

**Západočeská univerzita v Plzni**  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra mechaniky

Diplomová práce

**DESIGN ZASTŘEŠENÍ AUTOBUSOVÝCH STÁNÍ  
NA CENTRÁLNÍM AUTOBUSOVÉM NÁDRAŽÍ  
V PLZNI**

Plzeň, 2012

Veronika Vitoušová

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a pramenů informací.

V Plzni .....

.....

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Tomáši Kroupovi Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za hodnotné rady a odborné vedení během mé práce, za vstřícnost a trpělivost.

Poděkování patří také ak. soch. Františku Pelikánovi za věcné připomínky k designéřské části práce a Ing. Martinu Šolcovi za konzultaci stavařské problematiky.

## **Abstrakt**

Cílem předkládané práce je navrhnout nové zastřešení autobusových stání na centrálním autobusovém nádraží v Plzni. Tomu předchází zhodnocení stávajícího zastřešení a zjištění jeho nedostatků. Hlavní zatěžovací stavy působící na zastřešení stávající i nově navržené jsou stanoveny podle Eurokódů. Ověření jsou provedena pomocí konečněprvkové analýzy v programu Siemens NX 7.5.

## **Klíčová slova**

autobusové nádraží, zastřešení, design, polykarbonát, Eurokódy, MKP, Siemens NX 7.5, výpočtový model

## **Abstract**

The main aim of this work is to design a new roofing system on the bus terminal at the central bus station in Pilsen. First, the present roofing is evaluated and the imperfections are detected. The main load cases which act both the present and the new designed roofing are established according to Eurocodes. Finite element analyses are performed in software Siemens NX 7.5.

## **Key words**

bus station, roofing, design, polycarbonate, Eurocode, FEM, Siemens NX 7.5, computational model

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Současné zastřešení</b>	<b>3</b>
2.1	Stanovení zatěžovacích stavů pro posouzení stávající konstrukce . . . . .	5
2.1.1	Zásady navrhování podle mezních stavů . . . . .	5
2.1.2	Ověření metodou dílčích součinitelů . . . . .	6
2.1.3	Kombinace zatěžovacích stavů . . . . .	7
2.2	Ověření stávající konstrukce . . . . .	17
2.2.1	Technický popis konstrukce . . . . .	17
2.2.2	Numerická analýza . . . . .	18
2.2.3	Výsledky . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Nové zastřešení</b>	<b>24</b>
3.1	Normy pro autobusová stání . . . . .	25
3.2	Navržená řešení . . . . .	26
3.2.1	Vybrané materiály . . . . .	29
3.3	Stanovení zatěžovacích stavů pro posouzení navržené konstrukce . . . . .	31
3.3.1	Šikmá střecha . . . . .	31
3.3.2	Oblouková střecha . . . . .	34
3.4	Ověření navržených konstrukcí . . . . .	36
3.4.1	Výběr tvaru zastřešení . . . . .	36
3.4.2	Šikmá střecha . . . . .	37
3.4.3	Výsledky . . . . .	39
3.4.4	Mezní stav únosnosti . . . . .	40
3.4.5	Mezní stav použitelnosti . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>41</b>
	<b>Literatura</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>Přílohy</b>	<b>45</b>

# Seznam obrázků

2.1	Centrální autobusové nádraží v Plzni . . . . .	3
2.2	Zastřešení zastávek . . . . .	4
2.3	Zrezavělá konstrukce . . . . .	4
2.4	Spoj střech . . . . .	4
2.5	Mapa sněhových oblastí ČR [19] . . . . .	10
2.6	Mapa větrných oblastí na území ČR [5] . . . . .	13
2.7	Oblasti zatížení větrem . . . . .	14
2.8	Uspořádání zatížení pro sedlové střechy [5] . . . . .	14
2.9	Zatížení vlašťovky vlastní tíhou . . . . .	15
2.10	Zatížení vlašťovky sněhem . . . . .	16
2.11	Zatížení vlašťovky větrem . . . . .	16
2.12	Model vlašťovky - pohled shora . . . . .	17
2.13	Model vlašťovky - pohled zdola . . . . .	18
2.14	Profil U120 . . . . .	18
2.15	Profil U160 . . . . .	18
2.16	Tloušťka pro nasíťování profilu U120 . . . . .	19
2.17	Tloušťka pro nasíťování profilu U160 . . . . .	19
2.18	MKP model střechy . . . . .	19
2.19	Připojení trapézového plechu k profilu . . . . .	20
2.20	Okrajové podmínky pro KZS3 . . . . .	20
2.21	Detail největšího napětí od KZS3 . . . . .	21
2.22	Posuvy od KZS3 . . . . .	22
2.23	Posouzení ocelových plechů, převzato z [1] . . . . .	23
3.1	Plánek . . . . .	24
3.2	Půdorys nástupiště (rozměry v [m]) . . . . .	25
3.3	Návrh obloukové střechy . . . . .	28
3.4	Návrh šikmé střechy . . . . .	28
3.5	Trapézová deska z polykarbonátu [17] . . . . .	29
3.6	Oblasti zatížení větrem [5] . . . . .	32
3.7	Zatížení vlastní tíhou . . . . .	33
3.8	Zatížení sněhem . . . . .	33
3.9	Zatížení větrem . . . . .	33
3.10	Oblasti zatížení větrem . . . . .	34

3.11	Zatížení vlastní tíhou . . . . .	35
3.12	Zatížení sněhem . . . . .	35
3.13	Zatížení větrem . . . . .	35
3.14	Průhyb obloukové střechy vytvořené nosníkovými prvky . . . . .	36
3.15	Průhyb obloukové střechy s podélnými nosníky . . . . .	37
3.16	Rozměry trapézového polykarbonátu [17] . . . . .	37
3.17	Konstrukce navrženého řešení . . . . .	38
3.18	Napětí od KZS5 . . . . .	39
3.19	Posuvy od KZS5 . . . . .	40
5.1	Výsledný návrh zastřešení . . . . .	46
5.2	Umístění nového zastřešení na CAN . . . . .	47
5.3	Umístění nového zastřešení na CAN . . . . .	47
5.4	Celkový pohled na autobusové nádraží s novým zastřešením . . . . .	48
5.5	Výroba modelu . . . . .	49
5.6	Výroba modelu . . . . .	50
5.7	Prezentační model v poměru 1:50 . . . . .	50
5.8	Prezentační model v poměru 1:50 s autobusem . . . . .	51
5.9	Isometrický pohled na nové zastřešení . . . . .	52
5.10	Rozměrový výkres . . . . .	53

# Seznam tabulek

2.1	Program Eurokódů . . . . .	5
2.2	Hodnoty proměnných zatížení pro ověření mezního stavu únosnosti, vypočteno dle [2], [4] a [5] . . . . .	8
2.3	Hodnoty proměnných zatížení pro ověření mezního stavu použitelnosti . . . . .	9
2.4	Koeficienty pro výpočet zatížení sněhem [4] . . . . .	9
2.5	Hodnoty zatížení sněhem na území České republiky [19] . . . . .	10
2.6	Koeficienty pro výpočet zatížení větrem [5] . . . . .	12
2.7	Kategorie terénu a parametry terénu [5] . . . . .	12
2.8	Hodnoty výchozí základní rychlosti větru na území ČR [5] . . . . .	13
2.9	Součinitele výsledného tlaku větru [5] . . . . .	13
2.10	Materiálové vlastnosti ocele [6] . . . . .	21
2.11	Výsledné max. napětí a průhyb pro všechny KZS . . . . .	21
3.1	Vybrané kombinace zatěžovacích stavů, vypočteno dle [2], [4] a [5] . . . . .	31
3.2	Součinitele výsledného tlaku větru pro úhel sklonu šikmé střechy 10° [5] . . . . .	32
3.3	Součinitele výsledného tlaku větru pro obloukovou střechu [5] . . . . .	34
3.4	Rozměry použitých ocelových nosníků [18] . . . . .	37
3.5	Materiálové vlastnosti použité ocele a polykarbonátu [6], [17] . . . . .	38
3.6	Výsledné max. napětí a průhyb pro všechny KZS . . . . .	39
5.1	Náklady na materiál konstrukce 1 pole [18] . . . . .	54
5.2	Náklady na krytinu pro 1 pole [17] . . . . .	54
5.3	Celkové náklady na rekonstrukci . . . . .	54



# Seznam použitých symbolů

$A$	$\text{Nm}^{-2}$	mimořádné zatížení
$C_e$		součinitel expozice
$C_t$		tepelný součinitel
$E$		účinek zatížení
$E_d$		návrhová hodnota účinku zatížení
$F$	$\text{Nm}^{-2}$	zatížení
$F_d$	$\text{Nm}^{-2}$	návrhová hodnota zatížení
$F_k$	$\text{Nm}^{-2}$	charakteristická hodnota zatížení
$G$	$\text{Nm}^{-2}$	stálé zatížení
$G_d$	$\text{Nm}^{-2}$	návrhová hodnota stálého zatížení
$G_k$	$\text{Nm}^{-2}$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$I_v$		intenzita turbulence
$P$	$\text{Nm}^{-2}$	příslušná reprezentativní hodnota zatížení od přepětí
$Q$	$\text{Nm}^{-2}$	proměnné zatížení
$Q_d$	$\text{Nm}^{-2}$	návrhová hodnota proměnného zatížení
$Q_k$	$\text{Nm}^{-2}$	charakteristická hodnota proměnného zatížení
$b$	m	šířka stavby
$c_{dir}$		součinitel směru
$c_p$		součinitel tlaku
$c_r$		součinitel drsnosti terénu
$c_o$		součinitel orografie
$c_{season}$		součinitel ročního období
$f_d$	MPa	návrhová pevnost
$f_k$	MPa	charakteristická pevnost
$f_y$	MPa	mez kluzu
$h$	m	výška stavby
$k_r$		součinitel terénu
$k_I$		součinitel turbulence
$q_p$	$\text{Nm}^{-2}$	maximální hodnota dynamického tlaku větru
$s$	$\text{Nm}^{-2}$	zatížení sněhem na střeše
$s_k$	$\text{Nm}^{-2}$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi v místě staveniště
$v_b$	$\text{ms}^{-1}$	základní rychlost větru

$v_{b,0}$	$\text{ms}^{-1}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
$v_m$	$\text{ms}^{-1}$	střední rychlost větru
$z$	m	výška nad zemí
$z_0$		parametr drsnosti terénu
$z_{max}$	m	maximální výška
$z_{min}$	m	minimální výška
$\gamma_F$		dílčí součinitel zatížení, v němž jsou uváženy možné nepříznivé odchytky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot
$\gamma_G$		dílčí součinitel stálého zatížení, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
$\gamma_M$		dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_P$		dílčí součinitel zatížení od předpětí
$\gamma_Q$		dílčí součinitel proměnného zatížení, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
$\mu$		tvárový součinitel zatížení sněhem
$\rho$	$\text{kgm}^{-3}$	měrná hmotnost vzduchu
$\psi_0$		součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení

# Slovník pojmů

Termíny převzaty z [2]

<b>Charakteristická hodnota zatížení <math>F_k</math></b>	<i>Characteristic value of an action</i>
Základní reprezentativní hodnota zatížení	
<b>Kombinace zatížení</b>	<i>Combination of actions</i>
Soubor návrhových hodnot použitých pro ověření spolehlivosti konstrukce z hlediska určitého mezního stavu při současném působení různých zatížení	
<b>Mezní stavy</b>	<i>Limit states</i>
Stavy, při jejichž překročení již konstrukce nesplňuje příslušná návrhová kritéria	
<b>Mezní stavy použitelnosti</b>	<i>Serviceability limit states</i>
Stavy odpovídající podmínkám, při jejichž překročení již nejsou splněny stanovené provozní požadavky na konstrukci nebo na nosný prvek	
<b>Mezní stavy únosnosti</b>	<i>Ultimate limit states</i>
Mezní stavy související se zřícením nebo s dalšími podobnými druhy poruch konstrukce	
<b>Návrhová hodnota zatížení <math>F_d</math></b>	<i>Design value of an action</i>
Hodnota získaná vynásobením charakteristické hodnoty dílčím součinitelem	
<b>Návrhová životnost</b>	<i>Design working life</i>
Předpokládaná doba, po kterou má být konstrukce nebo její část používána pro stanovený účel při běžné údržbě, avšak bez nutnosti zásadnější opravy	
<b>Proměnné zatížení <math>Q</math></b>	<i>Variable action</i>
Zatížení, jehož velikost má v čase nezanedbatelnou proměnlivost a není monotónní	
<b>Spolehlivost</b>	<i>Reliability</i>
Schopnost konstrukce nebo nosného prvku plnit stanovené požadavky během návrhové životnosti	
<b>Stálé zatížení <math>G</math></b>	<i>Permanent action</i>
Zatížení, které obvykle působí po celou referenční dobu a jehož velikost má zanedbatelnou proměnlivost nebo se mění pouze v jednom smyslu, než dosáhne určité hodnoty	
<b>Účinek zatížení <math>E</math></b>	<i>Effect of action</i>
Účinek zatížení na nosné prvky nebo na celou konstrukci	
<b>Vedlejší proměnná zatížení</b>	<i>Accompanying variable actions</i>
Proměnná zatížení, která působí v kombinaci s hlavním proměnným zatížením	

# 1 Úvod

Centrální autobusové nádraží je to první, co návštěvníci Plzně využívající autobusovou dopravu uvidí. Plzeň je západočeská metropole a čtvrté největší město České republiky, a proto by ho mělo adekvátně reprezentovat i autobusové nádraží. Autobusové nádraží by mělo být příjemným a bezpečným místem, které budou mít rádi obyvatelé města a bude je lákat k využití autobusové dopravy. A co se očekává od kvalitního zastřešení nástupišť? Aby chránilo proti nepřízni počasí za deště a v létě poskytovalo útočiště před spalujícím sluncem. Především by to ale mělo být místo bezpečné, kde se cestující nebudou bát čekat na svůj spoj ani za kalamitní sněhové situace. Je současná situace na centrálním autobusovém nádraží v Plzni taková?

Současné zastřešení nástupišť na centrálním autobusovém nádraží v Plzni pochází z roku 1975. Tomuto stáří a nedostatečné údržbě odpovídá i celkový vzhled nádraží. Konstrukce je zrezavělá, barva oprýskaná. V některých místech, kde se zastřešení napojuje, jsou dvě sousední střechy vychýleny i o několik centimetrů. To znamená, že v konstrukci zastřešení došlo k nevratným deformacím. Otázkou je, zda je toto místo i nadále bezpečné a spolehlivé. A pakliže zastřešení již neplní svůj původní účel, za kterým bylo zkonstruováno, je třeba jej vyměnit.

Cílem této práce je zhodnotit stávající zastřešení autobusových stání a v případě zjištění nedostatků navrhnout zastřešení nové. Nové zastřešení bude navrženo s ohledem na co nejmenší vynaložení finančních prostředků. Hlavní roli v tomto hledisku bude hrát zachování stávajících stojek, tedy sloupů, které nesou samotné zastřešení. V těchto stojkách jsou kromě systému odvodnění ukryté i elektrické rozvody. Cílem této práce tedy nebylo navrhnout úplně nové nádraží na „zelené louce“, ale návrh renovace zastřešení stávajících autobusových stání. Zastřešení autobusových stání musí kromě norem pro navrhování konstrukcí splňovat také normy pro navrhování autobusových přestupních uzlů a stanovišť. Hlavním cílem této práce tedy je udělat centrální autobusové nádraží v Plzni bezpečným a hezkým místem s vynaložením co nejmenšího množství peněz.

Práce je rozdělena do dvou částí. V první části je nastíněn stav současného zastřešení, popsány normy pro navrhování konstrukcí a podle norem je ověřena spolehlivost současného zastřešení. V druhé části bylo navrženo nové zastřešení autobusových stání. Samotná práce se skládá ze čtyř kapitol. První kapitola obsahuje úvod.

Kapitola 2 pojednává o současné situaci na CAN v Plzni. Pro názornost je ukázán plán autobusových stání. Dále jsou vyobrazeny aktuální fotografie zastřešení s poukazem na jeho hlavní nedostatky. První podkapitola rozebírá normy pro návrh stavebních kon-

strukcí. Od roku 2010 jsou v České republice závazné tzv. Eurokódy, normy, podle kterých se řídí mimo jiné i navrhování stavebních konstrukcí. Dle těchto norem se stanoví hlavní zatěžovací stavy působící na zastřešení autobusových stání. S využitím pravidla pro sestavení kombinace stálých a nahodilých zatížení je pak určeno celkové zatížení. Druhá podkapitola představuje podrobný popis zastřešení, který byl sestaven pomocí údajů z technické dokumentace CAN ČSAD Plzeň z roku 1975. Tato dokumentace byla zapůjčena k nahlédnutí ve spisovně Odboru stavebně správního - Magistrátu města Plzeň. Zastřešení autobusových stání tvoří soubor konstrukčně oddělených částí, tzv. vlaštovek. Pomocí programu Siemens NX 7.5 je vytvořen výpočtový model jedné vlaštovky. Na model jsou aplikována zatížení podle norem. Výsledky výpočtů ukazují, kde dochází k největšímu namáhání. Tato namáhání nejsou slučitelná s dalším použitím na autobusovém nádraží. Proto byla navržena renovace stávajícího zastřešení.

Kapitola 3 seznamuje s navrhovaným zastřešením autobusových stání na centrálním autobusového nádraží v Plzni. Při navrhování nového zastřešení byl také kladen důraz na konfrontaci s platnými normami pro navrhování autobusových přestupních uzlů a stanovišť, ty jsou rozebrány v první podkapitole. S ohledem na co nejlevnější návrh změny zastřešení odjezdových stání je navrženo zachování stávajících stojek, které ukrývají systém odvodnění a elektroinstalaci. Ve druhé podkapitole jsou z pracovních skic vybrány dva nové návrhy a ty podrobněji zpracovány. Tyto dva nové návrhy jsou nazvány jako střecha šikmá a střecha oblouková. Třetí podkapitola předkládá výpočty zatěžujících stavů pro střechu šikmou i obloukovou. Výpočty vycházejí z norem popsanych v kapitole 2. Na obrázcích je názorně ukázáno působení zatěžujících stavů na oba typy zastřešení. Čtvrtá podkapitola představuje srovnání obou navržených zastřešení a důvody výběru šikmé střechy pro konečné zpracování. Dále je vytvořen detailní výpočtový model šikmé střechy a zadány zatěžující stavy stanovené dle norem v předcházející kapitole. Výpočty je ověřena spolehlivost navrženého řešení, které vyhovuje požadavkům na únosnost a použitelnost.

