

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studie regionálního vozidla nezávislé trakce s nestandardními prvky

Autor: **Josef VELEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef VELEK**
Osobní číslo: **S12N0034K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Studie regionálního vozidla nezávislé trakce s nestandardními prvky**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Proveďte studii regionálního vozidla jedno, dvou, tříčlankového s nestandardními prvky. Nestandardní prvky by měly zvýšit atraktivitu cestování. Při návrhu berte zřetel na platné normy. Vytvořte základní typové výkresy a ověřte pevnost konstrukce.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rešerše regionálních jednotek závislé i nezávislé trakce
2. Zhodnocení podle různých hledisek
3. Návrh vlastního řešení s atraktivními nestandardními prvky pro jedno, dvou i tříčlankové vozidlo
4. Návrh řešení skříně a ověření navržené konstrukce metodou konečných prvků
5. Zhodnocení práce, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 1. Brno: Computer Press, 1999

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla 2. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla 3. Plzeň: Západočeská univerzita, 2011

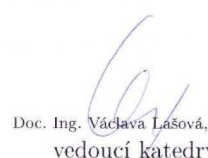
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**
Regionální technologický institut
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jiří Kořínek**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Doc. Ing. Petru Hellerovi, CSc. z katedry konstruování strojů za příkladné vedení práce, za poskytnutí veškerých katalogů norem, za příkladné rady, které plynuly z dlouholetých zkušeností. Zejména děkuji za ochotu a vstřícnost.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Velek	Jméno Josef	
STUDIJNÍ OBOR	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Heller,CSc.	Jméno Petr	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Studie regionálního vozidla nezávislé trakce s nestandardními prvky		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	60	TEXTOVÁ ČÁST	42	GRAFICKÁ ČÁST	18
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje návrh karosérie regionální vlakové jednotky s nestandardními prvky ve třech variantách. Studie řeší vybrané jízdní charakteristiky a pevnostní výpočet metodou konečných prvků.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Kolejová vozidla, regionální jednotky, karosérie, design, MKP, CAD, počítačová simulace</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Velek	Name Josef	
FIELD OF STUDY	23-35-8 "Transport and handling machinery"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Heller,CSc.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Study of regional train independent traction with non-standard elements		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	60	TEXT PART	42	GRAPHICAL PART	18
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis is focused on three variants of design of regional train body with non-standard elements. Finite element analysis and train behavior is evaluated.
KEY WORDS	regional trains, regional rails, train bodies, design, strenght, CAD, FEM, computer simulation

Obsah

1	Úvod	3
1.1	Regionální doprava	3
1.2	Uvedení do řešené problematiky	3
1.3	Požadavky zákazníka	3
2	Rozpracování požadavků	4
2.1	Parametry pro porovnání regionálních jednotek	4
2.2	Vyjasnění zadání	5
2.3	Použité metody	5
2.4	Analýza úkolu	5
2.5	Charakteristika regionálních vozidel	5
2.6	Společné znaky regionálních vozidel	6
2.6.1	Koncepce pohonu pro závislou a nezávislou trakci	6
2.6.2	Podvozky Jacobs	6
2.6.3	Koncepce hrubé stavby skříně	7
2.6.4	Diferenciální ocelová konstrukce	7
2.6.5	Hliníková integrální stavba	8
2.6.6	Design	9
2.6.7	Dveře	9
2.6.8	Okna	9
2.6.9	Toaleta	9
2.6.10	Kabina strojvedoucího	10
2.6.11	Klimatizace	10
2.7	Rešeršní studie skříní regionálních vozidel	10
2.7.1	ALSTOM Transport	10
2.7.2	BOMBARDIER Transportation	11
2.7.3	SIEMENS	11
2.7.4	STADLER	12
2.7.5	ŠKODA TRANSPORTATION a.s.	13
2.7.6	PESA	14
2.7.7	CAF	15
2.7.8	ŽOS VRUTKY	15
2.7.9	Shrnutí	16
3	Vlastní návrh	20
3.1	Parametry vozu	22

3.2	Podvozky	22
3.2.1	Parametry podvozku	23
4	Výpočty	24
4.1	Kinematické zúžení	24
4.2	Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel [10].....	30
4.2.1	Všeobecně	30
4.2.2	Kategorie kolejových vozidel.....	30
4.3	Vlastní výpočet pevnosti skříně.....	38
4.3.1	FEM analýza.....	38
4.3.2	Souřadný systém vozidla:.....	39
4.3.3	Model:	39
4.3.4	Uchycení:.....	40
4.3.5	Zatížení:.....	40
4.3.6	Zatěžovací stavy dle konstrukční kategorie P-II	40
4.3.7	Dovolená napětí pro výjimečné zatížení	41
4.3.8	Posouzení výsledků	41
5	Technicko ekonomické zhodnocení	49
6	Závěr.....	50
7	Seznam použité literatury a softwaru:	51
8	Seznam příloh.....	52
9	Seznam obrázků	53
10	Seznam tabulek.....	54

1 Úvod

Automobilismus se na této planetě rozvíjí už přes století a v průběhu této doby se podařilo prokázat, že patrně nemá kvalitativní meze. Automobily jsou každým rokem kvalitnější, pohodlnější a objemům prodeje nadále nahrávají nově se rozvíjející země napříč všemi kontinenty. Má však omezení týkající se kvantity. V hustěji zalidněných oblastech a tedy zejména v okolí větších měst dosáhla již svého limitu, který dokumentují neustále se tvořící kolony v dopravní špičce. S rostoucím počtem automobilů na silnicích výrazně stoupá riziko dopravních nehod a stoupá rovněž ekologické zatížení životního prostředí emisemi zplodin i hluku, které jsou s automobilovou dopravou spojené. Prioritou měst je tedy omezit individuální dopravu a nahradit ji veřejnou hromadnou dopravou. Tuto skutečnost potvrzují i nemalé prostředky, které jsou jednotlivými městy do veřejné hromadné dopravy každoročně investovány. V minulosti města investovala zejména do infrastruktury uvnitř měst, dnes se však trend otočil. Města se snaží přizpůsobit se trendu stěhování lidí ven z center do satelitních měst a okolních vesnic. Proto je brán zřetel i na dopravu regionální. Důkazem toho mohou být mnohdy integrované dopravní systémy. Železnice má historicky dané umístění v infrastruktuře měst proto si města snaží i její infrastrukturu udržet. Aby byly regionální jednotky pro lidi zajímavé, je nutné je zatraktivnit z pohledu cestujícího. V této oblasti hraje důležitou roli pohodlí, cena, moderní design a mnoho dalších aspektů, kterými se budu dále zabývat.

1.1 Regionální doprava

Regionální dopravou je myšlena přeprava obyvatelstva sloužící potřebám jednotlivých obyvatel přesouvat se v rámci regionu a to zejména v okolí větších měst a jejich spádových oblastí. Jednou z možností, jak tuto přepravu zajistit je využití kolejových vozidel, které mají v této oblasti nemalé zastoupení. Tato vozidla musí splňovat určitá kritéria kvality, aby byla konkurenceschopná pro automobilový průmysl. Objevují se v nich nestandardní prvky jako například prosklená přepážka kabiny strojvedoucího, která umožňuje větší výhled cestujících. Dále je snaha docílit nízké podlahy a to zejména v oblasti nástupních prostor. Tento prvek společně s dostatečně širokými dveřmi (cca 1,5 m.) zrychluje výměnu pasažérů. Aby se dosáhlo nízké podlahy, používají se často kola o nižších průměrech, než jsou standardní. Dále se zde klade velký důraz na pohodlí cestujících, vozy jsou plně klimatizované, s dobrým výhledem do okolí dostatečně odpružené.

1.2 Uvedení do řešené problematiky

Tato diplomová práce má za cíl vypracovat koncepční řešení konstrukce regionální jednotky s nestandardními prvky, které by přitáhly více cestujících do tohoto odvětví dopravy. Zaměřím se zde hlavně na návrh skříňe vozidla, který bude ověřen pomocí metody konečných prvků.

1.3 Požadavky zákazníka

Železniční vozidlo jako takové je z hlediska celkové pořizovací ceny velmi nákladné oproti konkurenčním druhům pozemní dopravy. Výhodou je ale předpokládaná násobně delší životnost nežli u vozidel silniční dopravy. České dráhy například vyžadují po nových vozech životnost čtyřicet let, což je období, které při dnešním technologickém rozmachu je přespříliš dlouhé. Proto vozy nestíhají držet krok s dobou. V automobilovém průmyslu dnes například obměna modelu trvá okolo tří let. Z tohoto důvodu nebyla železniční doprava schopna

adekvátně pružně zareagovat na vývoj nových technologií a dostat je v krátkém čase k zákazníkům. V současné době jsou tedy nejlepší podmínky k tomu zareagovat a veškeré tyto deficity dohnat.

2 Rozpracování požadavků

2.1 Parametry pro porovnání regionálních jednotek

(v závorce jsou uvedeny požadavky ČD)

- a) Podíl adhezní hmotnosti (dvoudílná min 60%, třídílná min 50 %)
- b) Bezbariérový přístup z nástupiště o výšce 550 mm, s použitím výsuvné rampy 350 mm
- c) Světla šířka dveří (min.1500 mm) – vliv na rychlost výměny cestujících
- d) Podíl nízké podlahy
- e) Spojování a řízení z jednoho stanoviště min 3 jednotek a to i různých trakcí
- f) Pevnostní parametry dle připravovaných TSI resp. EN (platných ke dni podepsání smlouvy)
- g) Využití brzdné energie
(Brzdící účinek započitatelné elektromagnetické brzdy zajišťuje zábrzdnu dráhu na rovné přímé trati 1000 m z rychlosti 160 km/h a 700 m z rychlosti 120 km/h)
- h) Akční rádius
- i) Signalizace požáru
- j) Vnější hluk emitovaný vozidlem nesmí překročit limity TSI
- k) Plynné emise naftových motorů nesmí překročit limity vyhlášek UIC 624 resp.dir.2004/26/EC
- l) Informační systém zajišťuje přiměřenou informovanost též nevidomých a neslyšících cestujících
- m) (rozteč sedadel min 1700 mm)
- n) Podvozky (samozřejmě zvlášť běžné a zvlášť hnací) shodné pro všechna provedení jednotek
- o) Uspořádání stanoviště de zásad EUDD (Jednotné evropské stanoviště strojvedoucího) nebo příslušné vyhlášky UIC
- p) Zařízení ARR (v elektrické trakci AVV)
- q) Přenos řídicích a diagnostických údajů po jednotné vlakové sběrnici UIC
- r) Možnost provozu s jedním hnacím agregátem bez omezení funkcí (mimo trakčních vlastností)
- s) Životnost 40 let

Požadavky konzultované s pracovníkem ČD ing. Bittner

2.2 Vyjasnění zadání

Požadavkem je vypracovat konstrukční koncepci skříně regionálního vozidla s nestandardními prvky. Následně ověřit koncepci základními výpočty metodou konečných prvků.

V této studii budou následovat tyto kroky:

1. Rešerše stávajícího provedení domácích i zahraničních regionálních vozidel závislé i nezávislé trakce
2. Zhodnocení dle požadovaných kritérií
3. Návrh vlastního řešení vozidla s atraktivními nestandardními prvky pro jedno, dvou i tříčlánekové vozidlo
4. Návrh řešení skříně a ověření navržené konstrukce metodou konečných prvků
5. Zhodnocení práce a závěr

2.3 Použité metody

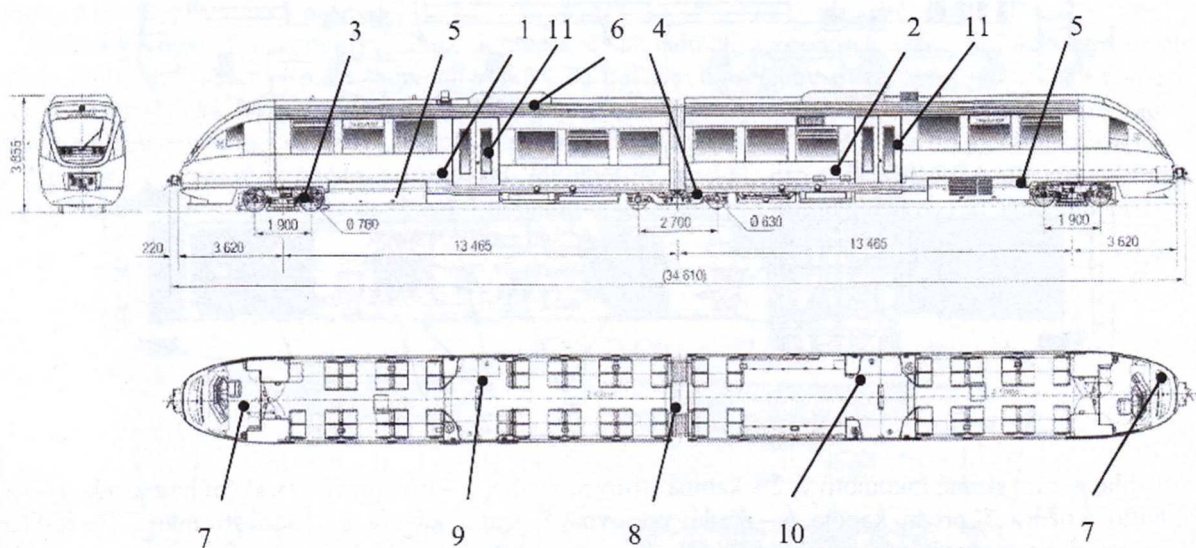
Vzhledem k tomu, že předmětem návrhu je skřín jednotky s nestandardními prvky, je zde využíváno zejména intuice, která je podnícena nabytím dostatečného množství informací ohledně konkurenční regionální dopravy. Standardní zhodnocení požadavků a kritérií by zde bylo spíše omezením, proto jsem se v této práci tomuto postupu vyhnul. K vytvoření modelů a výkresů byl využíván software Siemens NX 8.5 a Autodesk Inventor 2015, dále zde bylo využito textového editoru Word 2013 a Excel 2013 od společnosti Microsoft, který sloužil zejména při výpočtu kinematického zúžení.

2.4 Analýza úkolu

Regionální jednotka je zaměřená na příměstskou případně výletní dopravu, nebo také pro mezinárodní dopravu ve středoevropských klimatických podmínkách. Jednotka bude principiálně konstruována pro nezávislou trakci a to z důvodu, že spousta tratí v horských a podhorských oblastech, kde by měla tato regionální jednotka největší uplatnění, není, ještě elektrifikována. Na spoustě těchto míst by se ani elektrifikace trati z hlediska nízkého provozu nevyplatila.

2.5 Charakteristika regionálních vozidel

Regionální vozidla jsou většinou dvoučláneková, ale mohou být jedno i více článková. Jedná se o motorové jednotky lehkého provedení, které jsou určeny pro provoz na tratích s menší frekvencí.



Obr. 2.5-1 Regionální jednotka Talent firmy Bombardier [3]

- 1- Skříň předního článku, 2- skříň zadního článku, 3- trakční podvozek, 4- běžný podvozek, Jacobsův podvozek, 5- trakční blok (modul), 6- klimatizační modul, 7- kabina strojvedoucího, 8- přechodový měch, 9- nástupní prostor, 10- multifunkční nástupní prostor, 11- vstupní dvoukřídlé předsuvné dveře [3]

2.6 Společné znaky regionálních vozidel

Regionální vozidla mají specifické společné znaky, které jsou dále uvedeny.

2.6.1 Koncepce pohonu pro závislou a nezávislou trakci

- **Nezávislá** - Využívá zásobníku energie, který je umístěn ve vozidle, např. zásoba nafty případně jiného paliva nebo akumulátor v případě elektrické energie
- **Závislá** - Energie nejčastěji ve formě elektřiny je dodávána nepřetržitě z trolejového vedení přímo k trakčnímu motoru.

2.6.2 Podvozky Jacobs

Tyto běžné dvounápravové podvozky typu Jacobs se používají hlavně u článkových regionálních vozidel. Charakteristickým znakem je uložení sousedních skříní vozidla na jednom podvozku. Hlavní výhody, proč se tyto podvozky používají, jsou v úspoře hmotnosti, nízké výšce podlahy kolejového vozidla od temene kolejnice, dobrých jízdních vlastnostech, odpadnutí spráhel mezi vozidly a samozřejmě lepší průchodnosti z jednoho článku do druhého. Nevýhodou je v případě poruchy obtížné vyvážení podvozku.[5]



Obr. 2.6-1 Různé provedení jednotek [5]

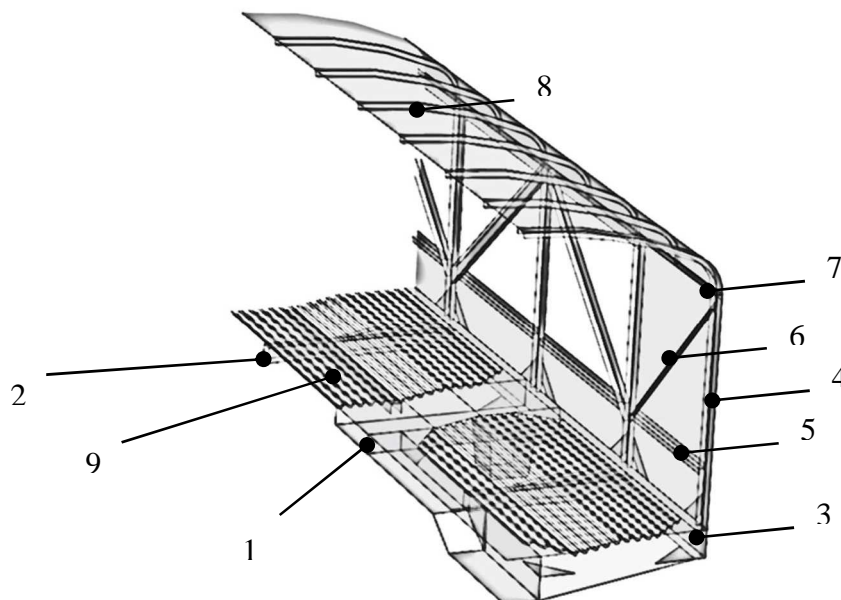
2.6.3 Koncepce hrubé stavby skříně

Regionální vozidla využívají nejčastěji dvou stavebních koncepcí: diferenciální ocelová konstrukce a hliníková integrální stavba.

2.6.4 Diferenciální ocelová konstrukce

Diferenciální konstrukce vznikla v sedmdesátých letech minulého století a v různých obměnách se používá dodnes.[3]

Je to samonosná konstrukce složená ze spodní stavby (1,2,3,9), střechy (6,7,8), čelnic a bočnic (4,5,6). Spodní stavba se skládá z podélníků a příčníků, které jsou vzájemně svařeny. Tyto podélníky a příčníky jsou tvořeny zpravidla ohraňovanými nebo válcovanými U-profilů. Podélník probíhá po celé délce vozu. Příčníky spojují podélníky a tvoří rám, na kterém je umístěn vlnitý plech jako základ podlahy. Tento vlnitý plech zvedá výrazně i tuhost celého spodku skříně. V podélném směru může přenášet až 1/3 působící síly na spráhlo.



Obr. 2.6-2 Integrální stavba skříně

- 1- Hlavní příčník, 2- Příčník, 3- Hlavní podélník, 4-Sloupek kostry, 5- Podélná výztuha, 6- Oplechování vozu, 7- Vaznice, 8- Kružina, 9- Vlnitý plech na vyztužení podlahy.

Hlavní výhody

- nižší ekonomické náklady než u hliníkové integrální stavby
- vysoká tuhost celé skříně
- snadná opravitelnost (důležitá především v oblastech kde, se trať často kříží se silniční dopravou)
- jednoduché přípravky
- s kompozitní kabinou atraktivní design

Hlavní nevýhody

- hmotnost
- korozivzdornost

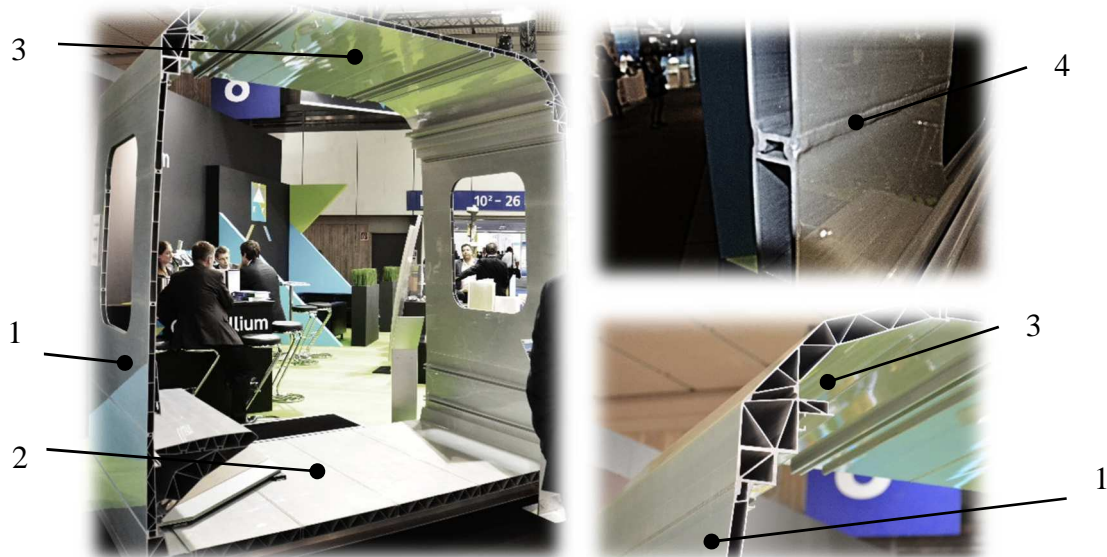
Svařování

Svařování v kolejových vozidlech podléhá normě ČSN 15 085 [9], kde jsou definovány přípustné typy svarů, požadavky na materiály a další. Nejčastěji se využívá materiálů S235J2+N a S355J2+N. Jedná se o nízkolegované uhlíkové austenitické oceli, které se nejčastěji vaří na svařovacích automatech, kde se dosahuje vyšších kvalit svarů. Využívají se zejména metody 135 - MIG a 141 - TIG

U některých vozidel se využívají odporové svařovací metody. Bodové svařování pro tl. 1mm až 4 mm a švové pro tl. 1 mm až 2 mm.

2.6.5 Hliníková integrální stavba

Hliníková integrální stavba je tvořena hliníkovými protlačovanými profily probíhajícími po celé délce vozové skříně, tyto profily v sobě začleňují prvky pro uchycení vybavení interiéru i exteriéru. Plní tak vícero funkcí. Profily jsou součástí nosné struktury skříně.



