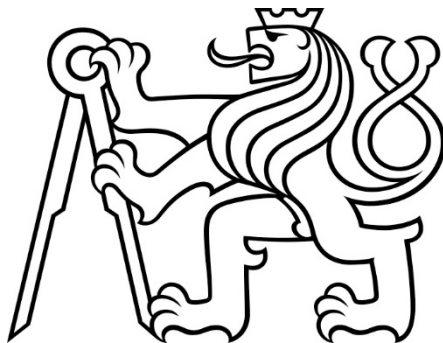


# **ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

## **FAKULTA STROJNÍ**



## **ZÁVĚREČNÁ PRÁCE**

**ÚPRAVA VW CADDY PRO  
PŘEPRAVU VOZÍČKÁŘE  
MODIFICATION OF VW CADDY FOR  
TRANSPORTATION OF WHEELCHAIR USER**

**2017**

**BC. NIKOL  
JATERKOVÁ**  
VEDOUCÍ PRÁCE  
ING. JAN BANĚČEK PH.D.

## Abstrakt

Úprava automobilu VW Caddy pro přepravu osob na vozíčku s předpokládanou asistencí nástupu a ovládání vozu. Úprava byla provedena snížením podlahy automobilu, při zachování nápravy a jejích částí, byl proveden test CAD modelu pro zachování tuhosti rámu automobilu a pro otestování uchycení bezpečnostních pásů v automobilu. Prototypová dokumentace vyztužení rámu.

## Klíčová slova

VW Caddy, snížení podlahy, vozíčkář, rampa, rám, vyztužení rámu, bezpečnostní pásy

## Abstract

*Modification of a VW Caddy for transportation of a wheelchair user with assistance for entering of the vehicle and vehicle control. Modification was performed by lowering of the floor of the vehicle while car axle and all of it's parts were kept in place. Test of the stiffness of the main frame and the new integrated frame was performed and test of the strenght of integrated frame for mounting of safety belts. Part of the work is a prototyp drawing of the integrated frame.*

## Key Words

*VW Caddy, floor lowering, wheelchair, ramp, integrated frame, seat belts*

## Prohlášení

„Nemám závažné připomínky proti užívání tohoto díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s autorským právem a o změně některých zákonů (autorský zákon)“

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsou uvedla všechny použité informace a zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“

V Praze dne 4.1.2018

Nikol Jaterková

## Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi poskytli odbornou pomoc.

Mé hlavní díky patří Ing. Janu Baněčkovi Ph.D., za jeho nekonečnou trpělivost a cenné rady.

Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za plnou podporu a lásku při tvoření této práce a svým přátelům za povzbuzení ve složitých chvílích.

## 1. Obsah

ABSTRAKT.....	2
KLÍČOVÁ SLOVA .....	2
ABSTRACT.....	2
KEY WORDS .....	2
PROHLÁŠENÍ.....	3
PODĚKOVÁNÍ.....	4
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
1.1 ZADÁNÍ PRÁCE .....	8
1.2 CÍLE PRÁCE .....	8
<b>2 REŠERŠNÍ ČÁST.....</b>	<b>9</b>
2.1 ZADANÝ AUTOMOBIL.....	9
2.2 STANOVENÍ ROZMĚRŮ OBSAZENÉHO VOZÍČKU.....	13
2.2.1 Sedící člověk .....	13
2.2.2 Vozíček.....	16
2.2.3 Délka vozíčku.....	20
2.2.4 Celkový rozměr obsazeného vozíčku.....	20
2.3 LEGISLATIVA PRO ÚPRAVY AUTOMOBILU .....	23
2.3.1 Základní předpoklady .....	23
2.3.2 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2007/46/ES.....	23
2.3.3 Shrnutí.....	34
2.4 REŠERŠE STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ NA TRHU .....	35
2.4.1 Možnosti řešení a současné modely na trhu.....	35
2.4.2 Zvýšení střechy.....	36
2.4.3 Snížení podlahy .....	37
<b>3 PRŮBĚH KONSTRUKCE A DIMENZOVÁNÍ:.....</b>	<b>44</b>
3.1 STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH ROZMĚRŮ VANY .....	45
3.2 DEFINICE PROSTORU NUTNÉHO PRO RAMPU .....	47

3.2.1	Rampa .....	47
3.2.2	Definice rozměrů rampy.....	48
3.3	ARETACE RAMPY .....	49
3.4	ZÁMEK KUFRU A ZABEZPEČENÍ VOZIDLA .....	51
3.5	TĚSNĚNÍ .....	52
3.6	KONSTRUKCE VANY .....	53
3.6.1	Konstrukce části pro vozíčkáře.....	55
3.6.2	Prostor pro rampu .....	56
3.6.3	Prostor pro těsnění.....	57
3.6.4	Uchycení rampy a držáku zámku.....	58
3.6.5	Kompletní vana.....	60
3.7	PŘICHYCENÍ RAMPY.....	61
3.8	DRŽÁK ZÁMKU.....	63
3.9	ZASAZENÍ DO AUTOMOBILU .....	66
3.10	VYZTUŽENÍ .....	68
3.11	CHOVÁNÍ.....	71
3.12	NÁRAZNÍK .....	76
3.13	TĚSNĚNÍ .....	80
3.14	VÝFUK .....	82
3.15	BEZPEČNOSTNÍ PÁSY .....	83
3.16	KONTROLA ŠROUBŮ.....	88
<b>4</b>	<b>PŘIJATÁ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>90</b>
4.1	PRŮJEZD VOZÍČKÁŘE .....	90
4.2	MÍSTO NAD NÁPRAVOU .....	92
4.3	KONTROLA NÁJEZDOVÉHO ÚHLU.....	93
4.4	SHRNUTÍ UPRAVOVANÝCH PRVKŮ .....	94
4.5	CELKOVÁ HMOTNOST .....	95
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>96</b>

<b>6</b>	<b>SEZNAMY .....</b>	<b>99</b>
6.1	SEZNAM TABULEK .....	99
6.2	SEZNAM ROVNIC .....	100
6.3	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	101
6.4	SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ .....	104
6.5	SEZNAM PŘÍLOH .....	104
<b>7</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA A WEBY .....</b>	<b>105</b>

# 1 Úvod

## 1.1 Zadání práce

Navrhněte úpravu skříňového dodávkového vozu VW Caddy v oblasti podlahy vozu, umožňující přepravu jedné osoby na invalidním vozíku v zadní části skříňe vozu. Přeprava se předpokládá s asistencí (nastupování, vystupování, řízení vozu).

Vjezd do vozu proveďte nájezdovou rampou v zádi vozu s ručním, mechanickým sklápěním.

1. Stanovte prostorové nároky obsazeného vozíku při nakládání a přepravě. Navrhněte bezpečnostní prvky vozu se zvláštním ohledem na zajištění vozíku při přepravě.
2. Proveditelnost úprav na vozidle (úpravy resp. přemístění dotčených agregátů vozidla) dokumentujte CAD modelem, zahrnujícím všechny změny na vozidle proti původnímu provedení.
3. Vypracujte prototypovou dokumentaci pro vzoru vybraného karosářského dílu, podstatného pro navrhovanou úpravu.

## 1.2 Cíle práce

Cílem této práce je vytvořit odpovídající návržení pomocí CAD modelu, které bude respektovat nároky na provoz a bezpečnost automobilu.

Hlavním cílem je provést především prostorové rozvržení a řešení hlavních problematických uzlů. Po zvážení všech úskalí jsem zvolila následující priority návrhu a řešení, které se liší od priorit použitých v minulých návrzích:

1. Využitelnost automobilu širokým spektrem lidí
2. Jednoduchost konstrukce



## 2 Rešeršní část

### 2.1 Zadaný automobil

Zadaným modelem automobilu je VW Caddy Maxi, rok výroby 2015.

#### Relevantní technické specifikace (podle technického průkazu):

Typ paliva: NM

Maximální výkon: 75 kW

Počet míst k sezení: 7

Celková délka: 4 876 mm

Celková šířka: 1 794 mm

Celková výška: 1 831 mm

Provozní hmotnost: 1 591 kg

Nejvyšší technicky přípustná hmotnost: 2 345 kg

Počet náprav: 2

Poháněná náprava: přední

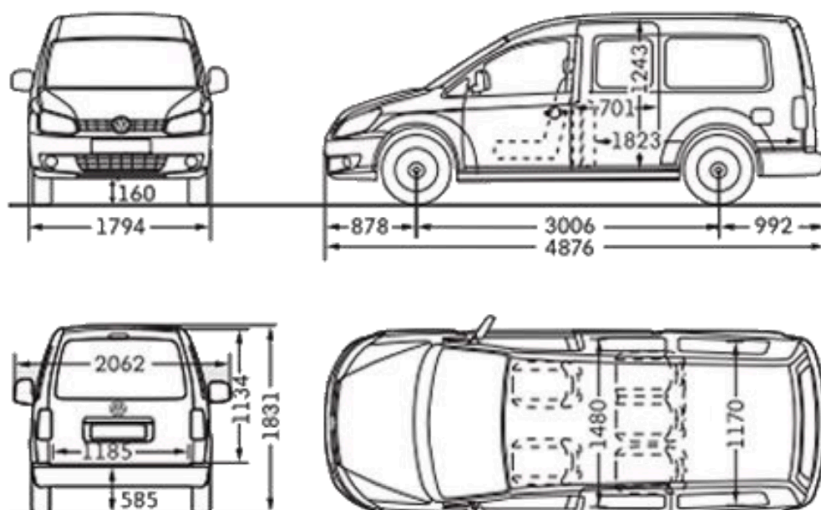
Tato technická specifikace není pro návrh zdaleka dostačující, ale podává nám některé důležité údaje, které jsou zásadní pro úspěch takového návrhu.

První a hlavní informací je, že zadní náprava je nepoháněná. To znamená, že k zadní nápravě nevede hřídel a tedy se nebudeme muset potýkat se změnou mechanismu přenosu síly.

Druhou důležitou informací je informace o provozní a nejvyšší technicky přípustné hmotnosti. Určuje nám maximální hmotnost prvků, pomocí kterých přestavbu provedeme.

Pro další informace bylo potřeba automobil změřit, případně hledat informace od výrobce.

Našla jsem tedy schéma s rozměry automobilu, kdy rozměry jmenované v technickém průkazu odpovídaly rozměrům ve schématu.



Obrázek 1 Schéma automobilu VW Caddy

Poté jsem měřením automobilu ověřila rozměry zásadní pro přestavbu, tedy průchodnost pátými dveřmi, výšku ložné plochy na zemi nezatíženého automobilu, šířku pátých dveří a délku ložné plochy.

I tyto rozměry se shodovaly, a já tedy použiji toto schéma jako pravdivé.

Z tohoto schématu již vidíme konkrétnější rozměry automobilu a dává nám to jasnější představu o možnostech změn.

Dává nám to ovšem pouze prostorovou ideu a stále nevíme, co se bude dít v podvozkové části.

Proto bylo potřeba se podívat na způsob, jakým je podvozek uspořádán.

Pro tento účel se mi povedlo nahlédnout na podvozek automobilu VW Caddy, což je tentýž model, ale jeho délka je o 47 cm kratší.

Dá se předpokládat, že uspořádání v podvozkové části zůstane zachováno, jelikož je to nejjednodušší způsob, jak takový automobil upravit.

Z prohlídky automobilu jsem vytvořila fotografie, které jsou zde dále uvedeny.



Obrázek 2 Pohled na zadní část automobilu VW Caddy



Obrázek 3 Pohled na vedení kabeláže, brzd apod.

Na fotografiích a z pozorování šlo vydedukovat, které agregáty bude a nebude nutno řešit u navrhování modelu a které naopak ano.

Je například vidět, že veškerá kabeláž vedoucí v zadní části auta je realizovaná vedením po podélnících nebo v jejich těsné blízkosti. To znamená, že pokud se budeme držet určité maximální šířky přestavby, nebudeme muset vůbec tyto elementy uvažovat, tím pádem ani modelovat.

Taky bylo možné zjistit nejužší rozměr, který můžeme použít, aniž bychom museli zasahovat do prvků nápravy. Nejužším bodem je stabilizátor zadní nápravy.

V nejužším horizontálním místě je vzdálenost 83 cm. Je to tedy vzdálenost, za kterou se nemůžeme s přestavbou dostat.

Další prvky, které jsou v daném prostoru a hrozila by potencionální kolize s nimi jsou nádrž, vtoková soustava paliva a výfuk a především tlumič výfuku.

Je jasné, že výfuk a tlumič výfuku budou jednou z otázek řešení.

Oproti tomu nádrž a vtoková soustava by měly zůstat zachovány.

Vtoková soustava je vedena podél podélníku a nádrž by s prodloužením automobilu měla poskytnout dostatečný prostor k přestavbě, případně přestavbu limitovat.

Vzhledem k rozsahu ostatní práce, kterou je třeba na automobilu udělat není možné, aby proběhl návrh nové nádrže, vzhledem k její komplikovanosti, je tedy třeba brát polohu nádrže jako definitivní.

Dále je nutno podotknout, že jde o samonosnou karoserii tvořenou v podlahové části podélníky, příčníky a podlahou, které spolu vytvářejí jeden celek a je třeba takto k tomuto konstrukčnímu celku přistupovat.

Tímto došlo k seznámení s automobilem určeným k přestavbě a k možnostem, se kterými je dále nutno pracovat.

## 2.2 Stanovení rozměrů obsazeného vozíčku

Pro začátek tvoření přestavby je ze všeho nejdřív třeba zjistit, s jakými změnami se budeme potýkat.

Proto jsou potřeba zjistit prostorové nároky obsazeného vozíčku a na jejich základě určit, jak bude přestavba samotná prostorově náročná.

### 2.2.1 Sedící člověk

K určení vhodné velikosti sedícího člověka existuje hned několik zdrojů.

#### 2.2.1.1 Norma ČSN ISO 7052

Prvním, a hlavním zdrojem je samozřejmě norma.

ČSN ISO 7250-1 *Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování- Část 1: Definice a orientační body tělesných rozměrů* je norma určující hlavní body pro antropometrická měření. Jedním z těchto bodů je i tělesná hmotnost, výška člověka a výška nad sedadlem sedící postavy, což je rozměr pro mě směrodatný.

V normě ISO 7250-3 *Basic human body measurements for technological design — Part 3: Worldwide and regional design ranges for use in product standards* jsou pak uvedeny údaje o těchto rozměrech vztahované na světovou populaci.

V tabulce je vždy uveden percentil 1, 5, 95, 99 a průměrná hodnota, která je normou směrodatná pro ergonomické navrhování.

Tyto údaje jsou uvedeny v Tabulka 2.1. Údaje uvedené v tabulce jsou přeloženy z anglického jazyka do jazyka českého.

Tabulka 2.1 Vybrané výsledky antropometrického měření podle normy ISO 7250-3 *Basic human body measurements for technological design — Part 3: Worldwide and regional design ranges for use in product standards*

Rozměr	Pohlaví	P1	P5	P95	P99	Medián
Tělesná hmotnost [kg]	Muž	44	48	117	143	83
	Žena	39	42	103	141	73
	Průměr	41	44	95	108	70
Tělesná výška [mm]	Muž	1536	1576	1959	2054	1768
	Žena	1443	1467	1799	1864	1633
	Průměr	1463	1501	1837	1869	1669
Výška v sedě (vzpřímená) [mm]	Muž	767	780	1012	1043	896
	Žena	709	735	943	973	839
	Průměr	721	750	962	989	856

Pokud bych tedy vzala v potaz hodnoty pro muže, jelikož jsou tyto hodnoty vždy větší, tedy vhodnější pro navrhování, jsou pro mě směrodatné hodnoty:

Tabulka 2.2 Relevantní hodnoty z normy ISO 7250-3

Tělesná hmotnost	[kg]	83
Tělesná výška	[mm]	1768
Výška v sedě (vzpřímená)	[mm]	896

Při vytvoření návrhu podle těchto hodnot by můj návrh splňoval požadavky dané ISO normou, a byl by tedy technicky korektní.

### 2.2.1.2 Antropometrická měření

Při hledání hodnot použitelných pro mou práci jsem ovšem narazila i na další výzkumy a hodnoty, jež mi přišly relevantní.

Nejzajímavější z nich je antropometrické měření z let 2009-2012, prováděné v rámci projektu NIS „Nábytkový informační systém pro podporu výzkumu, vývoje, inovací a jakosti nábytku za podpory MPO ČR. Projekt byl řešen na Ústavu nábytku, designu a bydlení Mendelovy Univerzity v Brně, pod vedením Doc. Dr. Ing. Petra Bruneckého.“ [1]

Vlastní antropometrická měření byla prováděna kolektivem antropologů pod vedením Mgr. Martina Čuty PhD., kde provedli měření podle normy ČSN EN ISO 7250-1 Základní rozměry lidského těla pro technické projektování – Část 1: Definice a orientační body tělesných rozměrů (náhrada normy ČSN EN ISO 7250 Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování).

Pro měření se používají percentilové grafy, (percentil = relativní umístění vzhledem k ostatním posuzovaným na stupnici do hodnoty 100, přičemž 100 je nejvyšší umístění; tělesná výška 25 percentilu znamená, že 25% probandů je nižších a 75% probandů vyšších).

Kromě výšky byla měřena i hmotnost probandů, která ovšem může být zatížena chybou, jelikož měření bylo dobrovolné a lidé o větší tělesné hmotnosti se mohli rozhodnout měření neúčastnit.

V této studii bylo provedeno na základě normy měření na 375 probandech, z toho 182 mužích a 193 ženách.

Tabulka 3 Tabulka výsledků antropometrického měření charakteristiky č. 2 – tělesná výška (rozměry v cm) [1]

	N	X	s.d.	75. percentil	25. percentil	medián	min.	max.
Muži	182	179,7	7,2	184,8	175,0	180,1	162,3	200,1
Ženy	193	166,3	6,4	170,7	160,9	165,7	152,2	182,6
Unisex	375	172,8	9,5	180,1	165,2	171,7	152,2	200,1

Tabulka 4 Tabulka výsledků antropometrického měření charakteristiky č. 13 – výška v sedě (rozměry v cm) [1]

	N	X	s.d.	75. percentil	25. percentil	medián	min.	max.
Muži	182	93,5	3,7	95,9	91,0	93,6	84,1	105,4
Ženy	193	87,8	3,2	89,6	86,0	87,5	78,7	98,5
Unisex	375	90,6	4,5	93,8	87,2	90,1	78,7	105,4

Kde N je počet měření, X je aritmetický průměr, medián je hodnota, která dělí řadu na dvě stejné početné poloviny.

Můžeme tedy porovnat naměřené hodnoty s hodnotami v normě.

Tabulka 5 Porovnání hodnot mediánu normy a antropometrického měření

Parametr	Jednotka	ISO 7250	Ant. měření
Tělesná výška	[mm]	1768	1728
Výška v sedě (vzpřímená)	[mm]	896	906

V tabulce vidíme, že medián tělesné výšky je menší než u měření, které proběhlo v rámci měření pro normu ISO 7250.

Paradoxně ale výška v sedě je o 5 mm vyšší. Znamená to tedy, že stavba těla populace v ČR je evidentně jiná, než průměrná stavba těla populace zahrnuté do měření pro ISO 7250.

Zajímavými hodnotami jsou hodnoty 75. percentilu. V případě, že bychom totiž udělali návrh, který by odpovídal tomuto rozměru, znamenalo by to, na základě měření, že by náš automobil mohlo využívat 75% obyvatelstva ČR.

Takovýto záměr by byl jistě záslužný, ovšem otázkou je, jakou hodnotu bude mít celkový rozměr obsazeného vozíčku.

## 2.2.2 Vozíček

Je potřeba určit velikost vozíčku tak, abychom byli schopni zjistit celkovou výšku obsazeného vozíčku a také nároky vozíčku na šířku.

Velikosti vozíčků se také liší v závislosti na druhu vozíčku, tedy jestli se jedná o vozíček mechanický či elektrický.

V následující části jsem tedy rozdělila zvláště posuzování výšky sedací plochy  $h_{sed}$  a šířky vozíčku  $w_{voz}$  pro jednotlivé typy.

### 2.2.2.1 Výška sedací plochy

Existuje znovu několik možných přístupů pro určení správné výšky sedací plochy. Já jsem zvolila přístupy dva:

1. Snaha o nalezení daných informací v literatuře a průzkumech
2. Průzkum současného trhu

#### 2.2.2.1.1 Literatura

Při hledání informací o výšce člověka a sedící postavy jsem narazila na shrnutí informací o datech z používané literatury pro projektování nábytku.