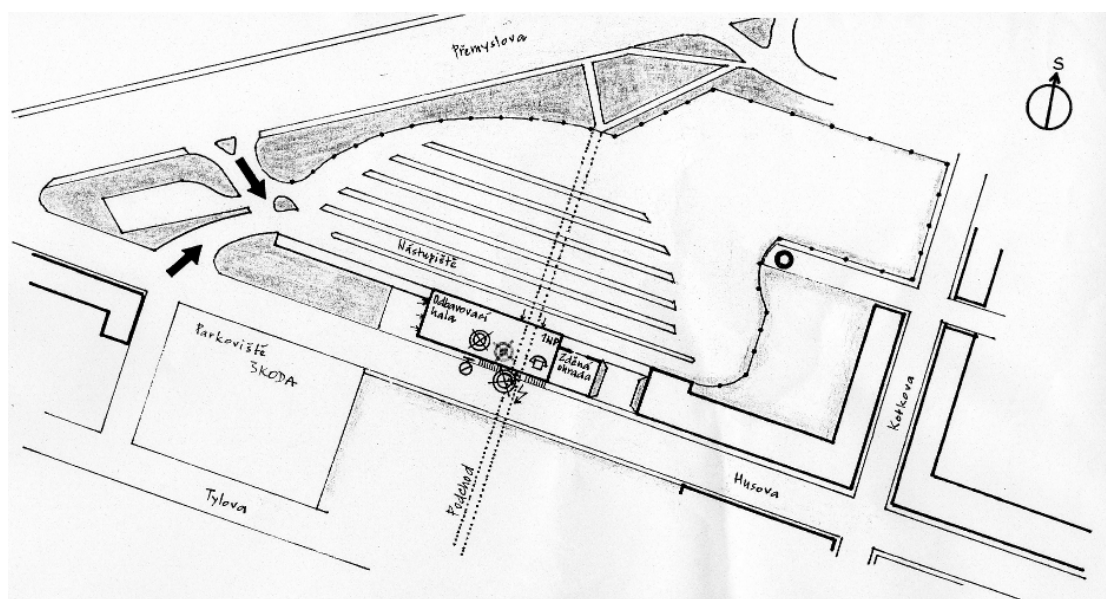
Kapitola závěr obsahuje shrnutí celé práce, zhodnocení nového designu zastřešení autobusových stání, doporučení a návrhy do budoucna.

Součástí práce jsou dále přílohy obsahující rendery výsledného návrhu zastřešení autobusových stání a jeho umístění na CAN v Plzni. Součástí příloh jsou také fotografie dokumentující výrobu prezentačního modelu, výkresy a odhadované náklady na materiál použitý pro nově navržené zastřešení.

## 2 Současné zastřešení

Centrální autobusové nádraží (CAN) v Plzni se nachází téměř ve středu města v Husově ulici. Občanská dostupnost je dobrá, avšak poloha autobusového nádraží vzhledem k nádraží vlakovému není v Plzni ideální. Nádraží se od sebe nacházejí přibližně dva kilometry a pro cestovatele je velice nepohodlné zkombinovat tyto dva dopravní prostředky.

Na obrázku 2.1 je vidět současná situace na autobusovém nádraží, poloha nástupišť vůči okolním budovám. Přerušovanou čarou je vyznačen podchod, šipkami místa příjezdu, ale také odjezdu autobusů.



Obrázek 2.1: Centrální autobusové nádraží v Plzni

Zastřešení nástupišť na centrálním autobusovém nádraží v Plzni pochází z roku 1975. Tomuto stáří a nedostatečné údržbě odpovídá celkový vzhled nádraží, obrázek 2.2. Jak je vidět na obrázku 2.3, konstrukce je zrezavělá, barva oprýskaná. U míst, kde se napojují zastřešovací plechy na jednotlivé konzolové systémy, došlo k rozdílným průhybům. Proto jsou dvě sousední střechy vychýleny až o několik centimetrů, obrázek 2.4. Malý přesah zastřešení do vozovky je nepříjemný za deště, kdy lidem při nastupování do autobusu prší na hlavu. Výška zastřešení je nedostačující pro některé vyšší autobusy, které pak k nástupišti zajíždějí jen velmi obtížně.



Obrázek 2.2: Zastřešení zastávek



Obrázek 2.3: Zrezavělá konstrukce



Obrázek 2.4: Spoj střech

## 2.1 Stanovení zatěžovacích stavů pro posouzení stávající konstrukce

V následující kapitole bude stručně vysvětlen způsob stanovení hlavních zatížení, které působí na zastřešení autobusových stání. Podle příslušných norem se nejdříve určí charakteristické hodnoty zatížení, z nich pak návrhové hodnoty zatížení.

V březnu roku 2010 došlo ke změně předpisů pro navrhování nových konstrukcí staveb. Do té doby platné národní normy byly v České republice (ČR) nahrazeny normami evropskými - tzv. Eurokódy, které se staly jedinými platnými normami pro navrhování stavebních konstrukcí na území České republiky (v [15] na straně 31). Soubor Eurokódů pro návrh stavebních konstrukcí tvoří následující normy, které obvykle sestávají z několika částí:

ČSN EN 1990 Eurokód	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 Eurokód 1	Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1992 Eurokód 2	Navrhování betonových konstrukcí
ČSN EN 1993 Eurokód 3	Navrhování ocelových konstrukcí
ČSN EN 1994 Eurokód 4	Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí
ČSN EN 1995 Eurokód 5	Navrhování dřevěných konstrukcí
ČSN EN 1996 Eurokód 6	Navrhování zděných konstrukcí
ČSN EN 1997 Eurokód 7	Navrhování geotechnických konstrukcí
ČSN EN 1998 Eurokód 8	Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení
ČSN EN 1999 Eurokód 9	Navrhování konstrukcí z hliníkových slitin

Tabulka 2.1: Program Eurokódů

### 2.1.1 Zásady navrhování podle mezních stavů

Podle zásad navrhování podle mezních stavů, kapitola 3 v [2], se musí rozlišovat mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti.

#### Mezní stav únosnosti

Mezní stavy únosnosti se týkají bezpečnosti osob a bezpečnosti konstrukce. Mimo jiné se musí ověřovat ztráta statické rovnováhy konstrukce nebo její části, porucha nadměrným přetvořením, porušení lomem, ztráta stability, porucha vyvolaná únavou (v [2] strana 26). V této práci bude ověřována pouze ztráta statické rovnováhy.

#### Mezní stav použitelnosti

Mezní stavy týkající se funkce konstrukce nebo nosných prvků za běžného užívání, pohody osob a vzhledu stavby se musí klasifikovat jako mezní stavy použitelnosti. Ověřují se deformace ovlivňující vzhled konstrukce, pohodu uživatelů a provozuschopnost, kmitání



způsobující nepohodu osob nebo omezující funkční způsobilost konstrukce a poškození, která mohou nepříznivě ovlivnit vzhled, trvanlivost nebo provozuschopnost konstrukce (v [2] odstavec 3.4). V této práci budou ověřeny pouze deformace.

### 2.1.2 Ověření metodou dílčích součinitelů

Mezní stav únosnosti ani mezní stav použitelnosti nesmí být překročen. To se ověřuje metodou dílčích součinitelů ve všech návrhových situacích. Zatížení, která se mohou vyskytovat současně, se kombinují (v [2] odstavec 6.1).

#### Základní typy zatížení

V Eurokódu se rozeznávají zatížení podle jejich proměnnosti v čase následujícím způsobem (v [2] strana 28):

1. Stálá zatížení  $G$  (např. vlastní tíha konstrukcí, pevné vybavení)
2. Proměnná zatížení  $Q$  (zatížení sněhem a větrem, užitná zatížení stropů a střech)
3. Mimořádná zatížení  $A$  (katastrofy, nárazy vozidel)

#### Charakteristické hodnoty zatížení $F_k$

Charakteristické hodnoty zatížení  $F_k$  jsou hlavní reprezentativní hodnoty zatížení, které můžeme v průběhu užívání konstrukce skutečně očekávat [10]. Pro charakteristickou hodnotu stálého zatížení se používá označení  $G_k$ , pro charakteristickou hodnotu proměnného zatížení  $Q_k$ .

#### Návrhové hodnoty zatížení $F_d$

Návrhové hodnoty zatížení  $F_d$  se určují z charakteristických hodnot  $F_k$  vynásobením dílčím součinitelem zatížení  $\gamma_F$

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k. \quad (2.1)$$

Potom pro stálá zatížení platí označení

$$G_d = \gamma_G \cdot G_k, \quad (2.2)$$

pro proměnná zatížení

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k. \quad (2.3)$$

### Dílčí součinitele zatížení

Dílčí součinitele zatížení přihlížejí k možným nepříznivým odchylkám zatížení, k možným nepřesnostem modelu zatížení a k nejistotám v určení účinků zatížení. Podle [2] mají součinitele zatížení pro stálá zatížení hodnotu

$$\gamma_G = 1,35, \quad (2.4)$$

pro proměnná zatížení hodnotu

$$\gamma_Q = 1,50. \quad (2.5)$$

### 2.1.3 Kombinace zatěžovacích stavů

Kombinace zatěžovacích stavů (KZS) představují různé možnosti uspořádání zatěžovacích stavů. Na konstrukci zastřešení působí 3 převládající zatěžující stavy - vlastní tíha, sníh a vítr. Sečtením kombinací těchto zatížení a vynásobením součiniteli kombinace se získají KZS. Střecha je uvažována jako nepochozí, neúnosná pro člověka, tedy užitné zatížení (tíha člověka) bylo zanedbáno.

#### Mezní stav únosnosti

Návrhová hodnota kombinace zatížení pro trvalé a dočasné návrhové situace pro mezní stav únosnosti je definována (v [2] vztah (6.10)).

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (2.6)$$

kde první člen představuje stálé zatížení, druhý zatížení od předpětí, třetí hlavní proměnné zatížení a poslední vedlejší proměnná zatížení.

V případě zastřešení na CAN potom platí

$$\begin{aligned} E_d &= \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} = \\ &= 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k + 1,5 \cdot \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} = \\ &= G_d + Q_d + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{d,i} \end{aligned} \quad (2.7)$$

V případě, že působí více proměnných zatížení najednou, je třeba uvažovat součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení  $\psi_0$ . Zatížení s největším účinkem má kombinační součinitel rovno jedné, ostatní se snižují. Doporučená hodnota součinitele pro zatížení sněhem je pro pozemní stavby podle [2]

$$\psi_0 = 0,5, \quad (2.8)$$

pro zatížení větrem

$$\psi_0 = 0,6. \quad (2.9)$$

V následující tabulce 2.2 jsou přehledně uvedeny použité kombinace zatěžovacích stavů (KZS). Ve všech uvedených kombinacích působí vlastní tíha konstrukce, při KZS1 v kombinaci se sněhem, při KZS2 s větrem. V KZS3 působí současně vlastní tíha konstrukce, sníh a vítr. K největšímu zatížení dojde intuitivně při KZS3, což bude dále ověřeno. KZS jsou uvedeny v prvním sloupci tabulky. Druhý sloupec ukazuje, která část střechy je zatížena. Dále je tabulka rozdělena na zatížení sněhem a větrem. V každé části je nejdříve uvedena charakteristická hodnota zatížení  $Q_k^s$ , která je dále vynásobena součinitelem zatížení pro proměnné zatížení  $\gamma_Q$ . Výsledná návrhová hodnota je uvedena ve sloupci  $Q_d$ . Při současném působení sněhu a větru v KZS3 je dále zatížení sněhem vynásobeno součinitelem pro zatížení sněhem (2.8).

		Část střechy		Proměnná zatížení						
ZS		Sníh			Vítr					
					Shora		Zdola			
		$Q_k^s [\text{kNm}^{-2}]$	$\gamma_Q [-]$	$Q_d^s [\text{kNm}^{-2}]$	$Q_k^{va}$	$\gamma_Q$	$Q_d^{va}$	$Q_k^{vb}$	$\gamma_Q$	$Q_d^{vb}$
KZS1	Levá	0,56	1,50	0,84						
	Pravá	0,56	1,50	0,84						
KZS2	Levá							0,78	1,50	-1,17
	Pravá				0,73	1,50	1,10			
KZS3	Levá	0,56	1,50	$0,84 \cdot 0,5$				0,78	1,50	-1,17
	Pravá	0,56	1,50	$0,84 \cdot 0,5$	0,73	1,50	1,10			

Tabulka 2.2: Hodnoty proměnných zatížení pro ověření mezního stavu únosnosti, vypočteno dle [2], [4] a [5]

### Mezní stav použitelnosti

Charakteristická kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti je definována vztahem (6.14b) v [2]

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}. \quad (2.10)$$

V následující tabulce 2.3 jsou stejně jako v případě mezního stavu únosnosti přehledně uvedeny použité kombinace zatěžovacích stavů (KZS). Rozdíl oproti meznímu stavu únosnosti je ten, že v případě mezního stavu použitelnosti se uvažují charakteristické hodnoty, které se již nenásobí dílčími součiniteli zatížení.

ZS	Část střechy	Proměnná zatížení		
		Sníh	Vítr	
			Shora	Zdola
		$Q_k^s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$Q_k^{v_a}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$Q_k^{v_b}$ [kNm <sup>-2</sup> ]
KZS1	Levá	0,56		
	Pravá	0,56		
KZS2	Levá			0,78
	Pravá		0,73	
KZS3	Levá	0,56 · 0,5		0,78
	Pravá	0,56 · 0,5	0,73	

Tabulka 2.3: Hodnoty proměnných zatížení pro ověření mezního stavu použitelnosti

Dále bude detailněji rozebráno stanovení jednotlivých zatížení.

### Zatížení sněhem

Pro zatížení sněhem na střechách platí vztah [4]

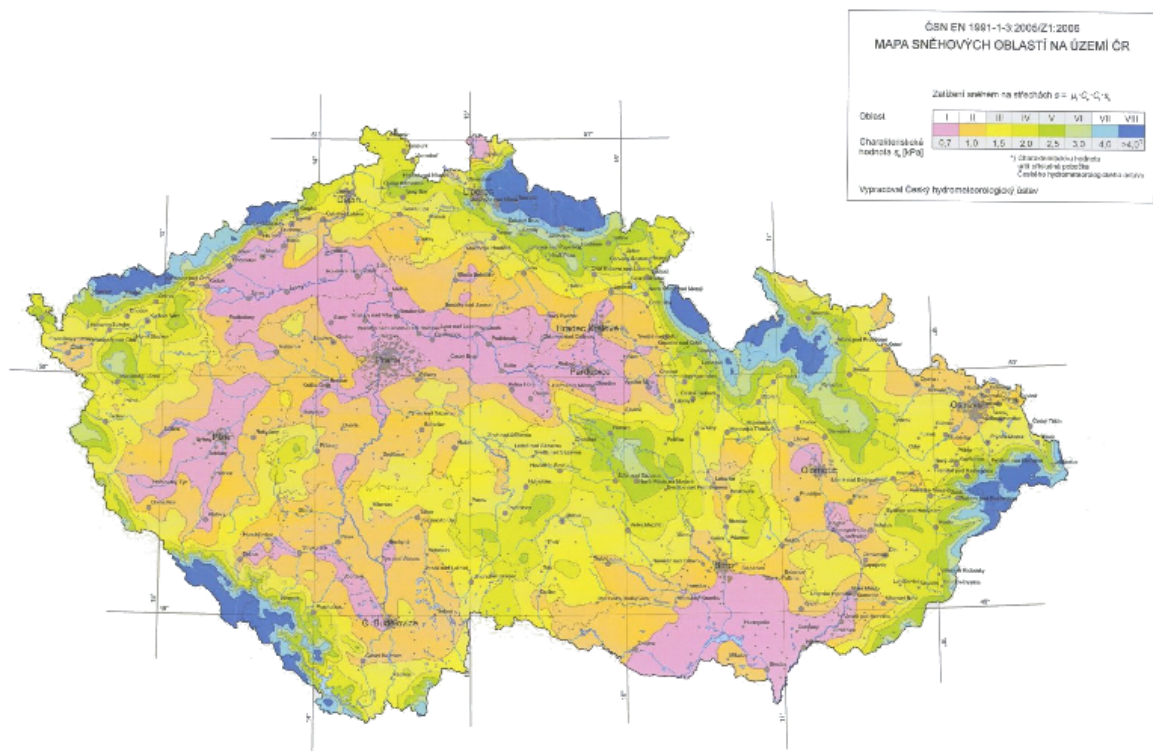
$$Q_k^s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k. \quad (2.11)$$

Názvy a hodnoty jednotlivých koeficientů pro Plzeň jsou uvedeny v tabulce 2.4.

Název	Označení	Hodnota
Tvarový součinitel zatížení sněhem	$\mu_i$	0,8
Součinitel expozice	$C_e$	1,0
Tepelný součinitel	$C_t$	1,0
Základní váha sněhu pro Plzeň (sněhová oblast I, obr. 2.5, tab.2.5)	$s_k$	0,7 kPa

Tabulka 2.4: Koeficienty pro výpočet zatížení sněhem [4]

Obrázek 2.5 ukazuje rozdělení České republiky do oblastí s různými základními vahami sněhu. Plzeň se nachází v oblasti s nejmenší hodnotou základní váhy sněhu 0,7 kPa. Všechny sněhové oblasti a jejich základní váhy sněhu jsou uvedeny v tabulce 2.5.



Obrázek 2.5: Mapa sněhových oblastí ČR [19]

Sněhové oblasti	Základní váha sněhu [kPa]
I	0,7
II	1,0
III	1,5
IV	2,0
V	2,5
VI	3,0
VII	4,0
VIII	4,0

Tabulka 2.5: Hodnoty zatížení sněhem na území České republiky [19]

### Zatížení větrem

Zatížení větrem je dáno výškou budovy, jejím tvarem a zeměpisnou polohou. Pro zatížení konstrukce větrem směrem nahoru (sání) platí vztah

$$\begin{aligned}
 Q_k^{v_a} &= q_p(z)c_{p,net1} = \underbrace{[1 + 7I_v(z)]}_{q_p(z)} 0,5\rho v_m^2(z) c_{p,net} = \\
 &= [1 + 7 \underbrace{\frac{k_I}{c_0(z) \ln(\frac{z}{z_0})}}_{I_v(z)}] 0,5\rho \underbrace{c_r(z)c_0(z)v_b}_{v_m^2(z)} c_{p,net} = \\
 &= [1 + 7 \frac{k_I}{c_0(z) \ln(\frac{z}{z_0})}] 0,5\rho \underbrace{k_r \ln \frac{z}{z_0}}_{c_r(z)} c_0(z) \underbrace{c_{dir}c_{season}v_{b,0}}_{v_b} c_{p,net} = \\
 &= [1 + 7 \frac{k_I}{c_0(z) \ln(\frac{z}{z_0})}] 0,5\rho \underbrace{0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)}_{k_r} \ln \frac{z}{z_0} c_0(z) c_{dir}c_{season}v_{b,0} c_{p,net} \quad (2.12)
 \end{aligned}$$

Pro zatížení konstrukce větrem směrem dolů (tlak) platí vztah

$$Q_k^{v_b} = q_p(z)c_{p,net2} \quad (2.13)$$

Všechny výše uvedené konstanty a jejich hodnoty jsou přehledně uvedeny v následujících tabulkách 2.6 a 2.7.