Obr. 2.6-3 Integrální hrubá stavba skříně

Skládá se z podlahy (1), bočnic (2), a střechy (3) dále je z obrázků patrný způsob svařování jednotlivých tažených profilů (4).

2.6.6 Design

Design skříně se zpravidla snaží zajistit plynulé obtékání vzduchu, což je zajištěno oblými liniemi, které respektují směr proudění. Dále se využívá samonosných kabin, které jsou velmi často z kompozitu. Pevnost těchto kabin musí splňovat požadavky ČSN EN 15227 [13] a rozměrové parametry dle UIC 651[12].

2.6.7 Dveře

Regionální vozidla jsou vybavena automatickými předsvunými dveřmi, pokud možno dvoukřídlými pro větší šířku nástupního otvoru. Tyto dveře jsou elektricky nebo pneumaticky ovládané a v případě zavření mechanicky zajištěné proti otevření. Dále jsou vybaveny bezpečnostními systémy, které zabraňují zranění cestujících v případech, že se budou vyskytovat v nástupním prostoru v době zavírání dveří. Tyto dveře bývají jistištěné na více způsobů, využívají optické závory, dále pak kontaktní čidla a jiné.

Nástupní prostor bývá vybaven výsuvnou plošinou, která zajišťuje zakrytí případné mezery mezi nástupištem a vozem. To zabraňuje případnému uvíznutí nohy cestujícího v tomto prostoru a jeho poranění.

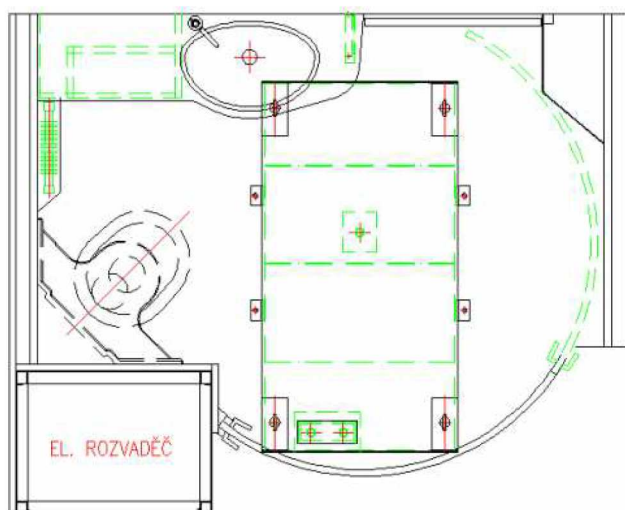
2.6.8 Okna

Okna jsou z důvodů klimatizace pevná, zalepená do bočnice. Využívá se i komorových systémů a jejich propustnost světelného záření má výrazný vliv na vnitřní klima v jednotce. Aby nedocházelo k přílišnému přehřívání vozu v letních měsících, používají se okna s určitým faktorem stínění. Okna musí umožnit nouzové větrání, zpravidla je zajištěno zamykatelným otvorem.

2.6.9 Toaleta



Obr. 2.6-5 WC ŽOS Vrutky [24]



Obr. 2.6-4 Půdorys WC [8]

WC bývá umístěno zpravidla v nízkopodlažní části. Dnes je kladen důraz na dostatek prostoru ve WC kabině, aby se v něm mohl pohodlně otočit vozíčkář. Dále je zde i nouzové tlačítko, které v případě potřeby dává signál do kabiny strojvedoucího. Toto tlačítko musí být v dosahu jak pro člověka sedícího na WC, tak ležícího na podlaze. Samozřejmostí je dobrá omyvatelnost, k čemuž přispívají dobře volené materiály. Veškeré přechody mezi plochami jsou z tohoto důvodu zaoblené.

WC systémy dnes pracují v uzavřeném cyklu, kde bývá nejčastěji v oblasti pod střechou umístěn zásobník s vodou. Voda se používá jednak pro umývání rukou v umyvadle, ale taky pro splachování. Splachování podporuje nejčastěji vakuová pumpa, která nasává odpad do retenční nádrže. Retenční nádrž ale i zásobník vody musí být vybaveny protizámrazovým systémem.

2.6.10 Kabina strojvedoucího

Kabina strojvedoucího je z hlediska provozu jedním z nejdůležitějších prvků, musí zajistit dobré ergonomické podmínky pro obsluhu. Dále musí umožnit dobrý výhled i individuálně řízené klimatické podmínky. Při tom všem musí splňovat velké nároky na bezpečnost. Pevnost těchto kabin musí splňovat požadavky ČSN EN 15227 [13] a rozměrové parametry dle UIC 651[12]. Často bývá tvořena kompozitním materiálem, díky kterému jsme schopni dosáhnout větší škály tvarů, a proto nejsou tak velká designová omezení.

2.6.11 Klimatizace

Regionální vozidla bývají vybavena kompaktními klimatizačními zařízeními, umístěnými zpravidla na střeše vozu, mohou být však i pod vozem. V klimatizační jednotce bývá zabudováno i vytápění, jedná se pak tedy o jednotku HVAC (Heating, ventilating, air conditioning). Různí výrobci využívají různé rozvody vzduchu, dnes se však v převážné většině vyskytuje rozvod perforovaným kanálem pod střechou vozu. Jsou tak zajištěny vyrovnané klimatické podmínky v celém voze i za vysokých venkovních teplot a nízké rychlosti proudění v oblasti cestujících (není cítit průvan). K dobrým klimatickým podmínkám ve vozidle přispívá i využití dobrých izolačních materiálů na stěnách vozů. V letních měsících může teplota na povrchu vozu na rozpáleném slunci dosahovat až 70°C. Proto je izolace velmi důležitá. Využívají se různé technologie od minerálních vln přes foukané izolace. Důležité je, aby veškeré materiály ve vozech splňovaly normy na hořlavost a kouřivost, této oblasti se věnuje norma DIN 5510-2 [14], která je řadou provozovatelů požadována.

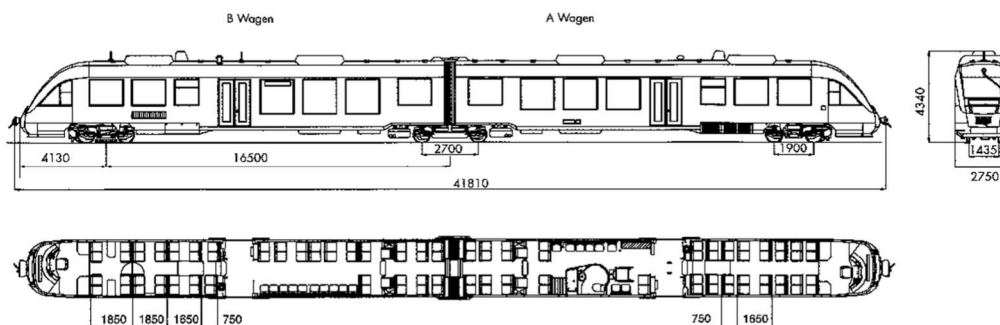
2.7 Rešeršní studie skříní regionálních vozidel

Další část se zaměřuje na některá vozidla renomovaných výrobců, **Alstom, Bombardier, Siemens, Stadler, Škoda, Pesa, Newag, CAF**. Převážná většina regionálních vozidel je stavěna modulovou koncepcí, tzn., že využívají společné prvky pro více vozidel. Výrobci tím jsou schopni dosáhnout nižší ceny, jelikož se zvyšuje opakovatelnost jednotlivých prvků a jsou tak schopni pokrýt širší pole trhu.

2.7.1 ALSTOM Transport

Coradia Lint je produktem, který nabízí široké využití a vysoký komfort. První vůz byl vyvinut pro německý trh. Konstrukce skříně je tvořena z uzavřených nerezových profilů. Díky podlaze vysoké 630 nebo 810 mm je zajištěn pohodlný nástup pro běžné cestující i se sníženou mobilitou (invalidy, rodiče s kočárkem). Velká panoramatická okna zajišťují výborný výhled

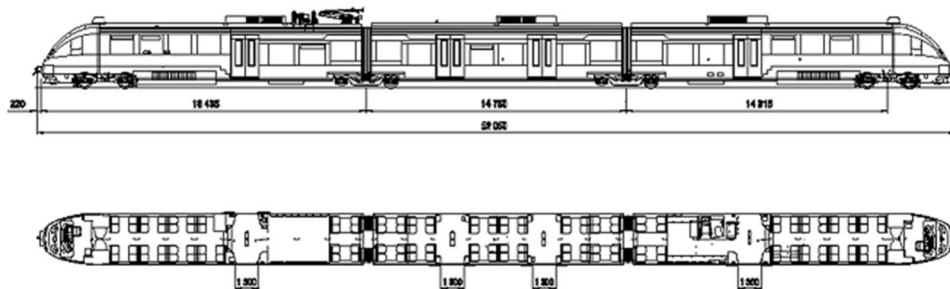
z vozu. Celkově interiér působí na pasažéra příjemným a bezpečným dojmem. K tomu napomáhají i pohodlná sedadla s opěrkami. V oblasti nástupního prostoru má sklopná sedadla a multifunkční prostor pro převoz rozměrných zavazadel, jako například kol, kočárků lyží a dalších. Jednotku je možné objednat jako jedno až čtyř článkovou. Je tak schopná pokrýt větší pole potenciálních zákazníků a přizpůsobit se tak požadavkům na přepravní kapacitu. Dále nabízí i možnost volby trakce a výkonu.



Obr. 2.7-1 Coradia lint [17]

2.7.2 BOMBARDIER Transportation

Bombardier Transportation uvádí na trh mimo jiných řadu regionálních jednotek **Talent** založených na modulární stavbě. Nabízí pohodlná nastavitelná sedadla, dřevěné obložení interiéru, individuální lampičky, elektricky ovládané interiérové dveře a další vymoženosti jako flexibilní design interiéru. Tyto vlaky mohou být na diesel i na elektropohon. Tato jednotka může být vybavena i naklápačící technologií pro pohodlné cestování na trasách s velkým množstvím zatáček (jako například v Norsku). Konstrukce skříně je celocelová.

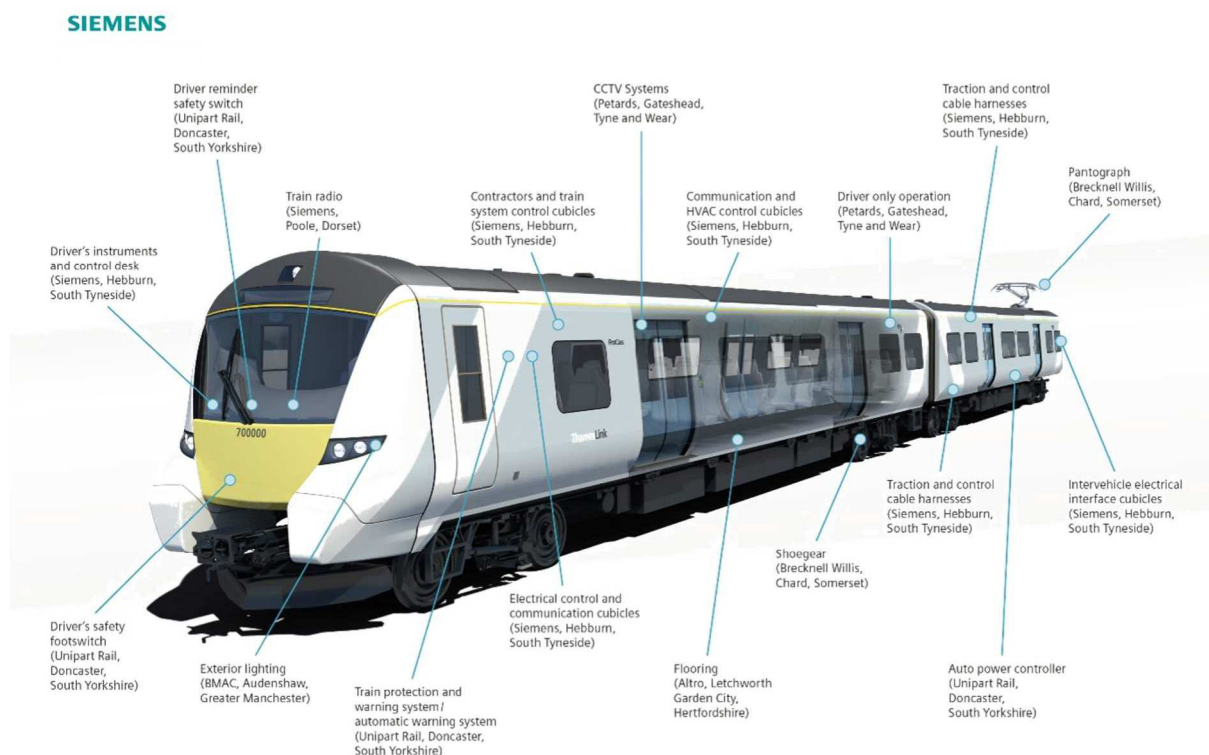


Obr. 2.7-2 Talent

2.7.3 SIEMENS

Jednotka **Desiro** je charakteristická svým designem, orientovaným na vysokorychlostní

přepřavu, velkým komfortem pro cestující a vhodným řešením interiéru. Nejedná se o klasického zástupce regionální dopravy. Podíl nízkopodlažní části zde činí 60% a její výška je 575 mm nad temenem kolejnice. Vozidlo má hliníkovou hrubou stavbu s jedněmi dvoukřídlými představnými dveřmi v každé bočnici. Nástupní prostor je bez schodů se světlou šířkou cca 1 240 mm. Je založena na modulární stavbě, využívá osvědčených sériových komponentů. Jsou možné oba způsoby trakce. V interiéru je oddělená I. a II. třída skleněnými dveřmi. V oddílu 1. třídy jsou pohodlné sedačky v uspořádání 2+1, velkoprostorový oddíl 2. třídy se čtyřmi sedadly v řadě, sedadla uspořádána proti sobě. Multifunkční prostor, kde jsou umístěné sklopné sedačky, možnost odložení jízdních kol, kočárků nebo neskladných zavazadel, bezbariérové WC. Elektricky ovládaná vysouvací nástupní plošina pro nástup do víceúčelového oddílu. Jednotlivé prostory jsou odděleny skleněnými příčkami. Podlaha pokryta snadno udržovatelnou podlahovinou z umělé hmoty. Uzavřený přechod s dvojitým zvlněným měchem mezi jednotlivými vozy. Digitální hlášení stanic, ukazatel cílové stanice na čelních a bočních stěnách, vnitřní ukazatel stanic v nízkopodlažním oddílu. Pro každou skupinu sedadel jedno tlačítko pro zastavení na přání cestujících. Jízdenkový automat ve více účelovém oddílu, v každém nástupním prostoru jeden strojek pro označování jízdenek. V každém voze je střešní klimatizace.[19]

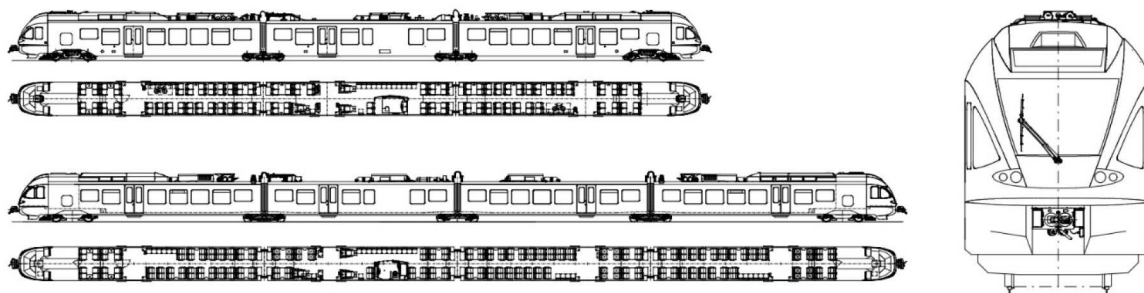


Obr. 2.7-3 Desiro City [19]

2.7.4 STADLER

Flirt představuje nové prvky v regionální dopravě, jako je například průchod mezi jednotlivými oddíly, nebo výška nástupního prostoru 550 mm od TK. Koncepce vozidla využívá modulární stavbu umožňující co největší variabilitu. Souprava se skládá ze tří a čtyř článků. Trakční podvozky jsou pod hlavovými vozy na straně kabiny strojvedoucího, ostatní podvozky jsou typu Jacobs. Tyto podvozky zkracují rozměr jednotlivých oddílů oproti běžným

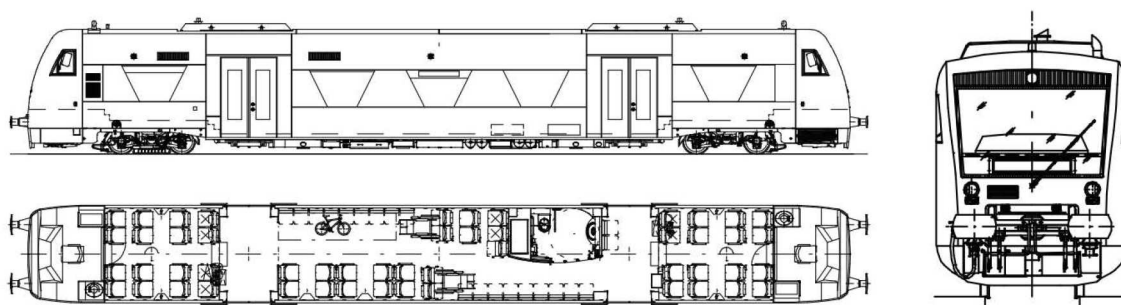
podvozkům, jelikož u nich při stejných rozměrech článku vzniká větší nápravové zatížení. Podíl nízké podlahy u čtyř článkové soupravy činí 90% a její výška je 570 nad TK. Souprava je zcela průchozí bez schodů. Přejechod mezi jednotlivými vozy je prostorný a bezbariérový. Multifunkční prostor v hlavovém vozidle je vybavený sklopnými sedadly podél boční stěny. Ve vloženém voze je multifunkční prostor vybaven WC pro invalidní cestující, sklopná sedadla, která umožňují prostor pro kola a vozíčkáře.



Obr. 2.7-4 Flirt [20]

Regio-Shuttle RS1

Jednotka je koncepčně nízkopodlažní a pokrývá všechny potřeby regionálních a městských železničních služeb. Vozidlo má charakteristickou příhradovou konstrukci a vyznačuje se velkým vstupním prostorem v oblasti snížené podlahy. Oblast nástupiště je vybavena sklopnými sedadly a nabízí tak úložný prostor pro kočárky, kola a jiná rozměrná zavazadla. V oblasti víceúčelového prostoru se nachází WC s uzavřeným systémem. Vozidla jsou vybavena pneumatickými pružinami, které zajišťují dostatečný komfort při cestování. Na vozidle je aplikován moderní, dynamický design, velkorysý k cestujícím. Disponuje příjemným zrychlením a může se pohybovat maximální rychlostí až 120 km/h. Je navržen jako samostatná jednotka, která, umožňuje spřažení až šesti vozů.



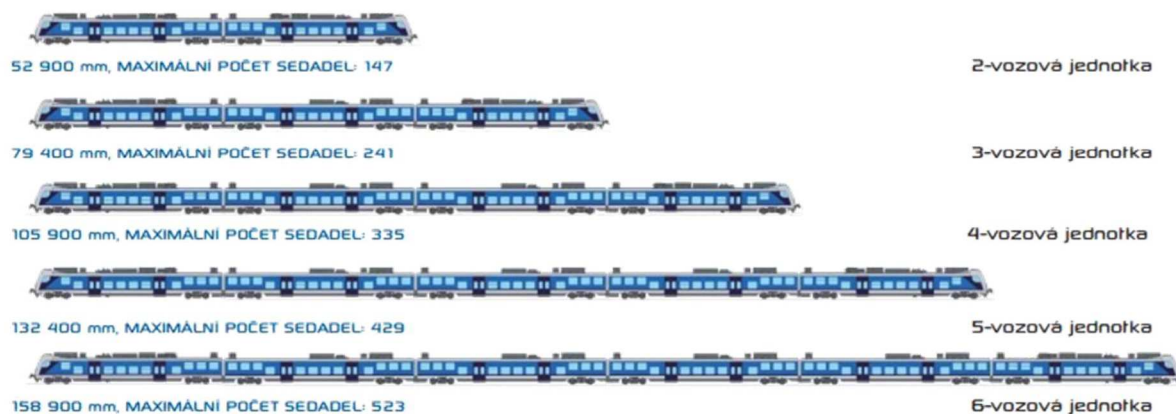
Obr. 2.7-5 RS1 [20]

2.7.5 ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

RegioPanter

Jedná se o elektrickou jednopodlažní jednotku, která nabízí vysokou kvalitu cestování a disponuje nízkou podlahou o výšce 580 mm nad temenem kolejnice. Té bylo dosaženo díky uložení většiny pohonných komponent na střechu vozidla. Skříň vozu je tvořena hliníkovými vytlačovanými profily. Řídicí systém umožňuje z jednoho stanoviště ovládat až čtyři spřažené

jednotky. Jednotka využívá rekuperaci energie, díky čemuž dosahuje až o polovinu nižší spotřeby energie oproti současným dvěma vozovým vlakům.



Obr. 2.7-6 RegioPanter [21]

2.7.6 PESA

Link

Jedná se o motorovou jednotku lehké stavby se společným Jacobsovým podvozkem. Vozová skříň je ocelová. Pohon zajišťující motory jsou umístěny pod podlahou za krajními podvozky směrem ke středu vozu. Jednotka dosahuje rychlosti až 120 km/h a na tratích zaujme především agresivním dynamickým designem. Těmito jednotkami v současné době disponují i České dráhy.



Obr. 2.7-7 Link [25]

2.7.7 CAF

Civiti

Jedná se o rodinu vlaků s modulární stavbou nabízející až 5 typů trakce, elektrický, mechanický diesel nebo hydraulický diesel, nebo různé kombinace.



Obr. 2.7-8 Civiti [22]

Newag 220/1M

Newag je dalším polským výrobcem úsporných motorových jednotek. Tyto jednotky dosahují rychlosti až 120 km/h. Disponuje rovněž nízkou podlahou, klimatizací, informačním systémem pro cestující, sekundárním vzduchovým odpružením.