Ačkoliv jsou jednotlivá porovnávaná vydání i poněkud staršího data, a tedy není jisté, zda jsou jejich informace relevantní pro dnešní dobu, zahrnula jsem je do přehledu pro případné srovnání s další metodou.

Tabulka 6 Hodnoty výšky sedací plochy vozíčků podle dostupné literatury

Název zdroje	Výška sedací plochy [mm]
Evropská příručka [2]	500
Sdružení zdravotně postižených [3]	500
Zelník [4]	495
Filipiová [5]	460 - 500
Grandjean [6]	530

Z výčtu literatury je tedy vidět, že nejčastěji používanou hodnotou pro výšku sedací plochy je 500 mm. Uvidíme tedy, jak reálná je tato hodnota, co se týče vozíčků prodávaných v současnosti v ČR.

#### 2.2.2.1.2 Průzkum současného trhu

Pro alespoň částečný průzkum jsem porovnávala 10 elektrických a 10 mechanických vozíčků dohromady od 8 různých výrobců.

Porovnávala jsem vozíčky nové k zakoupení, nikoliv repasované nebo použité, nabízené zpravidla přímo od výrobce nebo ze stránky, která se zabývá distribucí vozíčků.

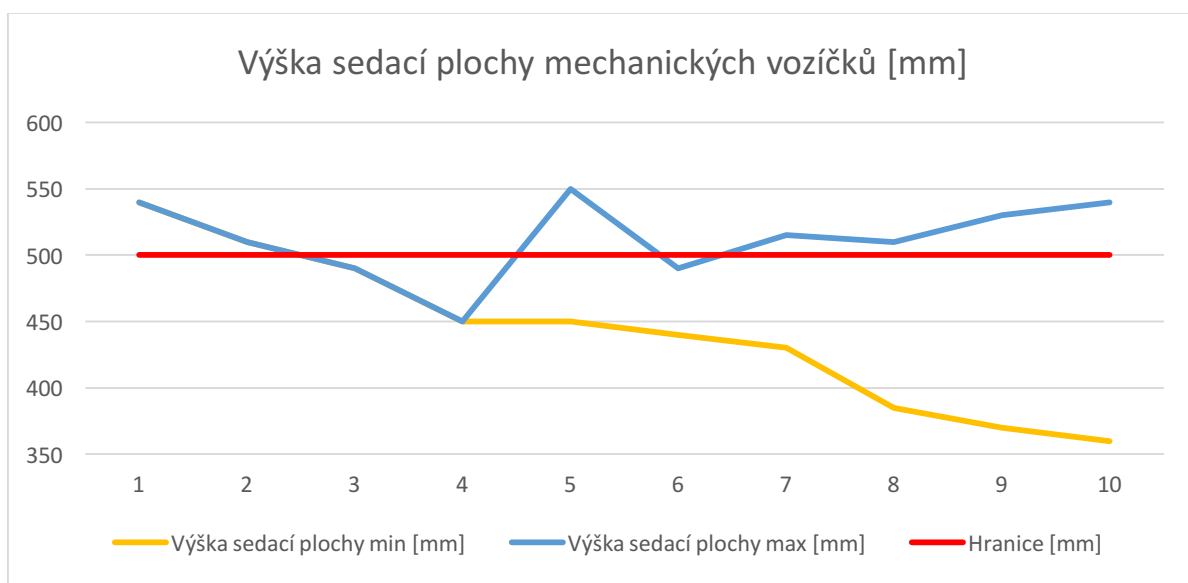


Zároveň jsem vynechala vozíčky, jejichž hodnoty se opakovaly, abych měla větší průřez vozíčky různými. Jelikož neznám procento využití jednotlivých typů vozíčků, přišlo mi zajímavější udělat jakýsi spíše různorodý průřez spektrem.

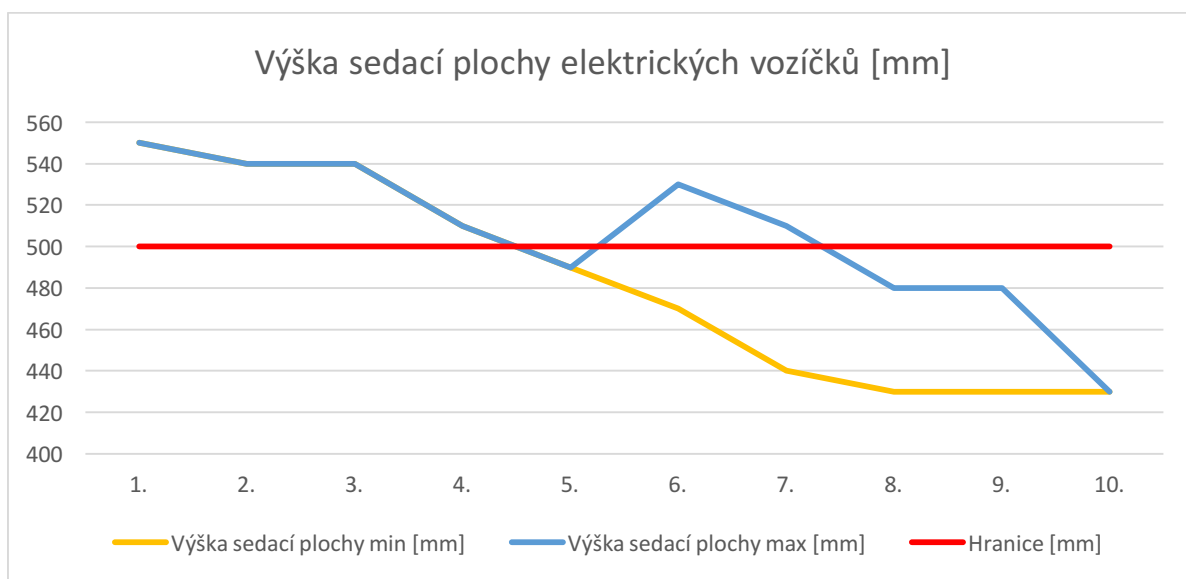
Zkoumala jsem maximální a minimální uvedenou šířku sedací plochy vozíčků u jednotlivých modelů.

V případě, kdy byla uvedená výška sedací plochy zepředu a zezadu vozíčku, určila jsem jako směrodatnou hodnotu zezadu.

V následujících grafech lze vidět porovnávanou minimální a maximální výšku sedací plochy vozíčků ve srovnání s výškou 500 mm.



Graf 1 Výška sedací plochy mechanických vozíčků [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16]



Graf 2 Výška sedací plochy elektrických vozíčků [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26]

Na grafech lze vidět, jak vozíčky korespondují s hodnotou 500 mm jako výškou sedací plochy.

Pro lepší reprezentaci výsledků jsou vzorky seřazeny podle minimální výšky sedací plochy, vždy od hodnoty největší po hodnotu nejmenší.

Vidíme tedy, že pokud bychom považovali 500 mm za horní hranici a podmínku ke splnění, splnilo by ji větší množství vozíčků mechanických než elektrických.

Elektrické vozíčky mají výše umístěnou sedací plochu kvůli baterii, která se nachází nad koly a právě pod sedací plochou.

Z výsledků tedy můžeme vyčíst, že alespoň částí svého rozsahu splňuje pomyslnou podmínku 500 mm 8 vozíčků mechanických a 6 elektrických.

Celým svým rozsahem jsou menší nebo rovny hranici 500 mm 3 vozíčky mechanické a 4 elektrické.

Ve výsledku tedy 70% zkoumaných vozíčků splňuje podmínku alespoň částečně, a 35% v celém rozsahu.

Je ale třeba se podívat na to, jakým způsobem se využívají nižší a vyšší vozíčky.

Především u mechanických vozíčků je totiž pravděpodobné, že si vozíček vyšší pořídí člověk nižšího vzrůstu, aby tak měl lepší dosah na různá zařízení či například stůl, vypínače a podobně a taky aby měl vhodnou výšku očí pro vykonávání běžných činností. Je tak možné, že samotná výška sedací plochy vozíčku nebude mít takový vliv na celkovou výšku postavy sedící na vozíčku, jelikož bude člověk menšího vzrůstu na vyšším vozíčku mít stejnou celkovou výšku jako člověk vzrůstu většího na vozíčku nižším.

#### 2.2.2.2 Šířka vozíčku

U zkoumání potřebné šířky vozíčku jsem se vydala stejnou cestou jako u zkoumání šířky, tedy vyhledáním legislativy, zdrojů v literatuře a porovnáním současných produktů na trhu.

##### 2.2.2.2.1 Literatura

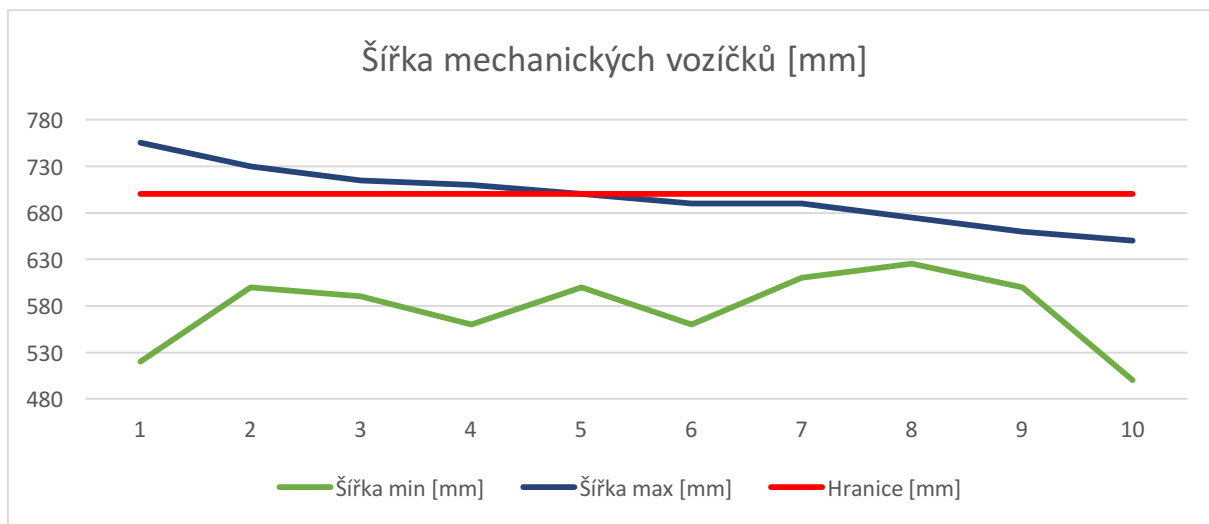
Co se týče šířky vozíčku, bylo její určení o trochu snazší než určení výšky sedací plochy vozíčku.

V příloze č. 3 k vyhlášce č. 398/2009 Sb. Je uvedeno, že rozměr standardního mechanického vozíčku je 700 mm. Pro provedení technicky korektního návrhu odpovídajícího normě by tedy měla stačit tato informace.

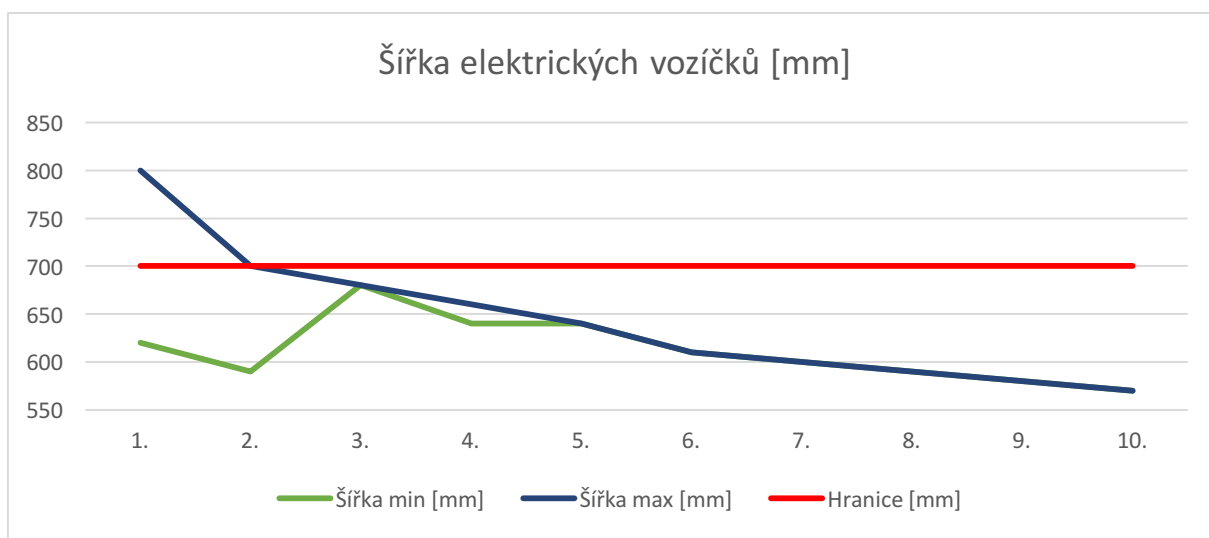
Přesto jsem se rozhodla porovnat, jak tato informace odpovídá současnému stavu na trhu.

##### 2.2.2.2.2 Průzkum současného trhu

Porovнала jsem tentokrát minimální a maximální šířku vozíčků stejných s porovnáváním výšky sedací plochy. Tyto zjištěné informace jsem znovu vynesla do grafů pro jejich porovnání s normou.



Graf 3 Šířka mechanických vozíčků [7] [16] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15]



Graf 4 Šířka elektrických vozíčků [17] [18] [19] [20] [26] [24] [22] [23] [21] [25]

Vzhledem k povaze návrhu, kdy je vozíček prakticky uzavřen ve snižení automobilu, je na rozdíl od výšky sedací plochy jeho šířka definitivně limitující.

Proto jsem hodnoty seřadila podle maximálního rozměru prodáváného modelu.

Při prohlédnutí výsledků vidíme, že všechny modely vozíčků splňují podmínku alespoň částí své nabídky, z mechanických vozíčků 5 celým nabízeným rozsahem a z elektrických vozíčků dokonce 9 z 10.

Širší vozíčky jsou využívány zpravidla lidmi s větší tělesnou hmotností a tedy s větším tělesným objemem. Pokusila jsem se tedy zjistit, jaké je procento jejich zastoupení v populaci.

Na webových stránkách Světové zdravotnické organizace [27] jsem se dozvěděla, že jedno ze 3 dětí má nadváhu nebo je obézní. U dospělých lidí je tato hodnota

ještě mnohem více alarmující, kdy přes 50% dospělých lidí trpí nadváhou a přes 20% dospělých lidí je obézních.

Otázkou je, zda je toto rozdělení stejné nebo podobné u lidí na invalidním vozíčku, či vyšší, vzhledem k omezené možnosti pohybu, nebo naopak nižší kvůli zcela odlišnému životnímu stylu.

#### 2.2.2.2.3 Shrnutí poznatků o šířce invalidního vozíčku

Vezmeme-li v potaz pouze data o dostupnosti modelů, z čistě statistického hlediska se zdá hodnota 700 mm jako naprosto vyhovující.

Ačkoliv by bylo morálně nejlepší řešení vytvořit model takový, který odpovídá 100% potřeb populace, jsem limitována daným prostorem vozu.

Bude to tedy hodnota, kterou použiji v následujícím návrhu, nicméně je to hodnota minimální, to znamená, že pokud to návrh dovolí, bude samozřejmě možné usilovat o rozměr větší než je 700 mm.

### 2.2.3 Délka vozíčku

Co se týče délky vozíčků, rozhodla jsem se vsadit na informaci z různých zdrojů, údajů o rozměrech osoby na vozíčku pro různé účely, protože délka a úhel nohy v posazeném vozíčku není údaj tak snadno dohledatelný, na rozdíl od výšky v sedě a sedací plochy vozíčku.

Nejčastější a také jeden z nejvyšších údajů, které jsem našla byl 1200 mm. Stanovuji tedy toto jako minimální rozměr pro délku plochy obsazené vozíčkem. Tento údaj bohužel není prokazatelný.

### 2.2.4 Celkový rozměr obsazeného vozíčku

Došli jsme do bodu, kdy můžeme dát dohromady zjištěné informace a získat tak hodnoty relevantní pro náš návrh.

Šířku vozíčku jsme určili jako 700 mm.

Výška sedací plochy vozíčku je 500 mm.

Zbývá tedy vybrat, s jakou hodnotou výšky člověka v sedě budeme počítat.

V tomto směru se jedná o kombinaci rozhodnutí morálního a rozhodnutí o využití výrobku na trhu.

Samozřejmě by bylo nejlepší navrhnout auto takové, aby jej mohlo využít co největší procento populace.

Ovšem v tomto návrhu jsme limitováni samotným zadaným automobilem a jeho prostorovými možnostmi.

Je třeba si uvědomit, že už od prvopočátku se nepředpokládá, že tento automobil bude využitelný pro všechny uživatele. Už z principu a velikosti auta něco takového není možné.

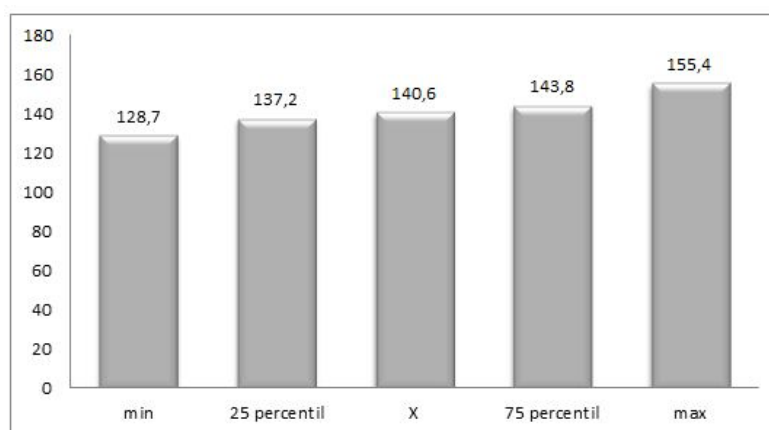
Dále je ale taky třeba si uvědomit, že to není na trhu jediný přestavovaný model, a že existují také dodávky určené pro přepravu imobilních osob, které bez problému splňují požadavky prostorově náročnějších uživatelů.

Tedy každý uživatel může na trhu najít takové vozidlo, které vyhovuje jeho představám a požadavkům. Není tedy nutné poskytnout alternativu pro všechny uživatele. Stejně tak funguje navrhování všech automobilů jako takových. Existují auta menší a větší, která jsou sice prostorově řešena pro určitý medián populace, ale jistě například malé sportovní vozy nebudou využitelné člověkem o tělesné výšce více než 190 cm, nemluvě o jeho hmotnosti.

Úplně stejně lze použít příklad rodinných vozů, kdy klasický automobil je určen zpravidla pro 5 osob, více či méně pohodlně, ale rodiny čítající více členů se musejí poohlédnout po automobilu rodinném.

Je nutné využít maximálního potenciálu tohoto návrhu, a udělat auto pro co největší množství obyvatel, ale zároveň není nutné snažit se mermomocí o uspokojení všech.

Z tohoto důvodu jsem se rozhodla, že, co se týče výšky člověka, použiji 75. percentil z antropometrického měření. I toto je nápad spíše ambiciózní a uvidíme, kam nás v průběhu práce dovede.



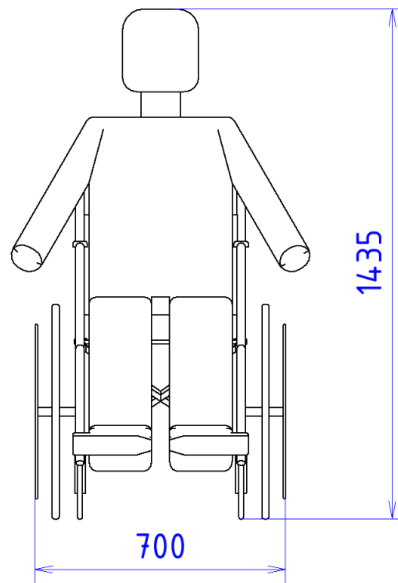
Obrázek 4 Výška osoby na vozíku - výsledek antropometrického měření v rámci projektu NIS v letech 2009–2012 s přepočtem pro osobu na vozíku. Pro výpočet byla použita výška sedací plochy vozíku 50 cm [1]

Celková výška obsazeného vozíčku bude tedy činit 143,8 cm.