Obrázek 2.6 ukazuje rozdělení České republiky do větrných oblastí. Hodnoty výchozích základních rychlostí větru v jednotlivých oblastech na území ČR jsou uvedeny v tabulce 2.8. Plzeň se nachází v oblasti II s výchozí základní rychlostí větru  $25 \text{ ms}^{-1}$ .

Součinitele výsledného tlaku větru  $c_{p,net}$  jsou uvedeny v tabulce 2.9. Hodnoty platí pro úhel sklonu sedlové střechy  $-10^\circ$ . Oblasti sedlové střechy se určí podle obrázku 2.7.

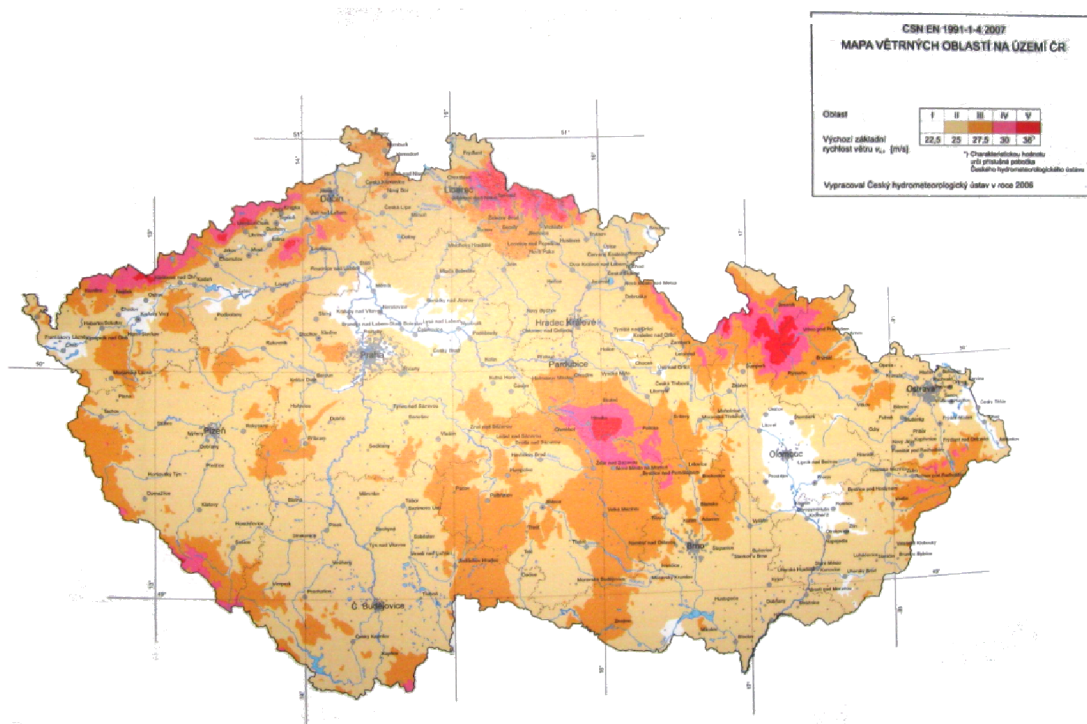
Pro zjednodušení výpočtu (2.12) a (2.13) se bude uvažovat vždy maximální hodnota součinitele tlaku pro celou konstrukci uvedená v posledním sloupci tabulky 2.9. Podle obrázku 2.8 se pro levou stranu střechy uvažuje hodnota součinitele výsledného tlaku větru se záporným znaménkem, pro pravou část s kladným znaménkem.

Název	Označení	Hodnota
Charakteristická střední rychlost větru ve výšce $z$ nad terénem	$v_m(z) = c_r(z)c_0(z)v_b$	15,60 $\text{ms}^{-1}$
Součinitel drsnosti terénu	$c_r(z) = k_r \ln \frac{z}{z_0}$	0,62
Součinitel terénu	$k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$	0,21
Výška konstrukce	$z$	5,40 m
Parametr terénu kategorie III (tab.(2.7))	$z_0$	0,30 m
Parametr terénu kategorie II (tab.(2.7))	$z_{0,II}$	0,05 m
Součinitel orografie	$c_0(z)$	1,00
Základní rychlost větru	$v_b = c_{dir}c_{season}v_{b,0}$	25,00 $\text{ms}^{-1}$
Součinitel směru větru	$c_{dir}$	1,00
Součinitel ročního období	$c_{season}$	1,00
Výchozí základní rychlost větru pro Plzeň (větrná oblast II, obr.(2.6), tab. (2.8))	$v_{b,0}$	25,00 $\text{ms}^{-1}$
Maximální dynamický tlak větru v referenční výšce $z$ , obr. (2.8)	$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)]0,5\rho v_m^2(z)$	0,52 $\text{kNm}^{-2}$
Intenzita turbulence	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln(\frac{z}{z_0})}$	0,35
Součinitel turbulence	$k_I$	1,00
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho$	1,25 $\text{kgm}^{-3}$
Součinitel vnějšího tlaku větru - sání (tab.2.9, obr. 2.7 a 2.8)	$c_{p,net1}$	-1,50
Součinitel vnějšího tlaku větru - tlak (tab.2.9, obr. 2.7 a 2.8)	$c_{p,net2}$	1,40

Tabulka 2.6: Koeficienty pro výpočet zatížení větrem [5]

Kategorie terénu	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	0,003	1
I	0,01	1
II	0,05	5
III	0,3	5
IV	1	10

Tabulka 2.7: Kategorie terénu a parametry terénu [5]



Obrázek 2.6: Mapa větrných oblastí na území ČR [5]

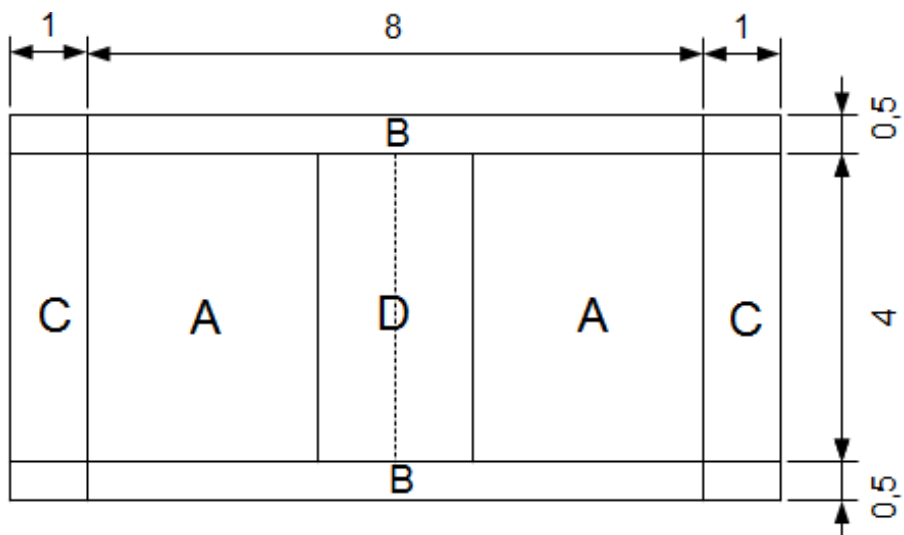
Větrné oblasti	$v_{b,0}$ [ $\text{ms}^{-1}$ ]
I	22,5
II	25,0
III	27,5
IV	30,0
V	36,0 (char. hodnotu určí ČHMÚ)

Tabulka 2.8: Hodnoty výchozí základní rychlosti větru na území ČR [5]

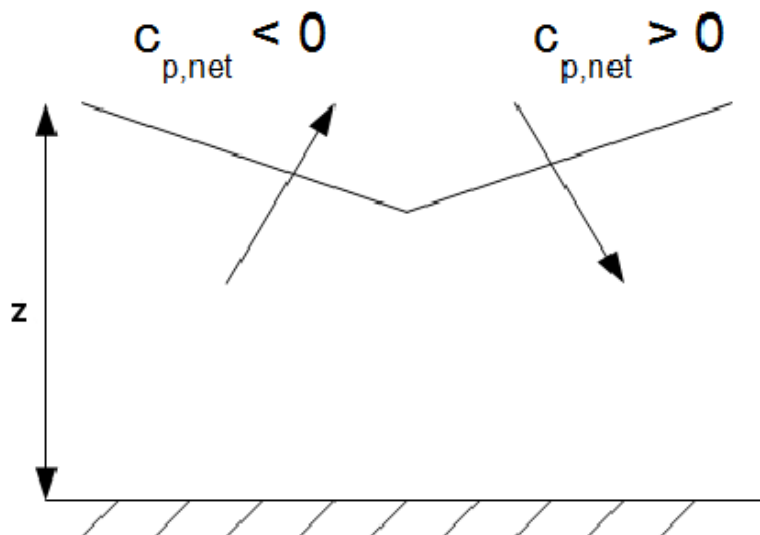
Oblast	Oblast A	Oblast B	Oblast C	Oblast D	Maximum
$c_{p,net1}$	0,6	1,4	0,8	1,1	1,4
$c_{p,net1}$	- 0,8	-1,3	-1,5	-0,6	-1,5

Tabulka 2.9: Součinitele výsledného tlaku větru [5]





Obrázek 2.7: Oblasti zatížení větrem



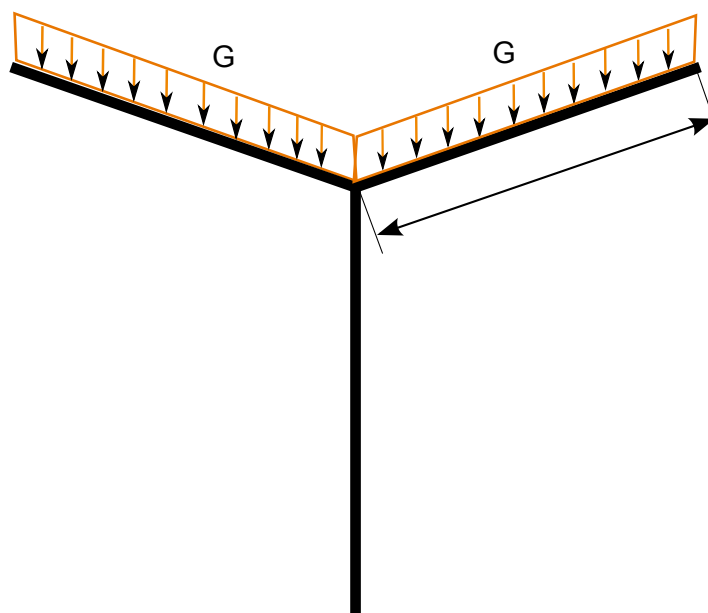
Obrázek 2.8: Uspořádání zatížení pro sedlové střechy [5]

### Aplikace zatěžovacích stavů (ZS)

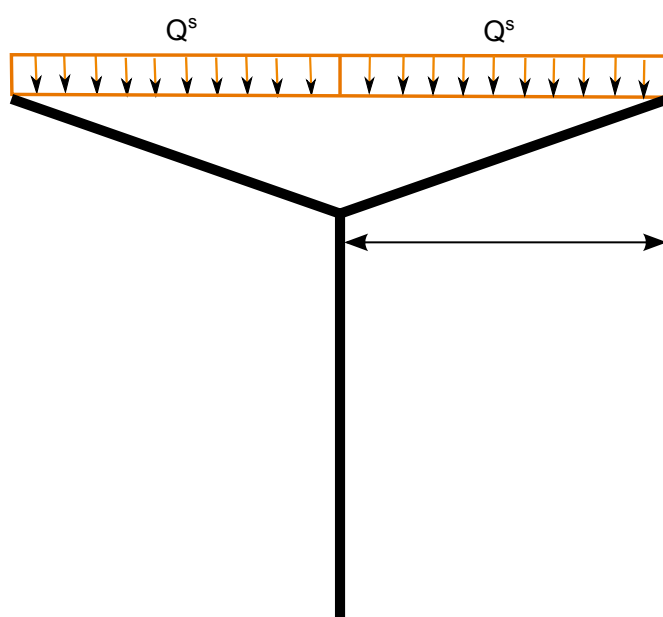
Pro správné posouzení, zda současné zastřešení vyhovuje požadavkům na únosnost a použitelnost, je třeba určit hodnoty zatěžovacích stavů. Uvažují se zatěžovací stavy vlastní tíha, sníh a vítr. Každý z těchto zatěžovacích stavů působí jiným směrem a je vztažen k jiné ploše. Vlastní tíha míří do středu Země, zjednodušeně řečeno působí kolmo k zemi a je vztažená na skutečnou plochu střechy, obrázek 2.9.

Zatížení sněhem působí stejným směrem jako vlastní tíha, tedy svisle dolů, a je vztaženo k půdorysné ploše střechy, tedy ke kolmému průmětu střechy do země, obrázek 2.10.

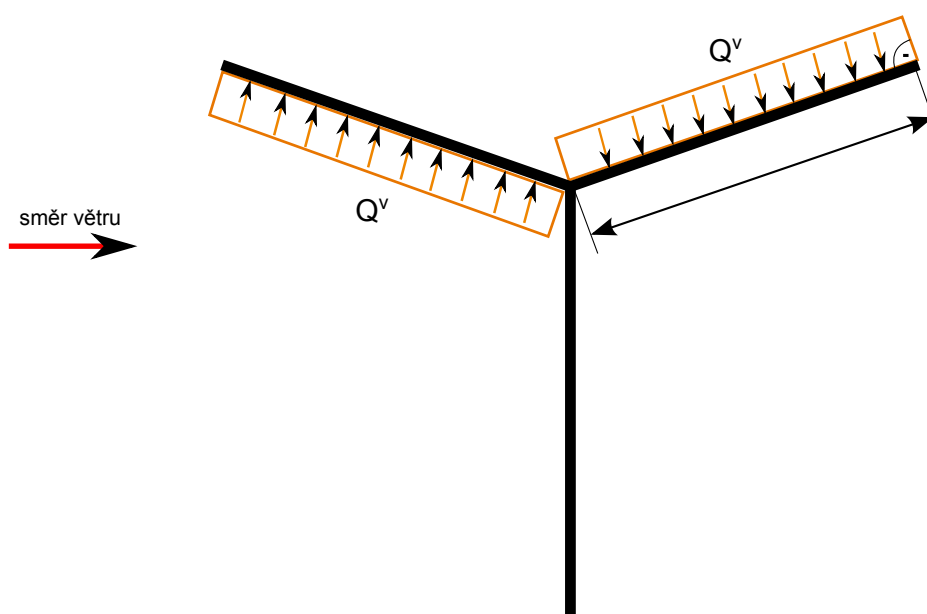
Zatížení větrem působí kolmo na střechu, a to buď tlakem nebo sáním a je vztaženo na skutečnou plochu střechy. Autobusové nádraží je téměř ze všech stran chráněno vyššími budovami. Pro zjednodušení je tedy v úvahu brán pouze směr větru, který přichází z jediné otevřené strany nádraží. Vítr vanoucí z tohoto směru působí na konstrukci zastřešení zleva, jak je naznačeno na obrázku 2.11. Vítr působí na levou část střechy sáním, na pravou část tlakem.



Obrázek 2.9: Zatížení vlašťovky vlastní tíhou



Obrázek 2.10: Zatížení vlašťovky sněhem



Obrázek 2.11: Zatížení vlašťovky větrem

## 2.2 Ověření stávající konstrukce

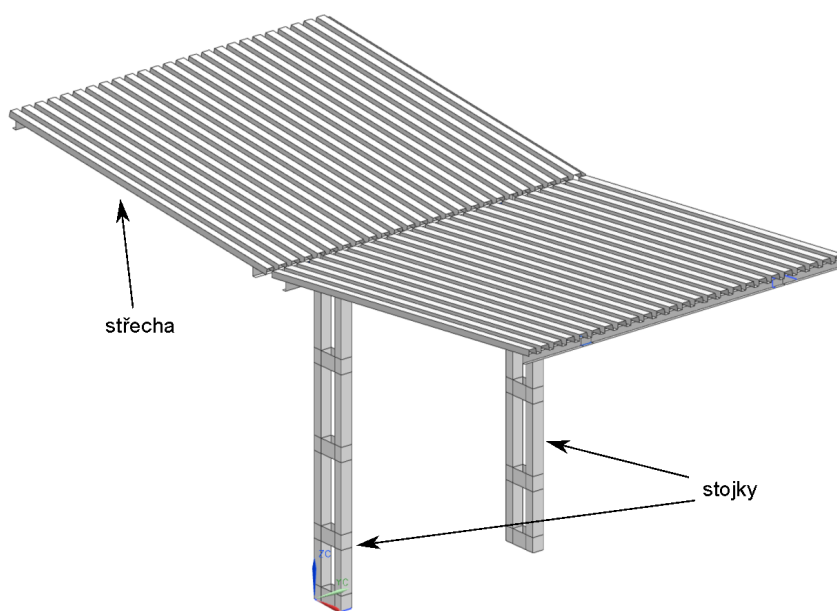
Pomocí výpočtů metodou konečných prvků (MKP) bude ověřeno, zda stávající konstrukce zastřešení autobusových stání vyhovuje požadavkům na únosnost a použitelnost. Z výsledků výpočtů bude vidět, jaké vzniká při maximálním zatížení na konstrukci napětí a jaké průhyby toto zatížení vyvolá.