Obr. 2.7-9 220/1M [23]

2.7.8 ŽOS VRUTKY

Motorová jednotka **Regiomover** s diesel hydraulickým přenosem je vyrobená jako částečně nízkopodlažní. Skládá se ze tří částí, a to z dvou hnacích vozů a jednoho vloženého hnaného vozu. Celá jednotka je pneumaticky vypružená a využívá dvou hnacích a dvou Jacobsových podvozků. V prostoru pro cestující je nainstalovaný informační systém se světelným a zvukovým oznamováním jednotlivých stanic, monitorovací kamerový systém a také WIFI připojení. Interiér je vytápěn teplovodními topnými tělesy umístěných v bočních kanálech u podlahy. Klima v jednotce je řízeno mikroprocesorovými regulátory a termostaty. Dobrý výhled je zajištěn velkoplošnými okny.



Obr. 2.7-10 Regiomover [24]

2.7.9 Shrnutí

Na trhu je v současné době velké množství výrobců regionálních jednotek a někteří nabízejí i vícero produktů v dané kategorii. Z rešerše vyplývá, že pokud má být vozidlo konkurenceschopné, je nutné, aby splňovalo tato kritéria a bylo vybaveno těmito prvky.

- Neotřelý design exteriéru i interiéru
- Nízká podlaha alespoň v oblasti nástupu
- Dostatečně výkonný pohon
- Dobrý výhled z vozidla pro cestující
- Automaticky řízené vnitřní klimatické podmínky
- Komfortní podvozek
- Funkční dobře omyvatelný interiér
- Multifunkční prostor
- Možnost spřažení více jednotek a jejich ovládání z jednoho stanoviště
- Automatické dveře
- Informační systém uvnitř vozidla
- Toaleta přizpůsobená tělesně postiženým, s uzavřeným systémem.

Na konkurenceschopnost mají vliv i další činitelé jako například cena produktu, marketing, servis a další. Většina těchto činitelů podléhá celkové strategii daného podniku, proto se jimi zde nebudu hlouběji zabývat.

Výrobci se snaží nabídnout zákazníkům podobné výhody svých konstrukcí a vybavení. Důraz je kladen na nízkou nástupní hranu, zpřístupnění a uživatelnost jejich vozů pro osoby tělesně postižené, zejména pak vozíčkáře, k čemuž je konstrukce podřízena a uzpůsobena. Prvky jako široký nástupní prostor a WC pro invalidy jsou již samozřejmostí. Největší odlišnosti jsou ve způsobu pohonu, který si každý výrobce uzpůsobuje svým zvyklostem. Z předešlého je patrné, že na trhu chybí něco, co by se zásadním způsobem odlišovalo a vyčnívalo z řady, a takové vozidlo je předmětem návrhu této práce.

Tab. 2.7-1 Přehled parametrů regionálních jednotek

ŽOS Vrutky	Newag	CAF	Pesa	Škoda T.	Stadler	Stadler	Siemens	Bombardier T.	Alstom T.	Výrobce
Regiomover	220/1M	Civiti	Link II	Regio Panter	Regio-Shuttle RS1	Flirt	Desiro City	Talent 2	Coradia Lint	Model
SK	PL	ES	PL	ČR	DE	DE	DE	DE	FR	Země původu
<u>3</u>	<u>2-3</u>	<u>2-8</u>	1-3; <u>2</u>	<u>2-6</u>	<u>1</u>	2-6; <u>5</u>	3- <u>12</u>	<u>2-4</u>	1- <u>3</u>	Počet vozů v nabídce*
58800	42716	43000	43730	52900	25360	90178	242600	34610	41810	Délka přes spráhla
2850	2850	2880	2880	2820	2900	2880	2800	2925	2750	Šířka
4300	3900	4300	4280	4260	3700	4158	-	4260	4340	Výška
-	-	-	48,5	106	42	101,6	410	62	68	Hmotnost
-	-	-	404	721	592	488	-	646	496	Hmotnost na sedícího cestujícího

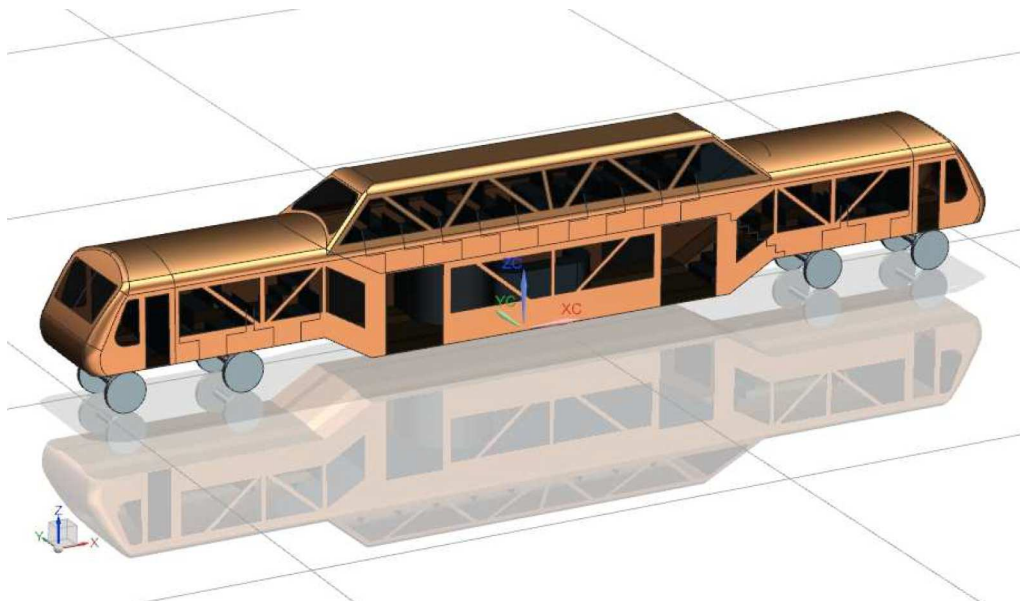
ŽOS Vrutky	Newag	CAF	Pesa	Škoda T.	Stadler	Stadler	Siemens	Bombardier T.	Alstom T.	Výrobce
Regiomover	220/1M	Civiti	Link II	Regio Panter	Regio-Shuttle RS1	Flirt	Desiro City	Talent 2	Coradia Lint	Model
	600	600	600	550	600	750	1100	800	598	Výška nástupu
-	-	21500	28650	-	25000	20939	20000	22,305	20900	Délka jedné skříně
Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Electric	Diesel	Electric	Electric	Diesel	Diesel	Druh pohonu
2x588	2x390	2x400/600	2x390	1360	2x257	2600	3,3-5 MW	630	2x335	Výkon
-	0,45	1,3	0,74	1,1	0,7	1,2	-	0,7	-	Maximální zrychlení
140	120	160	140	160	120	160	160	140	140	Maximální rychlost
177	140	152	120	147	71	208	410	96	137	Počet sedících cestujících

ŽOS Vrutky	Newag	CAF	Pesa	Škoda T.	Stadler	Stadler	Siemens	Bombardier T.	Alstom T.	Výrobce
Regiomover	220/1M	Civiti	Link II	Regio Panter	Regio-Shuttle RS1	Flirt	Desiro City	Talent 2	Coradia Lint	Model
ano	ano	ano	ano	ano	ne	ano	ano	ano	ano	WC pro invalidy
ne	ne	ne	ne	ano	ano	ne	ne	ne	ne	Nestandardní prvky
ano	ano	ano	ano/ne	ne	ne	ano	ne	ano	ano/ne	Podvozky Jacobs
2600/2800	-	-	2100-2650	-	1800/1800	2700/2700	-	1900/2700	1900/2700	Rozvor náprav podvozků (hnací/hnaný)
-	-	-	17040	-	19100	16000/16100	-	13465	16500	Vzdálenost otočných čepů

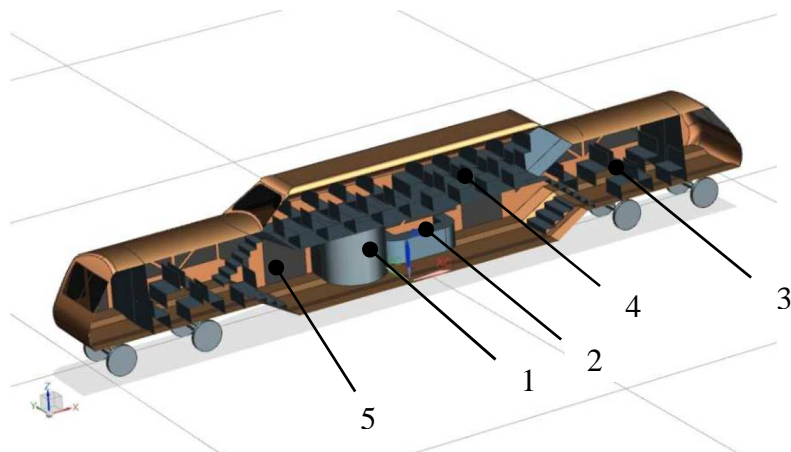
*Všechny parametry v tabulce se vztahují k jednotce s podtrženým počtem vozů.

3 Vlastní návrh

V předchozí kapitole byl vytvořen průzkum trhu, ve kterém je vidět, že trendy současných výrobců jsou podobné a každý se snaží zajistit určité parametry pohodlí. Po shrnutí všech předešlých bylo rozhodnuto jednotku ozvláštnit výhledovou kabinou, která by měla využití především v lokalitách bohatých na krajinu. Výhledová kabina se nachází nad středovou částí vozu a vedou do ní dva vstupy po schodech umístěných diagonálně. Jelikož se nepředpokládá výroba ve velkých sériích a vzhledem k povaze provozu jednotky, je stavba skříňě typu ocelové diferenciální konstrukce. Tato stavba by zároveň měla být modulární pro pokrytí většího spektra zákazníků. Při konstrukci byl brán zřetel na nízkou podlahu v oblasti nástupiště tak, aby byl nástup umožněn i osobám se sníženou pohyblivostí. Tomu byla uzpůsobena i šíře nástupního prostoru, která činí 1500 mm, a je na voze hned na čtyřech místech. Vozidlo poskytuje i velkoprostorovou toaletu pro vozíčkáře. Toaleta má uzavřený systém, který je dnes povinností a je umístěna v oblasti nástupního prostoru. V oblasti nástupního prostoru jsou rovněž místa k sezení, případně k fixaci vozíčků. Jedná se o prostor pod výhledovou kabinou uprostřed vozu. Konstrukce celé skříňě čerpá inspiraci v příhradových konstrukcích a jako taková byla také navržena. Využívá otevřených profilů tak, aby nevznikaly korozní kapsy. Dalším specifikem jsou atypická okna návrhu, která vycházejí z příhradové stavby. Vzhledem k většímu nápravovému zatížení, které by z této konstrukce vznikalo, bylo upuštěno od Jacobsových podvozků. Výhledová kabina skýtá 36 míst k sezení. Zbytek míst k sezení je umístěn za kabinou strojvedoucích. Jedná se až o 28 míst, dle uspořádání. Prostor pod výhledovou kabinou může být dále uzpůsoben požadavkům výrobce a může být osazen malým barem s občerstvením, případně zde mohou být prostory pro kola a rozměrná zavazadla.

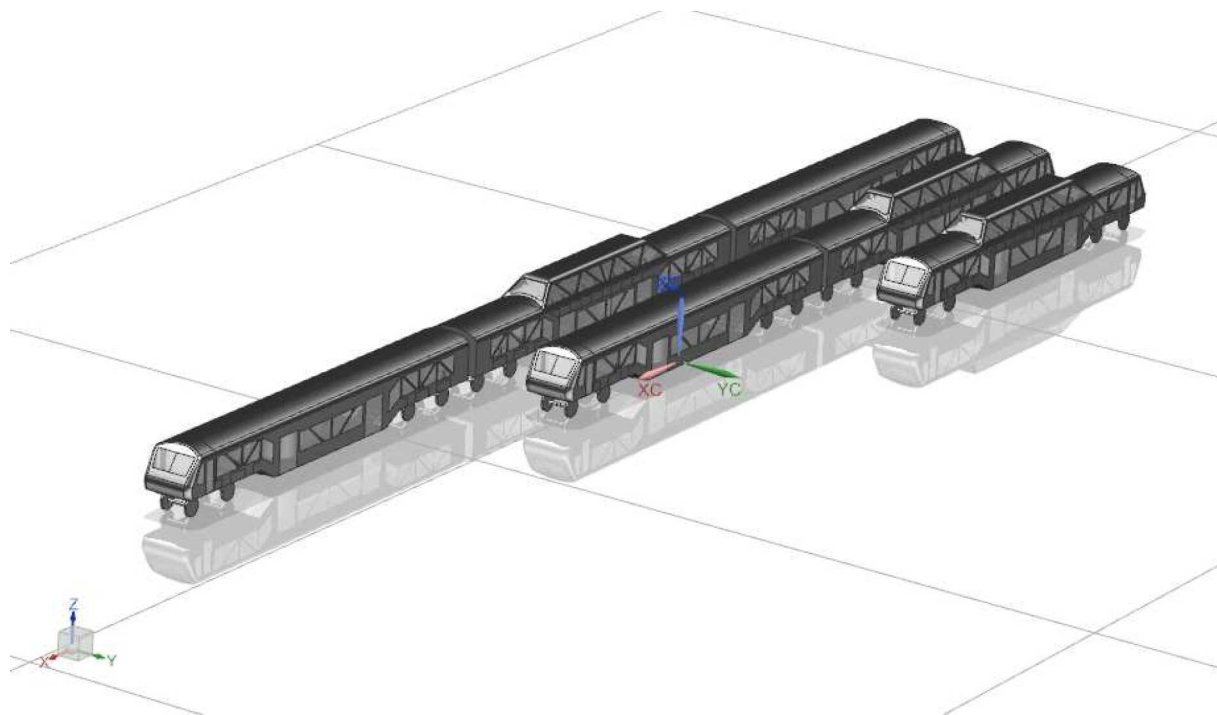


Obr. 2.7-1 Pohled na koncept vozu



Obr. 2.7-2 Pohled na vnitřní uspořádání

1- toaleta pro vozíčkáře, 2-bar, 3-mezipatro, 4-výhledové patro, 5- samočinné dveře
Následně bylo vyhotoveno i dvou a třívozové provedení, kde se jednotlivé prvky opakují.



Obr. 2.7-3 Modulární stavba vozu

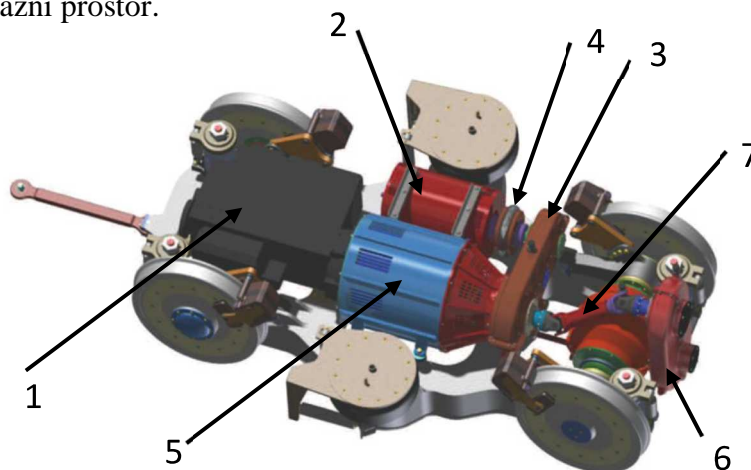
3.1 Parametry vozu

Tab. 3.1-1 Parametry vozu

Parametry pro 1 vůz	
Rozchod	1435 mm
Maximální rychlost	120 km/h
Druh pohonu	Diesel
Počet míst k sezení	Pevných sedadel max. 64
	Sklopných 4 (dle uspořádání)
Délka bez nárazníku a spřáhla	24 000 mm
Maximální šířka vozu	2880 mm
Rozvor náprav hnaného podvozku	2500 mm
Rozvor náprav hnacího podvozku	3000 mm
Výkon spalovacího motoru	242 kW

3.2 Podvozky

Hnané podvozky mají rozvor 3000 mm oproti běžným, které mají rozvor 2500 mm, a jsou tvořeny polootevřeným rámem se vzduchovým sekundárním vypružením. Zvláštností tohoto podvozku je umístění spalovacího agregátu přímo v rámu podvozku. Díky tomu bylo možné rozšířit nízkopodlažní prostor.



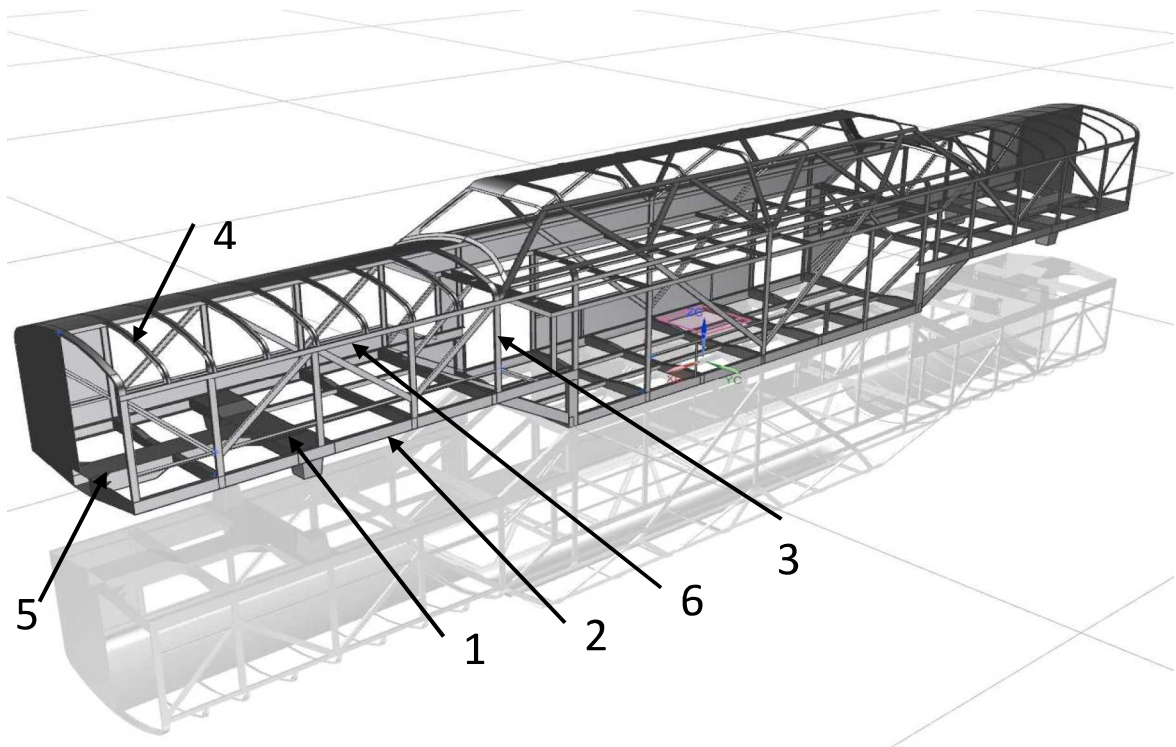
Obr. 3.2-1 Hnací podvozek regionálního vozidla [7]

Na obr 3.1-1 je vidět 1-Spalovací motor, 2-Trakční motor, 3 - Slučovací převodovka, 4- Hřídelová spojka, 5 - Skříň trakčního generátoru, 6 - Nápravová čelně-kuželová převodovka 7 – Kloubový hřídel

3.2.1 Parametry podvozku

Tab. 3.2-1 Parametry podvozku [7]

Elektro-mechanický pohon Regionálního vozidla umístěn v podvozku s vnitřním rámem	
Instalovaný výkon v 1 podvozku (prim. zdroj energie)	242 kW
Max. rychlost vozidla	130 km/h
Průměr dvojkolí	1000 mm
Rozvor podvozku	3000 mm
Obrysová šířka pohonu	1460 mm
Obrysová délka pohonu	3 915 mm
Celková délka podvozku (bez tlač.-taž. tyče)	4353 mm
Obrysová šířka	3000 mm
Obrysová výška nad TK	1250 mm
Hmotnost pohonu (bez elektrické instalace)	4633 kg
Hmotnost podvozku	6400 kg
Celková hmotnost	11 033 kg



Obr. 3.2-2 Pohled na skříň vozu

Skelet skříně je tvořen hlavním příčnickem (1) svařovaným z plechů 8 a 12 mm silných. Do příčnicku se v podélném směru opírá uložení spráhla (5). Hlavní podélníky jsou profily UE 200 dle ČSN 42 5571 (2). Ostatní profily jsou ohraňované profilu U(3) a nebo Z(4,6). Viz příloha.

4 Výpočty

Pro účel výpočtů byla využita střední část z třívozové jednotky, která postihuje konstrukční řešení na všech vozidlech, není v ní však postihnuta kabina strojvedoucího, jejíž řešení s ohledem na deformační prvky a odolnost proti nárazům je nad rámec této práce.