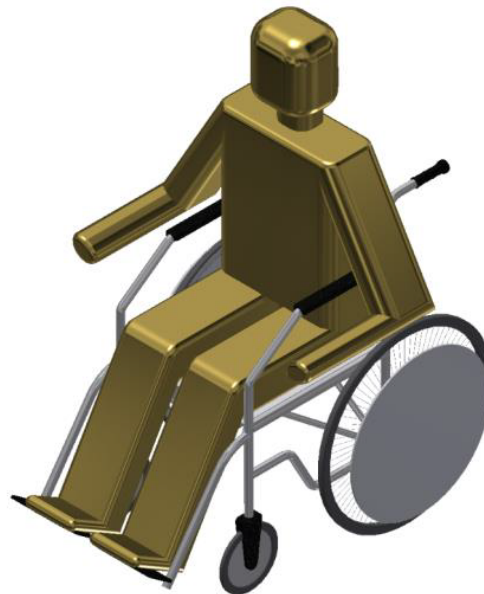
Tabulka 7 Rozměry obsazeného vozíčku

Parametr	Jednotka	Hodnota
Šířka vozíčku	[mm]	700
Výška osoby na vozíčku	[mm]	1438
Délka obsazeného vozíčku	[mm]	1200

Pro tyto účely jsem vytvořila velmi zjednodušený model osoby a vozíčku, který jsem dále používala jako směrodatný.



Obrázek 6 Rozměry modelu obsazeného vozíčku



Obrázek 5 Zjednodušený model obsazeného vozíčku

## 2.3 Legislativa pro úpravy automobilu

Pro to, abychom mohli úspěšně vytvořit návrh daného automobilu pro přepravu oso na invalidním vozíčku, je třeba stanovit, které požadavky musí takovýto automobil z hlediska legislativy splňovat.

### 2.3.1 Základní předpoklady

V rámci svého hledání vycházím z faktu, že auto, ne kterém změny provádím je homologováno, a tedy beru v potaz pouze legislativu, která se nějakým způsobem dotkne změn na automobilu provedených.

Základním předpokladem také je, že nebude ovlivněna náprava automobilu, řízení, a veškeré součásti automobilu nacházející se mezi přední částí vozu a úrovní druhé řady sedadel.

S těmito předpoklady jsem se tedy vydala hledat legislativní podmínky pro svou práci.

### 2.3.2 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2007/46/ES

„kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla“ [28]

V této směrnici bychom měli nalézt všechny potřebné podmínky pro schválení vozidla a případné přestavby.

Vozidlo přestavěné za účelem převozu jedné a více osob na invalidním vozíku je považováno za „vozidlo zvláštního určení“ a jsou to „vozidla určená k výkonu funkce, která vyžaduje zvláštní uspořádání karoserie nebo výstroje“ [28].

„Příloha XI DRUHY VOZIDEL ZVLÁŠTNÍHO URČENÍ A PRO NĚ PLATNÉ PŘEDPISY“ [28] se zabývá touto tematikou.

V té pak nacházím informace přímo o přestavbě automobilu pro přístup osoby na vozíčku „Dodatek 3 Vozidla přístupná pro invalidní vozík“ [28]

V tomto dodatku jsou uvedeny jednotlivé body, které musí být splněny pro schválení přestavěného automobilu využívaného pro přepravu oso na vozíčku.

Tyto jednotlivé body popisují celý automobil, tedy zahrnují části, které se nutně nemusejí týkat mé přestavby.

Tyto body jsem shrnula do tabulky, kde jsem na základě výše uvedených předpokladů vyznačila, které tyto body se týkají tohoto projektu a které se na tento projekt nevztahují, a naopak které ano a budu se jim věnovat v následujících

kapitolách. Zahrnula jsem i body, na které se vztahuje nějaká ze zvláštních podmínek.

Je možné, že i v následujících kapitolách bude zjištěno, že se dané požadavky na tento projekt nevztahují.

Tabulka 8 Podmínky pro schválení vozidla pro přepravu osob na invalidním vozíčku [28]

Bo d	Předmět	Regulační akt	M <sub>1</sub>	Relevance
1	Hladiny akustického tlaku	70/157/EHS	X	nebude ovlivněno
2	Emise	70/220/EHS	G+W <sub>1</sub>	ano
3	Palivové nádrže / zadní ochranná zařízení	70/221/EHS	X+W <sub>2</sub>	ano
4	Umístění zadní registrační tabulky	70/222/EHS	X	nebude ovlivněno
5	Mechanismy řízení	70/311/EHS	X	nebude ovlivněno
6	Zámky a závěsy dveří	70/387/EHS	X	ano
7	Zvuková výstražná zařízení	70/388/EHS	X	nebude ovlivněno
8	Zařízení pro nepřímý výhled	2003/97/EH S	X	nebude ovlivněno
9	Brzdová zařízení	71/320/EHS	X	nebude ovlivněno
10	Potlačení vysokofrekvenčního rušení	72/245/EHS	X	nebude ovlivněno
11	Kouř vznětových motorů	72/306/EHS	X	nebude ovlivněno
12	Vnitřní výbava	74/60/EHS	X	nebude ovlivněno
13	Zařízení bránící neoprávněnému použití vozidla	74/61/EHS	X	nebude ovlivněno
14	Mechanismus řízení při nárazu	74/297/EHS	X	nebude ovlivněno
15	Pevnost sedadel	74/408/EHS	X+W <sub>3</sub>	ano
16	Vnější výčnělky	74/483/EHS	X+W <sub>4</sub>	ano
17	Zpětný chod a rychloměrné zařízení	75/443/EHS	X	nebude ovlivněno
18	Povinné štítky	76/114/EHS	X	nebude ovlivněno
19	Kotevní úchyty bezpečnostních pásů	76/115/EHS	X+W <sub>5</sub>	ano
20	Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci	76/756/EHS	X	nebude ovlivněno
21	Odrázky	76/757/EHS	X	nebude ovlivněno



22	Svítilny doplňkové, přední obrysovové, zadní obrysovové, brzdové, denní, boční obrysovové	76/758/EHS	X	nebude ovlivněno
23	Směrové svítilny	76/759/EHS	X	nebude ovlivněno
24	Svítilny zadní registrační tabulky	76/760/EHS	X	nebude ovlivněno
25	Světlomety (včetně žárovek)	76/761/EHS	X	nebude ovlivněno
26	Přední mlhové světlomety	76/762/EHS	X	nebude ovlivněno
27	Odtahové úchyty	77/389/EHS	X	nebude ovlivněno
28	Zadní mlhové svítilny	77/538/EHS	X	nebude ovlivněno
29	Zpětné světlomety	77/539/EHS	X	nebude ovlivněno
30	Parkovací svítilny	77/540/EHS	X	nebude ovlivněno
31	Bezpečnostní pásy a zádržné systémy	77/541/EHS	X+W <sub>6</sub>	ano
32	Pole výhledu	77/649/EHS	X	nebude ovlivněno
33	Označení ovladačů	78/316/EHS	X	nebude ovlivněno
34	Odmrazování/odmlžování	8/317/EHS	X	nebude ovlivněno
35	Ostřikovače/stírače	78/318/EHS	X	nebude ovlivněno
36	Systémy vytápění	2001/56/ES	X	nebude ovlivněno
37	Kryty kol	78/549/EHS	X	nebude ovlivněno
39	Emise CO <sub>2</sub> / spotřeba paliva	80/1268/EHS	X + W <sub>7</sub>	ano
40	Výkon motoru	80/1269/EHS	X	nebude ovlivněno
41	Emise vznětových motorů	2005/55/ES	X	nebude ovlivněno
44	Hmotnosti a rozměry (osobní automobily)	92/21/EHS	X + W <sub>8</sub>	ano
45	Bezpečnostní sklo	92/22/EHS	X	nebude ovlivněno
46	Pneumatiky	92/23/EHS	X	nebude ovlivněno
50	Spojovací zařízení	94/20/ES	X	nebude ovlivněno
53	Čelní náraz	96/79/ES	X + W <sub>9</sub>	ano

54	Boční náraz	96/27/ES	X + W <sub>10</sub>	ano
58	Ochrana chodců	2003/102/E S	X	nebude ovlivněno
59	Recyklovatelnost	2005/64/ES	nepoužije se	nepoužije se
60	Systém čelní ochrany	2005/66/ES	X	nebude ovlivněno
61	Klimatizační systémy	2006/40/ES	X	nebude ovlivněno

Význam použitých písmen ve sloupci M<sub>1</sub> [28]:

X	Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.
nepoužije se	Tento regulační akt se na vozidlo nevztahuje (žádné požadavky).
G	Požadavky na kategorii základního/neúplného vozidla (podvozku, který byl využit ke stavbě vozidla zvláštního určení). U neúplných/dokončených vozidel je přípustné, aby byly splněny požadavky pro vozidla odpovídající kategorie N (podle největší hmotnosti).
W1	<p>Požadavky musí být splněny, ale je přípustná úprava výfukového systému bez dalšího zkoušení, pokud nejsou dotčena zařízení pro regulaci emisí včetně (případných) filtrů částic. U upraveného vozidla se nepožaduje zkouška vypařování za podmínky, že zařízení pro regulaci vypařování jsou zachována tak, jak je výrobce namontoval na základní vozidlo.</p> <p>ES schválení typu udělené pro nejreprezentativnější základní vozidlo zůstává v platnosti bez ohledu na změny referenční hmotnosti.</p>
W2	Požadavky musí být splněny, ale je přípustná úprava průběhu, délky plnicího potrubí, palivových hadic a palivových odpařovacích trubek. Přemístění původní palivové nádrže je přípustné.
W3	<p>Místo pro invalidní vozík se považuje za místo k sezení. Pro každý invalidní vozík musí být zajištěna dostatečná plocha. Podélná rovina zvláštní plochy je rovnoběžná s podélnou rovinou vozidla.</p> <p>Vlastníku vozidla musí být poskytnuty náležité informace o tom, že invalidní vozík používaný ve vozidle jako sedadlo musí být schopen vydržet síly přenášené upevňovacím mechanismem za různých podmínek jízdy.</p> <p>Sedadla ve vozidle lze vhodným způsobem upravit, pokud jejich kotevní úchyty, mechanismy a opěrky hlavy zaručují stejnou úroveň výkonu, jakou stanoví směrnice.</p>
W4	Vyžaduje se shoda se směrnicí pro nástupní pomůcky v klidové poloze.
W5	Každé místo pro invalidní vozík musí být vybaveno integrovaným zádržným systémem, který se skládá ze

zádržného systému pro invalidní vozík a zádržného systému pro uživatele invalidního vozíku.

Kotevní úchyty pro zádržné systémy musí odolávat silám, jak je předepsáno ve směrnici 76/115/EHS a normě ISO 10542-1: 2001.

Popruhové tkaniny a pevné části určené k zajištění invalidního vozíku (upevňovací mechanismy) musí splňovat požadavky směrnice 77/541/EHS a příslušné části normy ISO 10542.

Zkoušky provádí technická zkušebna určená pro zkoušky a kontroly v souladu se směrnicemi uvedenými výše. Použijí se kritéria obsažená v uvedených směrnicích. Zkoušky se provádějí s náhradním invalidním vozíkem popsáním v normě ISO 10542.

- W6 Pokud je nutné z důvodu přestavby umístit kotevní body pro bezpečnostní pásy mimo toleranci stanovenou v bodě 2.7.8.1 přílohy I směrnice 77/541/EHS, zkontroluje technická zkušebna, zda změna zhoršuje stav či nikoli. Pokud ano, provede se zkouška podle přílohy VII směrnice 77/541/EHS. Není nutné vydávat rozšíření ES schválení typu.
- W7 Není nutné provádět nové měření emisí CO<sub>2</sub> v případě, že při použití ustanovení W1 není nutné provádět nové zkoušky emisí zadního výfuku.
- W8 Pro účely výpočtu se předpokládá, že hmotnost invalidního vozíku včetně uživatele činí 100 kg. Hmotnost se soustředí do H-bodu trojrozměrného stroje.
- Technická zkušebna rovněž zváží možnost použití elektrického invalidního vozíku nebo vozíků, jejichž hmotnost včetně uživatele dle předpokladu činí 250 kg. Každé omezení kapacity pro přepravu cestujících vyplývající z použití elektrického invalidního vozíku nebo vozíků se zapíše do certifikátu schválení typu a příslušný text se začlení do prohlášení o shodě.
- W9 U upraveného vozidla se nevyžaduje nové zkoušení za předpokladu, že přední část podvozku umístěná před R-bodem řidiče není ovlivněna přestavbou vozidla a žádná část doplňkového zádržného systému (vzduchový vak nebo vaky) nebyla odstraněna ani deaktivována.
- W10 U upraveného vozidla se nevyžaduje nové zkoušení za předpokladu, že boční výztuhy nebyly změněny a žádná část

doplňkového zadržného systému (vzduchový vak nebo vaky) nebyla odstraněna ani deaktivována.

Následuje zhodnocení jednotlivých relevantních bodů a z nich vycházející kritéria pro tento návrh.

### 2.3.2.1 Bod 2: Emise

Podmínky:

1. „Požadavky na kategorii základního/neúplného vozidla (podvozku, který byl využit ke stavbě vozidla zvláštního určení). U neúplných/dokončených vozidel je přípustné, aby byly splněny požadavky pro vozidla odpovídající kategorie N (podle největší hmotnosti).“ [28]
2. „Požadavky musí být splněny, ale je přípustná úprava výfukového systému bez dalšího zkoušení, pokud nejsou dotčena zařízení pro regulaci emisí včetně (případných) filtrů částic. U upraveného vozidla se nepožaduje zkouška vypařování za podmínky, že zařízení pro regulaci vypařování jsou zachována tak, jak je výrobce namontoval na základní vozidlo. ES schválení typu udělené pro nejrepresentativnější základní vozidlo zůstává v platnosti bez ohledu na změny referenční hmotnosti.“ [28]

V prostoru za úrovní zadních sedadel, která bude upravovaná se nachází pouze tlumič výfuku. Hodnota emisí tedy nebude ovlivněna.

### 2.3.2.2 Bod 3 Palivové nádrže / zadní ochranná zařízení

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Požadavky musí být splněny, ale je přípustná úprava průběhu, délky plnicího potrubí, palivových hadic a palivových odpařovacích trubek. Přemístění původní palivové nádrže je přípustné.“ [28]

V případě nutnosti můžeme upravit délku nebo průběh plnicího potrubí, což je pozitivní zpráva.

Co se týče zadního ochranného zařízení, neboli ochrany proti podjetí zezadu, je situace trochu složitější. Je tedy třeba zapátrat v příslušné směrnici 70/221/EHS. Přesněji řečeno v směrnících, které tuto směrnici upravují.

Část této směrnice byla upravena směrnicí 79/490/EHS [29], jejíž část byla upravena v současnosti platnou směrnicí 81/333/EEC [30].

V těchto směrnících jsou dány požadavky na ochranu proti podjetí zezadu.

Tyto požadavky stanovují rozměry, tvar další náležitosti ochrany proti podjetí zezadu, ovšem podstatnou informací plynoucí z této směrnice je, že vozidla, u nichž se ochrana proti podjetí zezadu neslučuje s účelem použití těchto vozidel, nemusí splňovat požadavky na ochranu proti podjetí zezadu dané touto směrnicí.

V našem případě by se tato ochrana zezadu neslučovala s účelem využití automobilu, což znamená, že tato směrnice se na náš projekt nevztahuje.

### 2.3.2.3 Bod 6: Zámky a závěsy dveří

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]

Pro zámky a závěsy dveří neplatí žádné speciální podmínky, je tedy potřeba zapátrat v platných předpisech.

Tento bod upravuje směrnice 70/387/EHS a další směrnice, které ji upravují.

Tato směrnice se zabývá samotným zámkem, závěsem dveří, a jeho zkouškami. Předpokladem mého návrhu je ovšem zachování původního, tedy originálního a již schváleného zámku. V tom případě by se ani tento bod nemusel týkat tohoto projektu, ovšem můžeme v něm nalézt užitečné informace pro dimenzování prvků návrhu, konkrétně držák zámku.

Podstatné informace jsou tedy zkoušky zámku v zavřené poloze. Těmito hodnotami jsou:

1. Podélná síla: 1 111 daN
2. Příčná síla: 889 daN

### 2.3.2.4 Bod 15: Pevnost sedadel

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Místo pro invalidní vozík se považuje za místo k sezení. Pro každý invalidní vozík musí být zajištěna dostatečná plocha. Podélná rovina zvláštní plochy je rovnoběžná s podélnou rovinou vozidla. Vlastníku vozidla musí být poskytnuty náležitě informace o tom, že invalidní vozík používaný ve vozidle jako sedadlo musí být schopen vydržet síly přenášené upevňovacím mechanismem za různých podmínek jízdy. Sedadla ve vozidle lze vhodným způsobem upravit, pokud jejich kotevní úchyty, mechanismy a opěrky hlavy zaručují stejnou úroveň výkonu, jakou stanoví směrnice.“ [28]

### 2.3.2.5 Bod 16: Vnější výčnělky

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Vyžaduje se shoda se směrnicí pro nástupní pomůcky v klidové poloze.“ [28]

V rámci tohoto projektu budeme měnit pouze část automobilu, u kterého je vysoká pravděpodobnost, že se bude nacházet pod podlahovou čarou, což by znamenalo, že se na něj směrnice 74/483/EHS nebude vztahovat.

Dle této směrnice je totiž podlahová čára definovaná body doteku kužele se svislou osou a polovičním vrcholovým úhlem 30°.

Je tedy v návrhu třeba dát si pozor, abychom vyhověli této podmínce, případně abychom zkontrolovali splnění požadavků této směrnice.

#### **2.3.2.6 Bod 19: Kotevní úchyty bezpečnostních pásů**

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Každé místo pro invalidní vozík musí být vybaveno integrovaným zádržným systémem, který se skládá ze zádržného systému pro invalidní vozík a zádržného systému pro uživatele invalidního vozíku. Kotevní úchyty pro zádržné systémy musí odolávat silám, jak je předepsáno ve směrnici 76/115/EHS a normě ISO 10542–1: 2001. Popruhové tkaniny a pevné části určené k zajištění invalidního vozíku (upevňovací mechanismy) musí splňovat požadavky směrnice 77/541/EHS a příslušné části normy ISO 10542. Zkoušky provádí technická zkušebna určená pro zkoušky a kontroly v souladu se směrnicemi uvedenými výše. Použijí se kritéria obsažená v uvedených směrnicích. Zkoušky se provádějí s náhradním invalidním vozíkem popsáním v normě ISO 10542.“ [28]

Pro mě jsou relevantní body týkající se kotevních úchytů v automobilu, jelikož neplánuji konstruovat popruhové tkaniny ani jiné prvky, dostupné na trhu, které splňují dané podmínky.

##### **2.3.2.6.176/115/EHS**

Podmínky zkoušky kotevních úchytů bezpečnostních pásů.

Tažnou silou se musí působit dopředu v úhlu  $(10 \pm 5)^\circ$  nad vodorovnou rovinou rovnoběžnou se střední podélnou rovinou vozidla.

Zkušební silou  $(2\,225 \pm 20)$  daN se působí na napínací přípravek (viz obrázek 1 v příloze IV) připojený ke dvěma dolním kotevním úchytům.

#### **2.3.2.7 Bod 31:Bezpečnostní pásy a zádržné systémy**

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Pokud je nutné z důvodu přestavby umístit kotevní body pro bezpečnostní pásy mimo toleranci stanovenou v bodě 2.7.8.1 přílohy I směrnice 77/541/EHS, zkontroluje technická zkušebna, zda změna zhoršuje stav či nikoli. Pokud ano, provede se zkouška podle přílohy VII směrnice 77/541/EHS. Není nutné vydávat rozšíření ES schválení typu.“ [28]



Zde záleží na posouzení odborníka.

### 2.3.2.8 Bod 39: Emise CO<sub>2</sub> / spotřeba paliva

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Není nutné provádět nové měření emisí CO<sub>2</sub> v případě, že při použití ustanovení W1 není nutné provádět nové zkoušky emisí zadního výfuku.“ [28]

Podle ustanovení W1 použitého v bodu 2: Emise nepředpokládám, že bude nutné provádět nové zkoušky emisí zadního výfuku.