### 2.2.1 Technický popis konstrukce

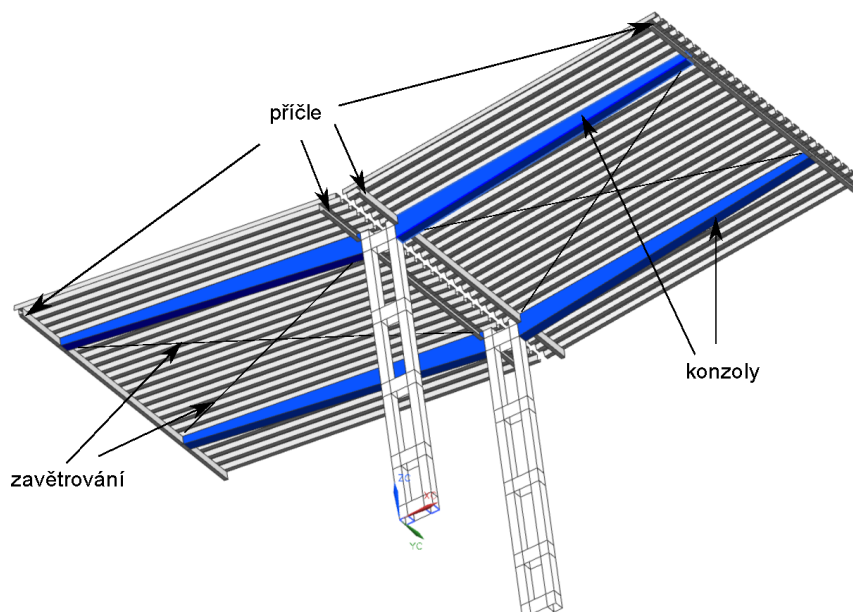
Podrobný popis zastřešení byl sestaven pomocí údajů z Technické zprávy zastřešení nástupišť CAN Plzeň z roku 1975 [1].

Zastřešení autobusových stání tvoří soubor opticky spojených, ale konstrukčně oddělených částí, tzv. vlašťovek, obrázky 2.12 a 2.13. Ocelová konstrukce stojek vlašťovek je tvořena vždy dvěma páry svařených válcovaných profilů U160, které jsou mezi sebou spojeny spojovacími plechy o rozměrech  $260 \times 200 \times 10$ . Takto vzniklý prostor slouží mimo jiné pro svod dešťové vody. Takto vytvořená stojka je oplášťována hliníkovým plechem. Konzoly stojek vlašťovek jsou složeny ze dvou profilů U160 s vloženým trojúhelníkovým plechem. Všechny spoje jsou svařované. Vždy dvě stojky jsou v příčném směru spojeny válcovanými profily U120 v jednu vlašťovku.

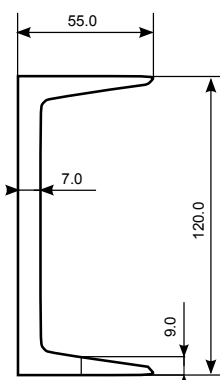
Konstrukce vlašťovek je kryta trapézovými pozinkovanými plechy tloušťky 1,3 mm (dodavatelem byly Východoslovenské železářny n.p. Košice). Konce konzol jsou zabezpečeny proti vybočení ocelovými táhly (zavětrování) z betonářské oceli  $\varnothing 12$  mm [1]. Rozměry profilů U120 a U160 jsou uvedeny na obrázcích 2.14 a 2.15.



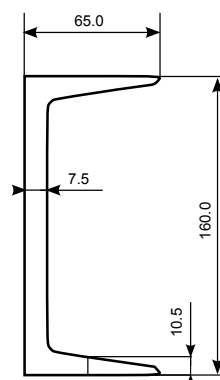
Obrázek 2.12: Model vlašťovky - pohled shora



Obrázek 2.13: Model vlašťovky - pohled zdola



Obrázek 2.14: Profil U120



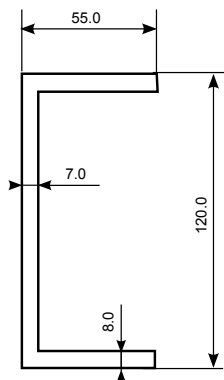
Obrázek 2.15: Profil U160

### 2.2.2 Numerická analýza

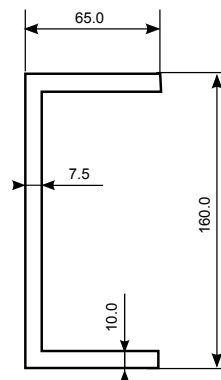
V PLM (Product Lifecycle Management) programu Siemens NX 7.5 byl vytvořen výpočtový model stávajícího zastřešení autobusové zastávky, obrázky 2.12 a 2.13. Tento program používaný především ve strojírenství, byl zvolen z důvodu příjemného uživatelského prostředí a možnosti modelování. NX 7.5 poskytuje pokročilé modelovací nástroje a zároveň v něm lze provádět MKP výpočty. V neposlední řadě poskytuje i nástroje pro konečné zpracování modelu a renderování. Také zde byla snaha vyzkoušet strojařský program pro stavařskou úlohu.

Profily U120, U160, spojovací plechy a trapézová střecha byly pro potřeby MKP výpočtů vytvořeny čtyřuzlovými skořepinovými prvky. Nosíkové prvky byly použity pro zavětrování. Do výpočtového modelu byly zadány vypočtené tloušťky skořepinových prvků tak, aby byla

zachována hodnota kvadratického modulu průřezu vzhledem ke všem osám, obrázek 2.16 a 2.16.

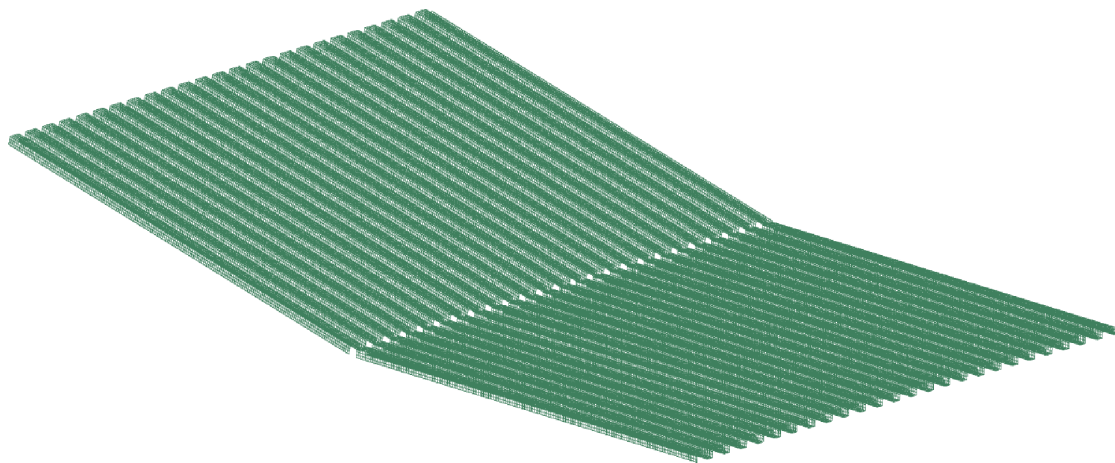


Obrázek 2.16: Tloušťka pro nasíťování profilu U120

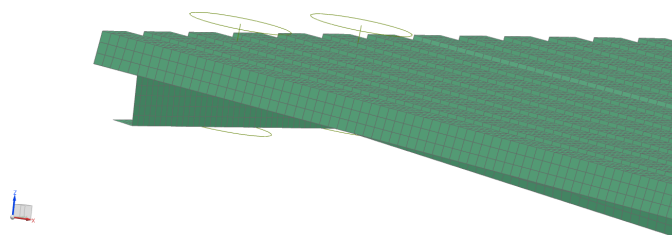


Obrázek 2.17: Tloušťka pro nasíťování profilu U160

Trapézový plech byl namodelován skořepinovými prvky tloušťky 1,3 mm, obrázek 2.18. Spojení střechy a příčlí je provedeno použitím kontaktního spojení *glue*, obrázek 2.19, které představuje pevné spojení po celé ploše příčlí. Při tomto spojení jsou posuvy v uzlech na spojených plochách stejné. Zde došlo ke zjednodušení, ve skutečnosti je na několika místech spojení šrouby. Mezi střechou a konzolami je namodelován kontakt *touching* (střecha na konzolách pouze leží).



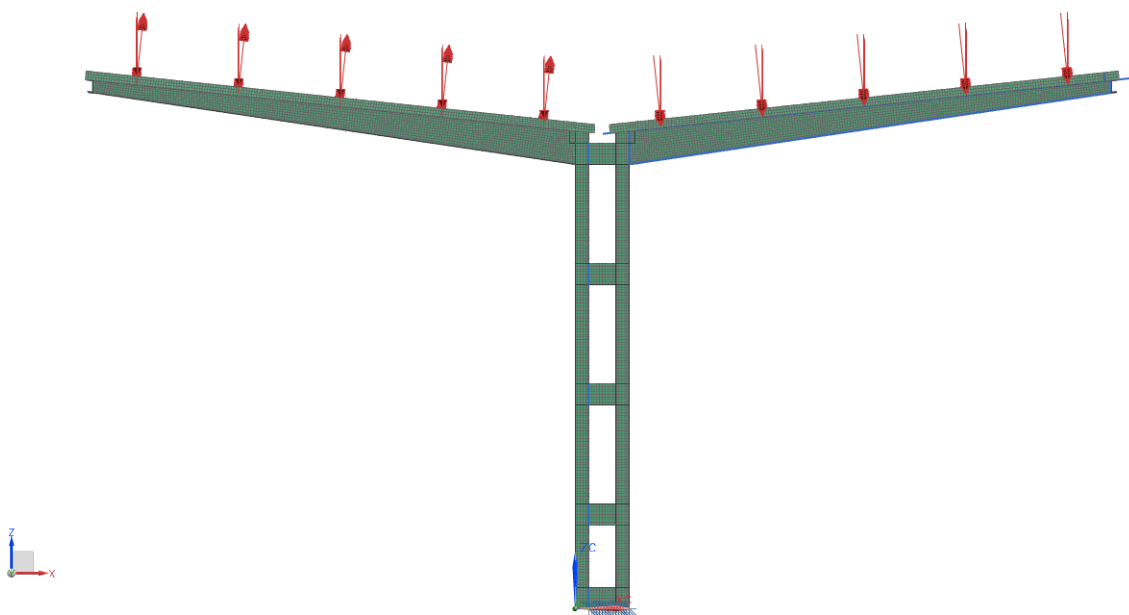
Obrázek 2.18: MKP model střechy



Obrázek 2.19: Připojení trapézového plechu k profilu

### Okrajové podmínky

Výpočtový model pro posouzení mezního stavu únosnosti je upevněn na dolní části stojek. Tam jsou odebrány všechny stupně volnosti. Pro posouzení mezního stavu použitelnosti je třeba znát pouze průhyby ocelového plechu. Z tohoto důvodu je výpočtový model upevněn na horní straně konzol a příčlí. Zatížení jsou zadána podle KZS uvedených v tabulkách 2.2 a 2.3. Okrajové podmínky pro výpočtový model pro posouzení mezního stavu únosnosti při KZS3 ukazuje obrázek 2.20.



Obrázek 2.20: Okrajové podmínky pro KZS3

**Materiálové vlastnosti** Stojky, konzoly a příčle jsou vyrobeny z ocele. Střeška je z trapézových pozinkovaných ocelových plechů tloušťky 1.3 mm. Spojky jsou z ocelového plechu o tloušťce 10 mm. Všem výše uvedeným částem byla jako materiál přiřazená běžně užívaná ocel s materiálovými vlastnostmi uvedenými v tabulce 2.10.

Modul pružnosti v tahu	210 GPa
Poissonovo číslo	0.3
Hustota	7850 kg/m <sup>3</sup>

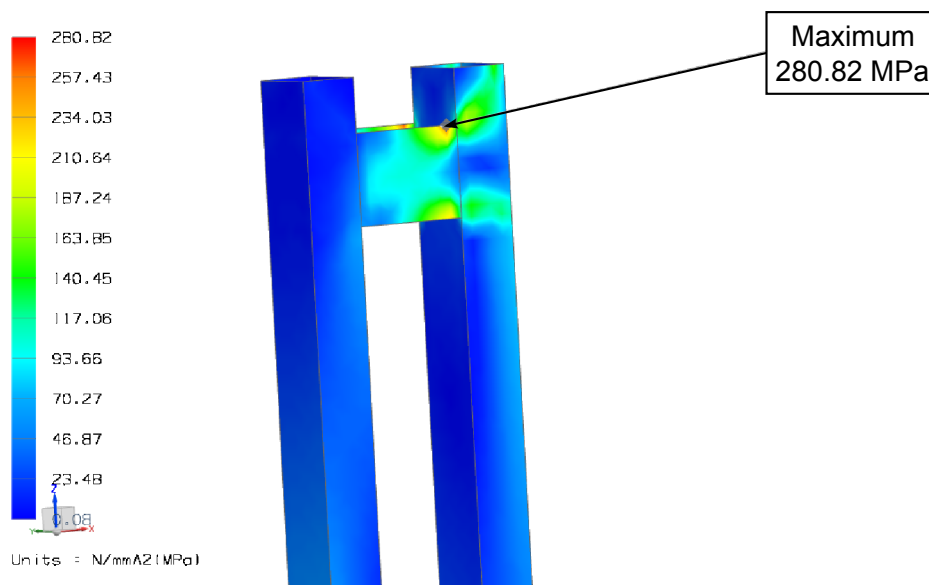
Tabulka 2.10: Materiálové vlastnosti ocele [6]

### 2.2.3 Výsledky

V následujícím odstavci budou představeny výsledky numerické analýzy zatížení stávajícího zastřešení. V tabulce 2.11 jsou přehledně uvedeny maximální průhyby ve směru  $z$  a maximální napětí podle hypotézy Von-Mises při zatížení jednotlivými kombinacemi zatěžovacích stavů. Z výsledků vyplývá, že k největšímu napětí i k největším posuvům dojde při KZS3. Detail místa spojení stojek pásky, kde dochází k největšímu napětí, je vidět na obrázku 2.21. Na obrázku 2.22 jsou posuvy od KZS3.

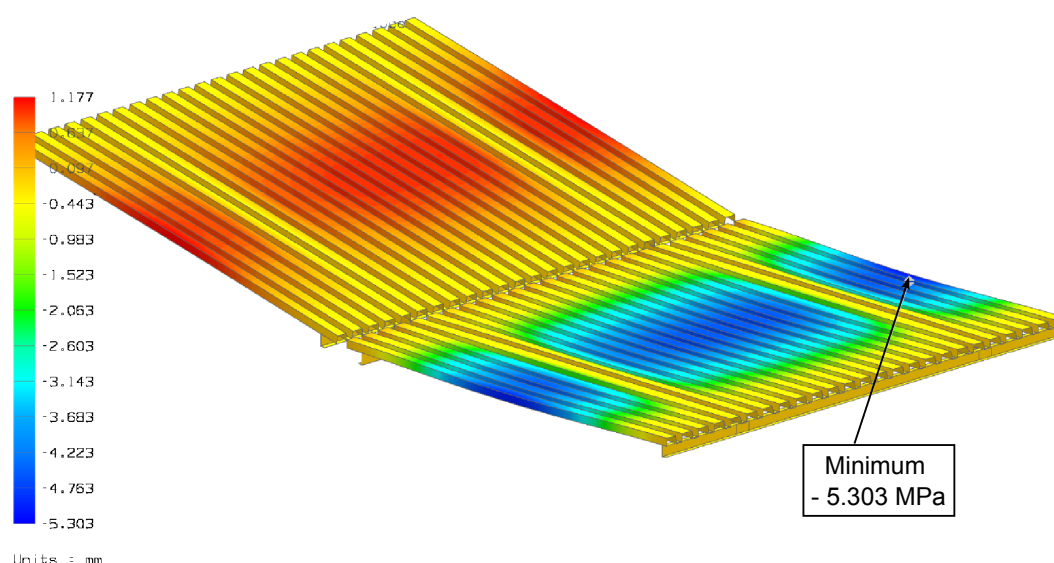
KZS	Max. napětí [MPa]	Max. průhyb [mm]
KZS1	200,39	133,76
KZS2	209,85	145,50
KZS3	280,82	149,54

Tabulka 2.11: Výsledné max. napětí a průhyb pro všechny KZS



Obrázek 2.21: Detail největšího napětí od KZS3





Obrázek 2.22: Posuvy od KZS3

### Mezní stav únosnosti

Konstrukce je nejvíce namáhaná v případě zatížení KZS3, tj. při působení vlastní tíhy, sněhu a větru zároveň. Napětí odpovídající mezi kluzu použité oceli je 210 MPa. Z obrázku 2.21 je patrné, že v místě spojení stojek dochází k největšímu napětí 280 MPa. Z tohoto důvodu stávající konstrukce nevyhovuje.

### Mezní stav použitelnosti

Podle údajů výrobce unese trapezový profil č. 12103 na rozpětí 5 m při průhybu  $y = \frac{1}{200}l$  zatížení  $g = 140 \text{ kgm}^{-2}$  [1].

Podle statického výpočtu z roku 1975, kde se uvažuje zatížení sněhem, větrem směrem dolů a vlastní vahou plechů, navržený profil 12103 vyhoví, obrázek 2.23.