4.1 Kinematické zúžení

Dle ČSN 28 0312:

Příčné posunutí z

- Pro osobní vozy běžné stavby:

Jestliže $h > h_c$ a zároveň $h > 0,5\text{m}$, úhel asymetrie je menší nebo rovno 1° ;

$$z = \frac{S_z}{30} (h - h_c)$$

V případě, že $h < 0,5\text{m}$, úhel asymetrie je menší nebo rovno 1° :

$$z = \frac{4S_z}{30} (h_c - h)$$

Pro libovolné h_c a S_z

S_zsoučinitel náklonu

hvýška od TK

h_cvýška pólu naklápění

Vnitřní zúžení

Podmínka pro vnitřní zúžení

$$a \cdot n - n^2 - \frac{p^2}{4} - 500(w_\infty - w_{i(250)}) \leq 250(1,465 - d) - \frac{2,5}{0}$$

avzdálenost otočných čepů

nmísto výpočtu zúžení od otočného čepu

prozvor podvozku

w_∞vůle v kolébce na rovné trati

$w_{i(r)}$vůle v kolébce pro oblouk poloměru r u vnitřního zúžení

drozchod okolků

2,5 platí pro součásti vozidla, které nepřesahují výšku 400mm od TK (tj. pro $h \leq 400\text{ mm}$)

0 platí pro součásti vozidla, které přesahují výšku 400 mm od TK (tj. pro $h > 400\text{mm}$)

Je-li, podmínka splněna jednostranné vnitřní zúžení se vypočte:

$$E_i = \frac{1,465 - d}{2} + q + w_\infty + z - 0,015$$

Kde: q vůle v ložiskách

Není-li splněna:

$$E_i = \frac{a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4}}{500} + q + w_{i(250)} + z + [x_i]_{>0}^{-0,010}_{-0,015}$$

Kde:

$$x_i = \frac{1}{750} \left(a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right) + w_{i(150)} - w_{i(250)}$$

V případě že x_i je záporné, pak $x_i = 0$

Vnější zúžení

Podmínka pro vnější zúžení.

$$a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 500 \left[(w_\infty - w_{i(250)}) \frac{n}{a} + (w_\infty - w_{a(250)}) \frac{n+a}{a} \right] \leq 250(1,465 - d) \frac{n}{a} - \frac{5}{7,5}$$

Kde:

a.....vzdálenost otočných čepů

n.....místo výpočtu zúžení od otočného čepu

p.....rozvor podvozku

w_∞vůle v kolébce na rovné trati

$w_{i(r)}$vůle v kolébce pro oblouk poloměru r u vnitřního zúžení

$w_{a(r)}$vůle v kolébce pro oblouk poloměru r u vnějšího zúžení

Pro součásti vozidla nepřesahující výšku 400 mm od TK platí 5 (tj. pro $h \leq 400\text{mm}$)

Pro součásti vozidla přesahující výšku 400 mm od TK platí 7,5 (tj. pro $h > 400\text{mm}$)

Je-li podmínka splněna, jednostranné vnitřní zúžení se vypočte:

$$E_a = \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + w_\infty \right) \frac{2n - a}{a} + 2 - 0,015$$

Není-li splněna pak

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4}}{500} + \frac{1,465 - d}{2} \cdot \frac{n + a}{a} + q \frac{2n + a}{a} + w_{i(250)} \cdot \frac{n + a}{a} + z + [x_a > 0]$$

Kde:

$$x_a = \frac{1}{750} \left(a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 120 \right) + (w_{i(150)} - w_{i(250)}) \frac{n}{a} + (w_{a(150)} - w_{a(250)}) \frac{n + a}{a}$$

Hodnoty použité ve výpočtech

$a = 18\,500$	$w_{\infty} = 0,025$
$L = 24000$	$w_{a250} = 0,037$
$P = 2,5$	$w_{a150} = 0,024$
$S_z = 0,4$	$w_{i250} = 0,034$
$h_c = 0,9$	$w_{i150} = 0,02$
$q = 0,002$	

Příklad výpočtu vnitřního zúžení pro $h = 1,17$

$$\text{Výpočet } n: \quad n = \frac{a}{2} = \frac{18,5}{2} = 9,25$$

$$\text{Výpočet } z: \quad z = \frac{S_z}{30}(h - h_c) = \frac{0,4}{30}(1,17 - 0,9) = 0,0036$$

Výpočet E_i :

Podmínka:

$$a \cdot n - n^2 - \frac{p^2}{4} - 500(w_{\infty} - w_{i(250)}) \leq 250(1,465 - d) - 0^{2,5}$$

$$18,5 \cdot 9,25 - 9,25^2 - \frac{2,5^2}{4} - 500(0,025 - 0,034) \leq 250(1,465 - 1,41) - 0$$

$$88,5 \geq 13,75 \Rightarrow \text{Neplatí} \Rightarrow E_i$$

$$E_i = \frac{a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4}}{500} + q + w_{i(250)} + z + [x_i]_{>0}^{-0,010}_{-0,015}$$

$$E_i = \frac{18,5 \cdot 9,25 - 9,25^2 + \frac{2,5^2}{4}}{500} + 0,002 + 0,034 + 0,0036 + 0 - 0,015$$

$$E_i = 0,199 \text{ m}$$

Kde:

$$x_i = \frac{1}{750} \left(a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right) + w_{i(150)} - w_{i(250)}$$

$$x_i = \frac{1}{750} \left(18,5 \cdot 9,25 - 9,25^2 + \frac{2,5^2}{4} - 100 \right) + 0,02 - 0,034$$

$$x_i = -0,03116 \Rightarrow x_i = 0$$

Příklad výpočtu vnějšího zúžení pro $h=1,17$

$$\text{Výpočet } n: n = \frac{L-a}{2} = \frac{24-18,5}{2} = 2,75$$

$$\text{Výpočet } z: z = \frac{S_z}{30}(h - h_c) = \frac{0,4}{30}(1,17 - 0,9) = 0,0036$$

Výpočet E_a :

Podmínka:

$$a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 500 \left[(w_\infty - w_{i(250)}) \frac{n}{a} + (w_\infty - w_{a(250)}) \frac{n+a}{a} \right] \\ \leq 250(1,465 - d) \frac{n}{a} + \frac{5}{7,5}$$

$$18,5 \cdot 2,75 + 2,75^2 + \frac{2,5^2}{4} - 500 \left[(0,025 - 0,034) \frac{2,75}{18,5} + (0,025 - 0,037) \frac{2,75 + 18,5}{18,5} \right] \\ \leq 250(1,465 - 1,41) \frac{2,75}{18,5} + 7,5$$

$64,4 \geq 9,54 \Rightarrow \text{podmínka neplatí} \Rightarrow E_a$

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4}}{500} + \frac{1,465 - d}{2} \cdot \frac{n+a}{a} + q \frac{2n+a}{a} + w_{i(250)} \cdot \frac{n}{a} + w_{a(250)} \frac{n+a}{a} + z \\ + [x_a]_{>0}^{-0,025}_{0,030}$$

$$E_a = \frac{18,5 \cdot 2,75 + 2,75^2 - \frac{2,5^2}{4}}{500} + \frac{1,465 - 1,41}{2} \cdot \frac{2,75 + 18,5}{18,5} + 0,002 \frac{2 \cdot 2,75 + 18,5}{18,5} \\ + 0,034 \cdot \frac{2,75}{18,5} + 0,037 \cdot \frac{2,75 + 18,5}{18,5} + 0,0063 - 0,03$$

$$E_a = 0,169$$

Kde:

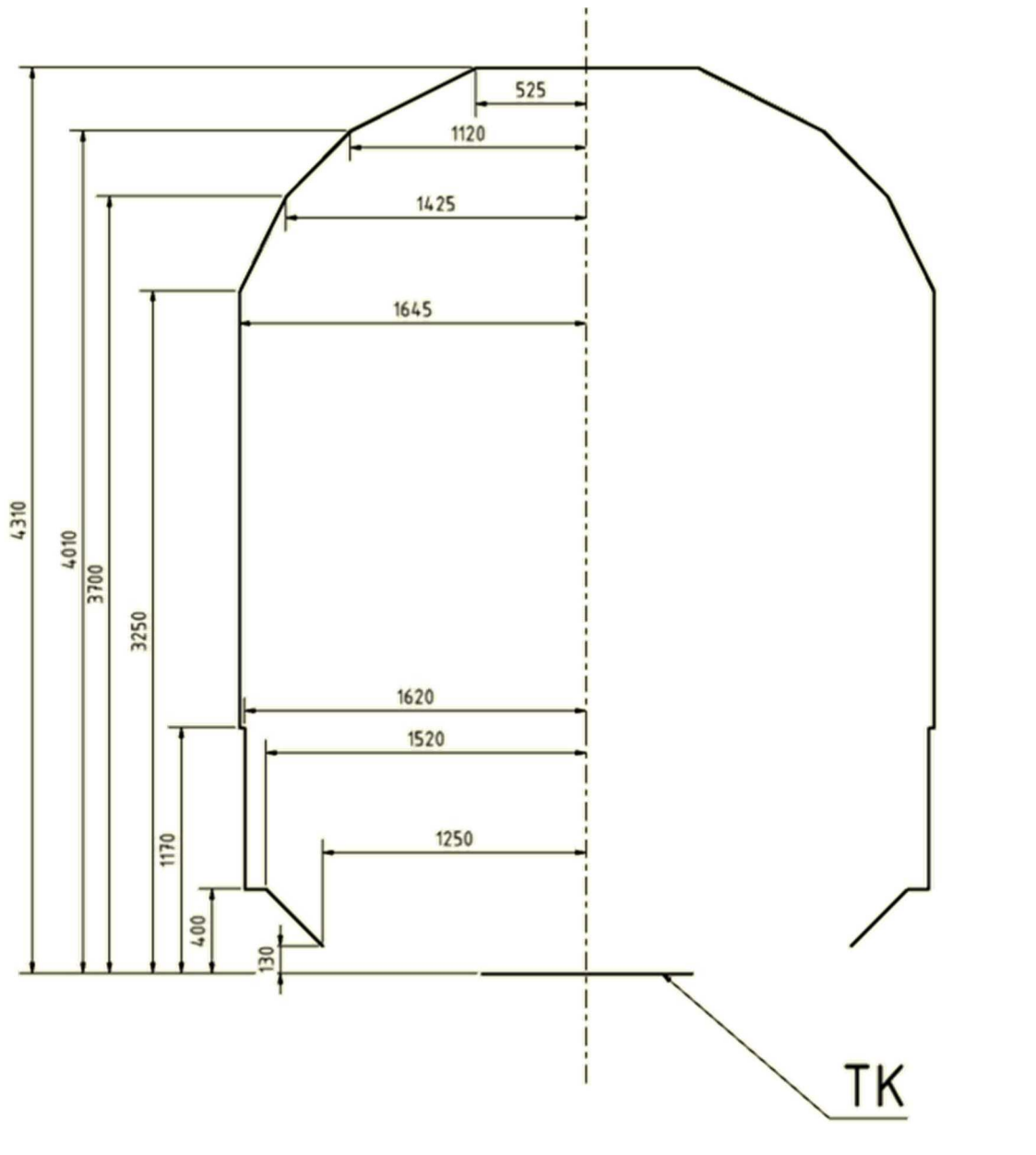
$$x_a = \frac{1}{750} \left(a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 120 \right) + (w_{i(150)} - w_{i(250)}) \frac{n}{a} + (w_{a(150)} - w_{a(250)}) \frac{n+a}{a}$$

$$x_a = \frac{1}{750} \left(18,5 \cdot 2,75 + 2,75^2 - \frac{2,5^2}{4} - 120 \right) + (0,02 - 0,034) \frac{2,75}{18,5} + (0,024 \\ - 0,037) \frac{2,75 + 18,5}{18,5}$$

$$x_a = -0,111 \Rightarrow x_a = 0$$

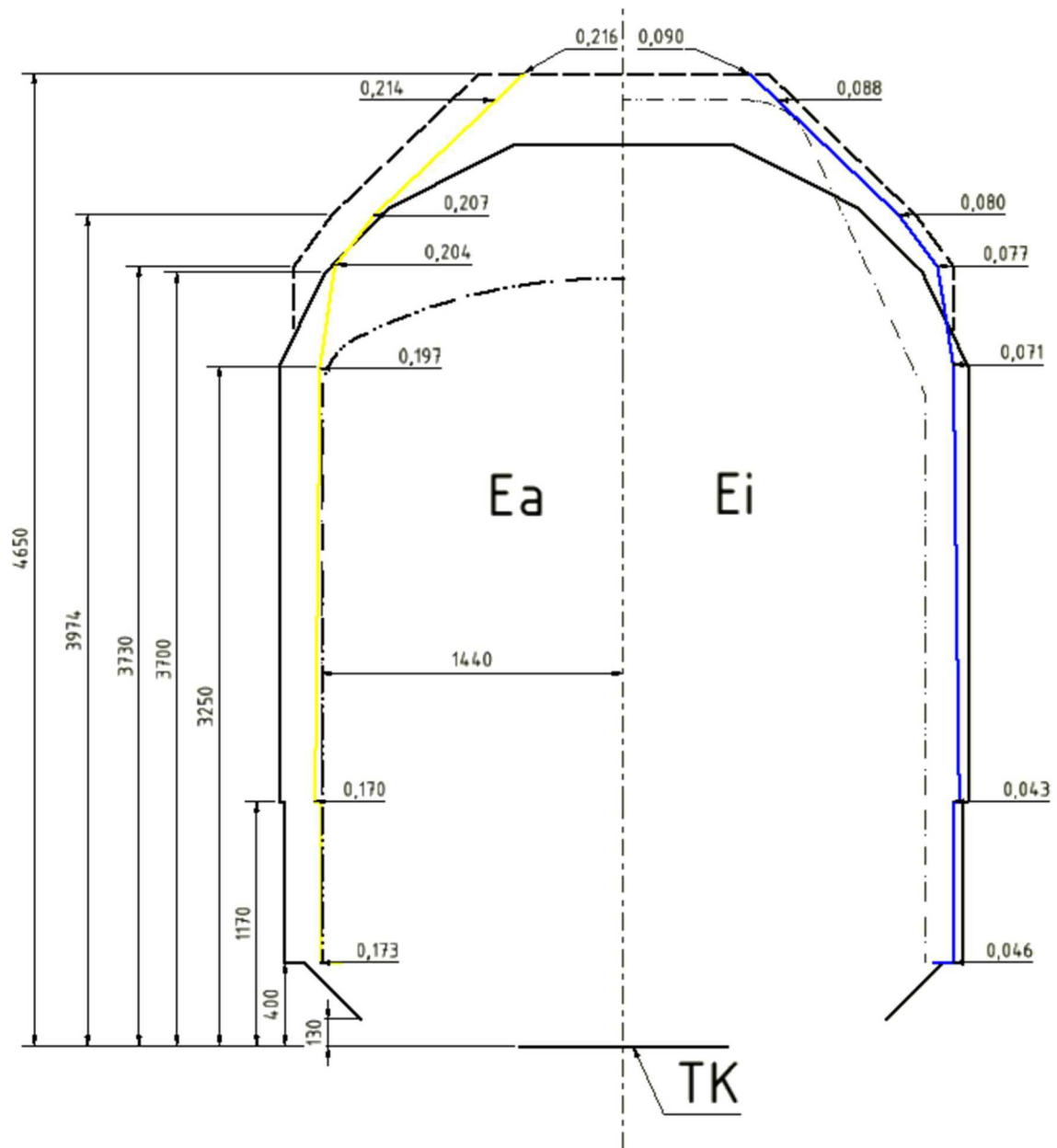
Vztažný obrys podle UIC 505-1

Vztažný obrys je podle UIC 505-1 pro osobní a zavazadlové vozy s rozchodem 1435 mm. Konkrétní rozměry jsou na následujícím obrázku.



Obr. 4.1-1 Vztažná linie kinematického obrysu dle UIC 505-1[16] Horní část

Vzhledem k tomu, že u vozidla byla vytvořena výhledová kabina, bylo nutné profil vozu upravit a v horní oblasti se řídit vztažnou linií kinematického obrysu pro hnací vozidla dle ČSN 28 0312 [15]. Při uvádění do provozu by bylo nutností žádat o výjimku příslušný drážní úřad.



- Vztažná linie kinematického obrysu dle ČSN 28 0312 pro hnací vozidla.
- Vztažná linie kinematického obrysu dle UIC 505-1
- Skutečný profil vozidla

Obr. 4.1-2 Výsledný kinematický průřez

Tab. 4.1-1 Tabulka vypočtených hodnot

h(m)	0,40	1,17	3,25	3,73	3,97	4,52	4,65
z(m)	0,0067	0,0036	0,0313	0,0377	0,0410	0,0483	0,0500
Ei	0,046	0,043	0,071	0,077	0,080	0,088	0,090
Ea	0,173	0,170	0,197	0,204	0,207	0,214	0,216
Výsledný obrys vozidla	2880	2880	2880	2630	2620	1460	1200

4.2 Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel [10]

4.2.1 Všeobecně

Skříně kolejových vozidel musí odolat maximálnímu zatížení podle provozních požadavků po celou dobu jejich požadované provozní životnosti za běžných provozních podmínek s odpovídající pravděpodobností přežití.

Schopnost skříně kolejového vozidla odolat trvalým deformacím a poškození se musí prokázat výpočtem, anebo zkouškami podle validačního programu.

Při hodnocení se musí vycházet z následujících kritérií:

- a) Výjimečná zatížení, jimž odpovídají maximální zatížení, kterým musí odolávat při plně udržovaném provozním stavu;
- b) Rezerva bezpečnosti definovaná v části mezní poruchy a nestabilita, při které může být výjimečné zatížení výrazně překročeno, aniž by došlo ke katastrofálnímu zničení nebo poškození;
- c) Odolnost proti provoznímu nebo cyklickému zatížení po stanovenou dobu životnosti bez snížení bezpečnosti konstrukce.

4.2.2 Kategorie kolejových vozidel

4.2.2.1 Konstrukční kategorie

Označení jednotlivých kategorií kolejových vozidel vychází pouze z pevnostních požadavků na skříně vozidel

Podle typických charakteristik konstrukce kolejových vozidel jsou tři hlavní skupiny: Lokomotivy (L), vozidla osobní dopravy (P), a nákladní vozy (F). Tyto tři skupiny lze dále rozdělit na kategorie podle konstrukčních požadavků.

Tato diplomová práce se zabývá pouze vozidlem osobní přepravy, proto se zde budou zmiňovat pouze hodnoty s tím spojené.

4.2.2.2 Vozidla osobní dopravy

Do této kategorie patří všechny typy kolejových vozidel určených pro přepravu cestujících, v rozsahu od vozidel celostátních drah, přes kolejová vozidla příměstské a městské dopravy až po tramvaje.

Vozidla osobní dopravy jsou z hlediska pevnosti rozčleněna do pěti kategorií:

- Kategorie P-I např. osobní vozy;
- Kategorie P-II např. ucelené vlakové jednotky a osobní vozy;
- Kategorie P-III např. vozidla metra, rychlodrážní a lehké konstrukce;
- Kategorie P-IV např. lehká vozidla metra a vozidla tramvajové rychlodráhy;
- Kategorie P-V např. tramvajová vozidla

4.2.2.3 Nejistoty návrhových parametrů v oblasti kolejové dopravy

Nejistoty popisované v normě lze při návrhu využít ke stanovení mezních hodnot dle parametrů, nebo zavedení bezpečnostního součinitele. Tento bezpečnostní součinitel, označovaný S, se pak musí použít při porovnávání vypočítaných napětí s napětími přípustnými, jak je uvedeno v 4.2.2.5.

4.2.2.4 Materiál

Pro konstrukční účely se musí používat minimální hodnoty vlastností materiálů uvedené ve specifikaci materiálu. V případě, že jsou vlastnosti materiálu ovlivněny, například:

- rychlostí zatížení
- časem (např. stárne-li materiál)
- okolním prostředím (absorpce vlhkosti, teplotou atd.)
- svařováním nebo jinými výrobními procesy

musí se stanovit nové minimální hodnoty

Obdobně musí S-N křivka (Wöhlerova křivka) znázorňující únavové vlastnosti materiálu pokrývat výše uvedené vlivy a musí vyjadřovat dolní hranici rozptylu údajů.

4.2.2.5 Prokázání statické pevnosti a stability konstrukce

Musí se prokazovat výpočtem nebo zkoušením, že při návrhových zatíženích nedojde k významné trvalé deformaci nebo porušení konstrukce jako celku, kteréhokoliv prvku nebo úchyty vybavení. Požadavek musí být splnitelný před dosažením meze pružnosti nebo kluzu (4.2.2.66). Jestliže je návrh vymezen podmínkami mezní pevnosti a/nebo stability (podle 4.2.2.77 a/nebo 4.2.2.88) musí se tyto podmínky rovněž dodržet.

Při porovnání vypočítaného nebo změřeného napětí s napětím přípustným musí být využití prvku nejvýše 1 podle následující rovnice

$$U = \frac{R_d S}{R_L} \leq 1$$

Kde je

U..... využití prvku;

R_d..... hodnota stanovená výpočtem nebo zkouškou;

S konstrukční hodnota

R_L..... přípustná nebo mezní hodnota

4.2.2.6 Mez pružnosti nebo kluzu

V případě, že se návrh ověřuje pouze výpočtem, musí být S₁ pro každý jednotlivý druh zatížení roven 1,15. Jestliže se konstrukční zatížení mají ověřovat zkouškou nebo byla shoda mezi zkouškou a výpočtem dostatečně potvrzena, může se pro S₁ použít 1,0.

$$U = \frac{\sigma_c S_1}{R} \leq 1$$

Kde je

U..... využití prvku

S₁..... bezpečnostní součinitel meze pružnosti nebo kluzu;

R..... mez pružnosti (R_{eH}) nebo 0,2% smluvní meze kluzu (R_{p02}) materiálu v N/mm² (podle definice v EN 10002-1) při respektování všech příslušných vlivů popsanych v odstavci 4.2.2.4.

4.2.2.7 Mezní poruchy

Rezervu bezpečnosti mezi výjimečným a konstrukčním zatížením a zatížením, při kterém dojde k poruše konstrukce, je nutné zajistit zavedením bezpečnostního součinitele S₂.

$$U = \frac{\sigma_c S_2}{R_m} \leq 1$$

Kde je

U..... využití

S_2bezpečnostní součinitel pro mezní poruchu

R_mmezní zatížení materiálu v N/mm² při výjimečném zatížení

σ_cvypočítané napětí v N/mm² při výjimečném zatížení

Obvykle se $S_2 = 1,5$, hodnotu $S_2 = 1,3$ lze použít v případě, že se konstrukční zatížení mají ověřovat zkouškou, nebo když korelace mezi zkouškou a výpočtem byla dostatečně potvrzena.

Kritérium pro mezní poruchy neplatí pro části, které jsou navrženy jako zničitelné řízeným způsobem.

4.2.2.8 Nestabilita

Pro místní nestability ve formě pružné deformace je přípustné zajistit alternativní cesty šíření daného zatížení, splňující kritéria pro mez pružnosti nebo kluzu.

Konstrukce vozidla musí mít rezervu bezpečnosti proti nestabilitě vedoucí k celkovému poškození konstrukce při výjimečném zatížení. Je-li vypočítané napětí nebo zatížení srovnatelné s kritickým deformačním napětím nebo zatížením, musí být využití (podle následující rovnice) nanejvýše 1:

$$U = \frac{\sigma_c S_3}{\sigma_{cb}} \leq 1 \quad \text{nebo} \quad U = \frac{L_c S_3}{L_{cb}} \leq 1$$

Kde je

U využití

S_3bezpečnostní součinitel pro nestabilitu

σ_{cb}kritické deformační napětí, v N/mm²

σ_cvypočítané napětí v N/mm²

L_{cb}kritické deformační zatížení, v N

L_cvypočítané zatížení v N

Bezpečnostní součinitel se musí volit $S_3 = 1,5$.

Kritérium nestability se nepoužívá pro konstrukční části, které jsou navrženy jako zničitelné řízeným způsobem.

