěny ve vertikálním i horizontálním směru vždy 120 mm od okraje patky.

2.4.6. Stěnová ztužidla

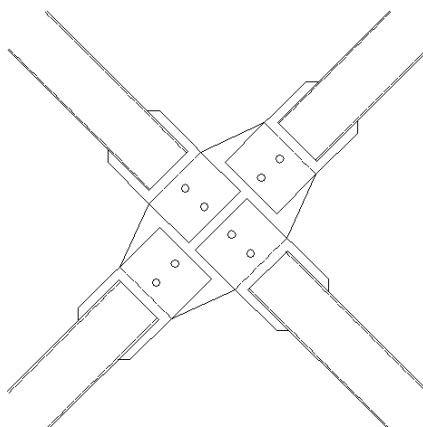


Tato ztužidla jsou navržena z profilů CHS 114,3/3,6 a jejich připojení je ze statického hlediska kloubové, i samotné křížení těchto ztužidel je kloubové. Ve ztužidlech je vyloučen tlak, tudíž ztužidla přebírají pouze tahová namáhání a podle toho jsou taktéž dimenzovány. Z hlediska výpočtu, byl v programu SCIA ENGINEER realizován pouze lineární výpočet a abychom vyloučili tlakové síly ve ztužidlech, byli tahové síly v těchto prutech zdvojnásobeny a následně dimenzovány.

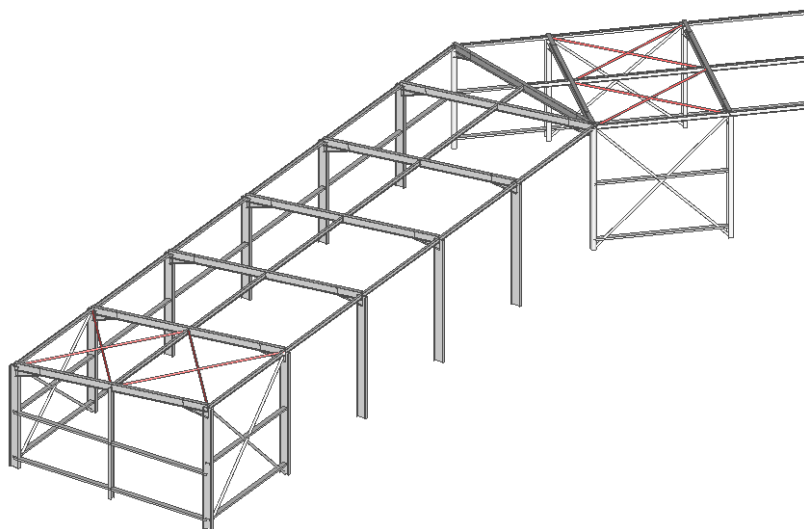
Křížení i přípoj ztužidel v dolní i horní části konstrukce, je realizováno pomocí styčnickových plechů. Na každé ztužidlo je navařen plech P6-253x150, další styčníky potřebné pro přípoj k samotné konstrukci jsou z plechů P6-255x260 a v neposlední řadě plech potřebný pro křížení ztužidel a jejich samotné připojení je z plechu P6-420x250. Všechny tyto plechy jsou atypických tvarů a jejich vyobrazení je ve výkresech detailů přípojí.

Šrouby použité pro samotné připojení těchto ztužidel jsou použity M16-8.8. Celkový počet šroubů potřebných na ztužení jednoho pole je 16xM16-8.8.

Pro názornost je připojena ukázka křížení těchto ztužidel.



2.4.7. Střešní ztužidlo



Ztužidla jsou navržena z prvků CSH 88,9/4,0 a jejich konstrukční i statické řešení je totožné jako u stěnových ztužidel. Ztužidla jsou připojena vždy ke krajní a střední podélné výztuze. Tímto připojením rozdělíme půdorysně konstrukci na dvě pole střešního ztužení.