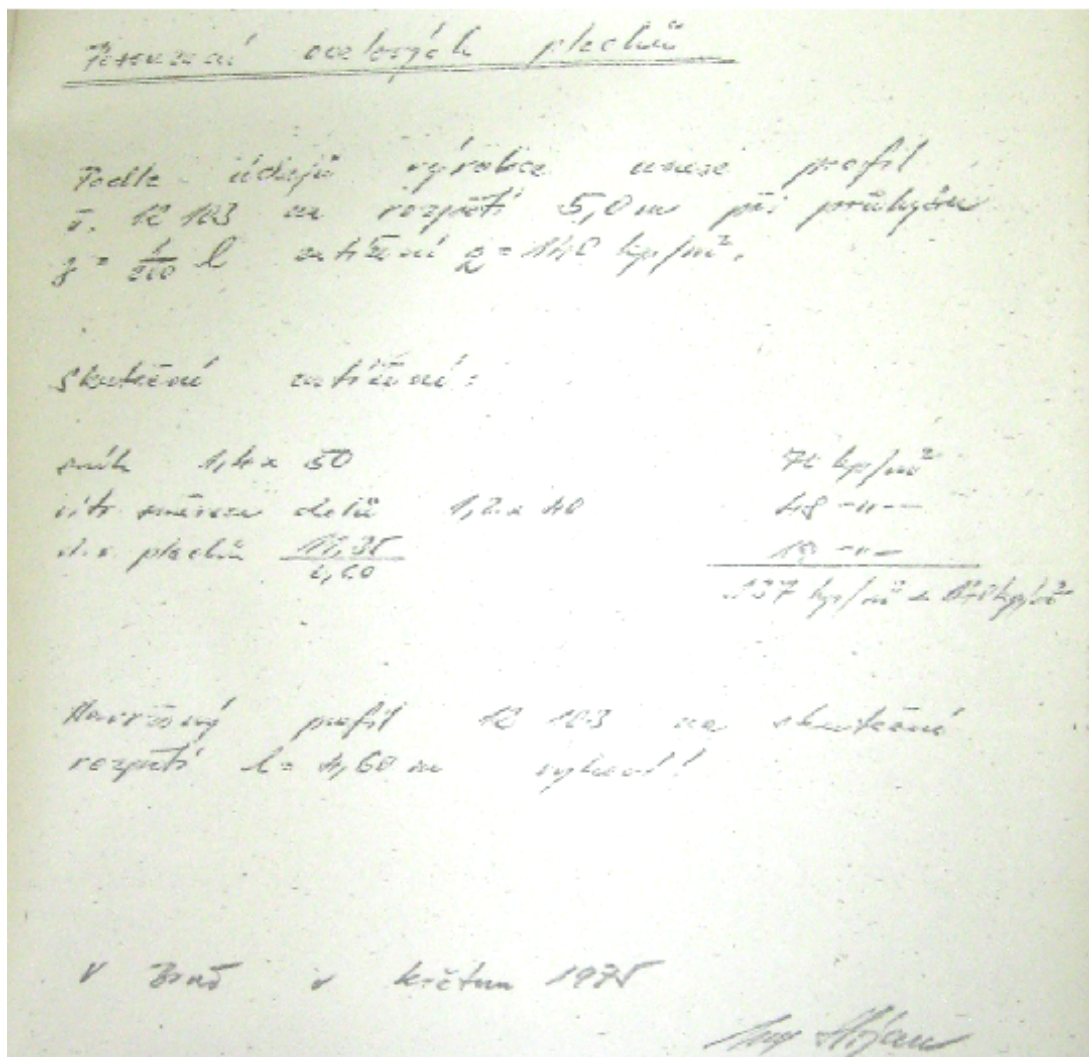
Na rozpětí 4,6 m se maximální průhyb trapezového plechu vypočte jako

$$u_{max} = \frac{4600}{200} = 23 \text{ mm.} \quad (2.14)$$

Z obrázku 2.22 je vidět, kde k maximálnímu průhybu dojde a že jeho hodnota je 5,3 mm.

$$\begin{aligned} u &\leq u_{max} \\ 5,3 &\leq 23 \end{aligned} \quad (2.15)$$

Trapezový plech vyhovuje požadavkům na použitelnost. Závěr statického posudku z roku 1975 je tedy správný.



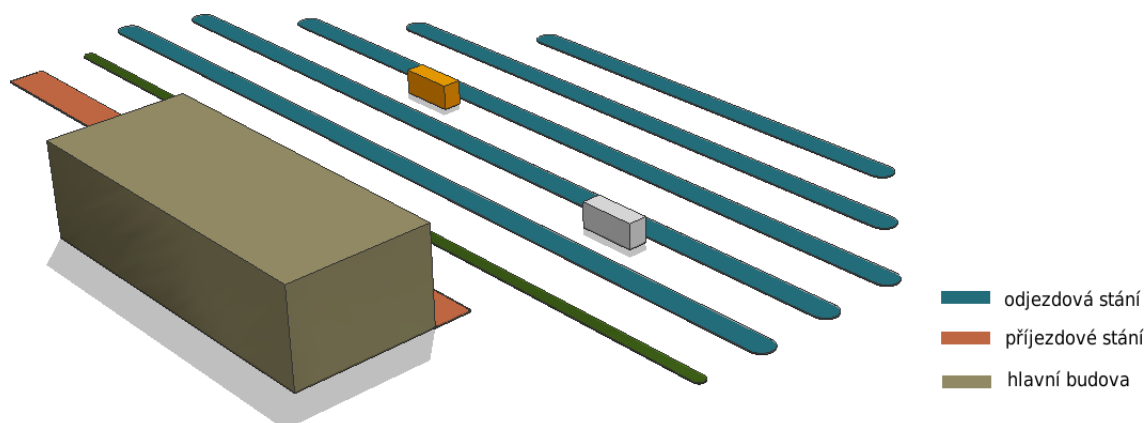
Obrázek 2.23: Posouzení ocelových plechů, převzato z [1]

### 3 Nové zastřešení

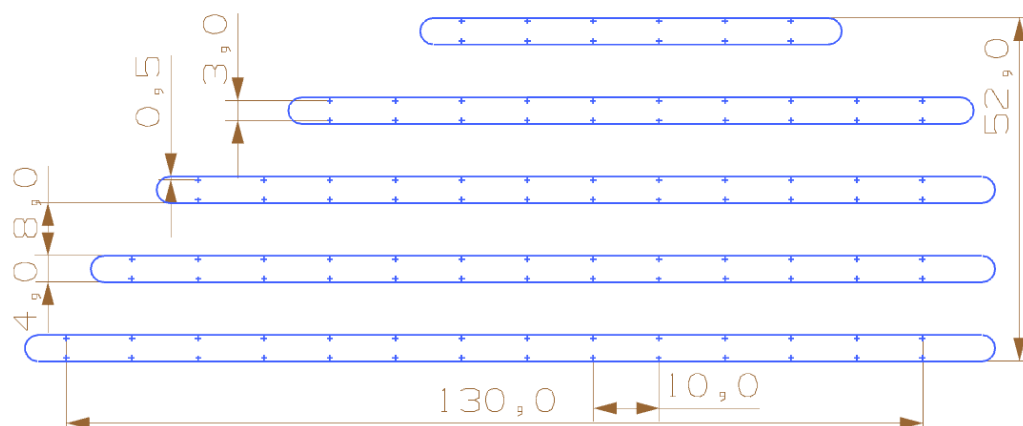
Při navrhování nového zastřešení odjezdových stání byly brány v úvahu dva hlavní předpoklady. Hlavním kritériem jsou samozřejmě finance a tedy snaha o co nejlevnější návrh změny zastřešení. S tím souvisí zachování stávajících stojek. Při zachování stojek se ušetří především za náklady spojené s vybouráváním betonu, do kterého jsou tyto stojky zalité. Ve stojkách je zároveň umístěn systém odvodnění. Před rekonstrukcí by však musela být prověřena spolehlivost těchto stojek z důvodu zjištěných možných velkých namáhání od stávajícího zastřešení. Jak bylo uvedeno dříve, tato namáhání překračují při maximálním zatížení mez kluzu ocele.

Druhým předpokladem nového návrhu je celkový vzhled zastřešení autobusových stání. Pro větší komfort uživatelů nástupišť bude navržena střecha, která bude přesahovat do vozovky, aby při nastupování nepršelo „lidem za krk“. Krytina z průhledného materiálu celý prostor více prosvětlí.

Na obrázku 3.1 je vidět situace na CAN v Plzni. Odjezdová stání jsou rozdělena do 5 řad. První řada je určena pro dálkové spoje, poslední řada pro zájezdové autobusy. Stálo by za zamyšlení, zda není odjezdových stání zbytečně mnoho. Dalším návrhem by proto mohla být jejich redukce a tedy ušetření nákladů za nové zastřešení nevyužívaných stání. Příjezdové stání sousedí s hlavní budovou a je plně zastřešeno.



Obrázek 3.1: Plánek



Obrázek 3.2: Půdorys nástupišť (rozměry v [m])

### 3.1 Normy pro autobusová stání

Zastřešení nástupišť na autobusovém nádraží musí splňovat normu pro navrhování přestupních uzlů a stanovišť [8]. Vybrané části této normy následují.

S důrazem na minimalizaci časových ztrát se při návrhu přestupního uzlu věnuje pozornost především posouzení skutečných časových ztrát při  $t_{\text{přesunu}}$  s měrnými časovými ztrátami. Přestupní uzly se navrhují tak, aby průměrné časové ztráty významnou měrou nepřesahovaly základní hodnoty uvedené v tabulce 5.1 a pouze ve výjimečných případech dosahovaly, případně překračovaly hodnoty uvedené v závorkách [8].

Pro přepravní vztah mezi silniční linkovou osobní dopravou a železniční dopravou je tato hodnota 4,5 (6,0) minut, z čehož vyplývá, že poloha současného CAN a Hlavního vlakového nádraží v Plzni normě neodpovídá. Jen čistý čas přejezdu tramvaje mezi těmito dvěma místy je 8 minut.

Při návrhu nového, či rekonstrukci stávajícího autobusového nebo železničního nádraží je nutné v maximální možné míře provázat oba druhy dopravy. Pokud je to s ohledem na místní podmínky možné, navrhují se přednostně přestupní uzly, ve kterých je společně řešena autobusová doprava, železniční doprava i městská linková osobní doprava [8].

Výška nosné konstrukce zastřešení nad odjezdovým/příjezdovým stáním se navrhuje 4,2 m [8].

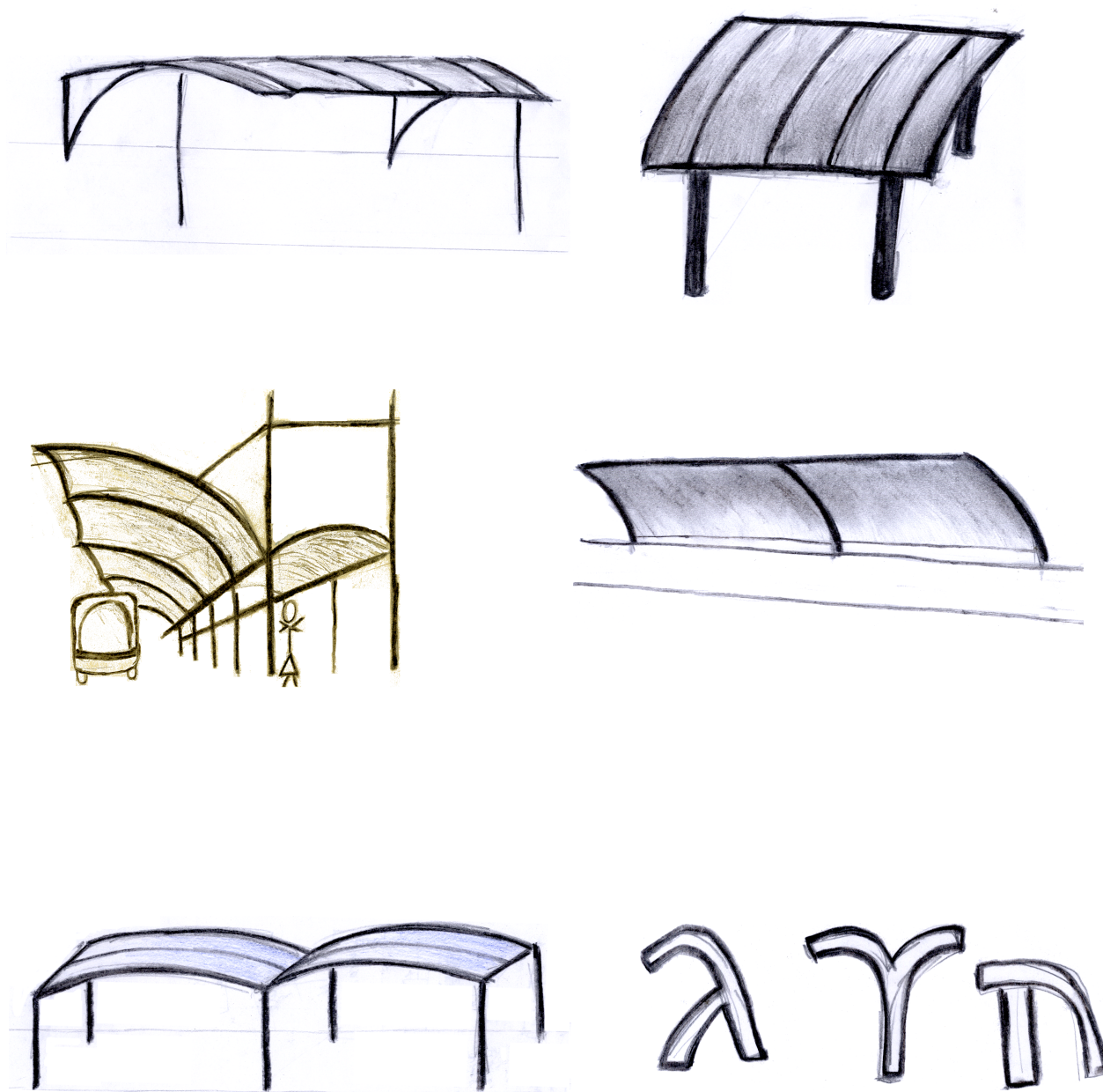
Současné zastřešení má výšku 3,65 m a proto mají některé vyšší autobusy problémy s přistavením k nástupišti.

Podle základních druhů nástupišť je na plzeňském CAN nástupiště boční s podélným řazením, což odpovídá přestupnímu uzlu regionálního a nadregionálního významu. Dle schématu v tabulce 5.4 a tabulky 5.5 je nejmenší doporučený přesah zastřešení nad příjezdové/odjezdové stání 1 m. V současnosti je tento přesah pouze 0,5 m.

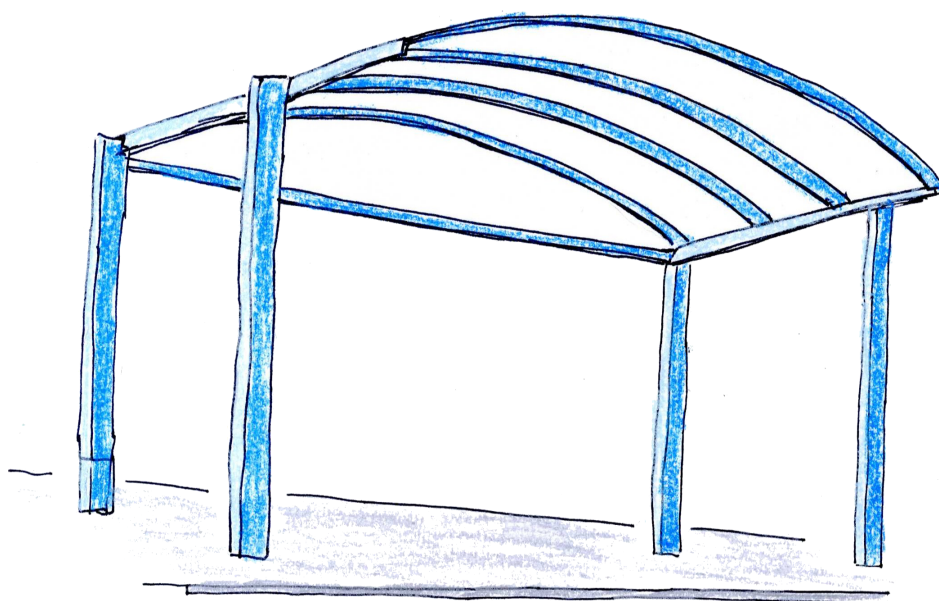
## 3.2 Navržená řešení

Na počátku návrhu nového zastřešení autobusových stání stálo hledání tvaru zastřešení. Při vytváření a následném zpracování velkého množství skic došlo k posunu od prvních hříček k jednoduchému a elegantnímu tvaru. Prvotní myšlenka spočívala na určitém vyjádření toho, že se jedná o autobusové nádraží v Plzni. Od nápadu na ztvárnění půllitru piva se táhla linka k tvarům kontroverzních kašen na plzeňském náměstí. Dále už se směr ubíral čistě prakticky a ekonomicky.

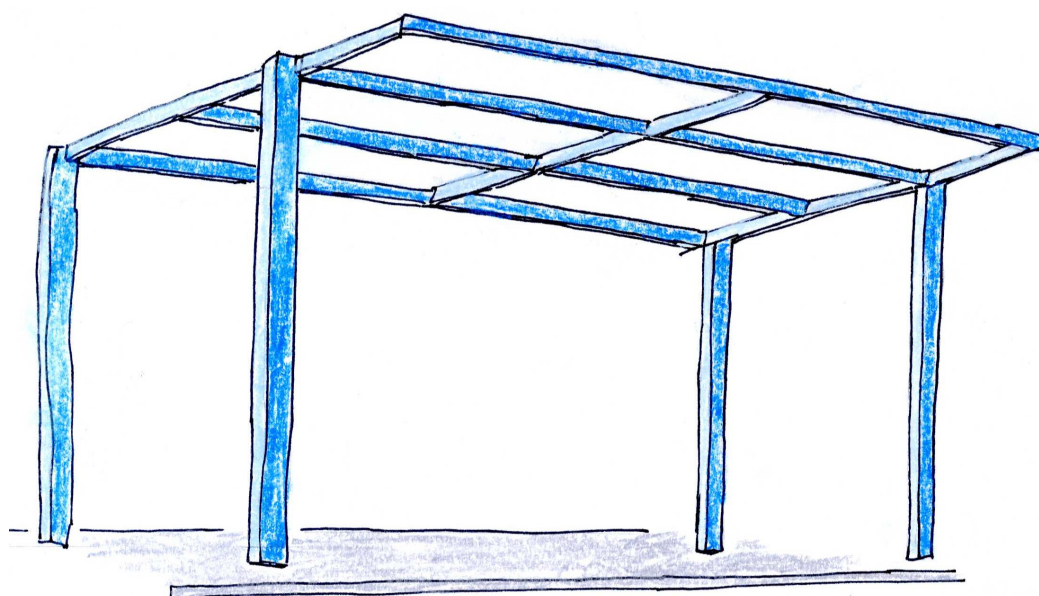




Z vybraných skic se nakonec přistoupilo ke dvěma návrhům, a to ke střeše šikmé a obloukové. Podrobnější zpracování je na obrázku 3.3 a 3.4. Tato dvě řešení byla dále zpracována pomocí PLM programu Siemens NX 7.5. Namodelování navrženého zastřešení ve 3D programu je velice důležité pro další zhodnocení. Na počítači je potom jednoduché a rychlé prohlížení návrhu ze všech stran užitečnou pomůckou.



Obrázek 3.3: Návrh obloukové střechy



Obrázek 3.4: Návrh šikmé střechy

### 3.2.1 Vybrané materiály

Důležitým hlediskem je vybrání použitého materiálu jak na samotnou konstrukci, tak na krytinu. Na konstrukci zastřešení byla zvolena klasická ocel S235. Tato běžně používaná ocel byla zvolena jako nejlevnější varianta. Při volbě barvy ocelové konstrukce bylo přihlédnuto k psychologii barev. Byla navržena modrá a bílá barva nátěru. Modrá barva uklidňuje, bílá symbolizuje čistotu, svobodu a mír [16].