4.2.2.9 Prokázání tuhosti

Mezní hodnoty tuhosti zaručují, že skříň vozidla zůstane ve svém vymezeném prostoru a nedojde k nepřijatelnému dynamickému chování

4.2.2.10 Prokázání únavové pevnosti

Na konstrukce skříň kolejevých vozidel působí po dobu jejich životnosti velký počet dynamických zatížení s proměnlivou velikostí.

Vlivy těchto zatížení se nejvíce projevují v kritických prvcích konstrukce skříň vozidla. Příklady takových prvků jsou:

- působiště zatížení (včetně úchytů vybavení)
- spoje konstrukčních prvků (např. svary šroubového spoje)
- tvárové přechody vyvolávající zvýšené koncentrace napětí (např. rohy dveří a oken)

Důležitá je identifikace těchto kritických prvků. Nezbytným může být podrobné zkoumání jednotlivých prvků. Důležitá je identifikace těchto kritických prvků.

Únavová pevnost se musí prokázat. Má se použít některá z následujících metod:

- d) Metoda mezní trvalé pevnosti
- e) Metoda kumulativního poškození

4.2.2.11 Metoda mezní trvalé pevnosti

Tuto metodu lze použít pro všechny oblasti, kde se dynamické napětí při všech cyklech nachází pod mezní trvalou hodnotou trvalé pevnosti materiálu. Jestliže použitá evropská nebo národní norma nebo ekvivalentní zdroj údajů uvádějí mezní hodnotu trvalé pevnosti pro 10^7 nebo méně, musí se pro zatížení stanovené v 6.6 [10] až 6.8 [10] použít tato mezní hodnota. Není-li mezní hodnota trvalé pevnosti definována, nebo je mezní hodnota trvalé pevnosti uvedena pro více než 10^7 cyklů, je přípustné pro zatížení stanovená v 6.6 [10] až 6.8 [10] jako dovolené napětí použít únavovou pevnost materiálu pro 10^7 cyklů (protože platí pro tento počet cyklů)

Požadovaná únavová pevnost je prokázána, pokud napětí vyvolaná všemi odpovídajícími kombinacemi druhů únavových zatížení definovaných v 6.6 [10] až 6.8 [10].

4.2.2.12 Metoda kumulativního poškození

Je to alternativní metoda k metodě mezní trvalé pevnosti. Reprezentativní časový průběh druhů zatížení definovaných v 6.6 [10] až 6.8 [10] od každého zdroje zatížení se musí popsat velikostí zatížení a počtem cyklů. Musí se brát v úvahu kombinace všech zatížení působících současně. V takových případech se potom zpětně posoudí podle S-N grafu (Wöhlerovi křivky) příslušného materiálu každé poškození a celkové poškození stanovené podle platné (Palmgren-Minerovy) hypotézy kumulace poškození.

Je přípustné časový průběh zatížení a kombinace zatížení zjednodušit, pokud to nebude mít vliv na správnost výsledků.

Požadovaná únavová pevnost je prokázána, pokud je výsledné poškození kteréhokoliv kritického prvku vlivem všech příslušných kombinací druhů únavových zatížení menší než (1,0). Podobně musí být u takových prvků menší než jedna kumulativní poškození stanovené podle cyklů zatížení změřených v průběhu zkoušek, když se trvalá pevnost extrapoluje pro plnou dobu životnosti vozidla.

4.2.2.13 Konstrukční zatížení

Hodnoty vyjadřují minimální požadavky

Tab. 4.2-1 Hodnoty vyjadřující minimální požadavky

Definice	Značka	Popis
Konstrukční hmotnost skříně vozidla v provozním stavu	m_1	Konstrukční hmotnost skříně vozidla v provozním stavu podle EN 15663 bez hmotnosti podvozků
Konstrukční hmotnost jednoho podvozku nebo pojezdu	m_2	Hmotnost všech zařízení pod vypružením skříně, včetně hmotnosti tohoto vypružení. Hmotnost spojovacích prvků mezi skříní vozidla a podvozkem nebo pojezdem se rovnoměrně rozděluje do m_1 a m_2
Normální konstrukční zatížení	m_3	Hmotnost normálního konstrukčního užitečného zatížení podle EN 15663
Výjimečné užitečné zatížení	m_4	Hmotnost výjimečného užitečného zatížení podle EN 15663

Kromě druhů zatížení uvedených v následujících tabulkách a všech dalších požadavků nebo úprav uvedených ve specifikaci musí konstrukce odolat všem dalším statickým nebo dynamickým zatížením, jaká se mohou vyskytovat (např. vlivem krouticího momentu motoru, sil brzdových systémů).

4.2.2.14 Podélná statická zatížení skříně vozidla

Spolu se zatíženími uvedenými v tabulkách Tab. 4.2-2 až Tab. 4.2-8 se musí brát v úvahu zatížení vyvolané hmotností m_1 při svislém zrychlení 1 g.

Podélné síly v prostoru nárazníků anebo spřáhel

Tab. 4.2-2 Tlaková síla v místech uchycení nárazníků nebo spřáhel [kN]

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
2000	2000	1500	800	400	200	2000	1200

Tab. 4.2-3 Tlaková síla pod úrovní nárazníků nebo spřáhel [kN]

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
-	-	-	-	-	-	1500	900

Tab. 4.2-4 Tlaková síla působící na uchycení úhlopříčně (pokud jsou nárazníky umístěny na jednom nebo obou koncích samotného vozidla) [kN]

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
-	-	-	-	-	-	400	400

Tab. 4.2-5 Tahová síla na uchycení spřáhla [kN]

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
1000	1000	1000	600	300	150	1500	1500
						1000	1000

Tlakové síly na čelní stěně

Tlaková síla podle tabulek Tab. 4.2-6, Tab. 4.2-7 a Tab. 4.2-8 musí být zachycena na úrovni spřáhla/nárazníků na opačném konci skříně vozidla.

Pokud je konstrukce řešená jako nárazuvzdorná podle EN 15227, lze použít zatížení čelní stěny konstrukce vozidla buď před, nebo za navrženými deformačními oblastmi.

Tab. 4.2-6 Tlaková síla v oblasti čelníku 150 mm nad úrovní podlahy [kN].

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
400	400	400	-	-	-	-	-

Tab. 4.2-7 Tlaková síla ve výšce spodního rámu okna (dolního okraje okna)

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
300	300	300	300	-	-	-	-

Tab. 4.2-8 Tlaková síla v úrovni vaznice [kN]

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
-	300	300	150	-	-	-	-

4.2.2.15 Svislá statická zatížení

Maximální provozní zatížení

Maximální provozní zatížení definované v tabulce Tab. 4.2-9 odpovídá výjimečnému užitečnému zatížení vozidla.

Tab. 4.2-9 Maximální provozní zatížení

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
$1,3 \times g \times m_1$	$1,3 \times g \times (m_1+m_4)$					$1,3 \times g \times (m_1+m_3)$	

Zdvihání a zvedání

Síly uvedené v tabulkách Tab. 4.2-10 a Tab. 4.2-11 představují tíhu zvedaných hmotností. Rovnice platí pro dvou podvozkové vozidlo. Stejně zásady se musí použít pro kolejová vozidla s jiným uspořádáním vypružení.

Zvedaná hmotnost je dána hmotností prázdného vozidla (kromě nákladních vozů zvedaných v ložném stavu). Podle některých provozních požadavků nemusí zahrnovat podvozky nebo plné užitečné zatížení. V takových případech se musí hodnoty m_2 a m_3 v následujících tabulkách dosadit jako nulové nebo snížené na určitou mez. Je-li nutné zvedat vozidla třídy P-I až PV v loženém stavu, musí to být uvedeno ve specifikaci.

Tab. 4.2-10 Zdvihání a zvedání ve stanovených místech na jednom konci vozidla

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
$1,1 \times g \times (m_1+m_2)$						$1,0 \times g \times (m_1+m_2+m_3)$	

Pozn: Druhý konec vozidla se má nacházet v běžné poloze.

Tab. 4.2-11 Zdvihání a zvedání celého vozidla ve stanovených místech

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
$1,1 \times g \times (m_1+m_2)$						$1,0 \times g \times (m_1+m_2+m_3)$	

4.2.2.16 Kombinace druhů statických zatížení skříně vozidla

Pro účely prokázání dostatečné statické pevnosti se musí brát v úvahu minimálně, kombinace druhů statických zatížení, uvedená v tabulce Tab. 4.2-12

Tab. 4.2-12 Kombinace druhů statických zatížení skříně vozidla

Kombinace	Lokomotiva Kategorie L	Kolejová vozidla osobní dopravy Kategorie P-I,P-II,P-III,P-IV,P-V	Nákladní vozy Kategorie F-I,F-II
Tlaková síla a svislé zatížení	-	Tab. 4.2-2 a $g \times (m_1+m_4)$	Tab. 4.2-2 a $g \times (m_1 + m_3)$
			Tab. 4.2-3 a $g \times (m_1+m_3)$
Tahová síla a svislé zatížení	-	Tab. 4.2-2 a $g \times (m_1+m_4)$	Tab. 4.2-5 a $g \times (m_1+m_3)$

4.2.2.17 Mezní statická zatížení vazeb

Druhy mezních zatížení spojní skříně s podvozkem.

Spojení skříně s podvozkem musí odolat zatížení podle Tab. 4.2-9 a Tab. 4.2-10. V kombinaci se zatíženími vyvolanými hmotou m_1 při svislém zrychlení skříně vozidla $1 g$ musí každý spoj vydržet také zatížení vyvolaná:

- a) Maximální zrychlení podvozku ve směru osy x, odpovídající kategorii podle tabulky 13, v případě hnacích podvozků se minimální zrychlení pro kategorii P-I rovná 3g. V případě vozidel posunovaných za těžkých podmínek (např. při spouštění ze svážného pahrbku) se musí brát v úvahu vyšší hodnoty.
- b) Příčnou silou na každém podvozku odpovídající výjimečné příčné síle podle definice v EN 13749, nebo silou vyvolanou na podvozku hmotou m_2 při 1 g, podle toho, která je větší.

Druhy mezních zatížení v místech uchycení vybavení

Při výpočtech sil v místech uchycení vybavení za provozu vozidla se musí hmotnosti prvků vynásobit hodnotami zrychlení, stanovenými v Tab. 4.2-13, Tab. 4.2-14, Tab. 4.2-15. Zatížení se musí použít jednotlivě.

Minimálním požadavkem je, že každé zatížení vyvolané zrychlením definovaným v Tab. 4.2-13, Tab. 4.2-14, Tab. 4.2-15. se musí individuálně posuzovat v kombinaci s maximálními zatíženími, jaká může vyvolat vlastní vybavení. Pro kombinace se zatížením vyvolaným svislým zrychlením 1g se musí brát v úvahu zrychlení uvedená v Tab. 4.2-13, Tab. 4.2-14. Zatížení uvedená v tabulce Tab. 4.2-15 se týká vlastní hmotnosti vybavení. Pokud může hmotnost vybavení nebo způsob jeho uchycení měnit dynamické vlastnosti vozidla, musí se přezkoumat vhodnost stanovených hodnot zrychlení.

Tab. 4.2-13 Zrychlení ve směru osy x

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
±3g	±5g	±3g	±3g	±2g	±2g	±5g	

Tab. 4.2-14 Zrychlení ve směru osy y

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
±1g							

Tab. 4.2-15 Zrychlení ve směru osy z

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
$(1 \pm c) \times g^a$							
^a C=2 na konci vozidla a lineárně klesá na 0,5 ve středu vozidla							

Druhy základních únavových zatížení skříně vozidla

Zdroje zatížení

Musí se popsat všechny zdroje cyklického zatížení, které mohou vyvolat únavové poškození.

Při posuzování únavových poškození konstrukce vozidla se musí brát v úvahu následující stanovené vstupy.

Spektrum užitečného zatížení

Pokud se užitečné zatížení významně nemění, lze pro kategorie P-I až PV, F-I a FII užít normální konstrukční užitečné zatížení m_3 za celou dobu životnosti

Pokud se užitečné zatížení významně mění, musí se ve formě vhodné pro výpočetní účely ve specifikaci definovat užitečná zatížení a příslušná doba jejich trvání na každé úrovni.

Významné změny užitečného zatížení se mohou vyskytovat nejčastěji v rychlé dopravě/metru a v některých případech nákladní dopravy.

Cykly stavů ložený/prázdný

Únavové poškození vyvolané cykly stavů ložený/prázdný lze považovat za významné v případech, kdy vozidla mají vysoký poměr hmotnosti v loženém stavu k hmotnosti v prázdném stavu a dochází u nich k častým změnám užitečného zatížení.

Zatížení vyvolaná kolejí

Zatížení vyvolaná svislými a příčnými nerovnostmi a zborcením koleje lze stanovit na základě:

- a) dynamického modelování (s využitím údajů týkajících se geometrie a nerovnosti koleje)
- b) údajů změřených na určené nebo podobné trati
nebo vycházejících z
- c) empirických údajů (zrychlení, vychylek)

Charakter údajů se bude lišit podle toho, zda se pro konstrukční únavu použije metoda kumulativního poškození nebo metoda trvalé pevnosti.

[10] – (str.30-39)

4.3 Vlastní výpočet pevnosti skříně

Výpočet je proveden pomocí FEM analýzy s použitím výpočtového softwaru Nastran v Siemens NX 8.5. Celý model je diskretizován na konečný počet prvků a budou na něj aplikovány okrajové podmínky, které jsou uvedeny v normě ČSN EN 12663-1.

Vzhledem k časové náročnosti výpočtů a s ohledem na to, že se jedná pouze o ověření vhodné koncepce, nebudou počítány veškeré zatěžovací stavy dle platných norem, ale pouze jejich část.

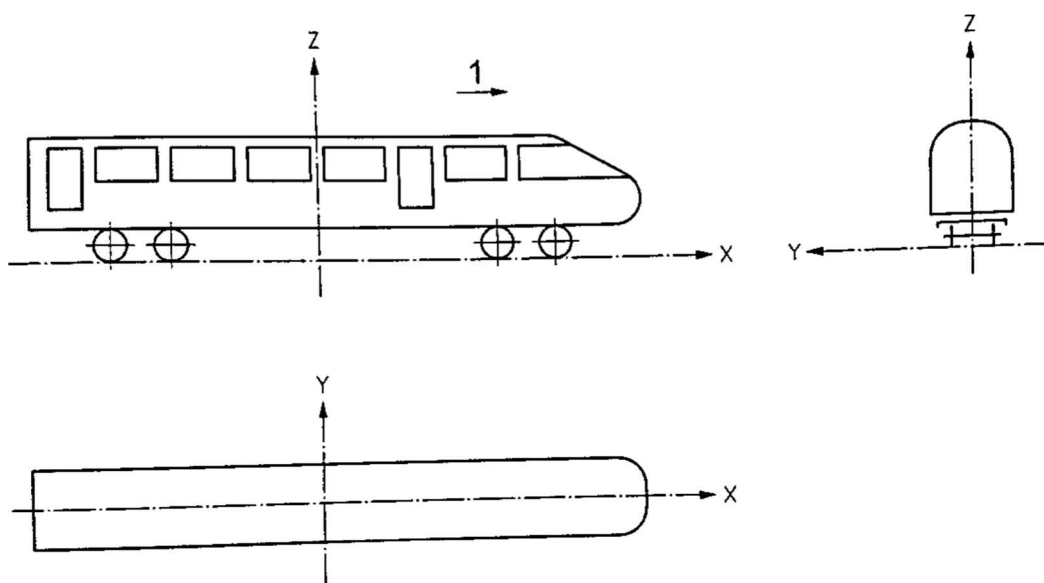
V praxi by muselo dojít k podrobnějšímu zkoumání v souznění s normami platnými pro kolejová vozidla [9], [10], [13].

4.3.1 FEM analýza

S vývojem počítačových systémů se stalo ověření konstrukcí pomocí výpočtů jednodušším. Dříve bylo nutné řešit průhyby a napětí v konstrukcích složitými analytickými metodami nebo

odborným náhledem. V dnešní době snižování nákladů, snižování hmotností atd. za stále se zlepšujících pevnostních a životnostních podmínek, je nutné konstrukce ověřovat detailněji. K tomuto účelu slouží vyhodnocení konstrukcí pomocí FEM analýz. Díky modelování konečným počtem prvků dojde k zjednodušení konstrukce pokrytím výpočtovou sítí. Prvky této sítě mohou mít různé tvary, ale dle zkušeností je vhodné se některým tvarům v kritických oblastech vyhnout. Výpočtem na konečnoprvkovém modelu je možné posoudit nejen celé chování vozu, jako tomu bylo dříve, ale také je možné ověřit napětí v oblastech svarů a jiných napojení. Zároveň je možné modelovat kompozitové materiály, lepidla, šrouby a jiné prvky, které bylo těžké dříve posoudit, a proto se šlo často cestou naddimenzování. Je možné provést výpočet pevnostní, únavový, modální, proudění okolo i uvnitř konstrukce, teplotní a další, ale v této práci se omezíme na výpočet pevnostní. Pro některé další výpočty by bylo nutné upravit FEM model.

4.3.2 Souřadný systém vozidla:



Legenda

- 1 orientace směru jízdy
- X orientace podélného směru
- Y orientace příčného směru
- Z orientace svislého směru

Obr. 4.3-1 Souřadný systém vozidla [10]

4.3.3 Model:

Vzhledem k symetrii celé konstrukce a okrajovým podmínkám okolo dvou hlavních rovin XZ a YZ bude provedena analýza pouze na 1/4 skříně vozu viz Obr. 4.3-2. Jsou použity lineární skořepinové prvky, převážně typu Quad. Prvky typu Tria jsou eliminovány v oblastech možných singularit a v okolí svarů. Prvky typu Tria vykazují nepřesné výpočty v pevnostních analýzách. Pro napojení oplechování s profily, byly použity prvky typu RBE2-rigit prvky. V těchto prvcích z hlediska jejich definice, nevyhodnocujeme napětí, slouží pouze k pevnému spojení dvou bodů pro přenos sil a deformací.

Počet použitých prvků: Quad:.....415236
Tria:6059
RBE2:9162

Materiálové konstanty*: E = 206940 [N/mm²]
μ = 0,288
ρ = 7850 [kg/m³]

E.....Youngův modul pružnosti v tahu

μ.....Poissonovo číslo

ρ.....Hustota

* Materiálové konstanty byli převzaty z knihoven softwaru NX8.5

4.3.4 Uchycení:

Uchycení je modelováno v rovinách symetrie symetrickými okrajovými podmínkami a v místě uložení skříně na podvozek je zamezeno pohybu ve směru Z.

4.3.5 Zatížení:

Z možných zátěžných stavů popsaných v normách bylo vybráno několik statických zatížení. Viz Tab. 4.3-1.

V případě ověřování všech zátěžných stavů by bylo nutné počítat s celým modelem, jelikož některé zátěžné stavy nejsou symetrické.

Norma dále popisuje dynamické zátěžné stavy, ale řešení únavy by bylo nad rámec této diplomové práce. Pro kompletní ověření vozu by bylo vhodné provést crash analýzu, ale to by bylo opět nad rámec této diplomové práce.

4.3.6 Zatěžovací stavy dle konstrukční kategorie P-II

Tab. 4.3-1 Zatěžovací stavy

Statická zatížení skříně vozidla			
Směr zatížení	X	Y	Z
Stav 1	1500 kN v uchycení spráhla (zatížení tlakem viz. Tab. 4.2-2	0	g x (m ₁)
Stav 2	1000 kN v uchycení spráhla (zatížení tahem) viz. Tab. 4.2-5	0	g x (m ₁)
Stav 3	0	0	1,3 x g x (m ₁ + m ₄) viz. Tab. 4.2-9

Statická zatížení skříně vozidla			
Směr zatížení	X	Y	Z
Stav 4	1500 kN v uchycení spřáhla (zatížení tlakem viz. Tab. 4.2-12)	0	$g \times (m_1 + m_4)$ viz. Tab. 4.2-12
Stav 5	1000 kN v uchycení spřáhla (zatížení tlakem viz. Tab. 4.2-12)	0	$g \times (m_1 + m_4)$ viz. Tab. 4.2-12

4.3.7 Dovolena napětí pro výjimečné zatížení

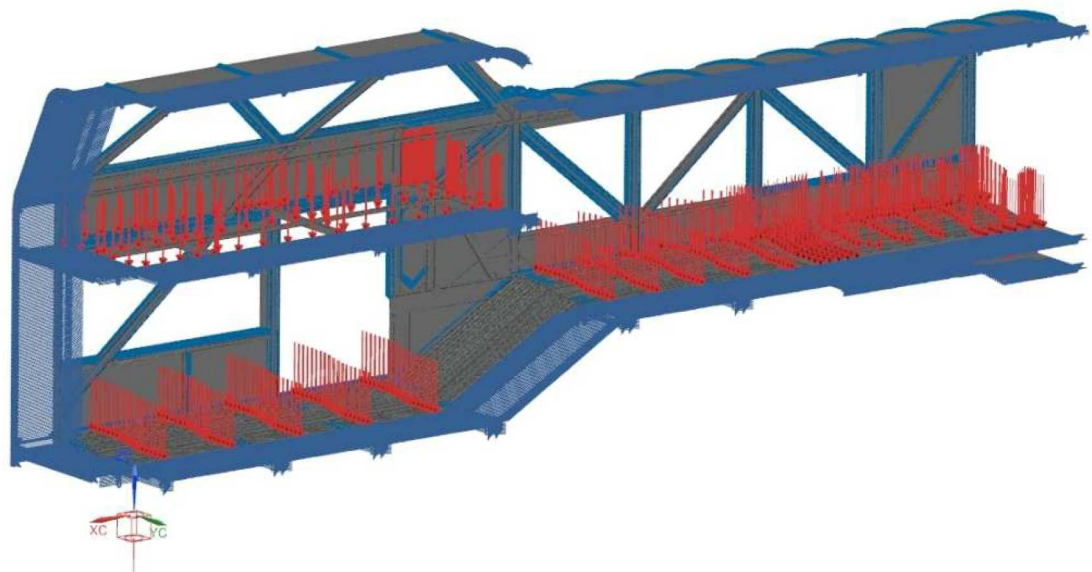
Přípustné namáhání ocelí S235 a S355 se podle odstavce normy [10] se odvíjí od meze kluzu.