### 2.3.2.9 Bod 44: Hmotnosti a rozměry (osobní automobily)

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „Pro účely výpočtu se předpokládá, že hmotnost invalidního vozíku včetně uživatele činí 100 kg. Hmotnost se soustředí do H-bodu trojrozměrného stroje.  
Technická zkušebna rovněž zváží možnost použití elektrického invalidního vozíku nebo vozíků, jejichž hmotnost včetně uživatele dle předpokladu činí 250 kg. Každé omezení kapacity pro přepravu cestujících vyplývající z použití elektrického invalidního vozíku nebo vozíků se zapíše do certifikátu schválení typu a příslušný text se začlení do prohlášení o shodě.“ [28]

Směrnice 92/21/EHS určuje, že „Maximální přípustná hmotnost vozidla nesmí překročit maximální technicky přípustnou hmotnost naloženého vozidla určenou výrobcem.“ a „Maximální technicky přípustnou hmotnost vozidla a technicky přípustnou hmotnost na jeho nápravy určí výrobce vozidla se zřetelem zejména k pevnosti použitých materiálů; takto určená maximální technicky přípustná hmotnost nesmí být menší než hmotnost vozidla v provozním stavu plus 75 kg na každé sedadlo pro cestující.“

Což je informace směrodatná pro další návrh, jelikož vím, v jakém rozmezí hmotností nových prvků se smím pohybovat, s jakou váhou vozíčkáře počítat a jaká bude zbylá využitelná hmotnost pro případný další náklad v případě plné obsazenosti vozidla, či jestli je tato plná obsazenost vozidla při mém návrhu vůbec možná.

### 2.3.2.10 Bod 53: Čelní náraz

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]

2. „U upraveného vozidla se nevyžaduje nové zkoušení za předpokladu, že přední část podvozku umístěná před R-bodem řidiče není ovlivněna přestavbou vozidla a žádná část doplňkového zadržného systému (vzduchový vak nebo vaky) nebyla odstraněna ani deaktivována.“ [28]

Na základě uvedených předpokladů není zkouška čelního nárazu vyžadována.

#### **2.3.2.11 Bod 54: Boční náraz**

Podmínky:

1. „Neplatí žádné výjimky kromě těch, které uvádí regulační akt.“ [28]
2. „U upraveného vozidla se nevyžaduje nové zkoušení za předpokladu, že boční výztuhy nebyly změněny a žádná část doplňkového zadržného systému (vzduchový vak nebo vaky) nebyla odstraněna ani deaktivována.“ [28]

Stejně jako u čelního nárazu, zkouška není vyžadována, neboť nedojde ke změně bočních výztuh ani žádná část doplňkového zadržného systému.

#### **2.3.3 Shrnutí**

V přechodím bodě jsou vyjmenovány jednotlivé požadavky plynoucí z legislativy a z nich vycházející fakta. Těmito požadavky je nutno se řídit při návrhu přestavby a případně vyzkoušet, zda dané prvky splňují požadavky například na kotevní místa pro pásy či zámek.

## 2.4 Rešerše stávajících řešení na trhu

Otázka současných řešení takto přestavovaných automobilů na trhu je zásadní pro další rozhodování o navrhnutí naší přestavby.

Umožní nám nahlédnout do možností které máme.

Je třeba si uvědomit, že na velké spoustě těchto přestaveb pracovali odborníci, kteří se danou problematikou zabývají léta, což znamená že se v problematice orientují a jejich řešení je opodstatněno zkušenostmi a možnostmi danými technickými vlastnostmi vozidel či podmínkami v legislativě.

Pokud se tedy nějaké technické řešení opakuje u velkého množství upravovaných modelů, je třeba se zamyslet, proč se tomu tak děje. Bývá často několik důvodů k takovýmto řešením, například:

- Toto řešení je ideální z hlediska konstrukce a jejích technických vlastností
- Toto řešení je ideální z hlediska ekonomického
- Toto řešení splňuje nutné minimum z hlediska legislativy a je nejméně náročné pro konstrukci
- Toto řešení je nejlepší pro co největší počet uživatelů
- Toto řešení je technicky vyspělé a nejjednodušší pro použití či údržbu

Velmi často jde o kombinaci z výše uvedených faktorů, kdy se hledá největší ekonomická výhodnost s co nejsnazší konstrukcí a zároveň co nejjednodušším využíváním.

Také jsou ale značně využity již zmíněné zkušenosti, kdy je známo, že některá dříve provedená řešení nemají smysl, či se takováto řešení s časem ukázala jako vhodná a bezproblémová.

Je tedy třeba si z rešerše odnést to nejlepší, nesnažit se nutně vytvořit řešení jiné nebo inovativní, protože pro takováto řešení je potřeba mnohem více znalostí a především zkušeností.

### 2.4.1 Možnosti řešení a současné modely na trhu

Co se týče úprav aut kategorie M1, která má vzhledem k zadanému automobilu a k tomu, že je zadáno nastoupení osoby na vozíčku zadními dveřmi smysl zkoumat, zjistíme, že se vytvářejí dva druhy přestaveb (brala jsem v potaz pouze automobily, u kterých je nutno zasáhnout do rámu karoserie, neboť zkoumat řešení automobilů, u kterých se provádějí pouze minimální úpravy v podobě připevnění rampy nemá smysl zahrnovat):

1. Zvýšení střechy
2. Snížení podlahy

## 2.4.2 Zvýšení střechy

Zvýšení střechy se u přestaveb vyskytuje jen velmi zřídka. Jeho nespornou výhodou je, že nezasahuje do podlahy automobilu a jejích agregátů.

Další nespornou výhodou je, že takto již upravený model dodává firma Fiat v modelu Doblo, tedy přímo výrobce, takže model je již homologovaný.

Svým způsobem je takovéto řešení stejné jako pořízení dodávky, tedy vozu, který má dostatečný prostor pro vstup a tedy jeho další vyšetřování jeho konstrukčních řešení nemá užitečnou hodnotu.

Pro zajímavost bych pouze uvedla hlavní nevýhodu takového řešení, kvůli kterým se pravděpodobně nevyužívá v takové míře, a tou je příliš vysoký nájezdový úhel rampy vedoucí do automobilu. Je totiž i tak nesnadné překonat stoupání, natož stoupání větší, než je nutné.

Z tohoto hlediska je zajímavé řešení hydraulickou plošinou, ale to už odbíhám od tématu této práce.

Zajímavý, ačkoliv spíše citově lehce zbarvený, byl poznatek majitele nejmenované firmy zabývající se prodejem těchto modelů, který na dotaz o spotřebě takového modelu odpověděl „No, co vám budu povídat, žere to jako kyselina“.



Obrázek 7 Fiat doblo se zvýšenou střechou a hydraulickou plošinou (zdroj: <http://www.jpsservis.eu/gallery/?id=elektrohydraulicka-plosina-mb>)

### 2.4.3 Snížení podlahy

Zde se dostáváme k relevantnějšímu a také ve velké míře využívanému způsobu úpravy osobních automobilů.

Tento způsob je výhodný jednak z hlediska praktického, jelikož pohodlnější nástup znamená, že pro pomoc k úspěšnému najetí do automobilu bude potřeba menší fyzická síla a tedy jej bude moci využívat širší škála lidí, ale taky to umožňuje jistou dávku anonymity a pocitu normalnosti, jelikož si tak rodina bude moci dovolit jet „normálním“ rodinným automobilem, což je pro obyčejné lidi věc naprosto samozřejmá, ale pro osoby s určitým druhem handicapu a tudíž odlišnosti může být tato skutečnost zásadní.

#### 2.4.3.1 Modely upravovaných automobilů

Ačkoliv je zadaný model jasný, je zajímavé se podívat na to, jaké různé automobily se tímto způsobem v praxi upravují.

Zde jsem vybrala některé značky a modely, jež jsou na trhu nabízeny:

Citroen

- Berlingo
- Dispatch

Fiat

- Doblo
- Qubo

Ford

- Tourneo
- Connect

Nissan

- NV200

Peugeot

- Partner

Renault

- Kangoo

Seat

- Alhambra

Škoda

- Roomster (480 l/1810 l)

Suzuki

- Life

Vauxhall

- Combo

Volkswagen

- Caddy (750 l/2850 l)
- Caravelle
- Sharan

Vidíme tedy, že existuje velké množství upravovaných automobilů, ovšem VW Caddy z nich patří k nejoblíbenějším.

Z upravovaných modelů jsem vybrala některé pro názornou ukázkou.



Obrázek 8 Úprava Suzuki Life (zdroj: <http://www.jubileemobility.co.uk/search-our-stock/suzuki/life/drive-from-wheelchair/>)

U modelu Suzuki Life je zajímavé, že se spodní snížení nachází velmi blízko vozovky.



Obrázek 9 Citroen Berlingo (zdroj: [https://homecountiesaccessiblevehicles.co.uk/wheelchair\\_citroen.php](https://homecountiesaccessiblevehicles.co.uk/wheelchair_citroen.php))



Obrázek 10 Ford Tournero (zdroj: [http://www.mobility-services.com/used\\_cars/used-vehicles/ford-tourneo-connect-/7226/](http://www.mobility-services.com/used_cars/used-vehicles/ford-tourneo-connect-/7226/))

U všech upravovaných automobilů vidíme prakticky stejný přístup. Snížení v prostřední části podlahy, mírné rozšíření pro rampu, přerušovaný nárazník.

Čeho je důležité si povšimnout je, že žádný z těchto modelů neřeší opěrku hlavy jako vybavení automobilu.

### 2.4.3.2 Výrobci

Podívejme se tedy, kdo v České Republice tímto způsobem upravuje vozidla.

Při svém hledání jsem narazila na dva asi největší výrobce upravených vozidel, nebo minimálně dva kteří nabízejí větší množství upravovaných vozů pro imobilní osoby, a jsou snadno dohledatelní na webu.

- API CZ s.r.o
- JP SERVIS

Tito výrobci provádějí velmi podobné úpravy s pouze drobnými změnami.

Liší se:

- provedení ramp (hydraulika, elektro napájení), princip je ale stále stejný
- Řešení nárazníku
- Uchycení přepravované osoby a vozíčku

*Zajímavost: Irská firma Drive Rite zjednodušuje nástup do automobilu pomocí hydraulického snížení podvozku*

Co je ovšem specifikem trhu s těmito úpravami je, že know-how o provedení úprav je přísně hlídáno a firmy nejsou ochotny sdělit jakékoliv informace. Pravděpodobně je na trhu vysoká konkurence, a tak tedy ti, kteří „ví jak na to“ své informace pečlivě střeží.



### 2.4.3.3 Nejzajímavější varianta

Jako nejzajímavější varianta se mi jeví provedení VW Caddy od firmy API.

Nespornou výhodou je jednoduchá ovladatelnost a převážně mechanické ovládání.

Dále umožnění využívání kufru standartním způsobem v momentě, kdy není převážen vozíčkář díky tomu, že rampa se zaklopí do úrovně podlahy.

Na druhou stranu tento způsob zaklopení rampy je spíše kosmetická záležitost a znemožňuje využití celé výšky kufru, tedy plně nevyužívá potenciál přestavby využitelný i v jiných oblastech než převoz samotného vozíčkáře.



Obrázek 11 Obrázek 2 API - úprava VW Caddy - vyklopená rampa (zdroj: [www.apicz.com](http://www.apicz.com))



Obrázek 12 API - úprava VW Caddy - zaklopená rampa (zdroj: [www.apicz.com](http://www.apicz.com))

V rámci této přestavby vidíme, že došlo k prodloužení pátých dveří, které ovšem neslouží jako těsnění, neboť těsnění probíhá rampou. Do rampy je taky umístěn zámek dveří. To vše je možné díky způsobu, jakým se rampa skládá dovnitř.

V momentě, kdy by rampa byla dvoudílná a skládala se obyčejně nahoru, byla plocha, která je nejbližší dveřím a na které by se teoreticky měl nacházet zámek a těsnění zároveň plocha, po které vozíčkář přejíždí.

Přece jen tedy nebude zaklápění rampy na místo původní podlahy pouze kosmetickým počinem.

Znovu je důležité říci, že ani toto řešení se nezabývá opěrkou hlavy či úpravou nárazníku.

#### 2.4.3.4 Osobní pozorování

Osobně se mi podařilo setkat s jedním upraveným automobilem. V době, kdy jsem měla jedinečnou možnost automobil prozkoumat, ještě nebylo mé povědomí o problematice tolik rozsáhlé, prohlédla jsem si ho tedy pouze povrchně.

K mému štěstí jsem si ovšem tehdy pořídila sérii fotografií dokumentujících úpravu. Neprovedla jsem ovšem měření jednotlivých zajímavých rozměrů, jako je například průchod v nejnižší oblasti kufru nebo šířka snížení.

Jedno zásadní pozorování, které tehdy ale bylo provedeno bylo, že nádrž pro pohonné hmoty byla zachována.



Obrázek 13 Uravený VW Caddy



Obrázek 14 Uravený VW Caddy - zavřeno



Obrázek 15 Upravený VW Caddy - detail nárazníku

I tady si povšimněme, že není nijak zachována celistvost nárazníku, a prostřední část, tedy alespoň to, co nahrazuje vyříznutou část, je přímo připojeno k rampě, nejsou zabudovány žádné deformační zóny.

### 3 Průběh konstrukce a dimenzování:

Ze všeho nejdřív je důležité udělat si základní představu o tom, jak by měl vůbec návrh vypadat a z čeho by se měl skládat a jak tedy bude návrh vypadat.

Základním prvkem bude samotná nosná konstrukce, do které vozíčkáře posadíme. Tento prvek budu ve své práci nazývat vana.

Dalším základním prvkem konstrukce bude nájezdová rampa.

Tyto dva prvky jsou alfou a omegou celé práce, a podle jejich prostorových potřeb budou probíhat další úpravy.

Taky je třeba stanovit jistý váhový limit, který musí dohromady splňovat dané prvky konstrukce.

Tento váhový limit se rovná rozdílu užité hmotnosti a osob  $m_o$  a vozíčkáře  $m_v$  v plně obsazeném voze.

Užitnou hmotnost  $m_u$  spočítám jako rozdíl provozní hmotnosti  $m_p$  a nejvyšší technicky přípustné hmotnosti  $m_{tp}$ .

Celkový výpočet tedy vypadá:

$$m_{lim} = m_{tp} - m_p - 5 * m_o - m_v \quad (3.1)$$

Kde:

$$m_{tp} = 2\,345\text{ kg} \quad (3.2)$$

$$m_p = 1\,591\text{ kg} \quad (3.3)$$

$$m_o = 80\text{ kg} \quad (3.4)$$

$$m_v = 100\text{ kg} \quad (3.5)$$

Výsledný výpočet tedy vypadá:

$$m_{lim} = 2\,345 - 1\,591 - 5 * 80 - 100 \quad (3.6)$$

$$m_{lim} = 254\text{ kg} \quad (3.7)$$

Známe tedy nejvyšší přípustnou hmotnost, kterou může mít daná konstrukce, ovšem samozřejmě bude lepší, pokud bude váha konstrukce o poznání nižší.

Při konstrukci také vycházím z toho, že jsem již provedla první návrh řešení, který se ovšem neukázal jako vhodný a z toho důvodu jsem se rozhodla vytvořit návrh nový s odlišným přístupem.

### 3.1 Stanovení základních rozměrů vany

Nejdříve je potřeba si stanovit minimální prostor potřebný k samotnému převozu vozíčkáře.

Tento rozměr je dán stanovenou šířkou vozíčku a délkou obsazeného vozíčku. Pro moji práci jsou tyto rozměry 700 a 1200 mm.

Jako pracovní tloušťku stěn vany jsem prozatím zvolila 5 mm. Tato tloušťka bude pravděpodobně upravena později ve výpočtové části a přizpůsobená výsledkům testů.

Hloubka vany je problém, který se ukázal být jako nelehký pro určení.

Průchozí výška kufru činí 1130 mm. Výška potřebná pro průjezd vozíčkáře je 1438 mm (bez rezervy). To tedy znamená, že v místě dveří, které jsou z hlediska střechy nejnižším bodem, je nutné, aby byla vana hluboká 308 mm. Spolu s pracovní tloušťkou vany to tedy činí snížení o 313 mm. Vzdálenost nápravy a podlahy je v nepropruženém stavu 362 mm. To tedy znamená, že by při snížení vany do požadované úrovně došlo ke zmenšení prostoru pod nápravou na 49 mm.

Vezmeme-li v potaz, že uvažujeme auto nenaložené, je jasné, že necelých 5 cm nebude stačit k tomu, aby mohl být automobil provozován bez hrozby kontaktu vany s nápravou.

Je tedy třeba dno vany upravit tak, aby byl zajištěn dostatečný prostor nad nápravou a zároveň zajištěn dostatečný prostor pro převoz osoby na vozíčku.

Prostor za dveřmi v oblasti střechy automobilu se směrem vzhůru otevírá, což znamená, že nároky pro prostor vany jsou ihned za prostorem dveří nižší. Dno vany tedy může být v prostoru za dveřmi výše.

Dno vany rovné po celé délce tedy nepřipadá v úvahu. Nabízí se tedy možnost vyrobit dno vany tak, aby se po směru jízdy svažovalo směrem vzhůru a vytvořilo tak větší prostor.

Sklon dna jsem pro začátek zvolila 3°.

Nad nápravou tak vznikne prostor 90 mm, který bude muset být prozatím dostatečný. Zajištění zamezení kontaktu nápravy s vanou bude muset být zajištěno dorazy nad listovými pery.

Nastává ale otázka, jaké bude pohodlí pasažéra v případě, že bude celou cestu nakloněn i s vozíčkem o 3°. Člověk upoutaný na invalidní vozíček v něm stráví většinu dne. Vozíčky jsou tedy předpokládám konstruovány tak, aby ergonomicky co nejvíce vyhovovaly postavě člověka a vytvářely tak minimální zad, která by dále mohla způsobovat větší než nutné bolesti a další komplikace zdravotního stavu. Naklonění vozíčkáře o několik stupňů by tedy mohlo způsobit změnu držení horní části těla, namáhání odlišných svalů a velmi nepříjemné bolesti.

Jak tedy zajistit dostatečný prostor pod nápravou a zároveň zajistit přepravovaného?

Po prozkoumání řešení jiných firem jsem narazila na situaci, kdy se podlaha vany lomí v místě nad nápravou, a tak umožňuje dostatečné pro pružení, a zároveň se vrchol tohoto lomení nachází mezi předními a zadními koly vozíčku, takže po najetí do automobilu se vozíček nachází na rovině.

Toto řešení jsem se rozhodla aplikovat také pro svou vanu. Po stanovení dalších potřebných rozměrů a vzdáleností je třeba určit, v jakém místě se musí nacházet vrchol a jaký rozdíl musí být mezi vrcholem a nejnižším bodem vany.

## 3.2 Definice prostoru nutného pro rampu

### 3.2.1 Rampa

Pro určení velikosti rampy je nutné si zvolit nájezdový úhel, pod kterým je třeba vozíčkáře do automobilu dopravit.

V tomto ohledu jsem se inspirovala u již vytvořených automobilů a převzala jsem jejich úhel nájezdu  $12^\circ$  a zjistila, proč volili právě takovýto úhel.

Začala jsem tedy zkoumat vlastnosti jednotlivých vozíčků a tento úhel je s největší pravděpodobností volen kvůli elektrickým vozíčkům, jelikož  $12^\circ$  je úhel, který jsou schopny velmi často samy vyjet. Ačkoliv je možná asistence, elektrický vozíček je dost těžký, takže možnost, aby po rampě vyjel sám je zásadní.

Určila jsem tedy nájezdový úhel rampy a tím jsem schopna zjistit i její délku.

Výška nákladové hrany kufru je 581 mm. Snížení je 313 mm, to znamená že výška, kterou musí rampa překonat je 268 mm.

$$\sin 12^\circ = \frac{268}{l_{ramp}} \quad (3.8)$$

$$l_{ramp} = \frac{268}{\sin 12^\circ} \quad (3.9)$$

$$l_{ramp} = 1289 \text{ mm} \quad (3.10)$$

Zjistila jsem tedy, že minimální potřebná délka rampy v nezatíženém stavu je 1289 mm.