Křížení je realizováno obdobně jako u stěnových ztužidel s rozdílem menších plechů a šroubů pro napojení a křížení ztužidel kvůli nižším tahovým silám v prutech.

Plech pro křížení jsou navrženy z P6-340x210 a styčnickový plech navařen na plechu pro přípoj podélné výztuhy P10-212x130.

2.4.8. Paždík

Paždíky jsou navrženy z průřezů UPE 220 a slouží k uchycení stěnového opláštění KINGSPAN. Uložení paždíků je kloubové.

Samotné uchycení paždíků je realizováno pomocí úhelníků L140x140x10, které jsou centricky ke sloupům připojeny swarem $a=3$ mm a pomocí těchto úhelníků je realizováno připojení samotných paždíků k úhelníkům pomocí dvou šroubů M16-5.6. Samotný úhelník je ještě dodatečně vyztužen plechem P10-120x120.

Umístění paždíků je realizováno na sloupech a v polích konstrukce tam, kde nebudou realizovány vratové systémy. Paždíky jsou vždy 0,7 m od země a na sloupech výšky 5,36 m jsou dále osově po 2,2 m na sloupech výšky 6,4 m jsou osově po 2,7 m.

3. Výpočtový model

V programu SCIA ENGINEER A NEMETSCHEK COMPANY byl vytvořen model konstrukce v prostoru. Jednotlivé prvky a jejich vzájemné spojení bylo realizováno způsobem popsáným v předchozí kapitole 2 - Popis konstrukčních prvků. Následně byly prvky zatíženy příslušným zatížením odpovídajícím daným zatěžovacím stavům uvedené v následující kapitole: 4 - Zatížení.

Dále byly zadány kombinační vztahy dle kombinačních pravidel MSÚ (STR/GEO) - rovnice 6.10 a dále MSP - charakteristická. Následně byly programem spočteny vnitřní síly a deformace na jednotlivých prutech.



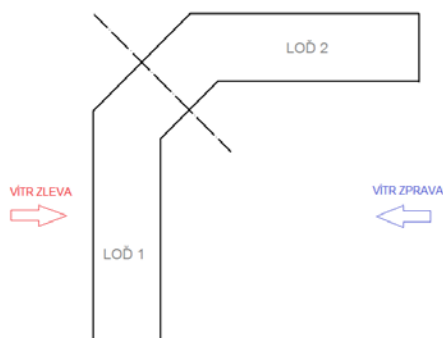
4. Zatížení

Veškerá zatížení konstrukce byla provedena běžným způsobem, který je následně taktéž popsán v kapitole 2.1.1. Zatěžovací stavy. Výjimku tvoří zatížení větrem, kdy norma zatížení větrem posuzuje na obdélníkovém průřezu. Vzhledem k tomu, že půdorysný tvar konstrukce není klasicky obdélníkový, tak z tohoto důvodu bylo vytvořeno specifické řešení zatížení větrem pro tuto konstrukci. Dále vzhledem k nízkému sklonu střechy není uvažován tlak větru na střešní konstrukci.

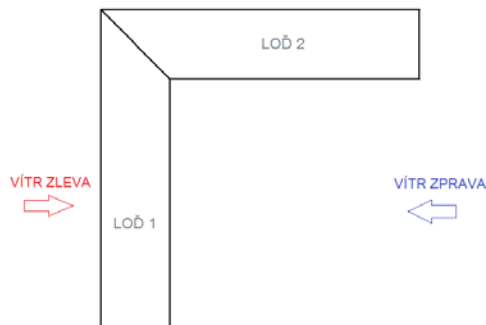
Konstrukce byla rozdělena v její polovině na dva celky a tyto celky byli i se zalomením konstrukce vyrovnány tak, aby vznikl tvar blízký se více obdélníkovému tvaru půdorysu, než-li bylo při zakřivení. Následně je zatížení větrem bráno pouze z levé a následně pravé strany, kdy vítr působí vždy na jednu loď v příčném směru a na loď druhou v podélném. Jelikož se jedná o symetrickou konstrukci není již do zatěžovacích stavů uvažován vítr shora a zespod, který taktéž zatěží konstrukci. Z toho vyplývá, že nejvíce zatížené prvky na lodi první budou taktéž zatěžovány na lodi druhé a naopak.