Tab. 4.3-2 Dovolena napětí

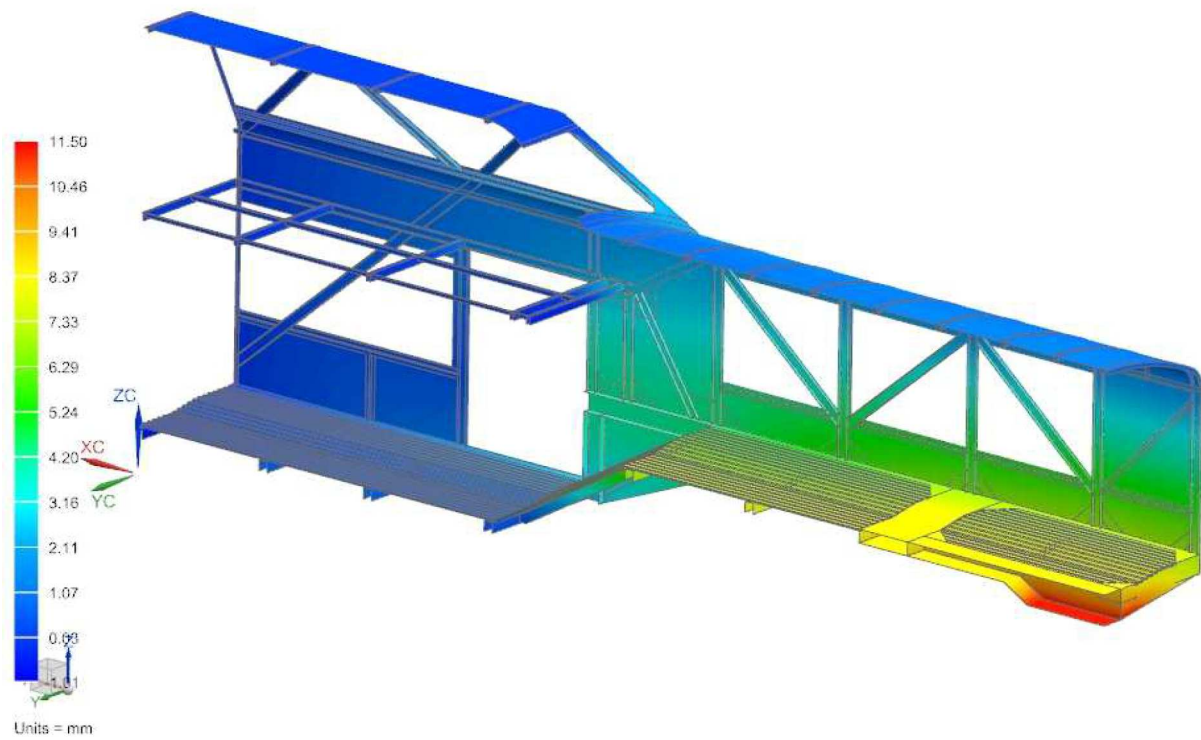
Vrubová kategorie	Tloušťka plechu [mm]	Dovolena napětí σ pro S235 [MPa]	Dovolena napětí σ pro S355 [MPa]	Dovolena napětí po uvážení bezpečnostního koeficientu 1,15 [MPa]	
				S235	S355
Základní materiál	Do 16	235	355	204	308
	Nad 16 a do 40		345		300
	Nad 40 a do 60		335		291
Oblast svaru	Do 16	214	323	186	280
	Nad 16 a do 40		313		272
	Nad 40 a do 60		304		264

4.3.8 Posouzení výsledků

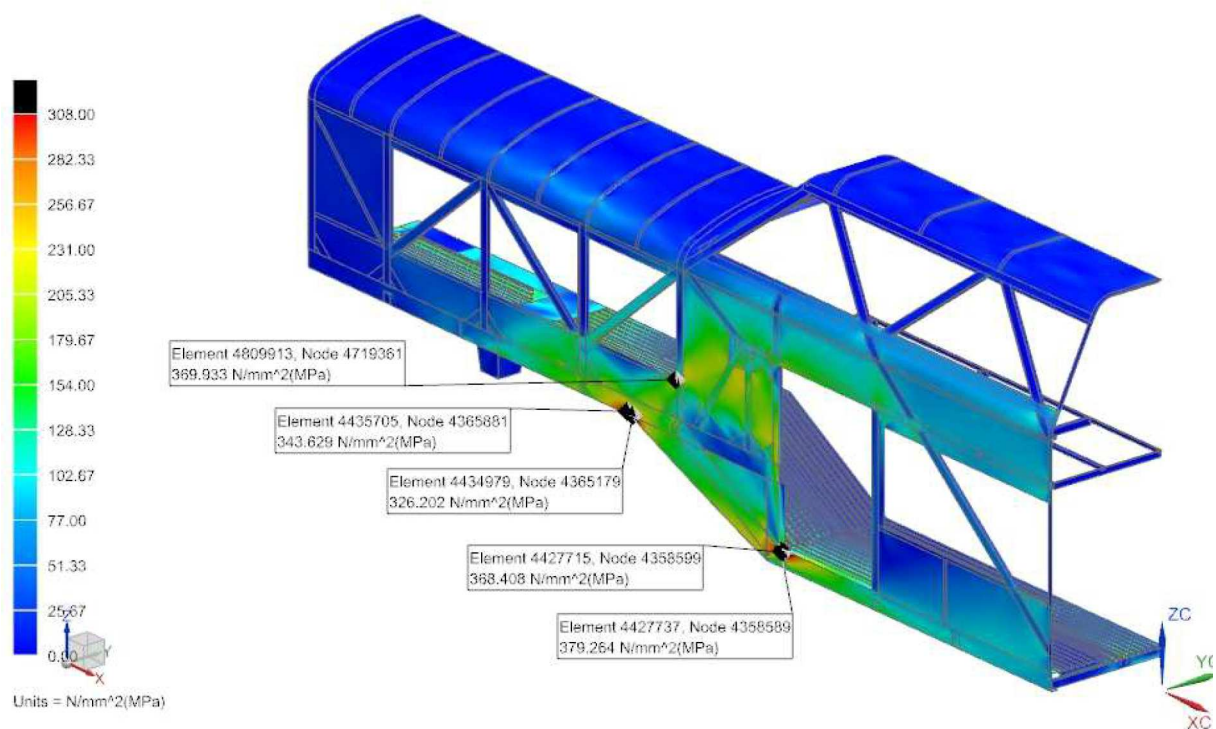
Vzhledem k absenci zkoušky je dle normy [10] vhodné posuzovat konstrukci s bezpečností minimálně 1,15. Meze, vůči nimž je konstrukce posuzována, vychází z Tab. 4.3-2. Svary jako takové nejsou vyhodnocovány. Je vyhodnocována pouze tepelně ovlivněná oblast.



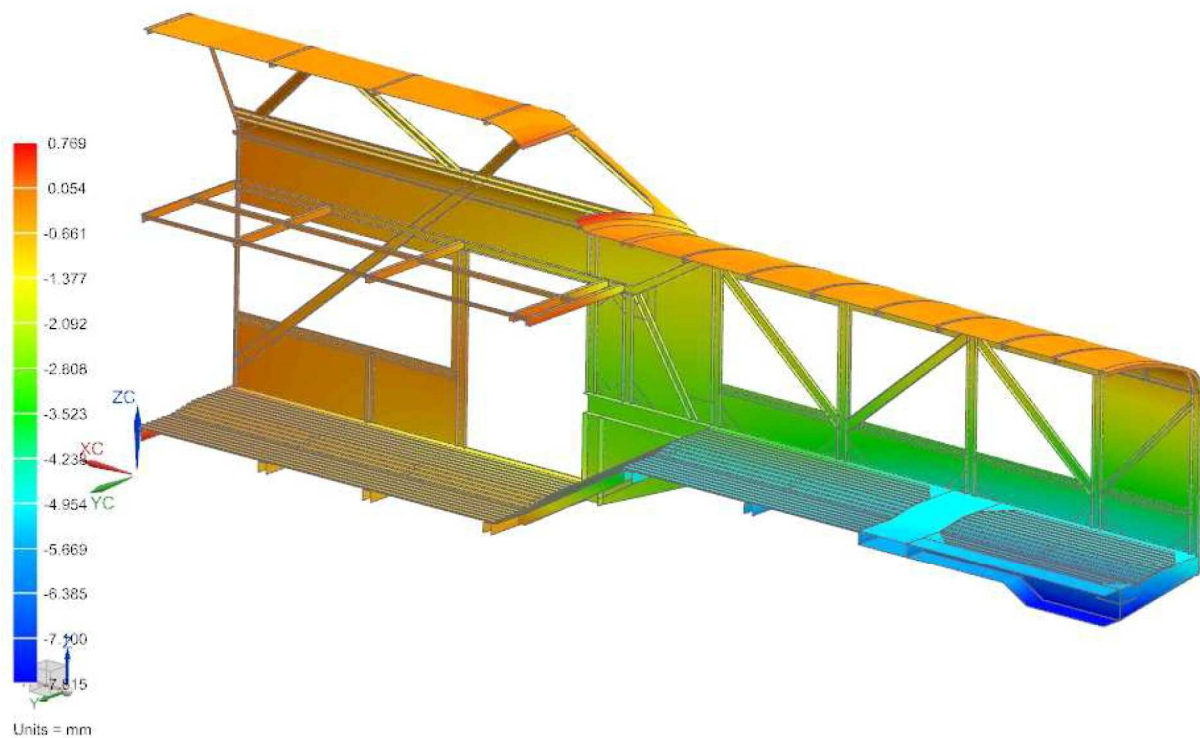
Obr. 4.3-2 Okrajové podmínky



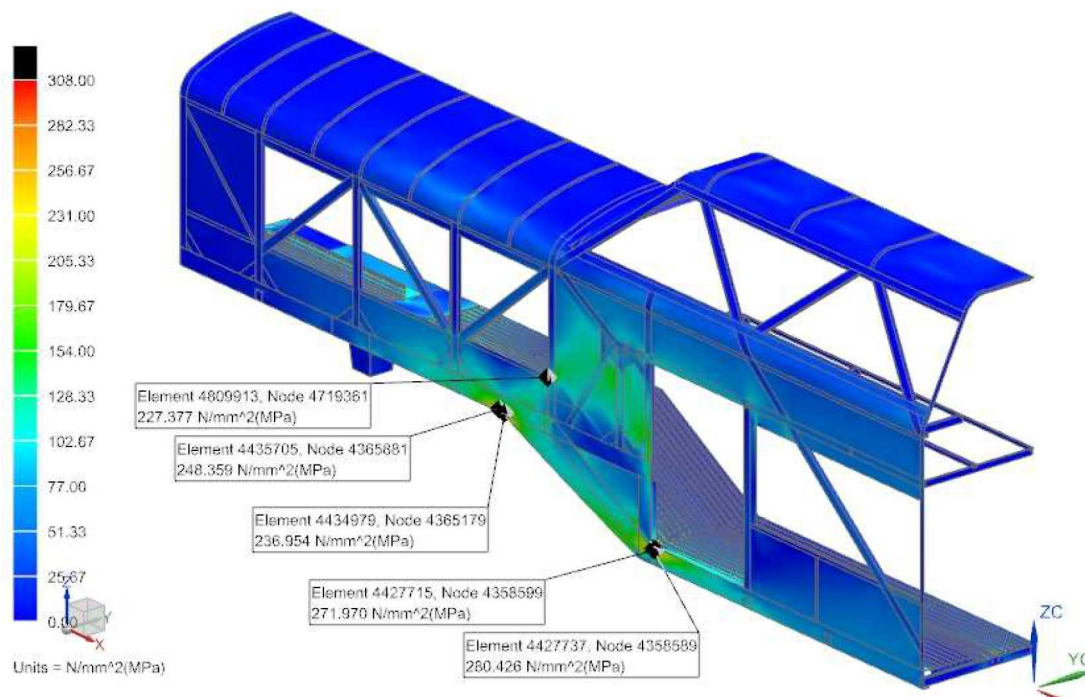
Obr. 4.3-3 Stav 1 - Posunutí ve směru X [mm]



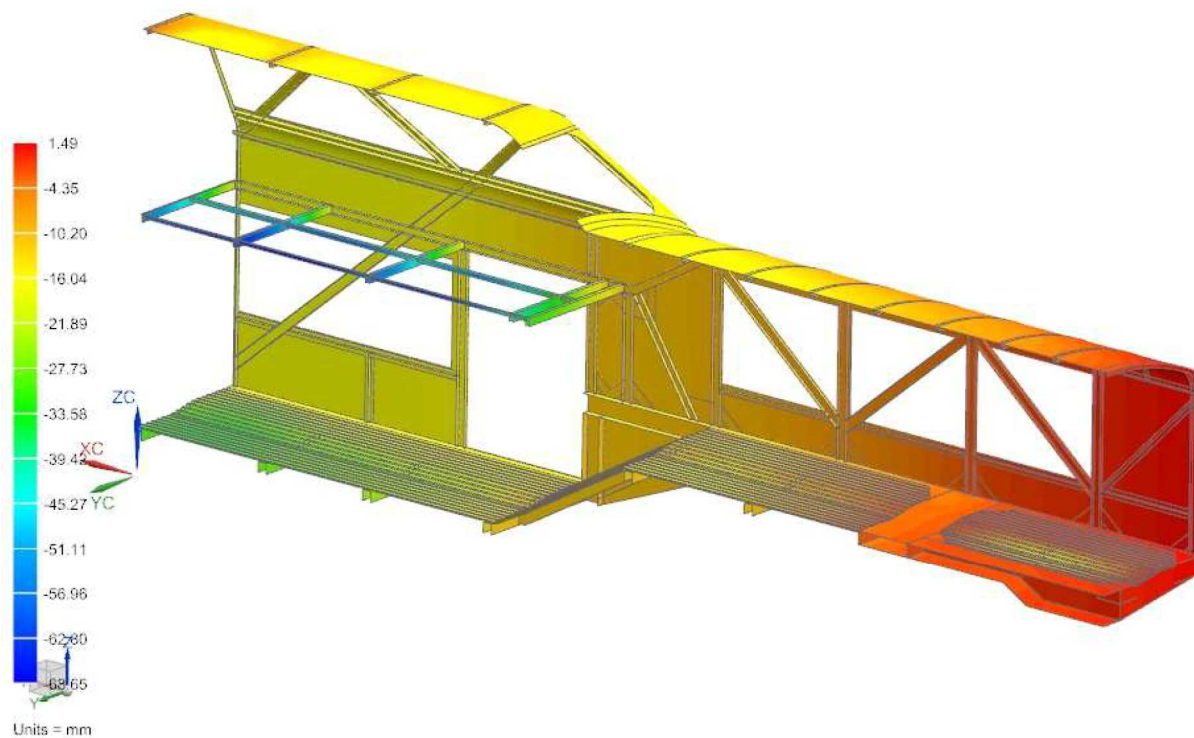
Obr. 4.3-4 Stav 1 - Napětí von Mises [MPa]



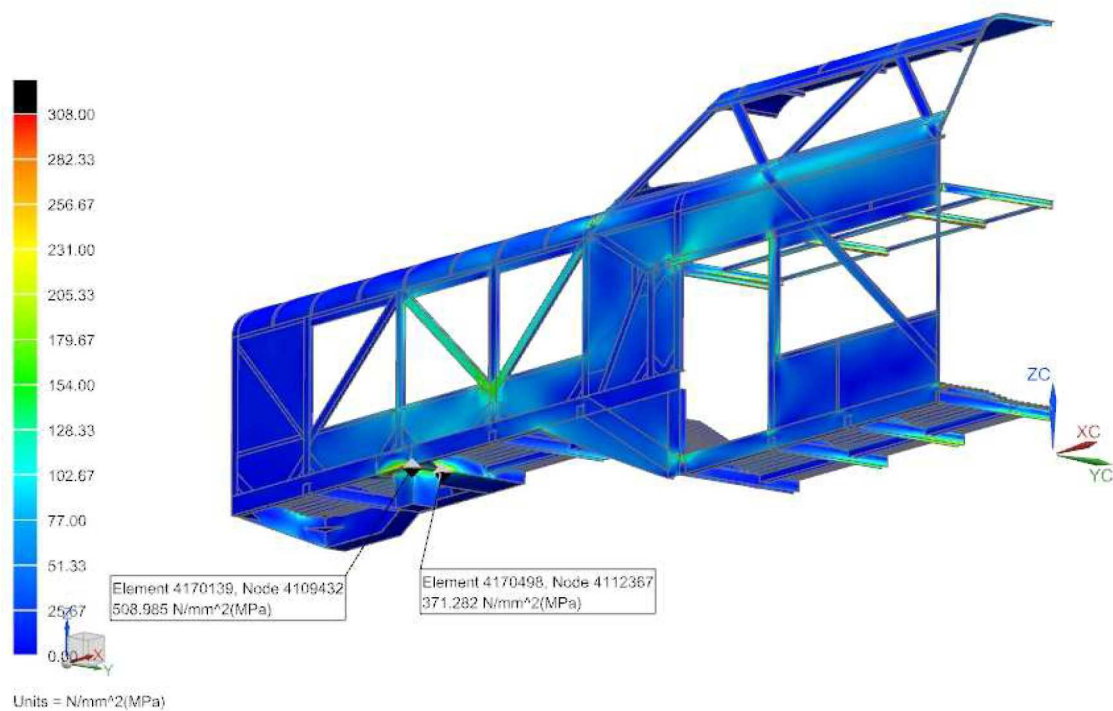
Obr. 4.3-5 Stav 2 - Posunutí ve směru X [mm]



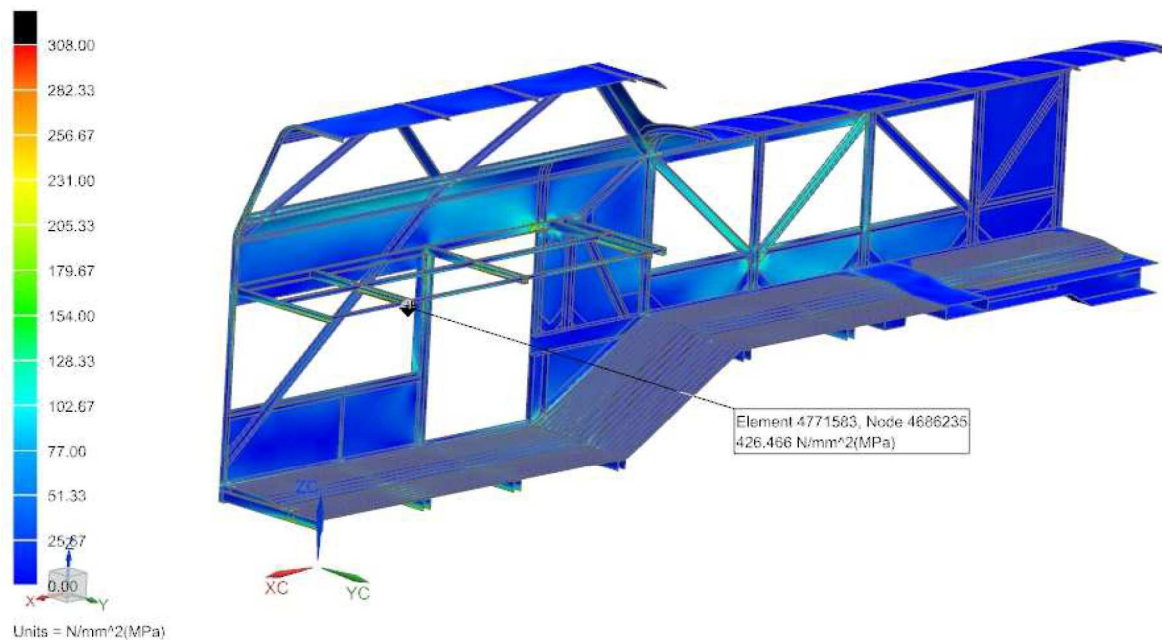
Obr. 4.3-6 Stav 2 - Napětí von Mises [MPa]



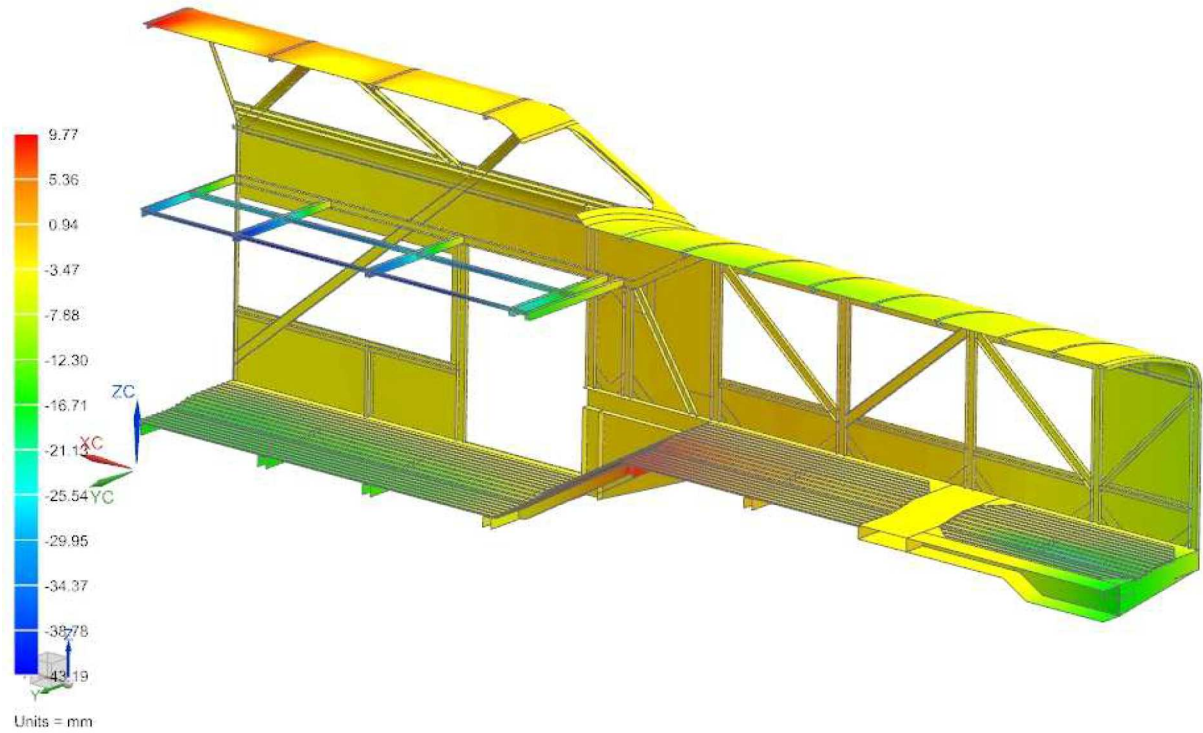
Obr. 4.3-7 Stav 3 - Posunutí ve směru Z [mm]