Pokud vezmu v potaz fakt, že snížení je 313 mm, znamenalo by to, že by rampa zasahovala 976 mm do původního prostoru dveří. Původní prostor dveří je 1130 mm, zbývalo by tedy ke střeše 154 mm. Při zakřivení zadních dveří by to tedy znamenalo, že by rampa musela být umístěna v dostatečné vzdálenosti od dveří, aby nedošlo ke kolizi, nebo by rampa musela být ze dvou částí. V prvním návrhu jsem počítala s rampou z jednoho kusu, avšak nepodařilo se mi dosáhnout kombinace patřičné vzdálenosti od hrany dveří a potřebné délky rampy.

Rozhodla jsem se tedy pro rampu dvojdílnou. Její prostorové nároky za hranou dveří sice taky budou patrné, ale nebude tam takové omezení pro délku rampy.

Je tedy třeba vymezit si prostor, který je možné pro rampu využít.

Celková délka od hrany kufru (poloha zámku) po palivovou nádrž, která je pro nás limitující, je 1403 mm. Prostor nutný pro obsazený vozíček je 1250 mm, tloušťka stěny je 5 mm, zbývá tedy 148 mm, a vzhledem k určité vůli mezi komponentami jsem se rozhodla, že maximální velikost, kterou může zabírat rampa je 110 mm.

Pro složenou dvojitou rampu to není mnoho, ale bitva s omezenými prostorovými možnostmi je charakteristickým rysem této práce.

### 3.2.2 Definice rozměrů rampy

Aby se rampa po otevření nemusela nijak aretovat, je potřebné, aby se kloub spojení nacházel mimo rovinu užité plochy rampy, a zároveň ležel v rovině styku dvou částí rampy. Bude tak zabírat další prostor.

Do 110 mm se musí vejít 2x tloušťka rampy a prostor pro jejich spojení.

Rampa bude spojena čepy o průměru 10 mm, oka pro čepy budou mít vnější průměr 20 mm.

$$2tr + 20 = 110$$

$$2tr = 90$$

$$tr = 45$$

Tloušťka rampy jako takové může tedy být 45 mm.

Je potřeba, aby na okrajích rampy byly aspoň částečné zábrany, pro zabránění sjetí vozíčku z rampy. Vzhledem k potřebě únosnosti rampy jsem tedy zvolila tloušťku nosné části rampy 30 mm a výšku zábrany 15 mm. Není to sice velikost nějak omezující přejetí vozíčkem, ale při své rešerší velikosti vozíčků jsem zjistila, většina vozíčků je schopná přejet 10 cm, a taková velikost zábrany v mém případě je nemyslitelná.

Nosná část rampy je tvořena svařencem dvou typů tyčí

1. Hliníková tyč plochá\čtvercová 30X30 6063
2. Hliníková tyč plochá\čtvercová 30X10 6063

Podle normy EN 573-3 AW 6063 T66 EN 755-1,2,5 od dodavatelské firmy elihlik.cz. [31]

Oka pro spojení dvou částí rampy a rampy jako celku k automobilu jsou k rámu taktéž přivařena.

Rampa je pokryta plechem.

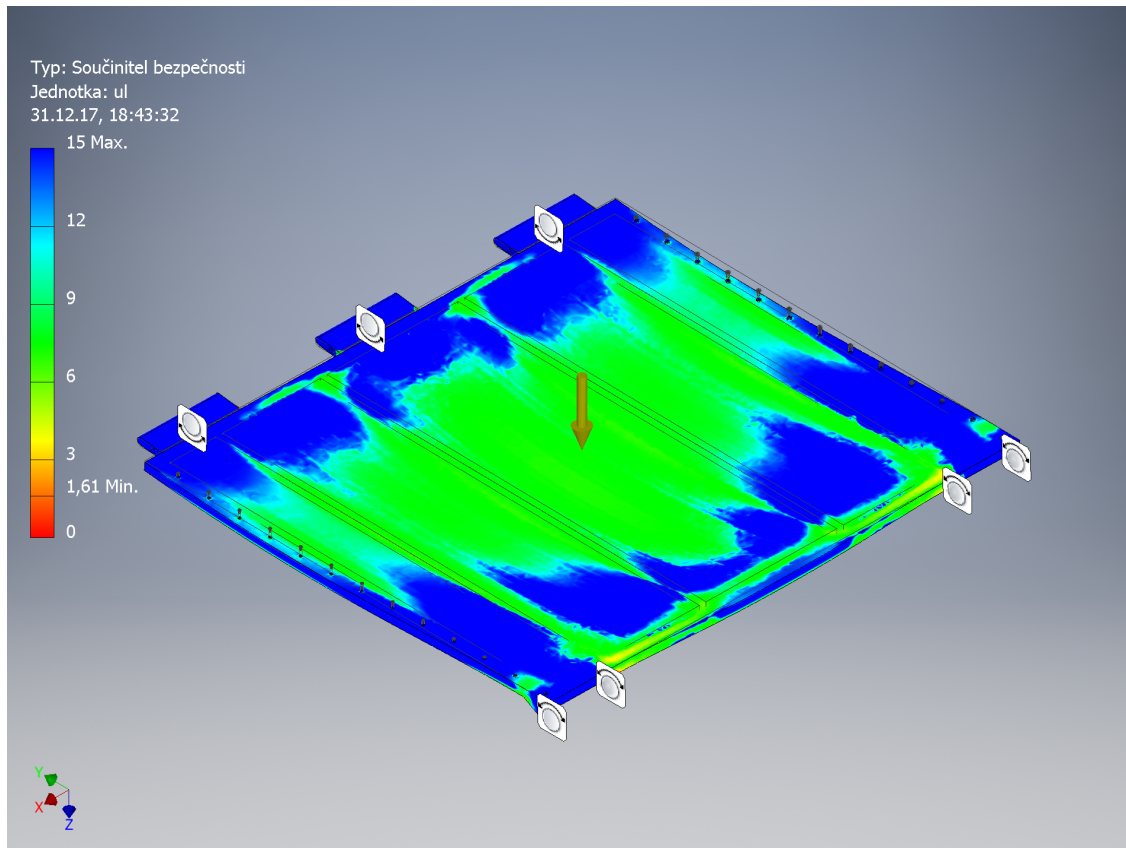
Problém byl, že ačkoliv materiálem výztuhy rampy byl hliník, i tak byla rampa velmi těžká (přesahovala 30 kg) a proto jsem se rozhodla vytvořit simulaci zatížení 500 kg uprostřed delší části rampy a zjistit, zda je nutné mít skutečně výztuhu rampy o takovéto tloušťce.

Zjistila jsem, že únosnost je více než vyhovující, a proto jsem se rozhodla udělat výztuhu rampy z tenčích a tedy i lehčích tyčí.

Postupným zkoušením jsem došla k vyhovující tloušťce tyčí 10 mm.



Na následujících obrázcích je vidno průběh zatížení a testování konečného návrhu rampy.



Obrázek 16 Pevnostní analýza rampy - součinitel bezpečnosti

Vlastnosti vybraného materiálu EN AW 6063 [31]:

Mez kluzu v tahu                      200 MPa

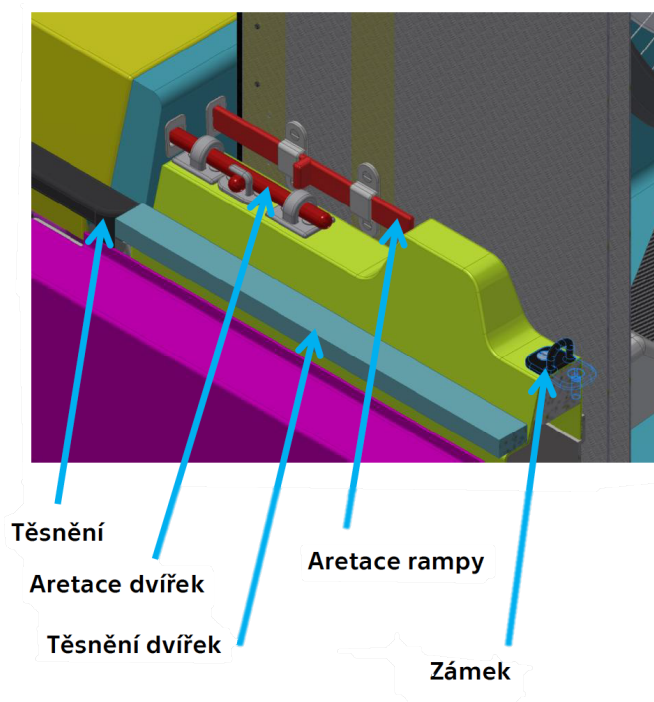
Mez pevnosti v tahu                    245 MPa

Dosáhla jsem minimální bezpečnosti 1,61, což je pro můj návrh dostačující a při případné snaze o vylepšení těchto vlastností by se dal uvažovat hliník s lepšími vlastnostmi než tento základní.

Tím, že jsem zmenšila nároky na tloušťku rampy, prodloužila jsem také délku plochy využitelnou vozíčkářem.

### 3.3 Aretace rampy

V prvním návrhu jsem vytvořila rampu stejně širokou jako podlahu vany a uvažovala jsem její aretaci pomocí zástrček.



Obrázek 17 Původní návrh aretace rampy

Jednak toho řešení nebylo konstrukčně jednoduché ani moc elegantní, a i jeho spolehlivost byla diskutabilní. Snažila jsem se sice docílit zajištění proti samovolnému uvolnění, ale zajištění ani tak nemuselo být spolehlivé.

Ve směru k pasažérovi jsem se tedy rozhodla vytvořit mechanickou překážku tím, že rampa bude širší, než část vany určená pro přepravu. To znamená, že vana samotná se bude rozšiřovat, aby se do ní rampa vešla.

Takto nebude fyzicky možné, aby se rampa překlopila na pasažéra, a zároveň to značně zjednoduší obsluhu.

Zabránění překlopení rampy na páté dveře automobilu je úzce spojeno s řešením zámku dveří a těsnění, jíž se budu věnovat v následující kapitole.

Tímto byla stanovena délka vany i s rampou a tak určeny rozměry nutné pro zástavbu do vozidla.

### 3.4 Zámek kufru a zabezpečení vozidla

Celý problém zámku pátých dveří vzniká tím, že prostor, ve kterém je zámek umístěný odstraníme.

Naskýtá se tedy otázka, jak znovu zajistit zamčení dveří tak, aby bylo jednak funkční, a aby zahrnovalo pokud možno co nejmenší zásah do zbytku vozidla.

Snahou o co nejmenší zásah do vozidla nám odpadá úprava zámku v části dveří.

Tím se nám ale otevřel prostor k myšlence jak nahradit stávající zámek v části podlahy, tedy jak jej umístit zpátky na původní místo.

V původním návrhu, kdy jsem počítala se spodními dvířky, jsem tento problém jednoduše vyřešila tak, že jsem tento kus umístila na tato dvířka. Ovšem zásadní problém bylo, jak zajistit tato dvířka proti otevření.

Znovu se nabízela aretace pomocí zástrček, znovu byla její spolehlivost diskutabilní. V novém návrhu však s dvířky nepočítám.

Ačkoliv má vynechání dvířek své výhody, ztráta místa pro umístění zámku je nespornou nevýhodou.

Nabízí se ale možnost umístit držák zámku jako jakousi přepážku mezi těsnění a rampu. Tím by se zároveň vyřešilo zabezpečení rampy proti pádu na dveře kufru.

Je tedy třeba vytvořit přepážku dostatečně pevnou, aby udržela zámek a síly na něj působící, ale zároveň dostatečně lehkou, aby s ní mohlo být manipulováno a tuto přepážku uchytit do prostoru vany.

Do prostoru vany jsem se rozhodla přepážku uchytit na jedné straně pomocí čepu a na druhé straně ji nechat pouze volně zapadnout do připevněného držáku.

Kouzlo tohoto návrhu spočívá v tom, že při zavření dveří nemá přepážka prostor k pohybu vertikálním směrem, tudíž není nutná žádná další aretace.

Mám tedy ideový návrh jak zabezpečit aretaci a zámek, a konkrétním návrhem se budu zabývat později.

### 3.5 Těsnění

Těsnění kabiny vozidla bylo v průběhu návrhů této práce velkým oříškem.

Největším problémem bylo efektivně utěsnit prostor dveří a vany. V prvních návrzích jsem se snažila celou situaci řešit dvířky, které se zavíraly za rampou. Utěsnit takováto dvířka ale znamenalo nemít těsnění v jenom kuse a řešit tak soustavu, kde byla větší hrozba průchodu zplodin z výfuku.

Navíc bylo těsnění „lomené“, tedy nenacházelo se v jedné rovině, a bylo komplikovanější jak pro návrh tak pro konstrukci.

V současném návrhu jsem se rozhodla pro jiné řešení. Upustila jsem od návrhu s malými dvířky, které kryjí spodní sniženou část podlahy a vytvořila jsem tedy návrh tak, že je těsnění umístěno na vaně, v jedné rovině s rovinou těsnění pátých dveří. Na páté dveře jsem poté umístila protikus k těsnění tak, že prodlužuje originální protikus dveří a pokračuje rovně dolů.

Toto řešení má hned několik pozitivních prvků.

Jednak je těsnění jednodušší na konstrukci, je v jednom kuse, tedy nemusí být obava, že bude docházet ke vniku zplodin do oblasti kabiny a také tím odpadl problém s řešením pantů dvířek a jejich prostorové náročnosti při otevření, kdy docházelo ke kolizi dvířek s rampou v případě naloženého vozidla.

Vytvořila jsem tedy na vaně prostor k umístění těsnění a protáhla ji až k samé hraně kufru.

Tím, že se rampa a přepážka zámku aretují pouze o sebe, odpadl problém jiných aretací a případných děr do trupu vany, takže s tím odpadlo řešení těsnění samotného těla vany. Vana je tedy jednoduší kus a netřeba ji samotnou dále těsnit.

Jediným prostorem k utěsnění tak zbývá prostor mezi rampou a skříní vozu.

Špatnou zprávou je, že podlaha automobilu je vlnitá. V podélném směru se dá průniku vzduchu zamezit dostatečně dlouhým překryvem tak, aby došlo k dosednutí ploch podlahy a vany na sebe. Problém nastává ve směru příčném.

### 3.6 Konstrukce vany

V postupu času jsem přistupovala ke konstrukci vany různými způsoby.

V úplně prvním návrhu jsem se pokoušela sestavit vanu z plechů, které by k sobě byly připevněny pravděpodobně lepením nebo sešroubováním. Vzhledem k mé vlastní neschopnosti spolehlivě utěsnit takto vyrobenou vanu jsem se rozhodla, že by bylo vhodnější vyrobit vanu, která bude v kuse.

Jako první ze všeho mě napadlo vyrobit takovou vanu plastovou. Jenže v rámci studia jsme se s chováním plastů setkali pouze minimálně, tedy nemám potřebné znalosti k tomu, abych byla schopná navrhnout ne úplně snadný prvek funkční a především jeho funkčnost obhájit.

Jako druhou variantu jsem uvažovala kompozit.

Touha vytvořit něco z kompozitu ve mně byla pravděpodobně vyvolána návštěvou polské firmy Wawraszek, která vyrábí hasičské automobily a hojně přitom využívá právě kompozitových součástí. Jejich továrnu jsem poprvé navštívila před asi deseti lety a možnosti, které nabízely kompozitové konstrukce mi tehdy přišly zajímavé a, tehdy bez větších znalostí strojařiny jako takové, naprosto převratné. Především mě fascinovalo, že se s kompozitem dají vytvořit různé tvary, přechodové plochy a zaoblení, která by se pomocí plechů tvarovala jen velmi těžko.

S touto krásnou vzpomínkou jsem se pevně rozhodla, že moje vana bude kompozitová. Shlédla jsem nespočet videí o výrobě kompozitových prvků, přečetla pár vědeckých článků, ale jak jsem později zjistila, mé znalosti kompozitů jsou jen o malinko větší než znalosti plastů. V průběhu studia jsme sice mohli absolvovat předmět o mechanice kompozitů, který nám dal povědomí o chování a fungování kompozitů, ale rozhodně znalosti nejsou natolik hluboké, abych byla schopna bez dalšího samostudia navrhnout kompozitový prvek odpovídajícího tvaru.

Poučena výběrem materiálu, o kterém nemám širší znalosti jsem se vrátila zpátky k tomu, čemu jsme se věnovali během studia nejvíce, a to k oceli.

Oklikou jsem tak vrátila k prvotnímu plánu, ale s tím rozdílem, že vana bude svařovaná, a tedy by měla jako taková při správném svaření bez problému těsnit.

Rozhodla jsem se tedy vytvořit konstrukci s ohledem na to, z jakého materiálu ji chci vyrobit.

Vybraným materiálem je tedy plech. Ze strojnických tabulek [32] jsem vybrala materiál, který nejvíce vyhovuje mým požadavkům, kterými jsou dobrá svařitelnost a přijatelná mez kluzu.

Vybrala jsem materiál označený dle ČSN EN 10025-2/42 094 4x 11 523.

Je to konstrukční ocel se zaručenou tavnou svařitelností v 25 mm.

Mechanické vlastnosti:

$R_m$  628 Mpa

$R_e$  333 Mpa

Tyto hodnoty jsou dále zásadní pro testování kotevních úchytů pro bezpečnostní pásy.

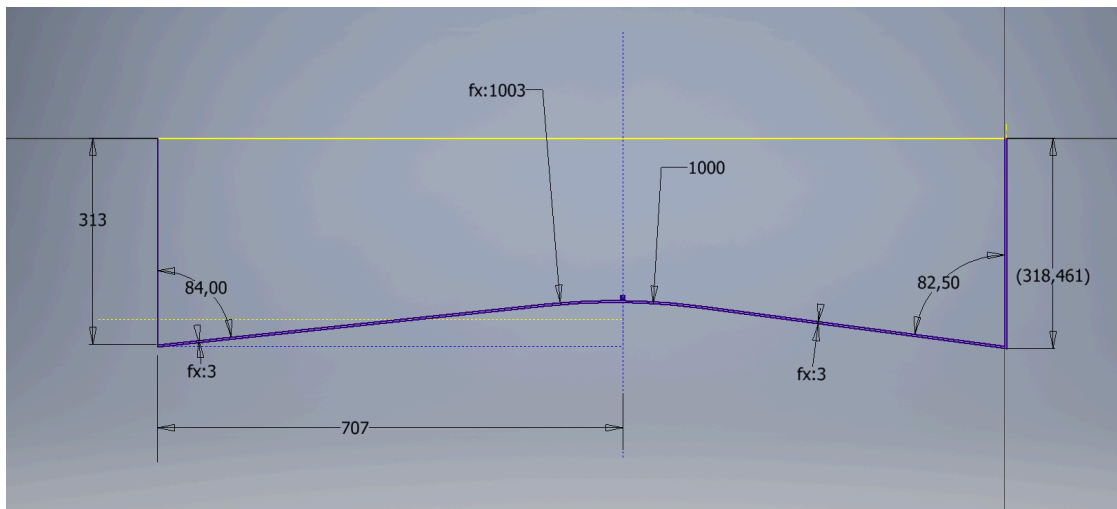
Mám tedy vybraný materiál a můžu se dále zabývat samotným návrhem.

Většina návrhu bude bez prvotních rozměrů, jelikož v průběhu modelování došlo k nespočtu změn v modelu a přizpůsobování a je tedy zbytečné zmiňovat první rozměry.

Finální rozměry vany budou k nalezení ve výkresové dokumentaci, která bude uvedena jako příloha.

### 3.6.1 Konstrukce části pro vozíčkáře

Základ návrhu bude asi nejjednodušší ukázat na obrázku.



Obrázek 18 Náčrt podlahy vany

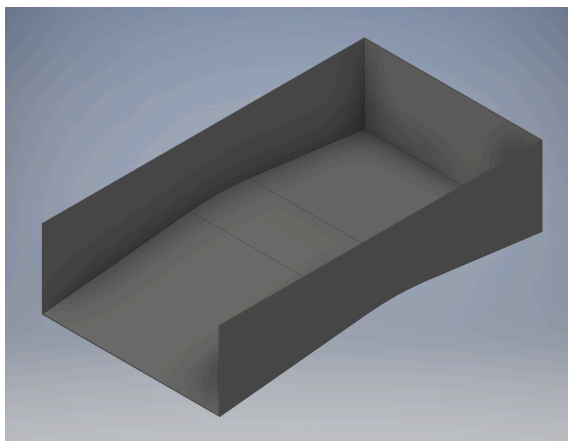
Na náčrtu je vidět, že jsem odměřila místo, ve kterém musí být nejvyšší bod vany a k němu jsem směřovala podlahu z obou stran pod úhly  $6^\circ$  a  $7,5^\circ$ .