Aby celkový prostor autobusových stání působil prosvětleněji, bylo navrženo použití průhledného materiálu na zastřešení. Na zastřešení nejrozličnějších přístřešků se v dnešní době velmi často využívají komůrkové polykarbonátové desky. Z tohoto důvodu byly zvoleny méně okoukané trapézové polykarbonátové desky, které jsou známé pro své časté použití při zastřešování pergol, obrázek 3.5. Trapézové desky z polykarbonátu mají největší propustnost světla ze všech možných dostupných materiálů na trhu, u čirých desek je až 88%. Jsou odolné proti rozbití a proražení od krup. Desky jsou ohybatelné za studena [17]. Verze CSE jsou desky s jednostrannou povrchovou strukturou - krupičkou na vnitřní straně určenou pro rozptýl světla. Povrchová krupička láme světlo, takže desky nejsou úplně průhledné, ale průsvitné a vzniká pod nimi příjemný jemný chládek při zachování světelné propustnosti. Část paprsků díky svému lomu na krupičce zůstane v materiálu, takže deska se při nasvícení sluncem rozzáří. Povrchová krupička je vyrobena mechanicky vylisováním na vnitřní povrch desky. MARLON CSE má co-extrudovaný (přitavený) oboustranný UV filtr, který brání stárnutí a změně mechanických vlastností desek. Záruka je 10 let [17].

Sklon trapézových desek zároveň usnadní odvádění dešťové vody směrem do okapu a zamezí se tak nechtěnému unikání vody jinými směry, což zvýší komfort uživatelů autobusového nádraží.



Obrázek 3.5: Trapézová deska z polykarbonátu [17]

Materiálové vlastnosti jsou uvedeny dále v kapitole 3.4, která se zabývá samostatnou analýzou zastřešení.



### 3.3 Stanovení zatěžovacích stavů pro posouzení navržené konstrukce

Zatěžovací stavy byly stanoveny pro šikmou a obloukovou střechu. Všechna zatížení se vztahují k poloze autobusového nádraží v Plzni. Při výpočtu zatížení se vychází z norem popsanych v kapitole 2.1. Hodnoty pro zatížení sněhem pro šikmou střechu jsou stejné jako u současných vlašovek. U zatížení větrem je rozdíl pouze v součiniteli výsledného tlaku větru. Na obrázcích 3.7 - 3.9 je názorně ukázáno, jak které zatížení působí. U výpočtu zatížení pro obloukovou střechu jsou vztahy opět podobné.

V tabulce 3.1 jsou přehledně uvedeny použité kombinace zatěžovacích stavů jak pro šikmou, tak pro obloukovou střechu. Ve všech kombinacích působí jako stálé zatížení vlastní tíha. Návrhové hodnoty zatížení  $Q_d$  slouží pro ověření mezního stavu únosnosti, charakteristické hodnoty  $Q_k$  se použijí pro ověření mezního stavu použitelnosti.

U šikmé střechy bylo určeno 5 kombinací zatěžovacích stavů. Jsou to kombinace současného působení vlastní tíhy konstrukce a sněhu (KZS1), vlastní tíhy konstrukce a větru sáním (KZS2) a vlastní tíhy konstrukce a větru tlakem (KZS3).

V dalších se kromě vlastní tíhy konstrukce kombinují zatížení sněhem a větrem sáním (KZS4) a sněhem a větrem tlakem (KZS5). U obloukové střechy jsou kombinace zatěžujících stavů pouze 3. To proto, že vítr zde působí pouze sáním.

Proměnná zatížení									
	Sníh			Vítr					
				Shora			Zdola		
Šikmá	$Q_k^s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$\gamma_Q$ [-]	$Q_d^s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$Q_k^{v_a}$	$\gamma_Q$	$Q_d^{v_a}$	$Q_k^{v_b}$	$\gamma_Q$	$Q_d^{v_b}$
KZS1	0,56	1,50	0,84						
KZS2							-1,09	1,50	-1,64
KZS3				1,25	1,5	1,87			
KZS4	0,56	1,50	0,84·0,5				-1,09	1,50	-1,64
KZS5	0,56	1,50	0,84·0,5	1,25	1,5	1,87			
Oblouková	$Q_k^s$	$\gamma_Q$	$Q_d^s$	$Q_k^{v_a}$	$\gamma_Q$	$Q_d^{v_a}$	$Q_k^{v_b}$	$\gamma_Q$	$Q_d^{v_b}$
KZS1	0,84	1,50	1,26						
KZS2							-0,66	1,50	-0,99
KZS3	0,84	1,50	1,26				-0,66	1,50	-0,99·0,6

Tabulka 3.1: Vybrané kombinace zatěžovacích stavů, vypočteno dle [2], [4] a [5]

#### 3.3.1 Šikmá střecha

Předchozí tabulka 3.1 obsahuje konečné hodnoty zatížení sněhem a větrem. Výpočet zatížení sněhem u šikmé střechy pro sklon střechy menší než 30° se počítá stejně jako u současného

řešení.

Výpočet zatížení větrem je obdobný jako u vlaštoky, rozdíl je v součiniteli výsledného tlaku větru  $c_{p,net}$ .

Pro konstrukci se šikmou střechou platí součinitel plnosti  $\varphi = 0$  (prázdné, volně stojící přístřešky) a oblast zatížení podle obrázku 3.6 [5].

Výsledné součinitele tlaku větru  $c_{p,net}$  pro úhel sklonu střechy  $10^\circ$  jsou uvedeny v tabulce 3.2. Kladné znaménko platí pro tlak, záporné znaménko pro sání, obrázek (3.9). Pro zjednodušení výpočtu se bude uvažovat vždy maximální součinitel tlaku pro celou konstrukci (poslední sloupec v tabulce 3.2).

Pro zatížení konstrukce tlakem platí vztah [5]

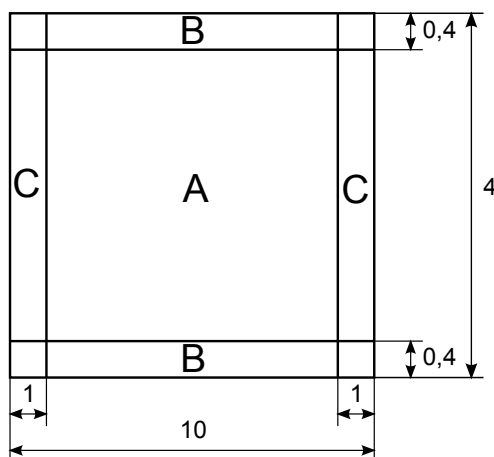
$$w_a = q_p(h)c_{p,net1} \tag{3.1}$$

Pro zatížení konstrukce sáním platí vztah

$$w_b = q_p(h)c_{p,net2} \tag{3.2}$$

Oblast	Oblast A	Oblast B	Oblast C	Maximum
$c_{p,net1}$	1,2	2,4	1,6	2,4
$c_{p,net2}$	- 1,5	-2,0	-2,1	-2,1

Tabulka 3.2: Součinitele výsledného tlaku větru pro úhel sklonu šikmé střechy  $10^\circ$  [5]



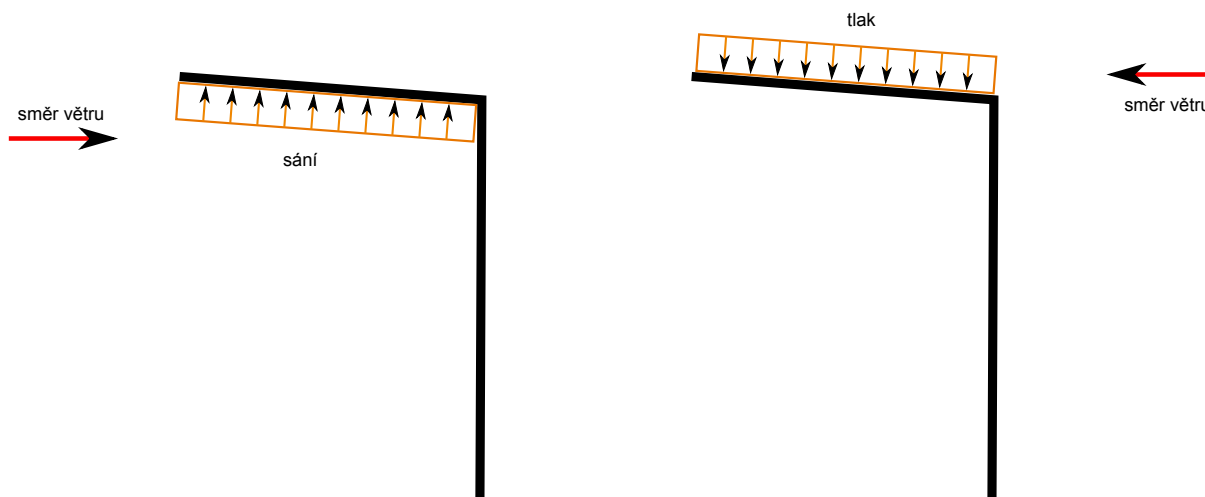
Obrázek 3.6: Oblasti zatížení větrem [5]



Obrázek 3.7: Zatížení vlastní tíhou



Obrázek 3.8: Zatížení sněhem



Obrázek 3.9: Zatížení větrem

### 3.3.2 Oblouková střecha

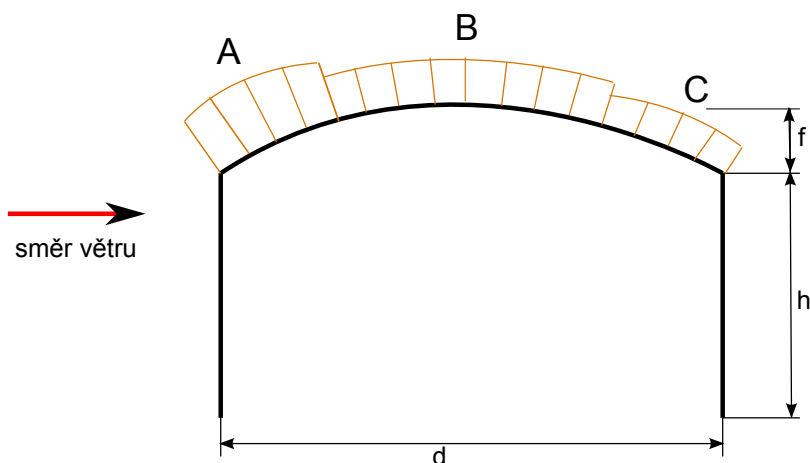
Pro zatížení sněhem na střechách platí vztah (2.11)

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Pro tvarový součinitel zatížení sněhem pro obloukovou střechu s poměrem  $h/b = 0,1$ , kde  $h = 1$  m je výška oblouku a  $b = 10$  m je šířka konstrukce platí vztah [4]

$$\mu_i = 0,2 + 10h/b = 1,2. \quad (3.3)$$

Doporučené hodnoty součinitele výsledného tlaku větru  $c_{p,net}$  pro konstrukci s obloukovou střechou jsou uvedeny v [4] na straně 44. Výška oblouku  $f = 1$  m ve výšce  $h = 5$  m, rozpětí  $d = 10$  m. Výsledné součinitele tlaku větru  $c_{p,net}$  pro obloukovou střechu jsou uvedeny v tabulce 3.3. Oblasti zatížení větrem je možno vidět na obrázku 3.10. Pro zjednodušení výpočtu se bude uvažovat vždy maximální součinitel tlaku pro celou konstrukci, který je uveden v posledním sloupci v tabulce 3.3. Ze záporného znaménka součinitele výsledného tlaku větru lze usuzovat, že jde o sání.

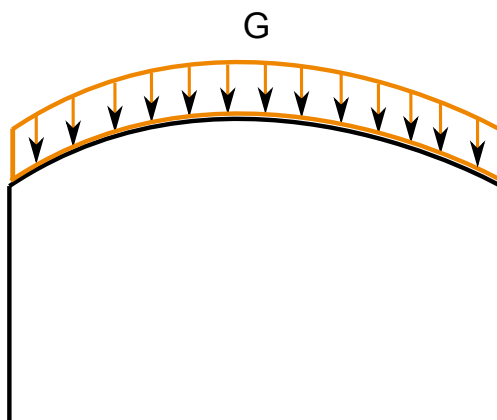


Obrázek 3.10: Oblasti zatížení větrem

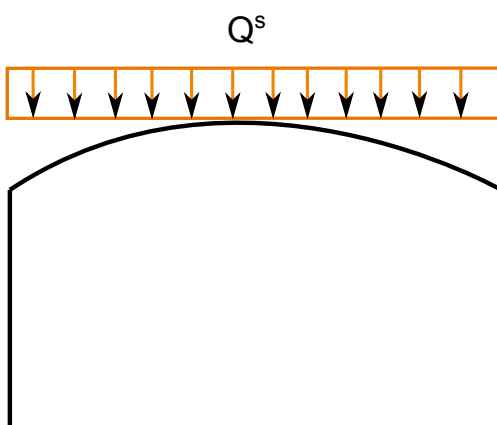
Oblast	Oblast A	Oblast B	Oblast C	Maximum
$c_{p,net}$	-1,2	-0,8	-0,4	-1,2

Tabulka 3.3: Součinitele výsledného tlaku větru pro obloukovou střechu [5]

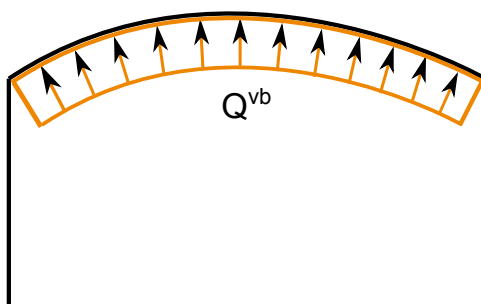
Stejně jako v předchozích případech působí u obloukové střechy vlastní tíha a sníh svisle dolů a vítr kolmo na zatěžovací plochu, obrázky 3.11, 3.12, 3.13. Zatížení vlastní tíhou a větrem jsou vztažena na skutečnou plochu střechy, zatížení sněhem je vztaženo k půdorysné ploše střechy. Vítr v tomto případě působí pouze sáním.



Obrázek 3.11: Zatížení vlastní tíhou



Obrázek 3.12: Zatížení sněhem



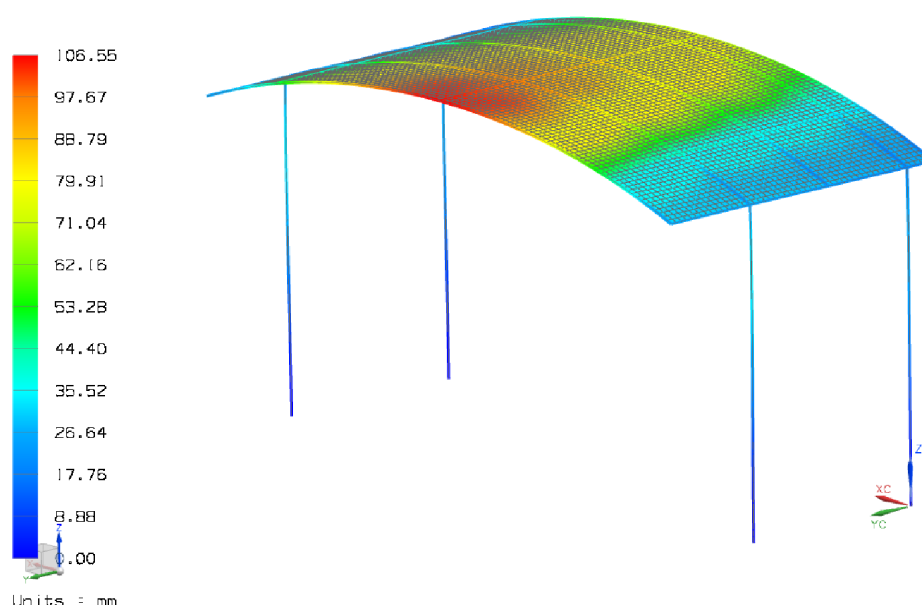
Obrázek 3.13: Zatížení větrem

## 3.4 Ověření navržených konstrukcí

Pro výsledné dva návrhy, šikmou střechu a obloukovou střechu, byly nejprve vytvořeny modely pro MKP analýzu pomocí nosníkových prvků. Vytvořit tyto modely je rychlejší, dávají však méně přesné výsledky. Po zhodnocení výsledků těchto výpočtů bylo rozhodnuto pro konečný návrh šikmé střechy z několika důvodů, které budou dále vysvětleny. Výsledný návrh byl namodelován skořepinovými prvky. Vytvořit takový model pro MKP analýzu je mnohem více časově náročnější, poskytuje však lepší představu o tom, jak je konstrukce namáhána.

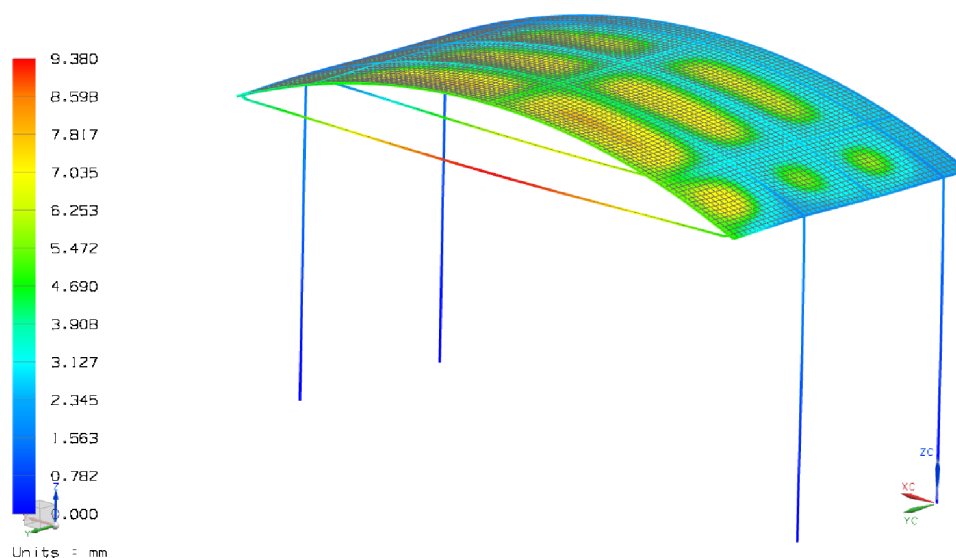
### 3.4.1 Výběr tvaru zastřešení

Na obrázcích 3.14 a 3.15 je oblouková střecha vytvořená nosníkovými prvky. Tento jednoduchý model poskytl důležité informace o tom, jak by se musela oblouková střecha správně navrhnout. Z obrázku 3.14 je jasně vidět, že v případě samotného oblouku dochází při zatížení k velmi vysokému průhybu oblouku, řádově v desítkách milimetrů. Na druhém obrázku je oblouk vyztužen podélným nosníkem. V takovém případě dochází k až desetkrát menšímu průhybu. Pokud by se tedy u obloukové střechy musely přidat tyto podélné nosníky, stejně tak dobře poslouží i střecha šikmá. Není tedy důvod zastřešení zbytečně navyšovat o oblouky.