Pro názornost slouží následující ukázka postupu rozdělení a následným „vyrovnáním“ konstrukce na dvě symetrické části.

1)



2)



4.1. Zatěžovací stavy

Do programu SCIA Engineer bylo zadáno 7 zatěžovacích stavů.

ZS1 - vlastní tíha:

Toto zatížení vygeneroval program sám na základě materiálových charakteristik prvků a podle dimenzí navrhnutých prvků.

ZS2 - ostatní stálé:

Tento zatěžovací stav je tvořen:

- zatížení střešního pláště na vazník	1,25 kN/m
- zatížení od elektroinstalace:	0,60 kN/m
- zatížení na stěnové panely:	0,12 kN/m ²

ZS3 - sníh:

Vzhledem k tomu, že se jedná o pultovou střechu, tak z tohoto důvodu byl zadán jeden zatěžovací stav od sněhu, působící na celý vazník konstantním spojitým zatížením. Konstrukce se nachází v sněhové oblasti III a podle toho bylo zatížení sněhem spočteno a zadáno do softwaru.

Toto zatížení od sněhu má hodnotu: 7.2 kN/m

ZS4 - vítr zleva - zavřená vrata

Zatěžovací stav se skládá ze složení dvou stavů, kdy vítr působí na každou loď konstrukce a to tak, že na loď č.1 působí v příčném směru a na loď č.2 působí ve směru podélném.

Následně jsou zatíženy vazníky, sloupy kde se nenachází paždíky a taktéž jsou zatíženy samotné sloupy tam kde se paždíky nenacházejí.

ZS5 - vítr zprava - zavřená vrata

Tento zatěžovací stav je vytvořen a následně je jím konstrukce zatížena totožně jako stav ZS4, jen s rozdílem, že v tomto případě působí vítr zprava.

ZS6 - vítr zleva - otevřená vrata

V tomto případě je nutno uvážit fakt, že vratové systémy tvoří značnou část konstrukce a může dojít ke stavu, kdy jsou všechna vrata otevřena a v tomto případě je mimo zatížení od samotného větru uvažován podtlak v konstrukci který je tvořen 90% hodnotou od příslušného zatížení větru, jako je v ZS4.

Konstrukce je tedy mimo zatížení samotným větrem, zatížena přídatným zatížením vyvolávající podtlak konstrukci.

Zatížení na konstrukci a její prvky je realizováno stejně jako v ZS4 a ZS5.

ZS7 - vítr zprava - otevřená vrata

Jeden z nejnebezpečnějších stavů který na konstrukci může působit. Při otevření všech vrat a větru působícím zprava, dochází jak k zatížení od samotného větru jako v ZS4, ale taktéž dochází k přetlaku konstrukce a celá tato konstrukce je nadzvedávána, roztahována a je značně namáhána.

Toto zatížení působí taktéž 90% hodnotou od ZS5, ale vyvozuje tedy přetlak v konstrukci a toto zatížení je k ZS5 přičteno.

5. Výroba konstrukce

Výroba bude spočívat ve vyhotovení samostatných dílců konstrukce, které budou následně dopraveny na stavbu a bude provedena jejich montáž popsána v následující kapitole.

Výroba dílců bude probíhat ve výrobním závodě a bude se řídit podle normy ČSN EN 1090-2 - Technické požadavky na ocelové konstrukce. A taktéž podle platných norem. Důraz je kladen na přesnost provedení dílců, aby byla co nejvíce usnadněna montáž a případné problémy na stavbě spojeny s montáží vyrobených dílců.