Obrázek by vytvořen ve fázi hotového návrhu, obsahuje už tedy data kompletní, například jako tloušťku podlahy zde uvádím 3 mm, což vyplynulo z pozdějších simulací provedených na tomto prvku.

Co se týče úhlů vany, úhel  $6^\circ$  byl vybrán kvůli ideálnímu prostoru nad nápravou a úhel  $7,5^\circ$  pak k tomu, aby došlo ke svislé poloze po najetí vozíčkáře do vany.

V levé části obrázku je místo pro vjezd vozíčkáře do vany.

Takto jsem vytvořila základní tvar pro vanu, ve které bude umístěn vozíčkář.



Obrázek 19 Základní tvar vany

### 3.6.2 Prostor pro rampu

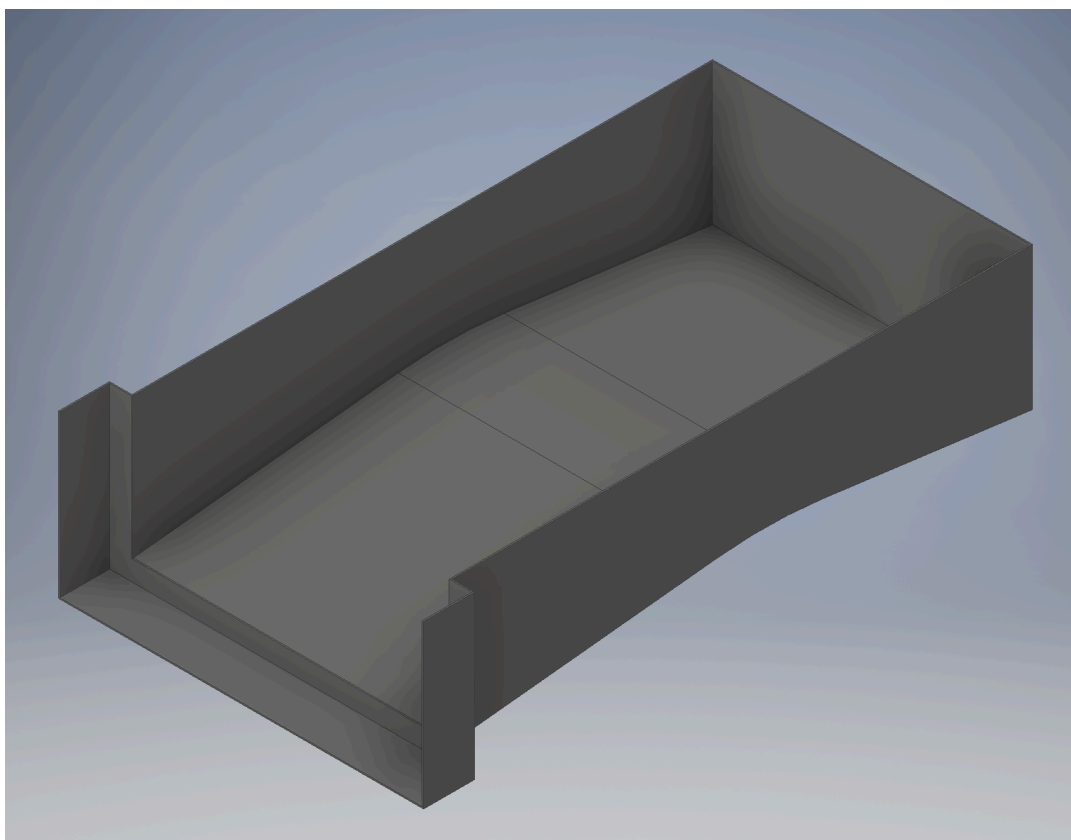
Dále bylo třeba vytvořit prostor, ve kterém bude složená rampa.

Je třeba mít na paměti, že aby se rampa mohla vyklápět a byl z ní po vyklopení přímý vjezd do vany, je potřeba, aby byl její prostor ve spodní části „uskočený“, takže tam budou moci být umístěné panty nebo jiné zařízení pro uchycení. Také nesmím zapomenout na to, že rampa bude při vyklopení pod určitým úhlem a nesmí dojít ke kolizi s vanou.

Zároveň musí být prostor dost dlouhý na to, aby se tam vešla zavřená rampa i zajišťující zámek.

Do šířky se prostor bude také rozšiřovat, je totiž nutné, aby rampa byla širší než vana a mohlo tak dojít k aretaci.

Níže na obrázku můžeme vidět vanu i s uskočením.



Obrázek 20 Vana s prostorem pro rampu

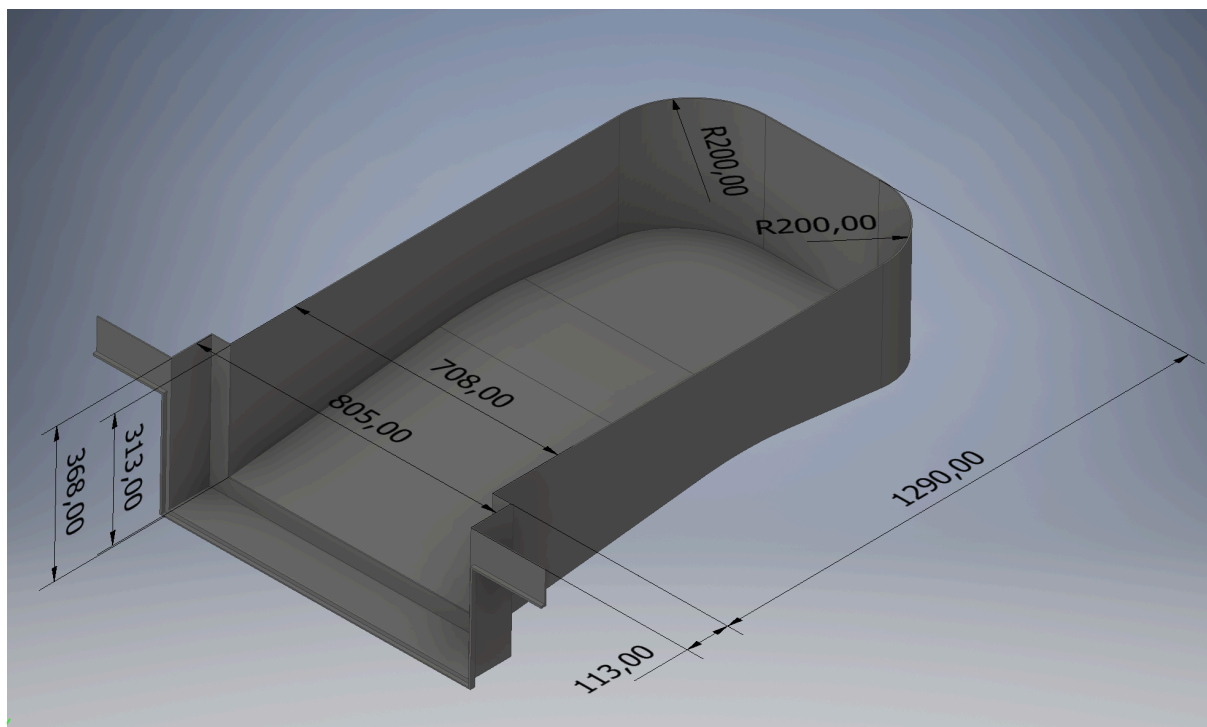


### 3.6.3 Prostor pro těsnění

Jak jsem již psala výše, vana bude zároveň prvkem, který bude utěsněn, a je tedy potřeba vytvořit prostor pro umístění těsnění.

Je prostor potřeba vytvořit tak, aby navazoval na prostor v automobilu, a mohl tak být dále utěsněn.

Vytvořila jsem tedy plochu, na které bude těsnění umístěno spolu s „rámečkem“, aby bylo těsnění vlepeno minimálně ke dvěma plochám.



Obrázek 21 Vana s prostorem pro těsnění

V této fázi jsem se taky rozhodla, že tvar konce vany bude zaoblený, aby bylo možné vytvořit celý bok vany z jednoho kusu ohýbaného plechu a snížil se tak počet nutných svarů.

Na obrázku jsou také uvedeny základní rozměry.

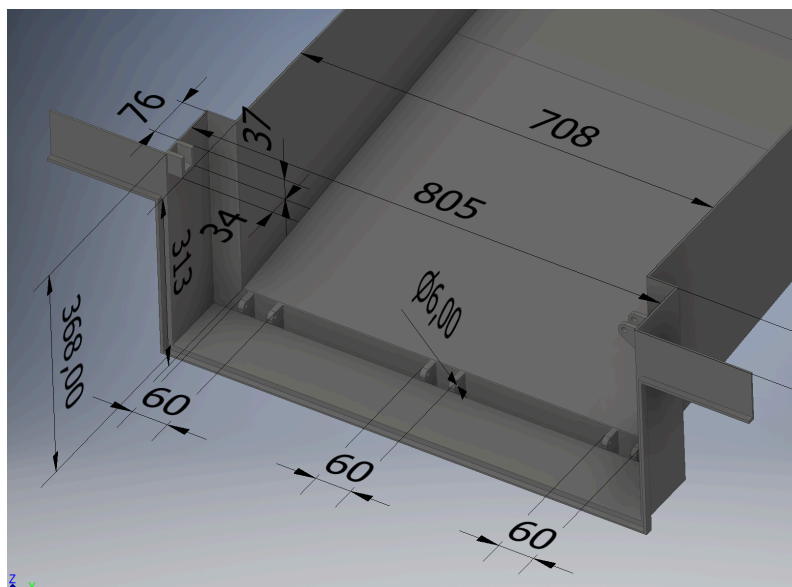
### 3.6.4 Uchycení rampy a držáku zámku

V další fázi bylo třeba navrhnout, jak bude vypadat uchycení pro rampu a pro držák zámku.

Tato uchycení prošla čtými změnami a já sem vložím prezentaci pouze verze poslední, jelikož právě ta je relevantní.

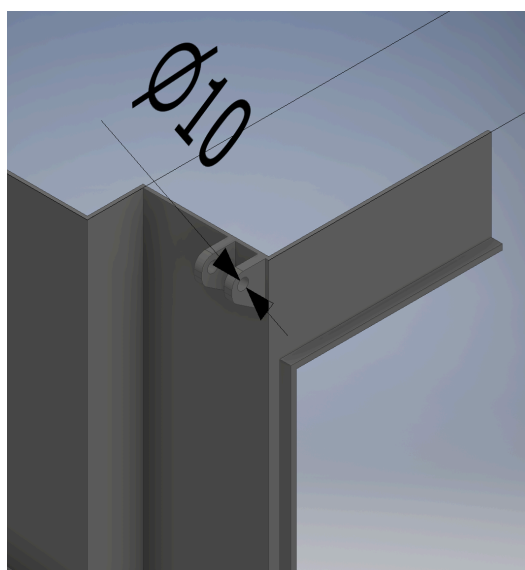
Jako první jsem vytvořila úchyty pro rampu na samém spodku vany.

Rampa bude uchycena pomocí tří čepů o průměru 6 a délce 60 mm.

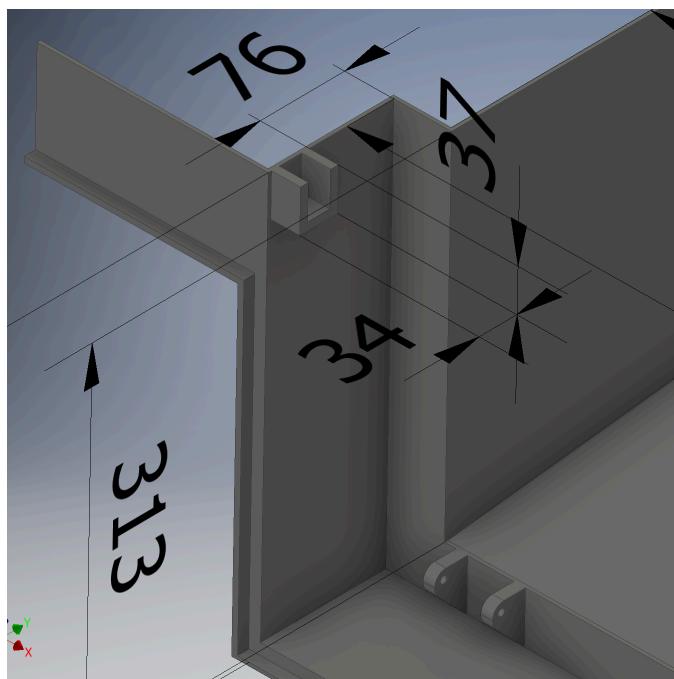


Obrázek 22 Uchycení rampy

Jako další jsem vytvořila uchycení držáku zámku. I držák zámku bude umístěn na čepu, tentokrát o průměru 10.



Obrázek 23 Místo pro čep držáku zámku

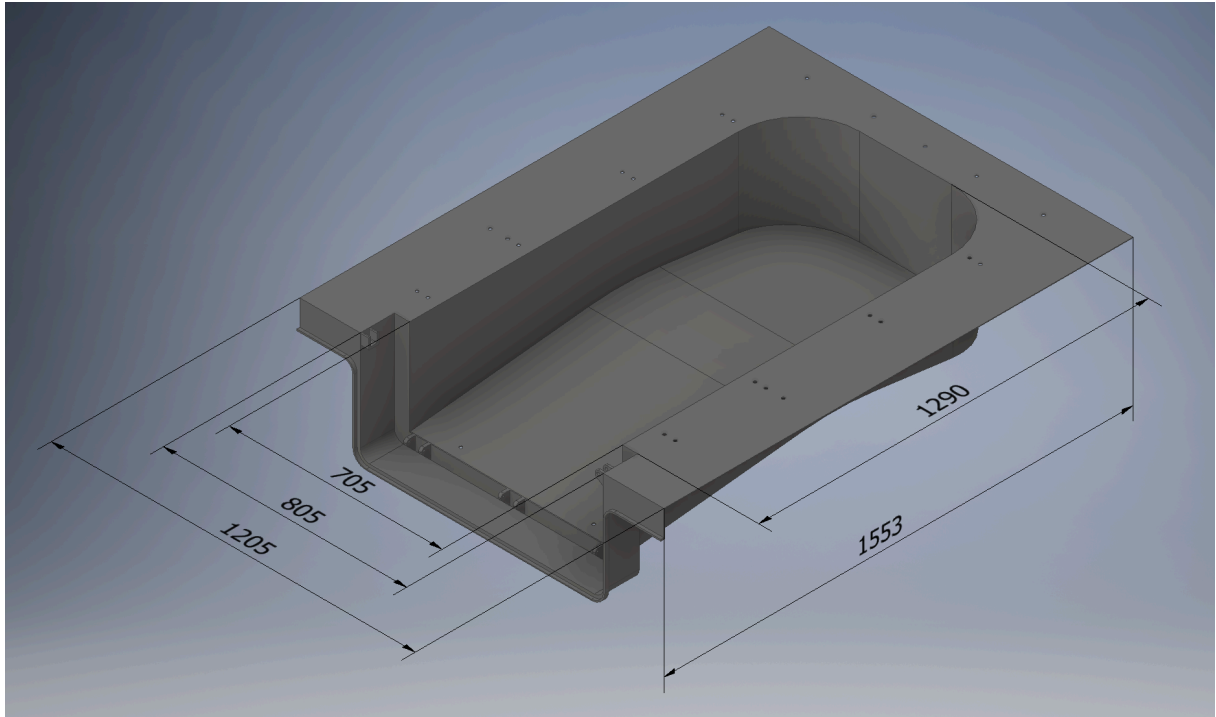


Obrázek 24 Západka pro držák zámku

A jako poslední z uchycení jsem vytvořila stranu, do které držák zámku zapadne.

### 3.6.5 Kompletní vana

Nakonec jsem vanu doplnila o horní část, kterou bude ležet na podlaze automobilu a přidala jsem zaoblení některých prvků tak, aby mohly být vyrobeny z ohnutého plechu místo několika svařovaných. Tímto jsem snížila počet součástí k vyrobení a počet svarů.



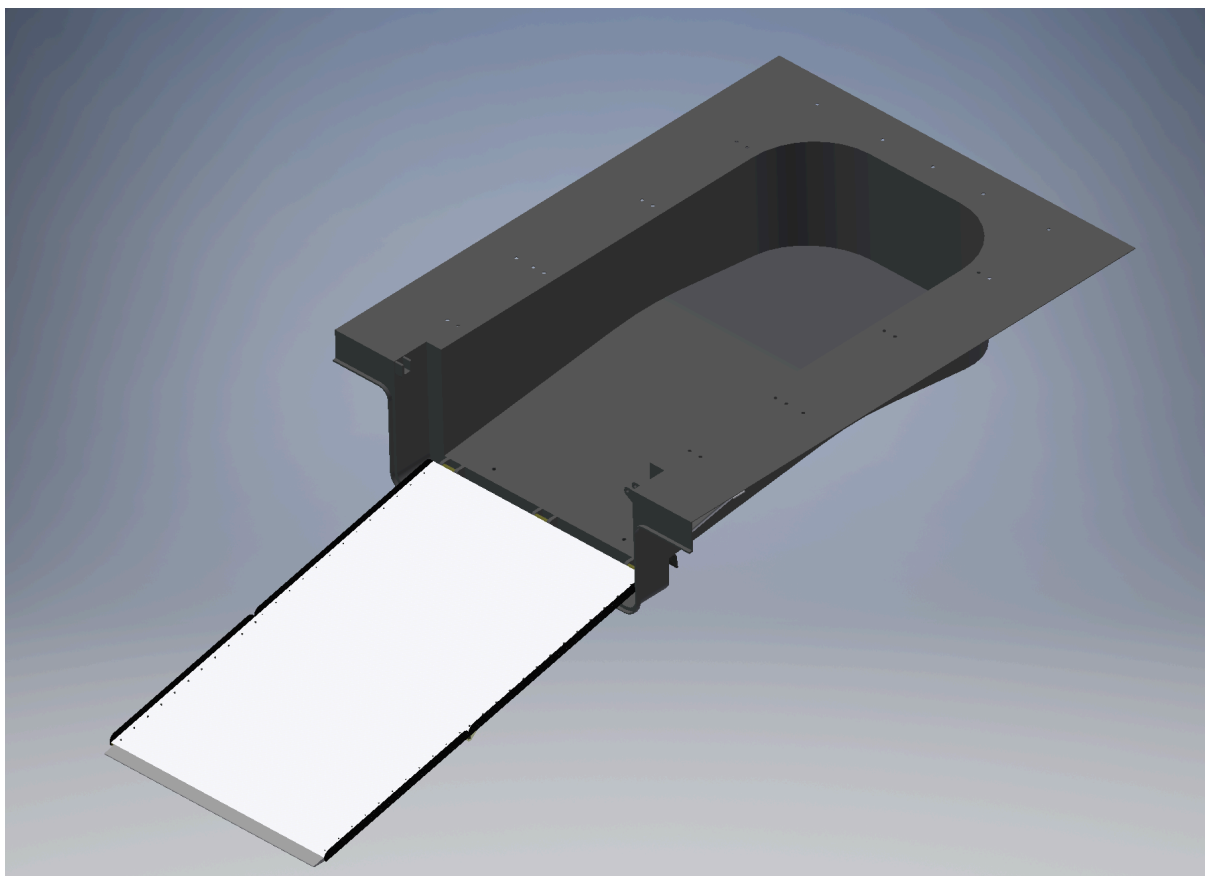
Obrázek 25 Pohled na kompletní vanu

Na obrázku jsou patrné zásadní rozměry.

Do vany jsou také vyvrtány díry pro šrouby tak, aby mohla být připevněna k podlaze automobilu.

### 3.7 Přichycení rampy

Dalším krokem bylo zasazení již navržené rampy do vymodelované vany.