Obrázek 3.14: Průhyb obloukové střechy vytvořené nosníkovými prvky

Kromě výše uvedeného jsou dalšími důvody pro výběr šikmé střechy tvar zastřešení, který lépe usměrní odtok vody, nebude také docházet k nechtěnému skluzávání sněhu jiným směrem než dozadu. Dále pak rozhoduje celkový vzhled autobusových stání. V



Obrázek 3.15: Průhyb obloukové střechy s podélnými nosníky

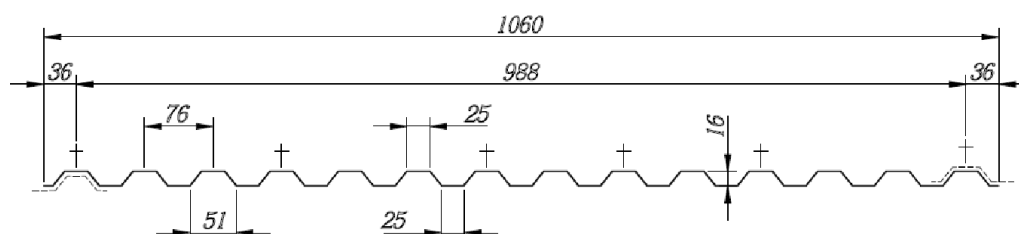
případě šikmých střech budou jednotlivé díly na sebe navazovat a celá jedna řada bude v rovině. Obloukové řešení by působilo zbytečně nesourodě.

### 3.4.2 Šikmá střecha

Ke konečnému zpracování byla vybrána šikmá střecha. Základem konstrukce nového zastřešení jsou původní stojky zastřešení starého. K těmto stojkám jsou přivařeny nosníky obdélníkového průřezu, obrázek 3.17. Kromě stávajících stojek je celá konstrukce tvořena uzavřenými obdélníkovými ocelovými taženými profily velikosti  $140 \times 85$  a  $50 \times 30$ , tabulka 3.4. Krytina je z trapézového polykarbonátu profilu 76/16, obrázek 3.16.

Rozměr [mm]	Tloušťka stěny [mm]
$50 \times 30$	3
$140 \times 85$	5

Tabulka 3.4: Rozměry použitých ocelových nosníků [18]



Obrázek 3.16: Rozměry trapézového polykarbonátu [17]



Obrázek 3.17: Konstrukce navrženého řešení

### Numerická analýza

Cílem MKP analýzy bylo určit napětí a posuvy vznikající na konstrukci při daných zatěžovacích stavech. Za tímto účelem byl vytvořen MKP model pomocí čtyřuzlových skořepinových prvků. Způsob namodelování stojek zůstal stejný jako při ověřování stávajícího řešení. Tloušťka skořepinových prvků u nosníků  $140 \times 85$  je 5 mm, tloušťka skořepinových prvků u nosníků  $50 \times 30$  je 3 mm, elementy použité na krytinu mají tloušťku 0,8 mm. Celá MKP síť byla vytvořena manuálně. Materiálové vlastnosti použitých materiálů jsou uvedeny v následující tabulce 3.5.

	Ocel	Polykarbonát
Modul pružnosti v tahu [GPa]	210	2,5
Poissonovo číslo [-]	0.3	0.4
Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	7850	1200

Tabulka 3.5: Materiálové vlastnosti použité ocele a polykarbonátu [6], [17]

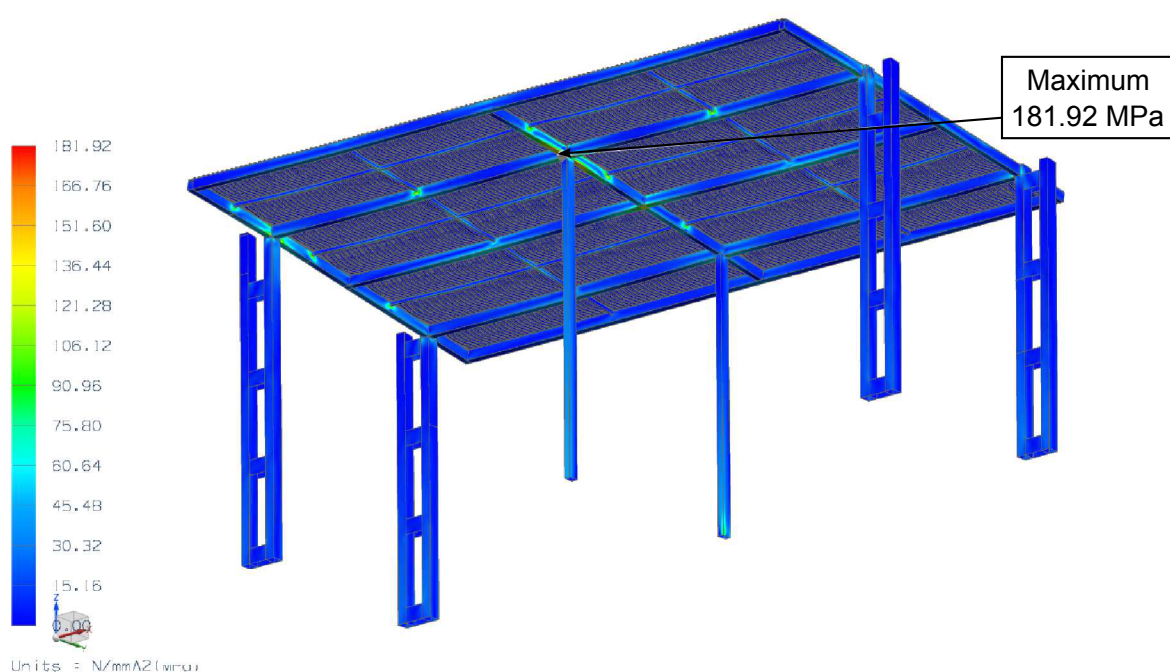


### 3.4.3 Výsledky

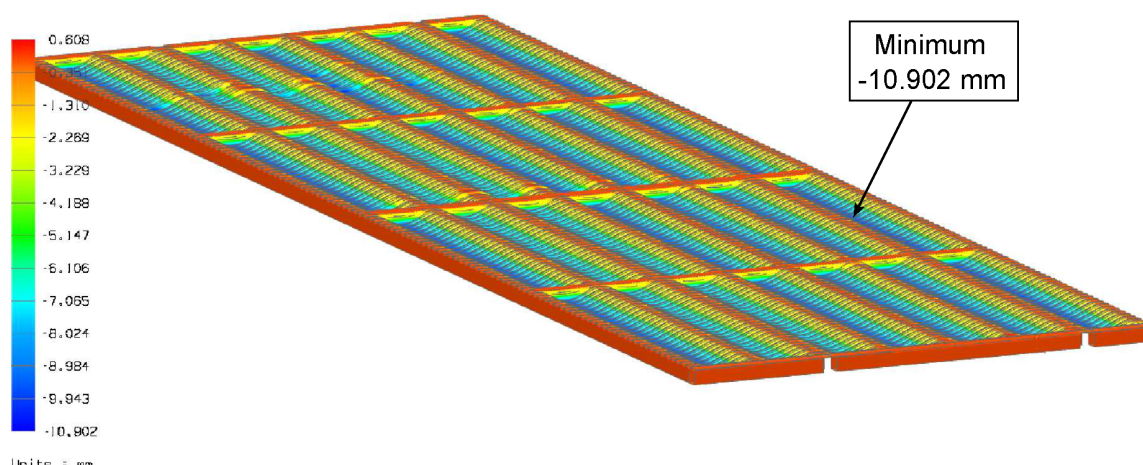
V následujícím odstavci budou představeny výsledky numerické analýzy zatížení nově navrženého zastřešení. V tabulce 3.6 jsou přehledně uvedeny maximální průhyby ve směru  $z$  a maximální napětí podle hypotézy Von-Mises při zatížení jednotlivými kombinacemi zatěžovacích stavů. Z výsledků vyplývá, že k největšímu napětí i k největším posuvům dojde při KZS5. K největšímu napětí dochází v přední části konstrukce zespodu, jak je vidět na obrázku 3.18. Na obrázku 3.19 jsou posuvy od KZS5.

KZS	Max. napětí [MPa]	Max. průhyb [mm]
KZS1	85,42	3,95
KZS2	88,82,82	-7,67
KZS3	154,15	8,97
KZS4	66,94	-5,53
KZS5	181,92	10,90

Tabulka 3.6: Výsledné max. napětí a průhyb pro všechny KZS



Obrázek 3.18: Napětí od KZS5



Obrázek 3.19: Posuvy od KZS5

### 3.4.4 Mezní stav únosnosti

Napětí odpovídající mezi kluzu použité oceli je  $f_y = 235$  MPa. Hodnota dílčího součinitele spolehlivosti materiálu je  $\gamma_m = 1,0$  [6]. Charakteristická pevnost oceli  $f_k = f_y$ , pro návrhovou pevnost  $f_d$  potom platí

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa.} \quad (3.4)$$

Z obrázku 3.18 je patrné, že maximální hodnota napětí na konstrukci dosahuje 195 MPa a konstrukce tedy vyhovuje.

### 3.4.5 Mezní stav použitelnosti

Podle údajů výrobce je limitní průhyb pro polykarbonátovou trapézovou desku  $\frac{1}{30}$  rozteče podpěr s bezpečnostním koeficientem 20 % [17]. Rozteče všech podpěr v navrženém řešení jsou vzdáleny 750 mm, maximální dovolený průhyb se tedy získá

$$u_{max} = \frac{750}{30} - 0,2\left(\frac{750}{30}\right) = 20 \text{ mm.} \quad (3.5)$$

Pro výpočet a porovnání s mezním stavem použitelnosti se použijí charakteristické hodnoty zatížení. Z obrázku 3.19 je vidět, že maximální průhyb polykarbonátové desky v navrženém řešení je maximálně 10,9 mm. Navržený materiál krytiny tedy při maximálním zatížení vyhoví podmínce

$$u \leq u_{max}, \quad (3.6)$$

$$10,9 \leq 20.$$

## 4 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení a ověření stavu zastřešení autobusových stání na centrálním autobusovém nádraží v Plzni podle platných norem. Po zjištění nedostatků na konstrukci stávajícího zastřešení bylo navrženo zastřešení nové, splňující jak zásady pro navrhování konstrukcí, tak zásady pro navrhování přestupních uzlů a stanovišť. Výsledný návrh byl zpracován v programu NX 7.5 a výstupem jsou 3D modely zastřešení, rendery a prezentační model v poměru 1:50.

Výsledky výpočtů ukazují na slabé místo stávajícího zastřešení. Při maximálním možném zatížení pro oblast, kde se CAN nachází, dojde ve spojujících ocelových páskách k plastickému stavu. V extrémní situaci, kdy na střeše bude ležet sníh a zároveň bude foukat silný vítr, není toto místo bezpečné. V současné chvíli není jisté, zda již někdy byly ocelové pásky ve stojkách vystaveny namáhání nad mezí kluzu a jsou tedy nenávratně poškozeny. Z okem viditelných trvalých deformací střech, které na sebe nenavazují se ale dá usuzovat, že tomu tak je. Z norem pro navrhování přestupních uzlů bylo dále zjištěno, že výška stávajícího zastřešení je menší než výška požadovaná. S tímto nedostatkem se potýkají hlavně řidiči vyšších autobusů, kteří tak nemohou zajet až těsně k nástupišti. To spolu s nedostatečným přesahem zastřešení do vozovky způsobuje nekomfort nastupování cestujících především za deště. Dále bylo zjištěno, že celková poloha autobusového nádraží je nevhodná vůči poloze nádraží vlakového. Norma říká, že přesun mezi těmito dopravními uzly by měl trvat 4,5 minuty, ve výjimečných případech 6 minut. V Plzni je jen čistý čas přejezdu tramvaje mezi těmito dvěma místy 8 minut. Nedostává-li se financí na vybudování nového autobusového nádraží, je tedy třeba myslet alespoň na renovaci stávajícího a nejproblematictější místem se jeví zastřešení autobusových stání.

Pro návrh nového zastřešení odjezdových stání byly stanoveny dvě hlavní podmínky. Co nejlevnější návrh změny zastřešení a z toho vyplývající druhá podmínka, zachování stávajících stojek se systémem odvodnění a elektroinstalace. Tyto stojky by však musely být nejprve prověřeny z důvodu zjištěného dosavadního vysokého namáhání. Nové řešení splňuje kromě zásad pro navrhování konstrukcí podle Eurokódů také normy pro navrhování autobusových přestupních uzlů. Z několika nápadů, které byly zpracovány ve formě skic, byla vybrána dvě řešení pro další výpočty – zastřešení šikmé a obloukové. Pro oba typy zastřešení byly stanoveny zatěžující stavy a provedeny výpočty. Z několika důvodů byla nakonec jako vhodnější vybrána šikmá střecha. Materiálem konstrukce zastřešení byla zvolena ocel S235. Krytina je z trapézového polykarbonátu. Po zhodnocení prvních výsledků výpočtů navržené konstrukce byly přidány dvě středové stojky a nosné podpěry pro trapézo-

vý polykarbonát. Výsledné navržené zastřešení splňuje požadavky na únosnost a použitelnost. Udělat z autobusového nádraží bezpečné místo bylo jednou z motivací této práce.

Předností navrženého řešení je především ponechání původních stojek, což eliminuje problémy s řešením nového odvodnění. Dále je to jednoduchost konstrukce, která se skládá pouze ze dvou různých rozměrů ocelových obdélníkových nosníků. Všechny spoje jsou provedeny svarem. Krytina byla zvolena z lehce dostupného trapézového polykarbonátu s vysokou propustností světla, UV filtrem a výrazným samočisticím efektem. Nedostatkem tohoto řešení je naopak nutnost přidání dvou středových stojek. V případě zvolení obloukového zastřešení by pravděpodobně nutnost použití středových stojek odpadla. Dalším postupem ke zkvalitnění konstrukce zastřešení odjezdových stání by mohla být optimalizace rozměrů použitých nosníků.

Nově navržené řešení splňuje normy pro navrhování autobusových stání. Odpovídající výška zastřešení zajistí bezproblémový pohyb autobusů pod zastřešením. Autobus bude moci pohodlně zajet přímo až k nástupišti a to spolu s dostatečným přesahem zastřešení do vozovky zvýší komfort cestujících. Při nastupování do autobusu nebude hrozit pád sněhu na hlavu nebo nepříjemné promočení za deště. Sklon zastřešení směrem dozadu usměrní odvod deště i sněhu směrem od nástupního místa. Trapézový polykarbonát použitý na krytinu má vysokou propustnost světla. Taková krytina celý prostor autobusových stání příjemně prosvětlí. Zároveň však její povrchová vrstva krupička světlo láme a vzniká pod ní příjemný chládek. K rekonstrukci zastřešení autobusových stání by se ale mělo přikročit především z bezpečnostního hlediska. Celkové náklady za zvýšení bezpečnosti a celkové zpříjemnění prostoru nástupišť jsou poměrně nízké, jejich nástin je přílohou této práce.

# Literatura

- [1] Centrální autobusové nádraží ČSAD Plzeň - Zastřešení nástupišť. *Technická dokumentace* Přístupné na vyžádání ve spisovně Odboru stavebně správního - Magistrátu města Plzeň.
- [2] ČSN EN 1990 (73 0002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. ČNI, březen 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-1 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. ČNI, březen 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. ČNI, červen 2005.
- [5] ČSN EN 1991-1-4 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. ČNI, duben 2007.
- [6] ČSN EN 1993-1-1 (73 1401) *Eurokód 3: Zásady navrhování konstrukcí*. ČNI, březen 2004.
- [7] ČSN 73 6425-1 *Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště - Část 1: Navrhování zastávek*. ČNI, květen 2007.
- [8] ČSN 73 6425-2 *Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště - Část 2: Přestupní uzly a stanoviště*. ČNI, září 2009.
- [9] HOŘEJŠÍ, Jiří. ŠAFKA, Jan. *Statické tabulky*. 1.vyd. Bratislava: SNTL, 1987. ISBN 04-705-88.
- [10] KADLČÁK, Jaroslav. KYTÝR, Jiří. *Statika stavebních konstrukcí: normy pro navrhování*. 2. vyd. Brno: VUTIUM, 2001. ISBN 80-214-1877-X.
- [11] Manuál k programu UGS NX 7.5 .
- [12] Manuál k programu Dlubal.
- [13] PIRNER, Miroš. FISCHER, Ondřej. *Zatížení staveb větrem*. 1.vyd. Praha: ČKAIT, 2003. ISBN 80-86769-10-0.

- [14] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10: normy pro navrhování*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02842-9.
- [15] VEJVARA, Luděk. *Statika: Praktická příručka pro navrhování svislých zděných konstrukcí*. Hruškovany u Brna: Xella CZ, 2010.
- [16] VYSEKALOVÁ, Jitka. KOMÁRKOVÁ, Růžena. *Psychologie reklamy*. 2.vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2002. ISBN 80-247-0402-1.
- [17] *LANIT PLAST* [online]. © 2009 - Lanit Plast s.r.o. [cit. 13.5.2012].  
Dostupné z: <<http://www.lanitplast.cz/>>.
- [18] *Hutní materiály a kovovýroba - Dama s.r.o. Praha* [online]. [cit. 23.5.2012].  
Dostupné z: <<http://hutni.idama.cz/>>.
- [19] *Mapa sněhových oblastí* [online]. © LLENTAB, spol. s r.o. [cit. 12.4.2012]  
Dostupné z: <<http://www.snihnastrese.cz/mapa-snehovych-oblasti/>>.
- [20] *Zatížení podle Eurokódu* [online]. Doplnkový text.  
Dostupné z: <[http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO01/BO01\\_dodatek.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO01/BO01_dodatek.pdf)>.