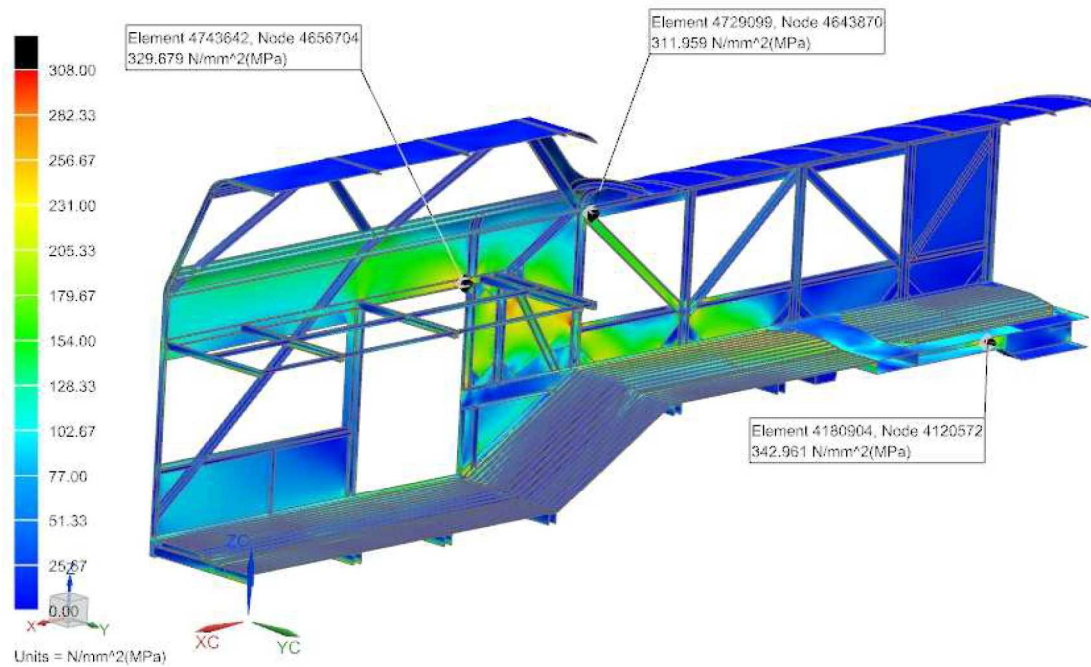
Obr. 4.3-8 Stav 3 - Napětí von Mises [MPa]



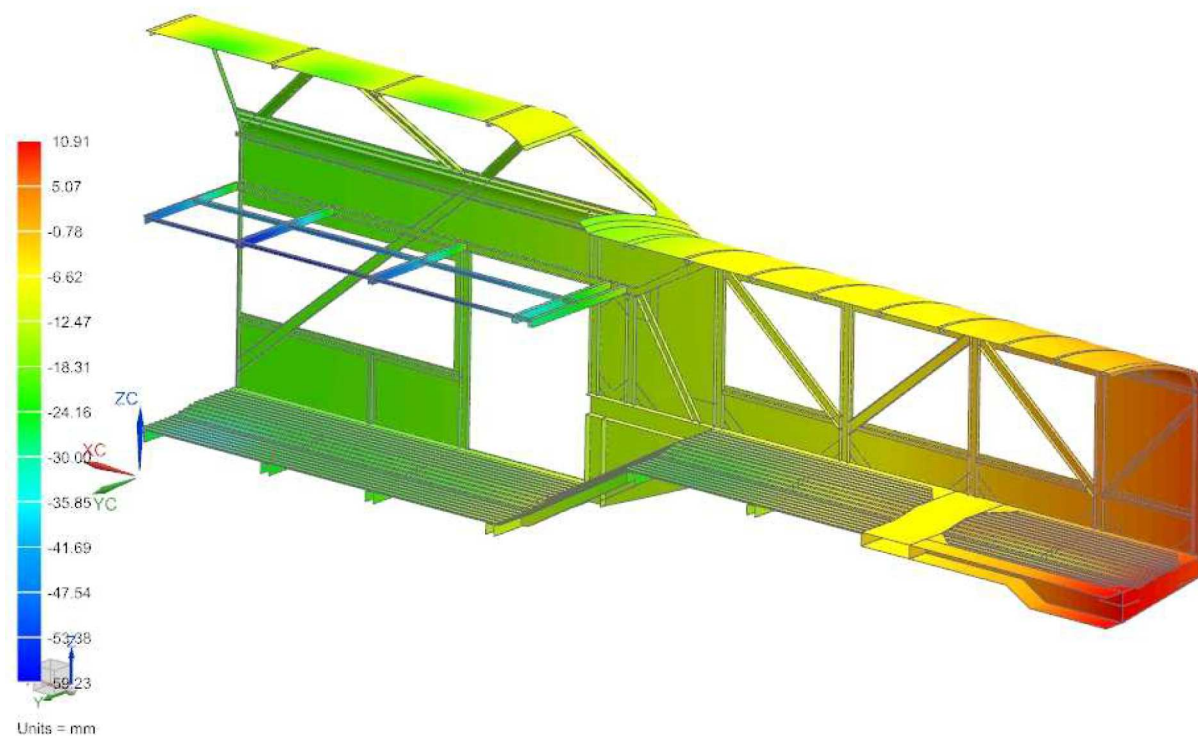
Obr. 4.3-9 Stav 3 - Napětí von Mises [MPa]



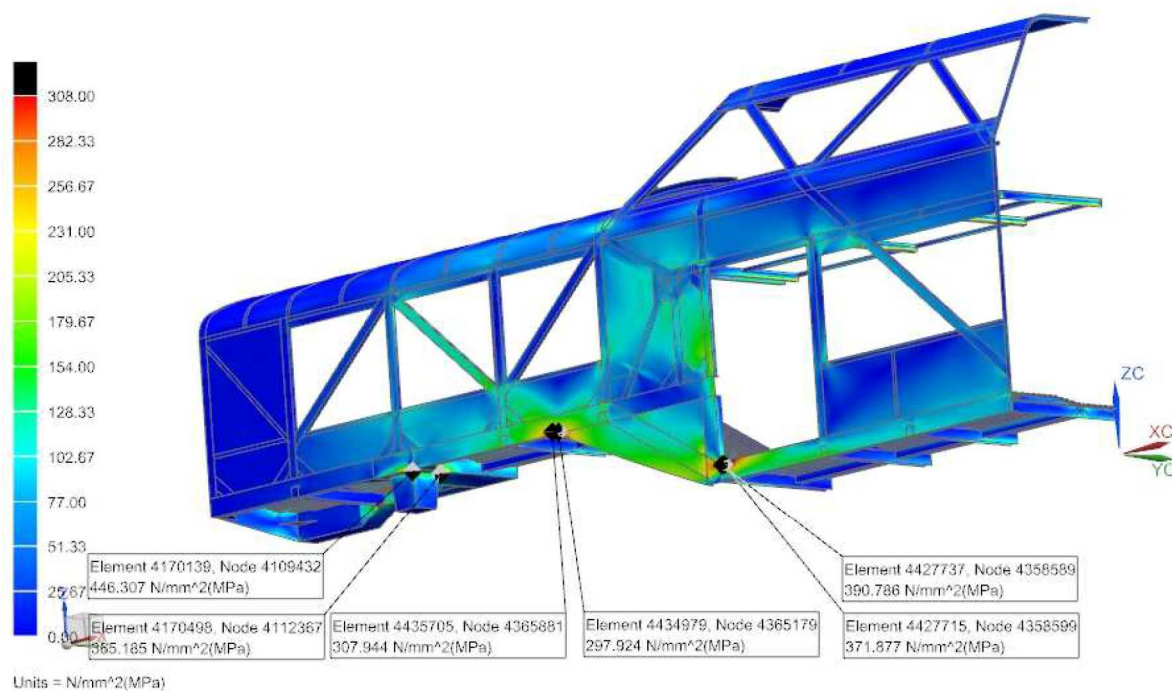
Obr. 4.3-10 Stav 4 - Kombinované posunutí [mm]



Obr. 4.3-11 Stav 4 - Napětí von Mises [MPa]



Obr. 4.3-12 Stav 5 - Kombinované posunutí [mm]



Obr. 4.3-13 Stav 5 - Napětí von Mises [MPa]

Z obrázků číslo Obr. 4.3-3 až Obr. 4.3-13 je patrné, že u konstrukce v některých místech dochází k překročení dovolených napětí. Jako kritická místa se jeví oblasti rohů dveří. Dveře bývají u konstrukcí skříní častým problematickým místem. Rohy dveří i oken se chovají jako vruby, kde dochází ke koncentraci napětí. V praxi se často využívá rohovníků, které radiem tento vrub částečně eliminují. Tyto rohovníky nejsou ve výpočtu vzhledem ke složitosti celkového výpočtového modelu zahrnuty.

Dalším kritickým místem je oblast napojení plošné výztuhy na válcovaný U-profil. Tato výztuha se jeví jako nevhodná. Ke snížení napětí v tomto místě by byla vhodná výztuha L-profilu, která by lépe roznesla napětí do více materiálů.

V místě uložení hlavního příčnicku na podvozek vznikají vyšší napětí oproti dovoleným. Tento problematický uzel by se dal vyřešit zvýšením síly materiálu příčnicku v oblasti navaření nosného úkosového hranolu, nebo uzpůsobení hranolu, tak, aby jeho kontaktní část se spodním plátem hlavního příčnicku byla delší a bez ostrých hran

Posledním kritickým místem je oblast 1. patra, kde byl silně poddimenzován výběr nosných profilů jak z hlediska napětí, tak z hlediska průhybů. Pro odstranění tohoto problému by bylo vhodné zvýšit počet příčných nosníků, popřípadě i změnit jejich průřez. Dalším prvkem, který bude mít příznivý vliv na průhyb těchto nosných profilů podlahy, a není ve výpočtu zahrnut, je hlavní krycí část. Tato část může být tvořena vlnovcovým plechem, jako tomu je u hlavních podlah nebo deskami, které mohou být různého složení, nejčastěji s využitím dřeva.

5 Technicko ekonomické zhodnocení

V současné době jsou ceny letecké dopravy na nízké úrovni díky provozu nízkonákladových společností. Na trhu s dopravou se vyskytuje množství kreativních provozovatelů, kteří nabízejí ve svých vozech možnost zakoupení občerstvení, tisku, nebo využití lokální internetové sítě. Podobné podmínky můžeme vesměs vidět napříč evropským kontinentem. Proto se musejí výrobci kolejových vozidel chovat inovativně. Mezi inovativní cíle by mělo patřit zvýšení kvality nabízených služeb, a tím i zvýšení atraktivit kolejové dopravy. Mnohá opatření nesou přívětivé výsledky již nyní. Spolehlivá a přesná mezinárodní nákladní železniční doprava má potenciál odlehčit přetěžované dálniční síti. S komerčním úspěchem se otvírají také nové vysokorychlostní tratě, kde vysokorychlostní jednotky mohou jezdit rychlostmi přesahující 300 km, což významně zkracuje dobu strávenou na cestách a umožňuje zdánlivě neproduktivní dobu využívat produktivně. Kolejová vozidla tedy excelují zejména v oblastech s vysokou a pravidelnou dopravou. To jsou oblasti zejména mezi velkými městy. Další parketou kolejové dopravy je pokrývání potřeb občanů žijících na venkově nebo v malých městech denně se dopravovat za prací do větších měst.

V počátku 20. století prošla železniční vozidla pro regionální dopravu logickým vývojem. Z počátku bylo využíváno parních lokomotiv a tratě uzpůsobeny jejich technickým možnostem.

V 30. letech se začaly objevovat a rychle osvědčovat lehké motorové vozy, kterým se přezdívalo kolejové autobusy. Mezi šedesátými a sedmdesátými lety proběhla výměna parních lokomotiv za dieselové nebo elektrické. V letech devadesátých se opěvovaly některé velmi lehké vozy pro regionální dopravu, bohužel však nebyly schopny nabídnout dostatek pohodlí; proto se od nich časem upustilo.

Kolejová doprava musí být nejen ekonomicky výhodná, ale i pro cestující atraktivní, musí je motivovat k upřednostňování hromadné dopravy před používáním osobního automobilu. Základním úkolem je převedení osobních vlaků do vyšší kvalitativní kategorie. Tato kvalita je dána jak pohodlím cestujícího, tak i výrazným zvýšením cestovní rychlosti, které vyplývá z více faktorů. Pohodlí cestujícího zajišťuje interiér vozidla. Vzhled interiéru, barevné sladění, čistota a funkčnost velmi ovlivňuje cestující.[26]

Vysoká spolehlivost a minimální údržbová náročnost vedou k tomu, že nerozpojitelné provedení jednotky není v provozu komplikací, vozidlo zajíždí do depa k údržbě až po několika týdnech provozu. Tato optimálně navržená konfigurace vozidla vyhovuje v prakticky nezměnné podobě velmi široké skupině odběratelů, což má pozitivní dopad na cenu vozidla. Kumulace dodávek téměř stejných vozidel pro větší i menší železniční společnosti má za následek produkt, který využívá všechny přednosti hromadné výroby – krátké dodací termíny, příznivá cena, dostupnost náhradních dílů, propracované údržbové technologie.[26]

Je zřejmé, že moderní technologicky vyvrálené jednotky je výrazně ekonomičtější provozovat než udržovat ne dobře cestujícími vnímané přestárlé vozy s vysokými náklady na pohonné hmoty a nevhodnou přepravní kapacitou. Z ekonomického hlediska je tedy výhodnější investovat do nové techniky, než udržovat starou techniku.

6 Závěr

Cílem práce této práce je navrhnout konstrukci skříně regionální jednotky s nestandardními prvky. Koncepce skříně má splňovat veškeré požadavky dané současnou legislativou a dále pak zohledňovat požadavky trhu. Celá stavba skříně má být modulární pro lepší přizpůsobení zákazníkům.

Z návrhu vzešla diferenciální ocelová skříň s prvky příhradové konstrukce. Skříň je osazena výhledovou kabinou, která ozvláštňuje vozidlo a předurčuje jej k využití především oblastech bohatých na krajinu. Prostoru pod kabinou bylo využito pro multifunkční prostor, který bude vybaven dle přání zákazníků. Část tohoto prostoru je předurčena pro WC buňku s parametry vhodnými pro využití vozíčkáři. Dále byl splněn požadavek na nízkou nástupní hranu, která činí pouhých 560 mm. Šíře skříně 2880 mm rovněž zaručuje dostatek prostoru pro všechny cestující. Celá konstrukce byla prověřena výpočtem pomocí metody konečných prvků, kde bylo odhaleno několik míst, kde současný stav rozpracovanosti modelu nevyhovuje požadavkům. U těchto míst byla navržena opatření, která by výsledky posunula k požadovaným hodnotám.

V praxi by muselo dojít k dalším cyklům výpočtů, než by byly odhaleny a odstraněny všechny vady. Návrhem skříně se zabývá široký tým lidí a celá podoba konečné karoserie je uzpůsobena i dalším technickým požadavkům (např. rozvodům vzduchu, topení a osvětlení a elektroinstalace). Tato práce se však zaměřila pouze na koncepční řešení a naznačila směr budoucí nové cesty.

V závěru byla celá studie zpracována do výkresové dokumentace, která je přílohou této práce.

7 Seznam použité literatury a softwaru:

Knižní publikace

- [1] STANĚK, J., NĚMEJC, J. *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací*. Plzeň: ZČU 2005.
- [2] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla I*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007.
- [3] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla II*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009.
- [4] VÁVRA, P., LEINVEBER, J. *Strojnické tabulky*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986.
- [5] KOLÁR, P. *Podvozek Jacobs-Diplomová práce*. Plzeň: ZČU 2011.
- [6] TRPÁK, L. *Studie podvozku s vnitřním rámem (Podvozek regionálního vozidla)-Diplomová práce*. Plzeň: ZČU 2012.
- [7] STAŇEK, J. *Hybridní pohon regionálního vozidla-Diplomová práce*. Plzeň: ZČU 2011.
- [8] VLČKOVÁ, V. *Návrh konstrukčního řešení regionální nízkopodlažní jednotky- Diplomová práce*. Plzeň: ZČU 2007.

Uvedené Normy

- [9] ČSN EN 15085. *Železniční aplikace: Svařování železničních kolejových vozidel a jejich částí*. 2008.
- [10] ČSN EN 12633-1. *Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel-Část I:Lokomotivy a vozidla osobní přepravy*. 2010.
- [11] ČSN EN 15273-1. *Průjezdny průřezy tratí a obrysy vozidel-Část I:Všeobecně-Společné zásady pro infrastrukturu a vozidla*. 2008.
- [12] UIC 651. *Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple-unit trains and driving trailers*. 2002.
- [13] ČSN EN 15227. *Požadavky na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu*. 2008.
- [14] DIN 5510-2. *Fire behavior and fire side effects of materials and parts Classification, requirements and test methods*. 2009.
- [15] ČSN 28 0312. *Obrysy pro kolejová vozidla s rozchodem 1435 a 1520 mm. Technické předpisy*. 1976.
- [16] UIC 505-1. *Railway transport stock. Rolling stock construction gauge*. 2006.

Internetové zdroje

- [17] <http://www.alstom.com>
- [18] <http://www.bombardier.com>
- [19] <http://www.railway-technology.com>
- [20] <http://www.stadlerrail.com>
- [21] <http://skoda.cz/cs/produkty/elektricke-jednotky>

[22] <http://www.caf.es>

[23] <http://www.newag.pl>

[24] <http://www.zos-vrutky.sk/>

[25] <http://www.strefabiznesu.gp24.pl/>

[26] MAJ, J.,POHL,J. *Ekonomika provozu motorových jednotek desiro v regionální dopravě.*
http://www.railvolution.net/czechraildays/2005/seminare/v_4.pdf. Praha: Siemens s.r.o. 2005

Software:

Siemens NX 8.5

Autodesk Inventor 2015

Microsoft Word, Excel, 2013

8 Seznam příloh

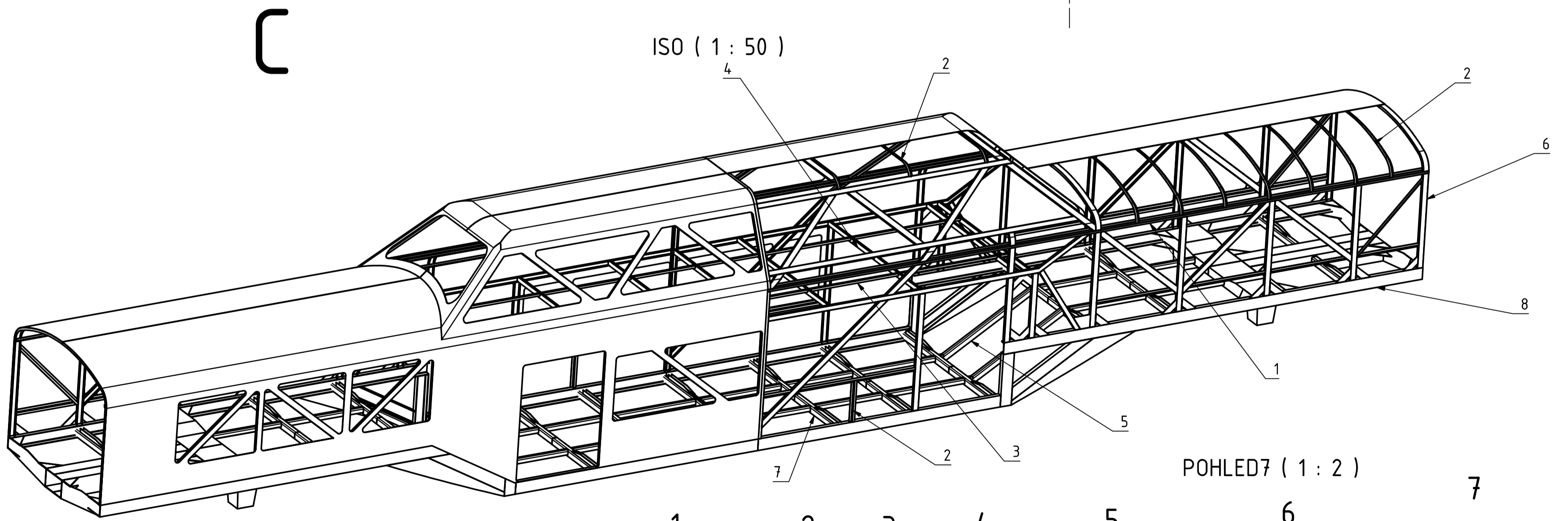
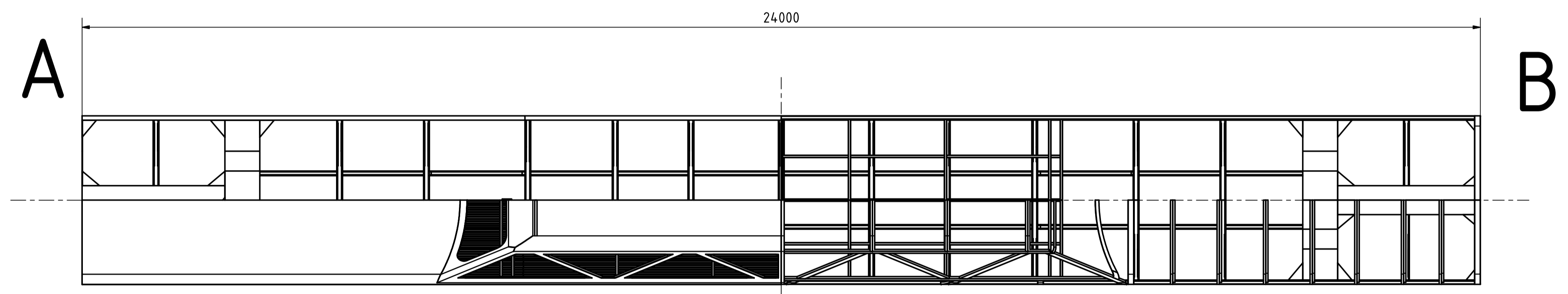
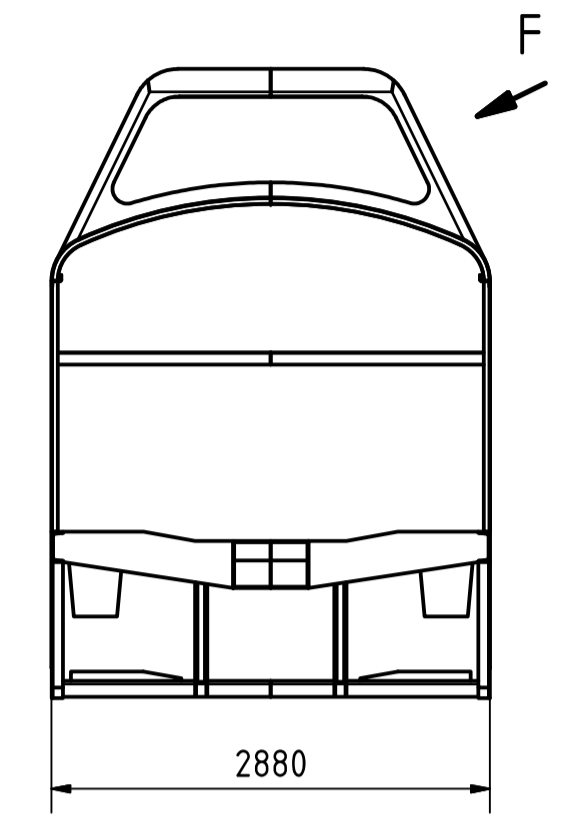
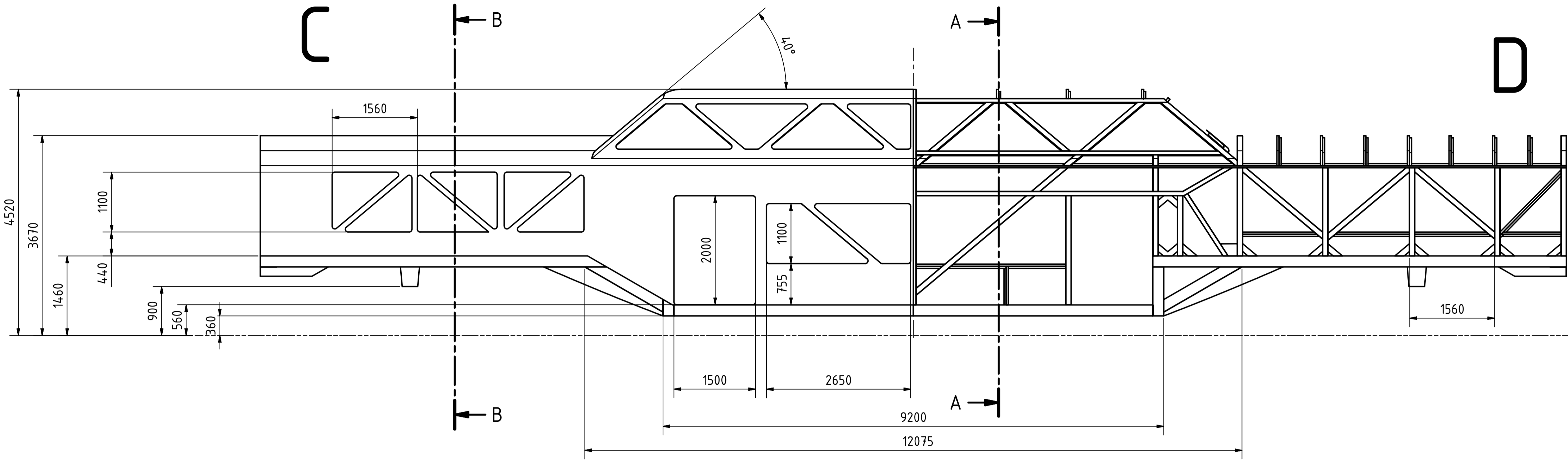
1. Studie regionálního vozidla – výkres č.001