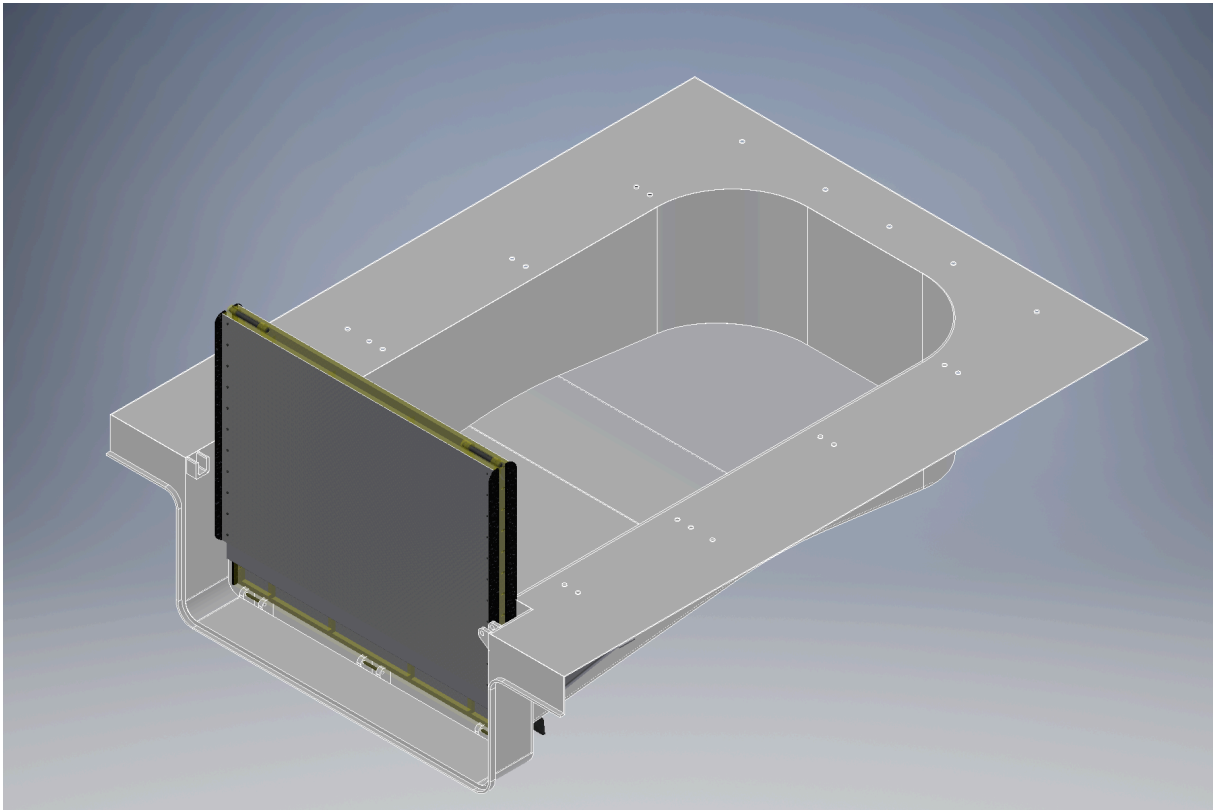


Obrázek 26 Přichycená rampa v otevřeném stavu

Rampa je uchycena třemi čepy.



Obrázek 27 Přichycená rampa - pohled na čepy



Obrázek 28 Přichycená rampa - zavřený stav

V zavřeném stavu lze vidět, jak se rampa opírá o konstrukci vany. Vana je zvýrazněná pro lepší viditelnost.

Použitými čepy jsou 3 čepy ČEP 6 x 60 A ISO 2340 – St

### 3.8 Držák zámku

Nyní bylo nutné vymodelovat držák zámku, který bude jednat zabraňovat pohybu rampy v zavřeném stavu a jednak bude udržovat dveře zavřené.

Vytvořila jsem tedy kus z polotovaru čtvercové tyče.

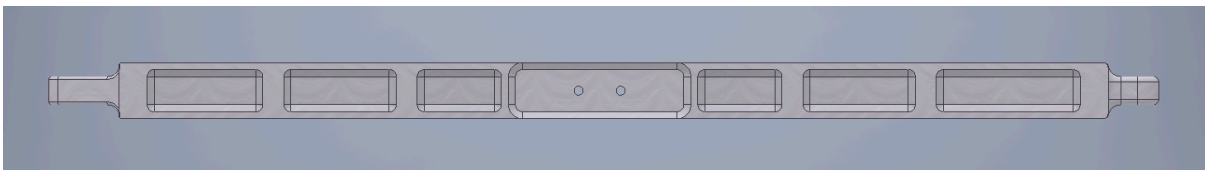
Vzhledem k tvaru bylo jasné, že držák bude obráběný.

S touto myšlenkou jsem vytvořila původní návrh, který jsem dále upravovala na základě simulací zatížení.

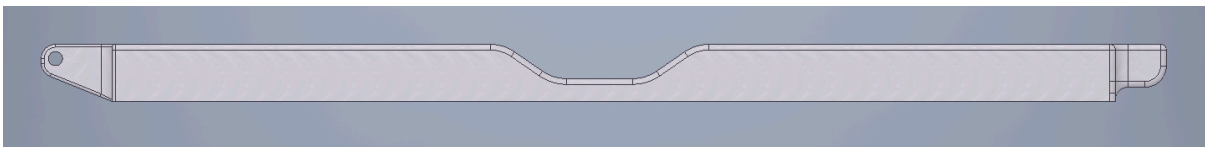
Vycházela jsem z předpokladu, že pokud musí samotný zámek unést jisté zatížení, musí držák zámku unést zatížení stejné, jinak by vlastnosti samotného zámku postrádaly smysl.

Úplně první návrh zámku byla 4 mm tlustá skořepina, ta byla ovšem značně nevhovující.

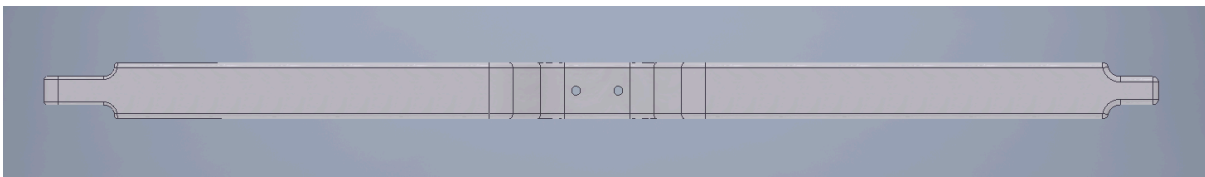
Nakonec jsem se rozhodla vytvořit vybrání tak, aby v příčném směru vzniklo vyztužení, které pomůže v tuhosti držáku zámku.



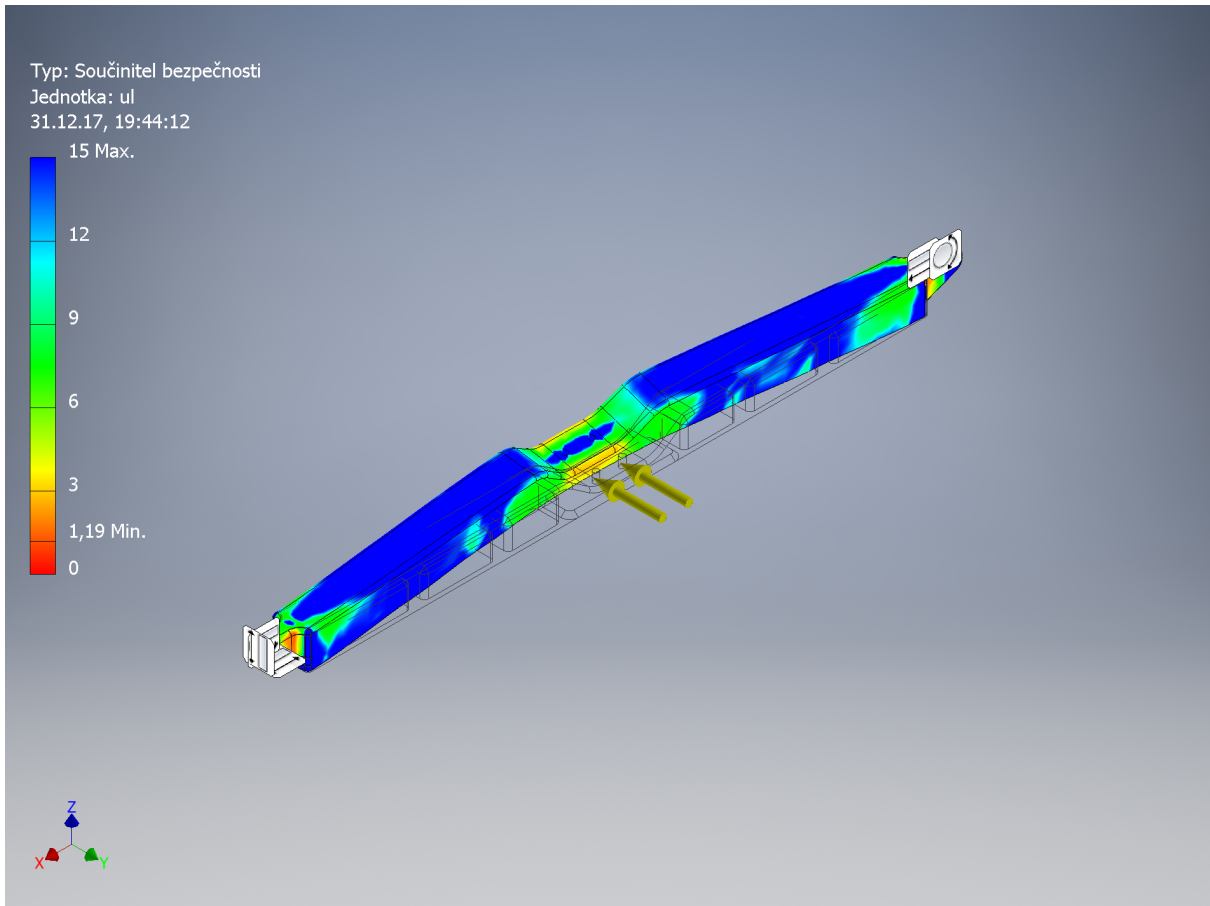
Obrázek 29 Držák zámku - pohled zespodu



Obrázek 30 Držák zámku - pohled ze předu



Obrázek 31 Držák zámku - pohled svrchu



Obrázek 32 Simulace zatížení držáku zámku

Při simulaci zatížení jsem použila celkovou sílu 11 110 N, kterou jsem působila v místě uchycení zámku.

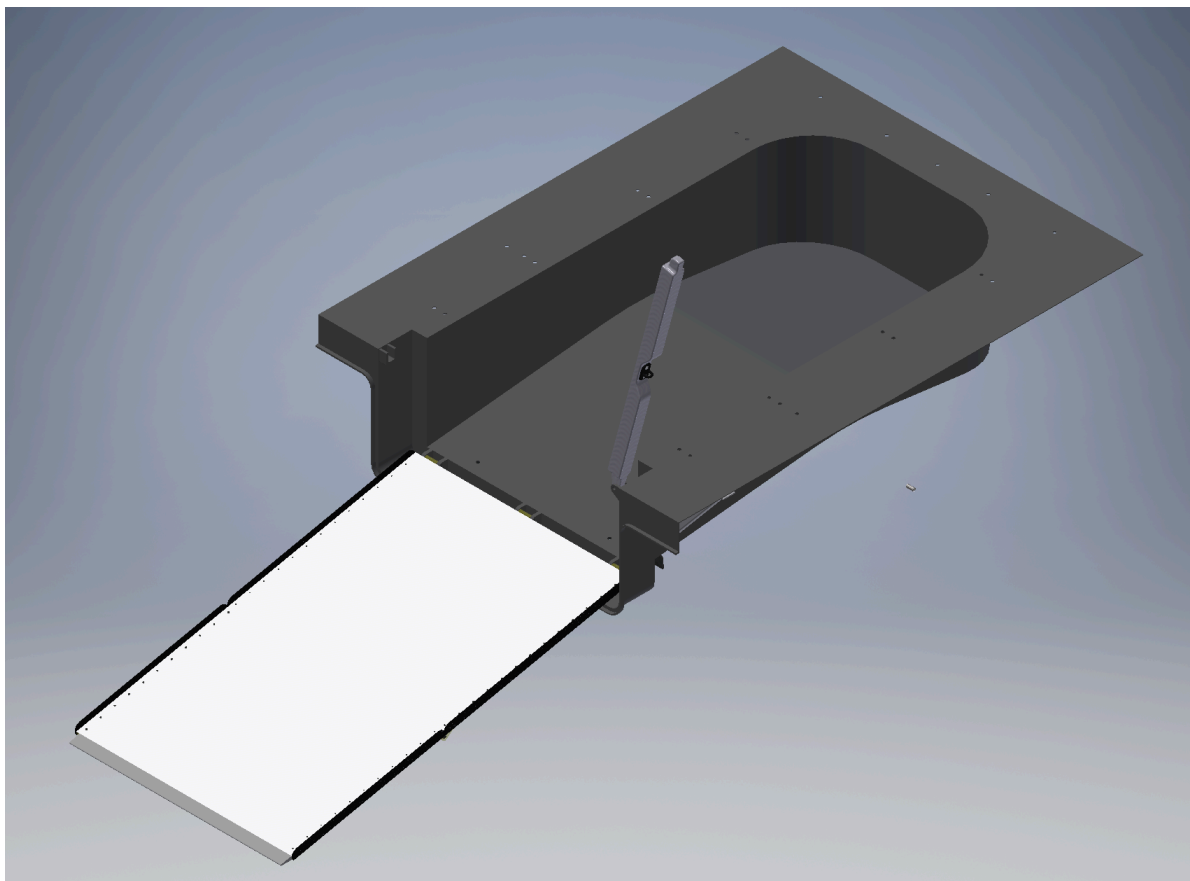
Problémem se očekávaně ukázaly být především koncová zaoblení a místa pro uchycení.

Současný návrh je dostatečný, dal by se ovšem ještě vylepšit pomocí změny tvaru uchycení.

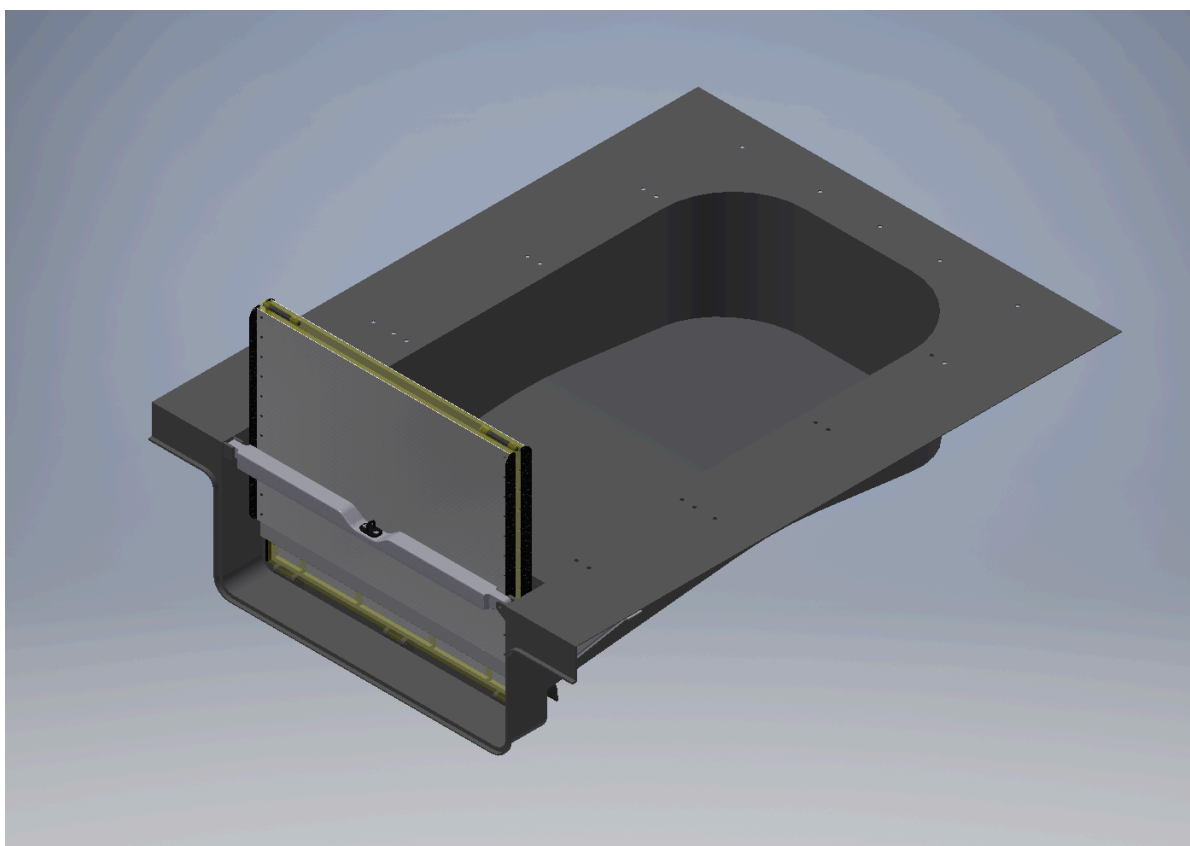
Taktéž je evidentní, že v některých místech je držák zbytečně robustní, vybrání by se tedy dala realizovat jinak, případně v některých místech ve větší míře.

Držák je k vaně přichycen čepem ČEP 10 x 60 A ISO 2340 – St





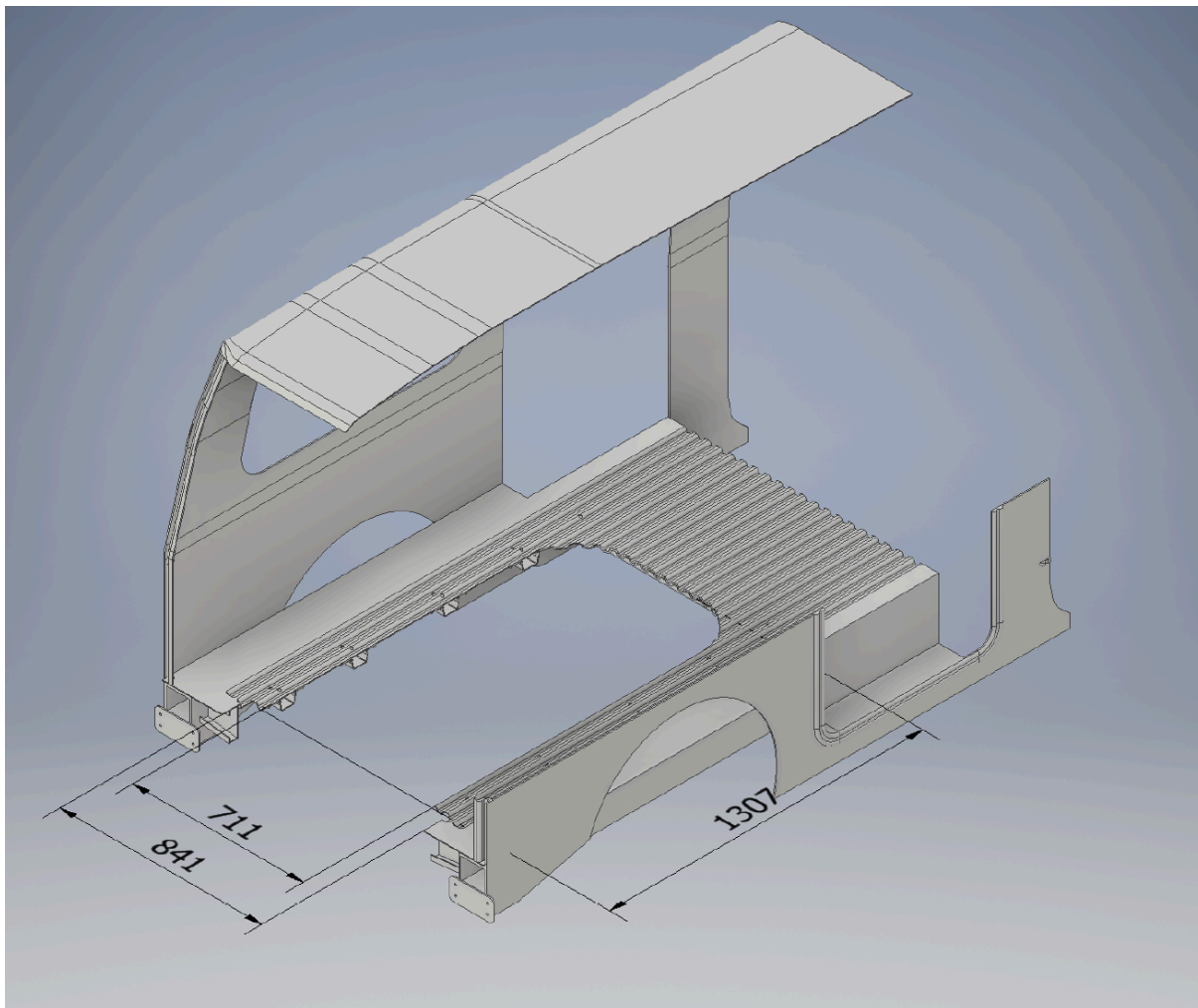
Obrázek 33 Sestava vany, rampy a držáku zámku - otevřeno



Obrázek 34 Sestava vany, rampy a držáku zámku - zavřeno

### 3.9 Zasazení do automobilu

Pro zasazení a uchycení do automobilu bylo nejdříve potřeba vyříznout v rámu díru o patřičné velikosti.