# 5 Přílohy

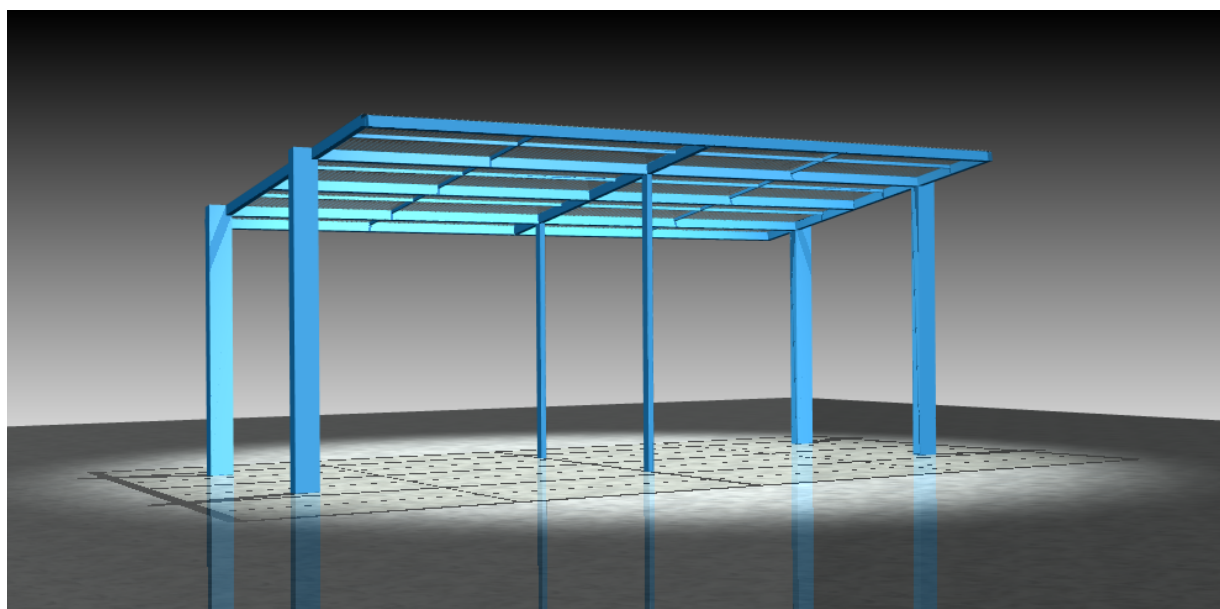
Příloha A - Výsledný návrh zastřešení autobusových stání

Příloha B - Dokumentace výroby modelu

Příloha C - Výkresy

Příloha D - Náklady

# Příloha A - Výsledný návrh zastřešení autobusových stání



Obrázek 5.1: Výsledný návrh zastřešení

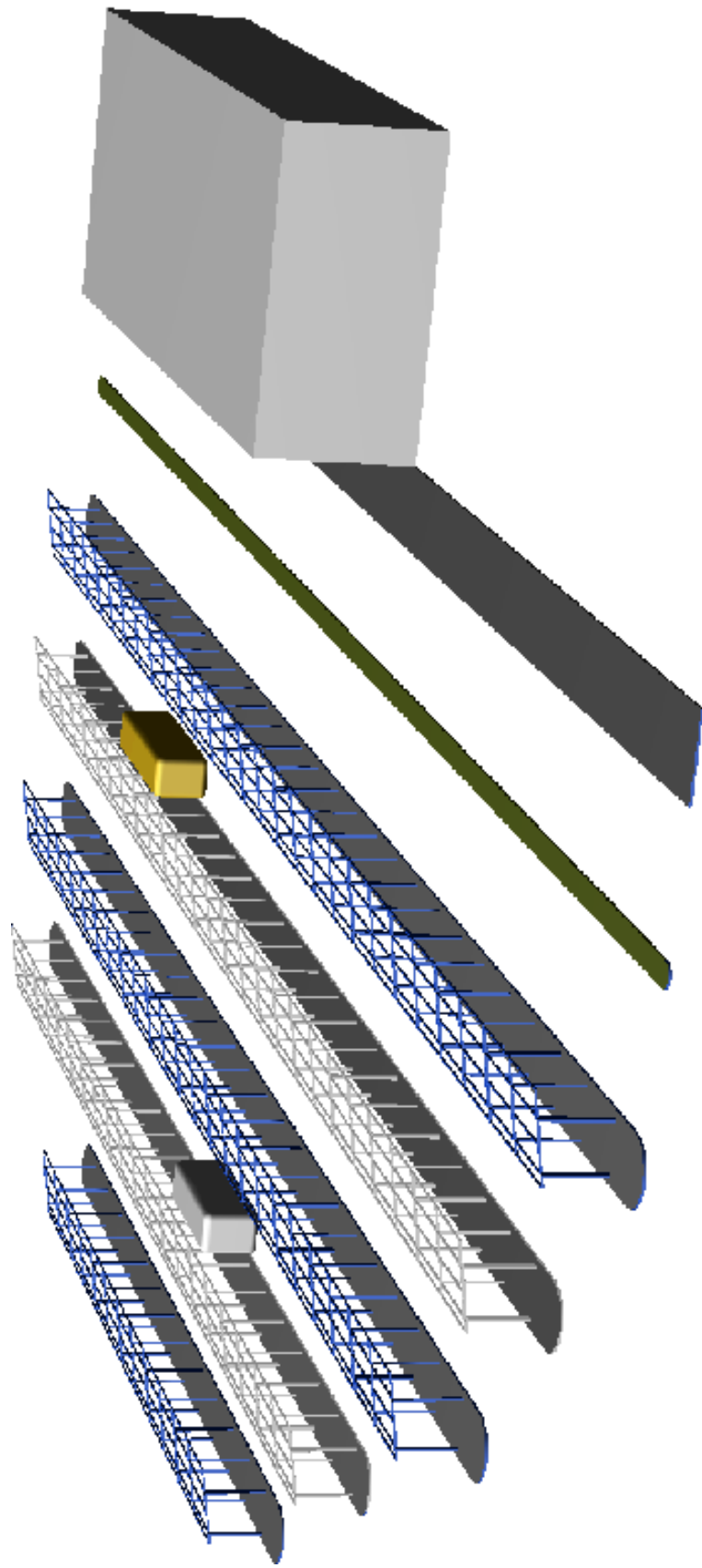




Obrázek 5.2: Umístění nového zastřešení na CAN

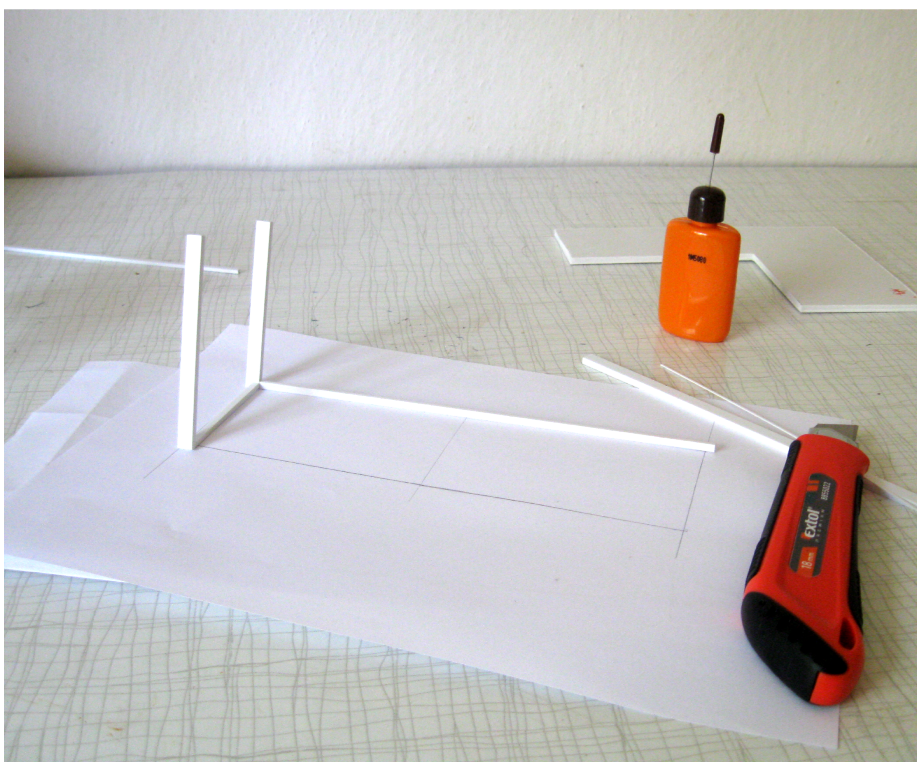


Obrázek 5.3: Umístění nového zastřešení na CAN



Obrázek 5.4: Celkový pohled na autobusové nádraží s novým zastřešením

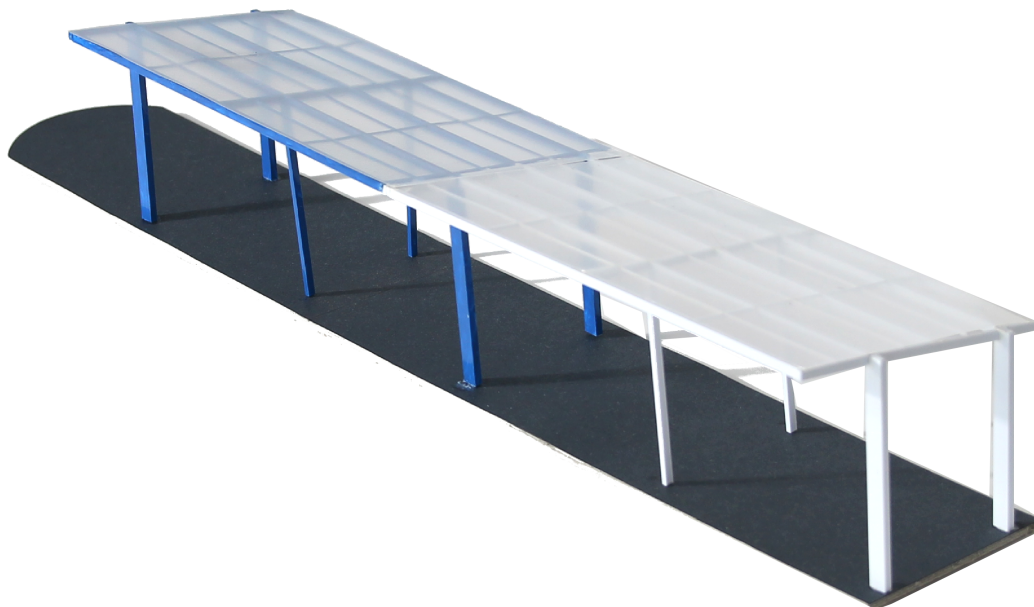
## Příloha B - Dokumentace výroby modelu



Obrázek 5.5: Výroba modelu



Obrázek 5.6: Výroba modelu

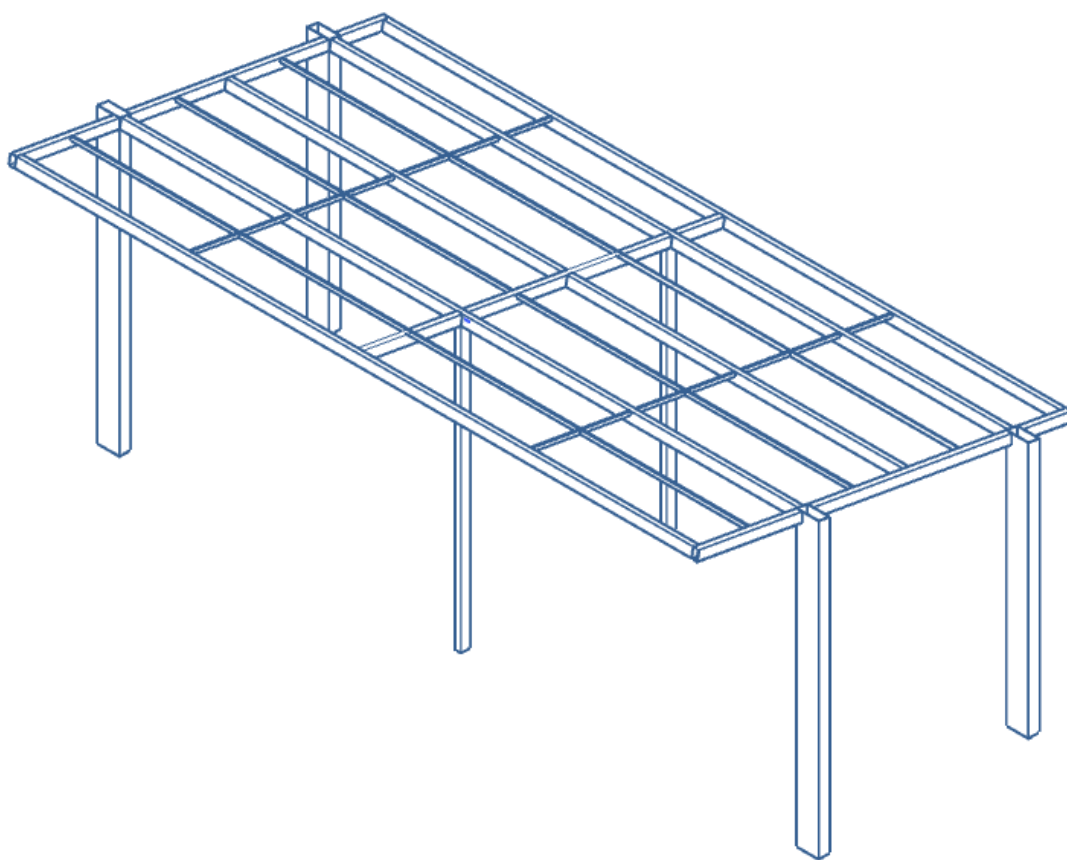


Obrázek 5.7: Prezentační model v poměru 1:50

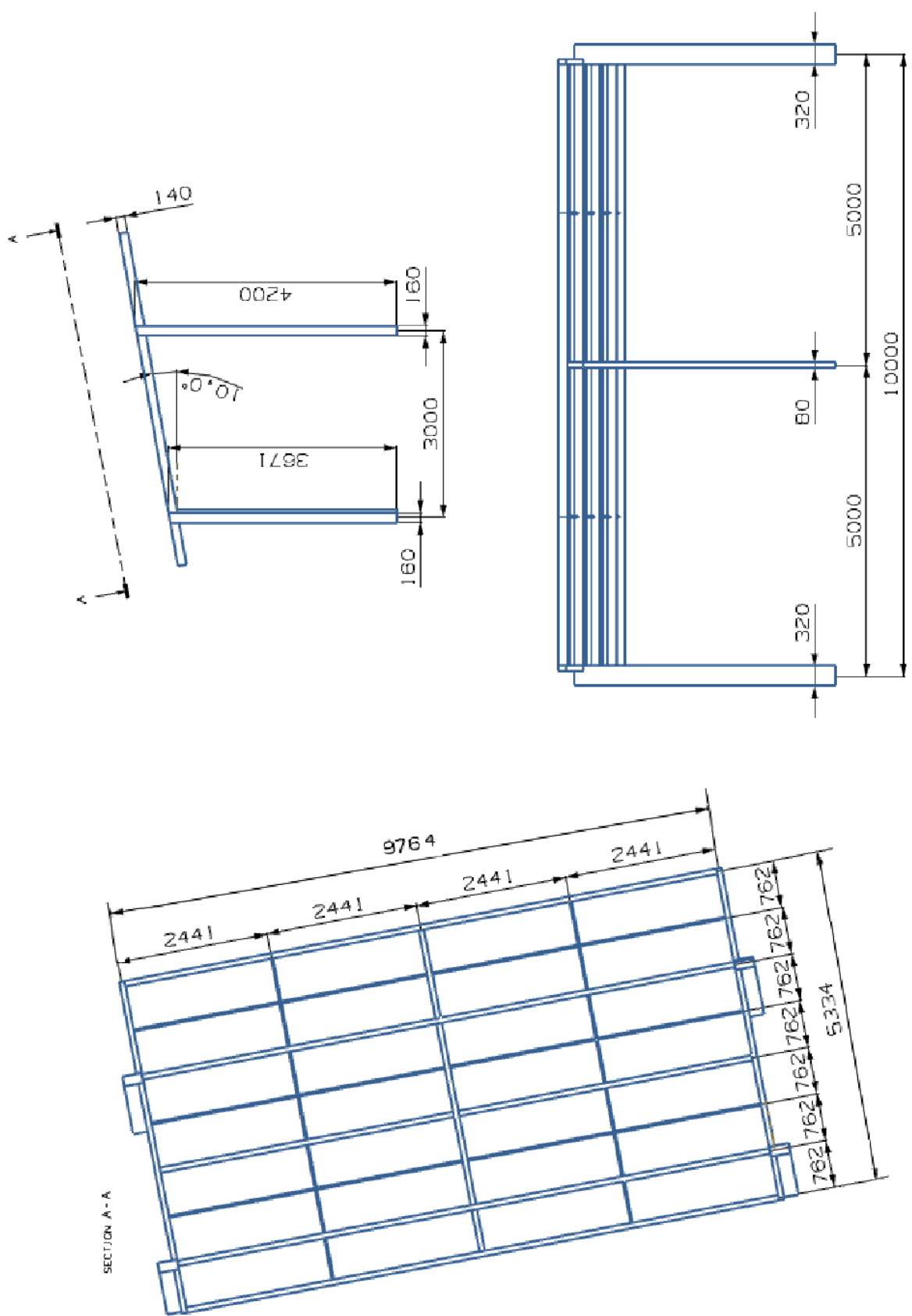


Obrázek 5.8: Prezentační model v poměru 1:50 s autobusem

## Příloha C - Výkresy



Obrázek 5.9: Isometrický pohled na nové zastřešení



Obrázek 5.10: Rozměrový výkres

## Příloha D - Celkové náklady na použitý materiál

Ozn.	Profil	Materiál	Délka [mm]	Počet kusů	Délka celkem [m] 140 × 85	Délka celkem [m] 50 × 30
1	140×85	S235	9680	4	38,72	
2	140×85	S235	2884	3	8,65	
3	140×85	S235	708	2	1,42	
4	140×85	S235	1523	2	3,05	
5	140×85	S235	4798	2	9,60	
6	140×85	S235	677	1	0,68	
7	140×85	S235	4058	1	4,06	
8	140×85	S235	3539	1	3,54	
9	140×85	S235	1438	1	1,44	
10	50×30	S235	706	12		8,47
11	50×30	S235	4798	6		28,79
12	50×30	S235	677	2		1,35
Celková délka [m]					71,14	38,61
Cena za jednotku délky [Kč/m]					402,55	73,72
Celková cena [Kč]					<b>28 638</b>	<b>2 847</b>

Tabulka 5.1: Náklady na materiál konstrukce 1 pole [18]

Ozn.	Profil	Materiál	Rozměry [mm]	Počet kusů
14	Marlon CSE	PC	1060 × 6000	15
Celková plocha [m <sup>2</sup> ]				95,4
Cena za jednotku plochy [Kč/m <sup>2</sup> ]				289
Celková cena [Kč]				<b>27 571</b>

Tabulka 5.2: Náklady na krytinu pro 1 pole [17]

Náklady na 1 pole	Počet polí	Celkové náklady
59 056 Kč	55	<b>3 248 091 Kč</b>

Tabulka 5.3: Celkové náklady na rekonstrukci