Výrobní kategorie konstrukce je EXC2

6. Montáž

Nejprve budou vybetonovány základové patky. Po 28 dnech, potřebných pro zatvrdnutí základových patek, budou na stavbu dovezeny sloupy a vazníky.

Na stavbě dojde k montáži sloupů k vazníkům, čímž vznikne rám, který bude jeřábem zvednut a osazen na podložky umístěné na patkách. V patkách již budou zabudovány příslušné chemické kotvy. Sloupy se následně zrektifikují a budou podlity betonem.

Tímto způsobem budou postaveny první dvě příčné vazby v řadě 1 a 2, která je součástí ztužidlového pole. Po osazení těchto dvou vazeb dojde k montáži stěnových ztužidel, podélných výztuh a střešních ztužidel, čímž zajistíme tuhost této vazby. Dále je postupováno vždy po jedné příčné vazbě, která bude spojována podélnými výztuhami.

Samotné připojování podélných výztuh a střešních ztužidel, bude probíhat pomocí pojízdných montážních plošin a jeřábů.

Montáž může probíhat buďto postupně, nebo může být zvolen způsob montáže, kdy bude konstrukce montována z obou stran, tedy od os A,B,C a G,H,I ve směru podélném.

Tento způsob by byl sice značným urychlením samotné výstavby, ale na stranu druhou, by bylo třeba více jeřábů a pojízdných montážních plošin. Tento aspekt je tedy na zvážení investora.

Po montáži všech rámových polí a příslušných ztužení budou namontovány pažďíky, pro uchycení stěnových ztužidel. Zároveň s osazováním pažďíků může být provedeno střešní opláštění konstrukce, ale toto opláštění může být provedeno taktéž až po montáži pažďíků. Samotné střešní opláštění bude prováděno přímo na vazníky.

Na závěr tedy bude provedeno stěnové opláštění konstrukce s vratovými systémy.

Každý sloup u vratových systémů, bude vybaven ochrannými prvky, zamezující nárazu těžké techniky do těchto sloupů, při neopatrné manipulaci touto technikou a vjezdech do muzea. Konstrukce nebyla dimenzována na náraz těžkých vozidel a investor si je tohoto faktu vědom a z toho důvodu budou provedeny tyto ochranné prvky sloupů.

7. Povrchové úpravy

Úprava povrchu konstrukce bude v souladu s normou ČSN EN ISO 12944 - Nátěrové hmoty. Dále bude proveden antikorozní nátěr a podle požadované požární odolnosti konstrukce bude proveden nátěr protipožární.

Dále je nutno přetříť místa, ve kterých dojde k montáži dílců a mohlo by tak dojít k narušení protikorozi nebo protipožární ochrany.

8. Seznam použité literatury

- 1) ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí
- 2) ČSN EN 1991-1-4 - Zatížení konstrukcí; část 1-3: Zatížení sněhem
- 3) ČSN EN 1993-1-4 - Zatížení konstrukcí; část 1-4: Zatížení větrem
- 4) ČSN EN 1993-1-1 - Navrhování ocelových konstrukcí
- 5) ČSN EN 1993-1-5 - Navrhování ocelových konstrukcí - Boulení stěn
- 6) ČSN EN 1993-1-8 - Navrhování ocelových konstrukcí; část 1-8: Navrhování styčníků
- 7) Střešní a obvodové pláště dostupné na: <http://www.kingspan.cz/>

9. Seznam příloh

A / STATICKÝ VÝPOČET

B / VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

B1 - DISPOZICE	M 1:100	formát A1
B2 - KOTVENÍ	M 1:100	formát A1
B3 - SMĚRNÉ DETAILY	M 1:100	formát A1
B4 - SMĚRNÝ DETAIL STYČNÍKU	M 1:100	formát A2

C / PŘÍLOHA ZE SCIA ENGINEER