9 Seznam obrázků

Obr. 2.5-1 Regionální jednotka Talent firmy Bombardier [3]	6
Obr. 2.6-1 Různé provedení jednotek [5]	7
Obr. 2.6-2 Integrovaná stavba skříně	7
Obr. 2.6-3 Integrovaná hrubá stavba skříně	8
Obr. 2.6-4 Půdorys WC [8]	9
Obr. 2.6-5 WC ŽOS Vrutky [24]	9
Obr. 2.7-1 Coradia lint [17]	11
Obr. 2.7-2 Talent	11
Obr. 2.7-3 Desiro City [19]	12
Obr. 2.7-4 Flirt [20]	13
Obr. 2.7-5 RS1 [20]	13
Obr. 2.7-6 RegioPanter [21]	14
Obr. 2.7-7 Link [25]	14
Obr. 2.7-8 Civiti [22]	15
Obr. 2.7-9 220/1M [23]	15
Obr. 2.7-10 Regiomover [24]	16
Obr. 2.7-1 Pohled na koncept vozu	20
Obr. 2.7-2 Pohled na vnitřní uspořádání	21
Obr. 2.7-3 Modulární stavba vozu	21
Obr. 3.2-1 Hnací podvozek regionálního vozidla [7]	22
Obr. 3.2-2 Pohled na skříň vozu	23
Obr. 4.1-1 Vztažná linie kinematického obrysu dle UIC 505-1[16] Horní část	28
Obr. 4.1-2 Výsledný kinematický průřez	29
Obr. 4.3-1 Souřadný systém vozidla [10]	39
Obr. 4.3-2 Okrajové podmínky	42
Obr. 4.3-3 Stav 1 - Posunutí ve směru X [mm]	42
Obr. 4.3-4 Stav 1 - Napětí von Mises [MPa]	43
Obr. 4.3-5 Stav 2 - Posunutí ve směru X [mm]	43
Obr. 4.3-6 Stav 2 - Napětí von Mises [MPa]	44
Obr. 4.3-7 Stav 3 - Posunutí ve směru Z [mm]	44
Obr. 4.3-8 Stav 3 - Napětí von Mises [MPa]	45
Obr. 4.3-9 Stav 3 - Napětí von Mises [MPa]	45
Obr. 4.3-10 Stav 4 - Kombinované posunutí [mm]	46
Obr. 4.3-11 Stav 4 - Napětí von Mises [MPa]	46
Obr. 4.3-12 Stav 5 - Kombinované posunutí [mm]	47
Obr. 4.3-13 Stav 5 - Napětí von Mises [MPa]	47

10 Seznam tabulek

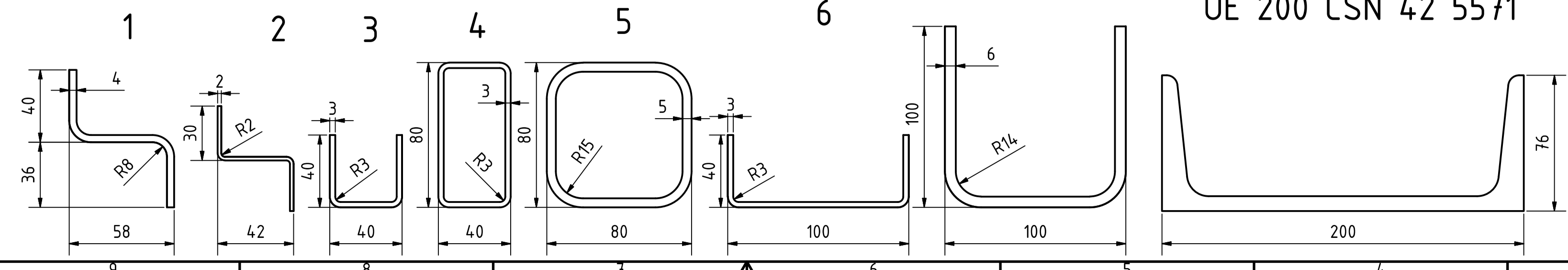
Tab. 2.7-1 Přehled parametrů regionálních jednotek	17
Tab. 3.1-1 Parametry vozu	22
Tab. 3.2-1 Parametry podvozku [7].....	23
Tab. 4.1-1 Tabulka vypočtených hodnot.....	29
Tab. 4.2-1 Hodnoty vyjadřující minimální požadavky	33
Tab. 4.2-2 Tlaková síla v místech uchycení nárazníků nebo spřáhel [kN]	34
Tab. 4.2-3 Tlaková síla pod úrovní nárazníků nebo spřáhel [kN].....	34
Tab. 4.2-4 Tlaková síla působící na uchycení úhlopříčně (pokud jsou nárazníky umístěny na jednom nebo obou koncích samotného vozidla) [kN].....	34
Tab. 4.2-5 Tahová síla na uchycení spřáhla [kN].....	34
Tab. 4.2-6 Tlaková síla v oblasti čelníku 150 mm nad úrovní podlahy [kN].....	35
Tab. 4.2-7 Tlaková síla ve výšce spodního rámu okna (dolního okraje okna).....	35
Tab. 4.2-8 Tlaková síla v úrovni vaznice [kN].....	35
Tab. 4.2-9 Maximální provozní zatížení	35
Tab. 4.2-10 Zdvihání a zvedání ve stanovených místech na jednom konci vozidla	36
Tab. 4.2-11 Zdvihání a zvedání celého vozidla ve stanovených místech.....	36
Tab. 4.2-12 Kombinace druhů statických zatížení skříně vozidla.....	36
Tab. 4.2-13 Zrychlení ve směru osy x.....	37
Tab. 4.2-14 Zrychlení ve směru osy y.....	37
Tab. 4.2-15 Zrychlení ve směru osy z.....	37
Tab. 4.3-1 Zatěžovací stavy	40
Tab. 4.3-2 Dovolena napětí	41



POHLED 7 (1 : 2)

8
UE 200 ČSN 42 5571

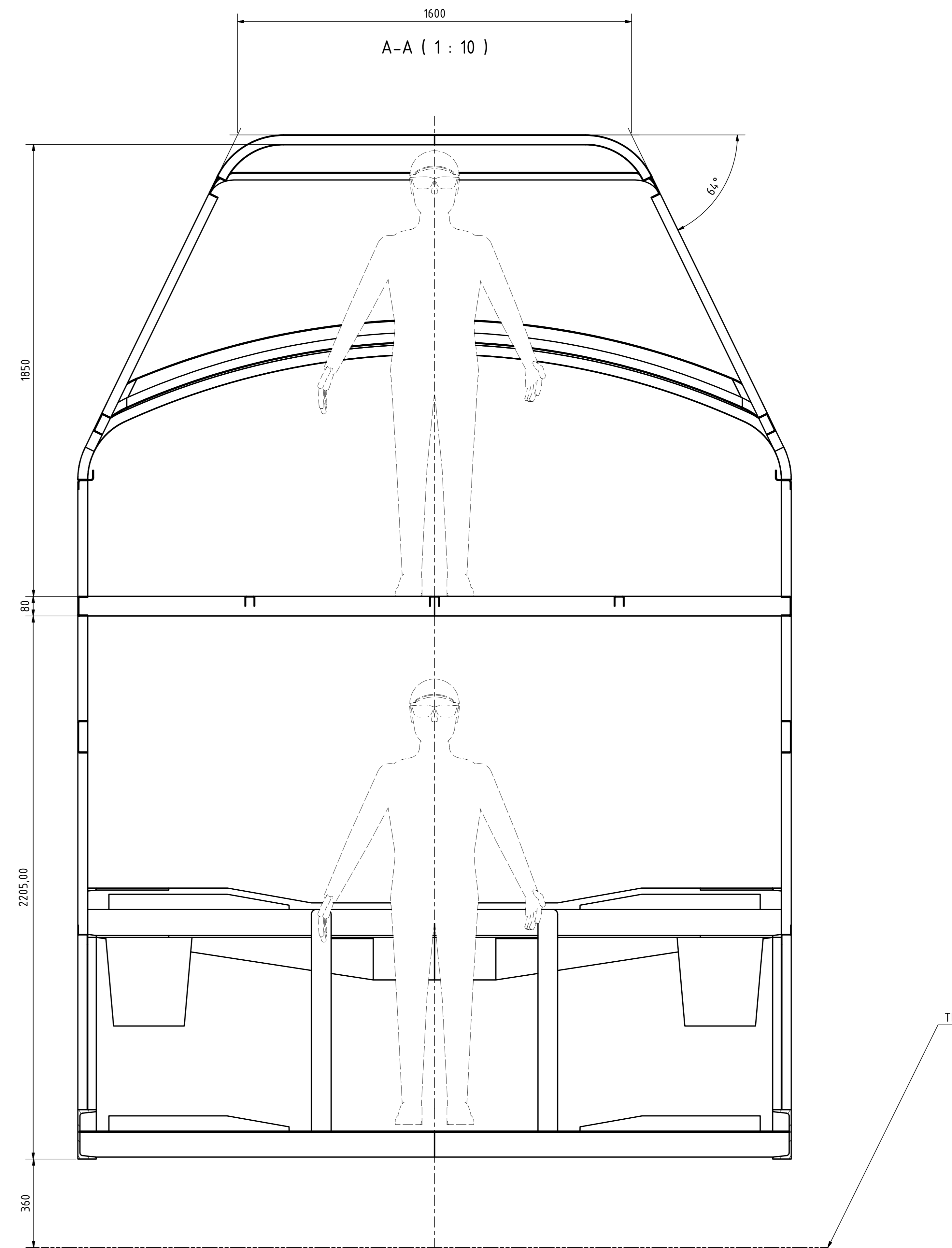
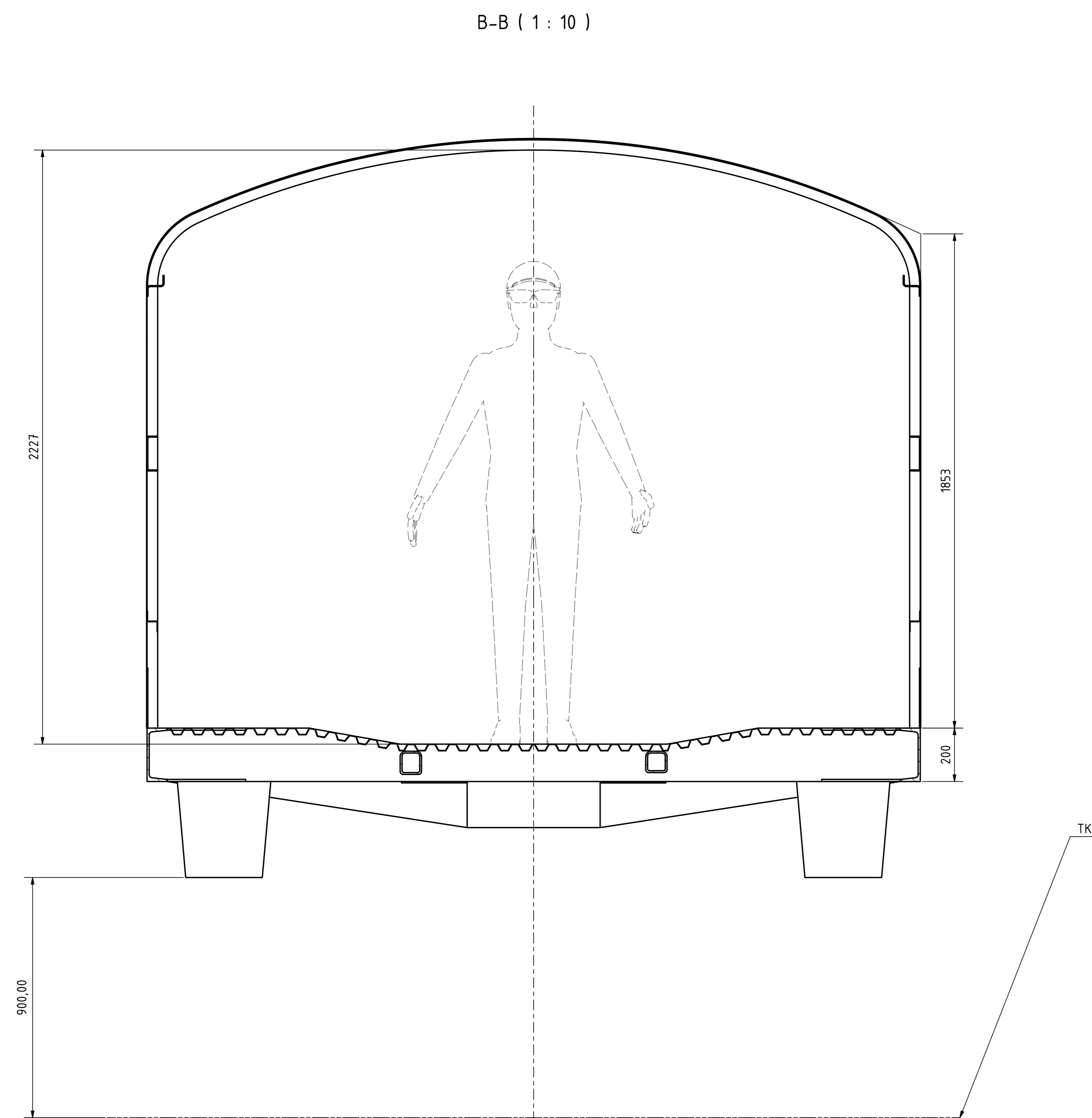
Seznam použitých profilů



A...pohled na rám, kresleno bez podlahy
 B...pohled na nosnou strukturu 1. patra, kresleno bez podlahy
 C...pohled na hrubou stavbu
 D...pohled bez oplechování, kresleno bez podlahy

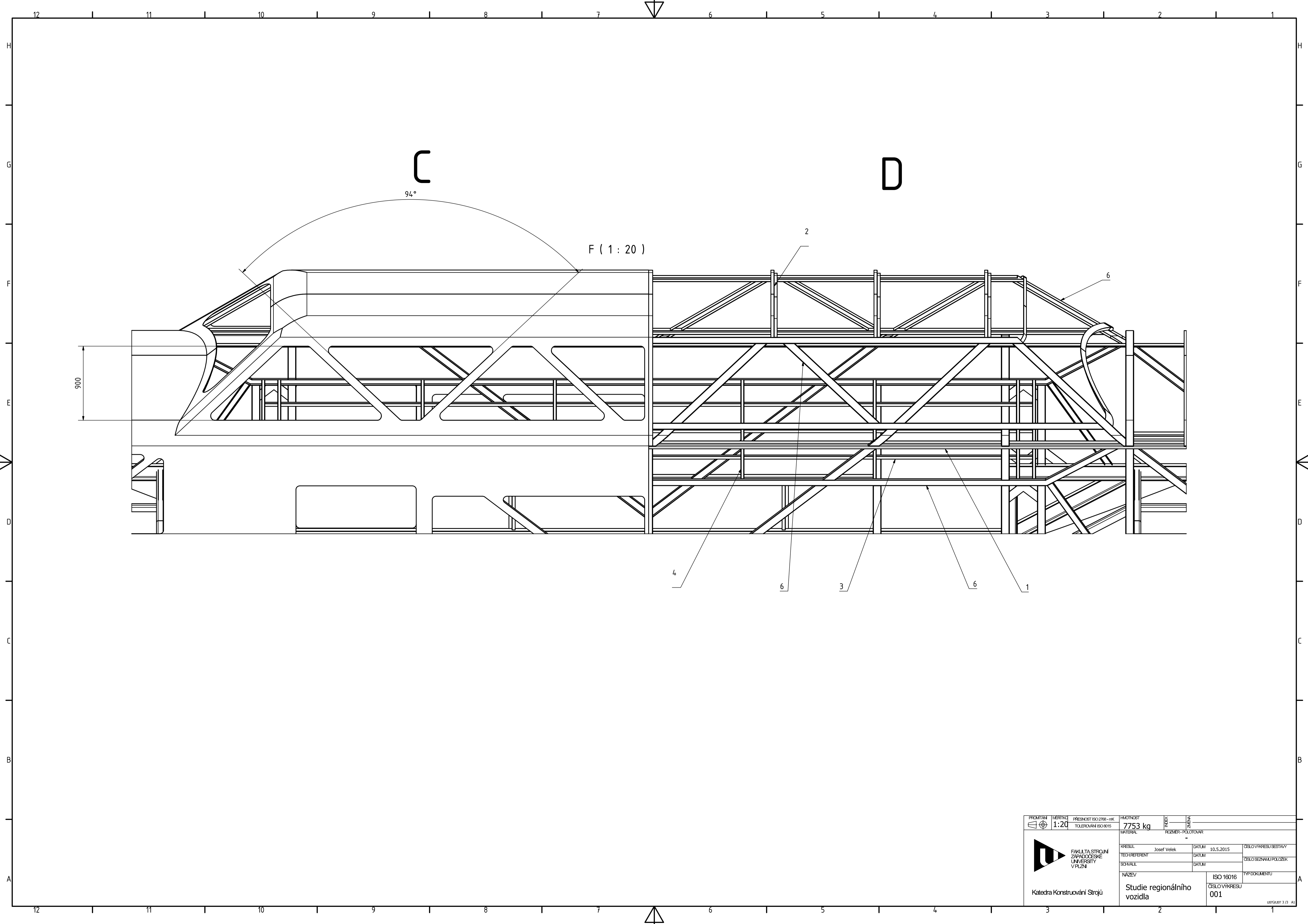
Tloušťka oplechování 1,5 mm

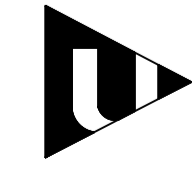
PROJITÁVÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768-MK	HODNOTNOST	TRŽE	PRŮJEM
	1:50	TOLEROVÁNÍ ISO 18015	7753 kg		
MATERIÁL		ROZMĚR - POLOTOVAR			
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI		KRESLIL	Josef Velek	DATUM	10.5.2015
Katedra Konstruování Strojů		TECH. REFERENT		DATUM	
		SCHAUL		DATUM	
		NÁZEV	ISO 16016		
			TYP DOKUMENTU		
		Studie regionálního vozidla	ČÍSLO VÝKRESU 001		
			ČÍSLO VÝKRESU 001		



Velikost osoby 180 cm.
 Řez A-A křeslen bez podlahy

PROJEKTANT	OBJEM	PRŮMĚR	PROJEKT	ROZŠÍŘENÍ	STAV	PROJEKT	ROZŠÍŘENÍ
1:10	7753 kg	10.5.2015	10.5.2015	10.5.2015	10.5.2015	10.5.2015	10.5.2015
FAKULTA STROJNÍ PŘÍRODOVĚDNÁ UNIVERZITA V BRNĚ				Katedra Konstruktivní Strojů Studie regionálního vozidla			
Katedra Konstruktivní Strojů				ISO 10206 001			



PROJEKČNÍ 1:20	PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	HMOTNOST 7753 kg	TRIEDA ZNAČKA
MATERIÁL		ROZMĚR - POLOTOVAR	
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	KRESLIL Josef Velek	DATUM 10.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
	TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
	SCHAUL	DATUM	TYP DOKUMENTU
NÁZEV Katedra Konstruování Strojů	Studie regionálního vozidla		ISO 16016 ČÍSLO VÝKRESU 001