Obrázek 35 Vyříznutí díry v rámu

Při vyříznutí je třeba brát v potaz, že rám automobilu je svařovaný do jednoho kusu včetně podlahy.

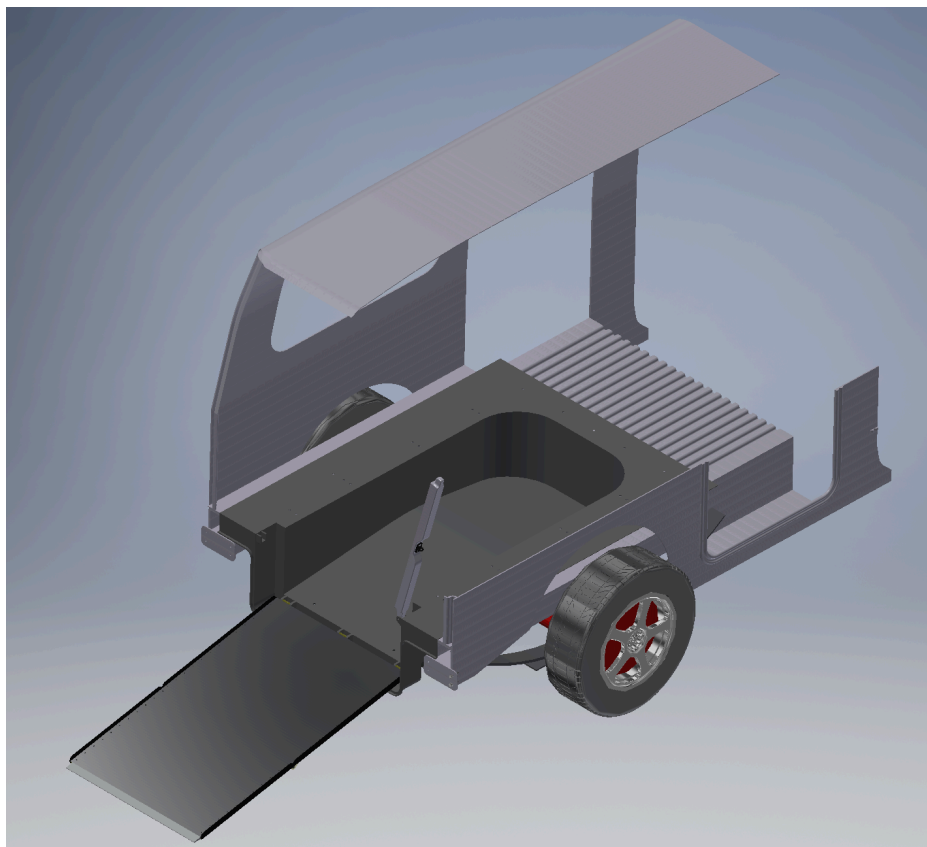
To znamená, že pokud chci připevnit vanu k rámu šrouby k příčnickům, jak je mým záměrem, tak to budu muset provést přes podlahu.

Proto jsem vytvořila model skříně automobilu jako jeden prvek, jelikož se tak při přestavbě i chová.

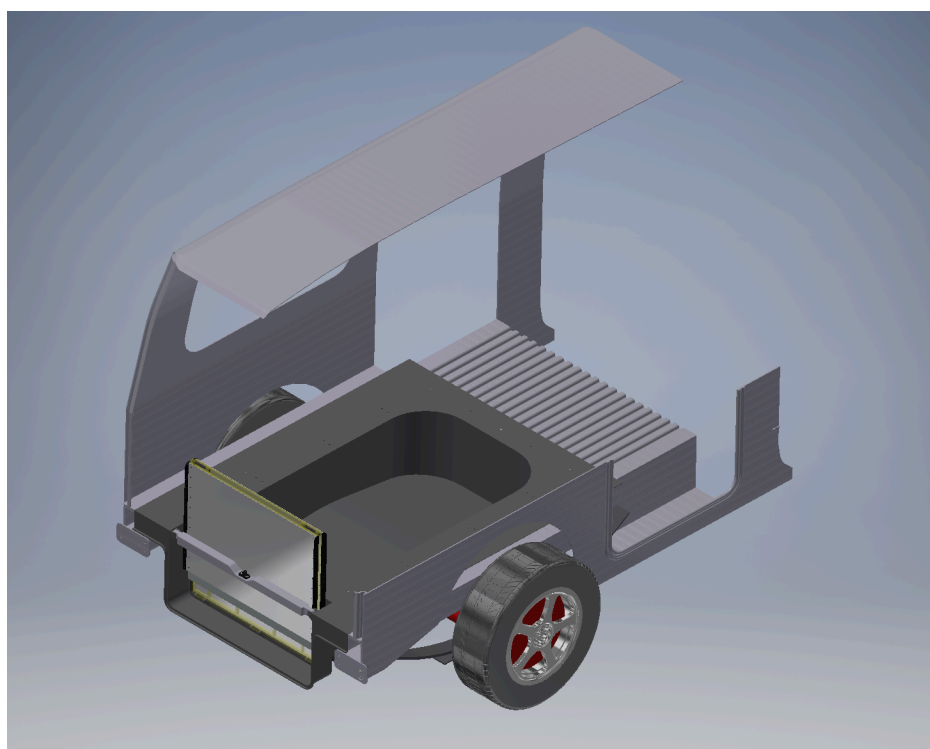
Zahrnula jsem i části nad podlahou, spíše pro účel představy, jelikož neznám jejich konkrétní podobu, ani není bez rozebrání auta dosažitelná.

Proto jsem později ve výpočtové části zahrnula pouze příčnky, podélníky a podlahu.

Vytvořila jsem vyříznutí pro lepší vizualizaci toho, co se děje uvnitř.



Obrázek 36 Vložení vany do konstrukce automobilu - otevřeno



Obrázek 37 Vložení vany do konstrukce automobilu – zavřeno

### 3.10 Vyztužení

Bylo od začátku této práce jasné, že bude třeba automobil nějakým způsobem vyztužit, jelikož přijde o obrovský nosný prvek.

Co se týče legislativní části, u přestaveb takovýchto automobilů se nová tuhost rámu nezkouší, a při konzultaci s nejmenovaným externím subjektem, který se touto problematikou zabývá je tedy čistě na výrobcu přestavby, jak se s tímto problémem „popere“ a s jakými vlastnostmi auto dodá.

Mým cílem je pokusit se zachovat alespoň podobné chování části podlahy a přerušovaných příčníků.

Největší oříšek je snaha o zachování tuhosti v příčném směru.

V prvním návrhu jsem se snažila docílit podobné tuhosti rámem z nosníků a vůbec jsem neuvažovala tuhost samotné vany.

Rám z nosníků byl velmi těžký a situace spojování nosníků na nepříliš velkých plochách svařováním nebyla ideální, jelikož v těchto malých plochách s pravými úhly vznikaly koncentrace napětí a byla v těchto místech vysoká pravděpodobnost popraskání při zatížení silou pro kotevní místa pásů.

V novém návrhu nerealizují žádný rám. Nosným prvkem je vana samotná.

Ale vzhledem k tomu, že v příčném směru má pravoúhlý tvar, je jasné, že ji bude potřeba něčím podpořit, abychom dosáhli lepších vlastností tuhosti.

Podpory jsem realizovala několika výztužemi.

První a hlavní výztuže jsou v zadní části automobilu. Jsou přivařeny na podlahu zespodu a na bok vany.

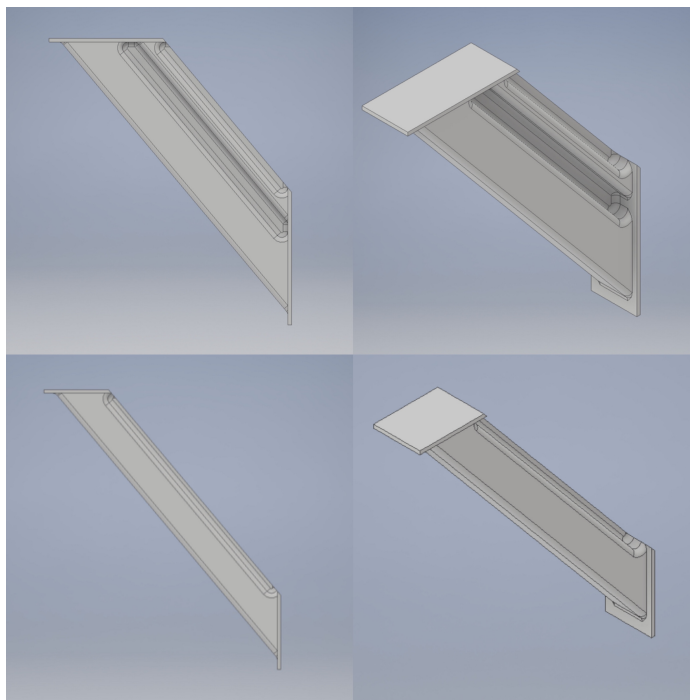
Původně jsem je chtěla udělat jako plný trojúhelník, ale posléze mi došlo, že není možné zabrat v automobilu takové množství místa.

Jsou to v tom případě pouze příčnky, které umožňují využít prostor pod nimi.

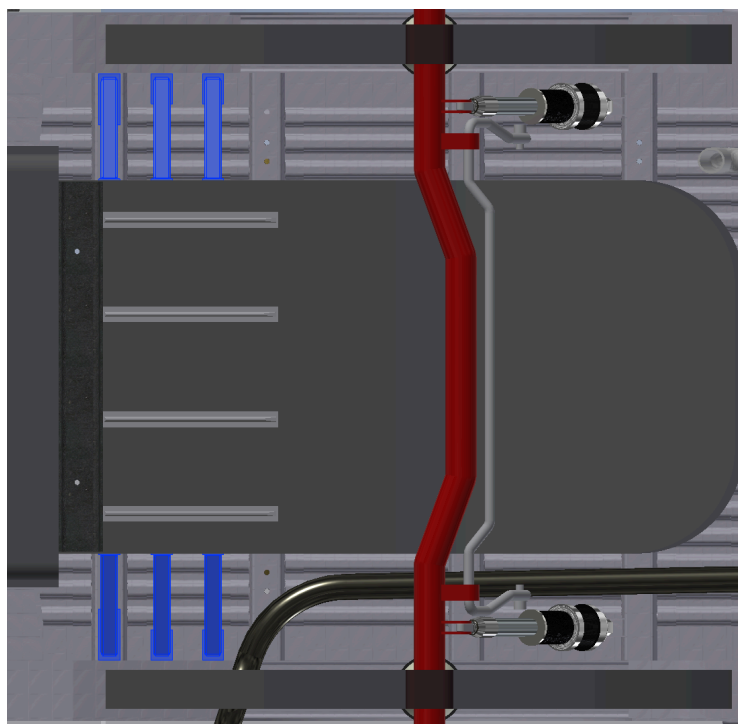
Na příčné vyztužení jsem použila dva druhy, menší a větší. Větší, mohutnější příčník jsem umístila do zadní části automobilu, menší pak směrem k přední části. To proto, že vzadu bude pravděpodobně docházet k největší deformaci a změně mechanických vlastností vozidla.

Zároveň nebylo možné umístit výztuže v oblasti nápravy, neboť se tam nacházejí tlumiče.

Na obrázku níže jdou vidět výztuže a jejich umístění ve vozidle. Výztuže jsou zvýrazněny modře.



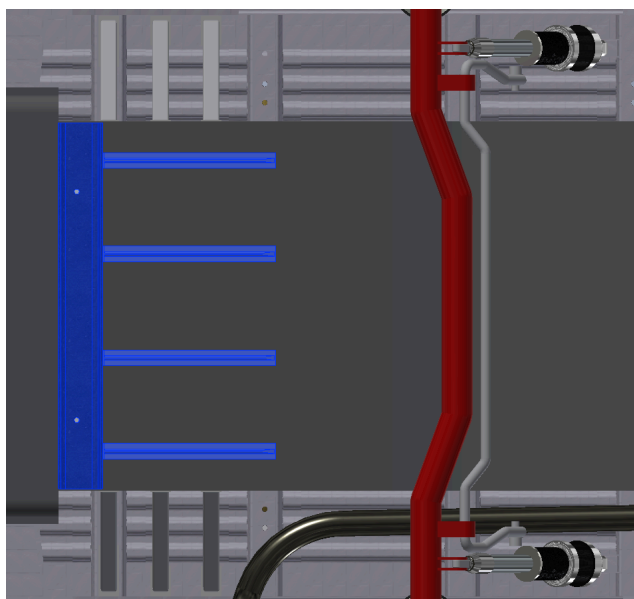
Obrázek 38 Výztuže



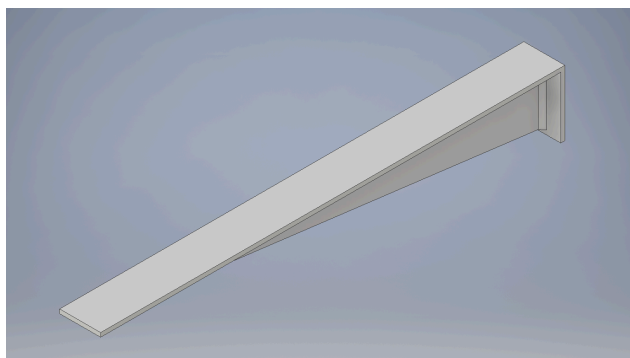
Obrázek 39 Pohled na vyztužení - příčné výztuže

Další nutností bylo zpevnění místa pro úchyty bezpečnostních pásů. Ze samého principu namáhání hrozilo, že dojde k prasklině v místě samotné díry pro úchyt pásů. Proto jsme se rozhodla umístit přímo do místa pro pásy nosník vyrobený z ohýbaného plechu. Tvarově by měl zabránit prohnutí vany v tomto místě a zároveň rozloží vzniklé zatížení na větší plochu.

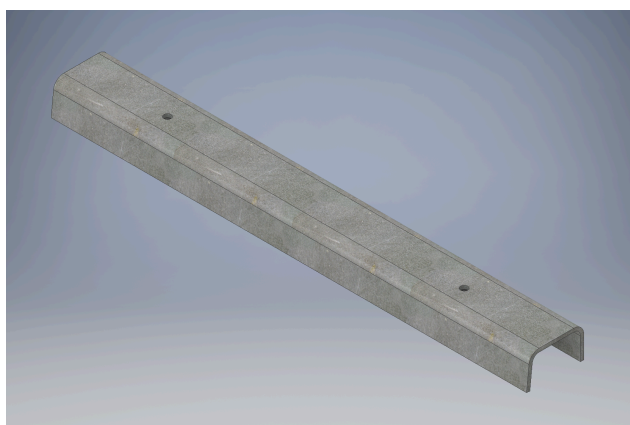
Co se ovšem týče podélného směru, bála jsem se, aby nedošlo k vylomení tohoto nosníku, proto jsem jej podepřela malými výztužemi, které tak nahradí žebrování.



Obrázek 40 Podélné výztuže



Obrázek 41 Podélná výztuž



Obrázek 42 Nosník pro vyztužení kotevních úchytů bezpečnostních pásů

### 3.11 Chování

Po vyztužení vany jsem se rozhodla zjistit, jak se bude daná nová sestava chovat, zatížíme-li ji silami.

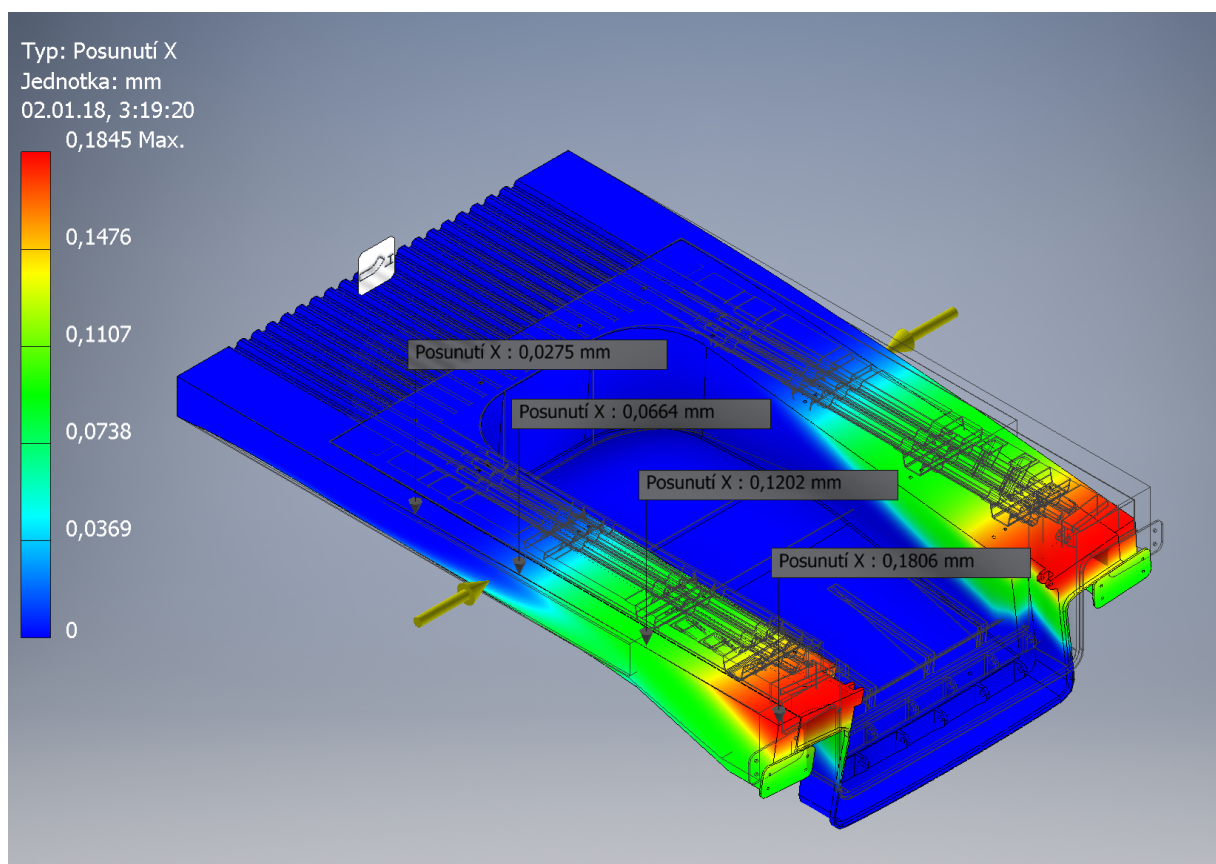
Pro simulaci těchto zatížení jsem zvolila síly 10 kN. Uvažuji, že se pohybují v mezích platnosti Hookova zákona, tedy že deformace se bude chovat lineárně. Proto mi 10 kN přišlo jako vhodná hodnota, jelikož to byla hodnota, která nám dávala relevantnější výsledky, a také je tato hodnota snadno přenásobitelná pro případnou představu jiného zatížení.

Zatěžovala jsem původní sestavu příčnicí s podélníky a podlahou, vynechala jsem střechu a stěny, jelikož jejich vymodelování bylo pouze pro představu a neznám jejich skutečný ani přibližný tvar, tedy by jejich hodnota byla naprosto nevyhovující.

Zatěžovala jsem stejným způsobem i sestavu s vanou a výztužemi.

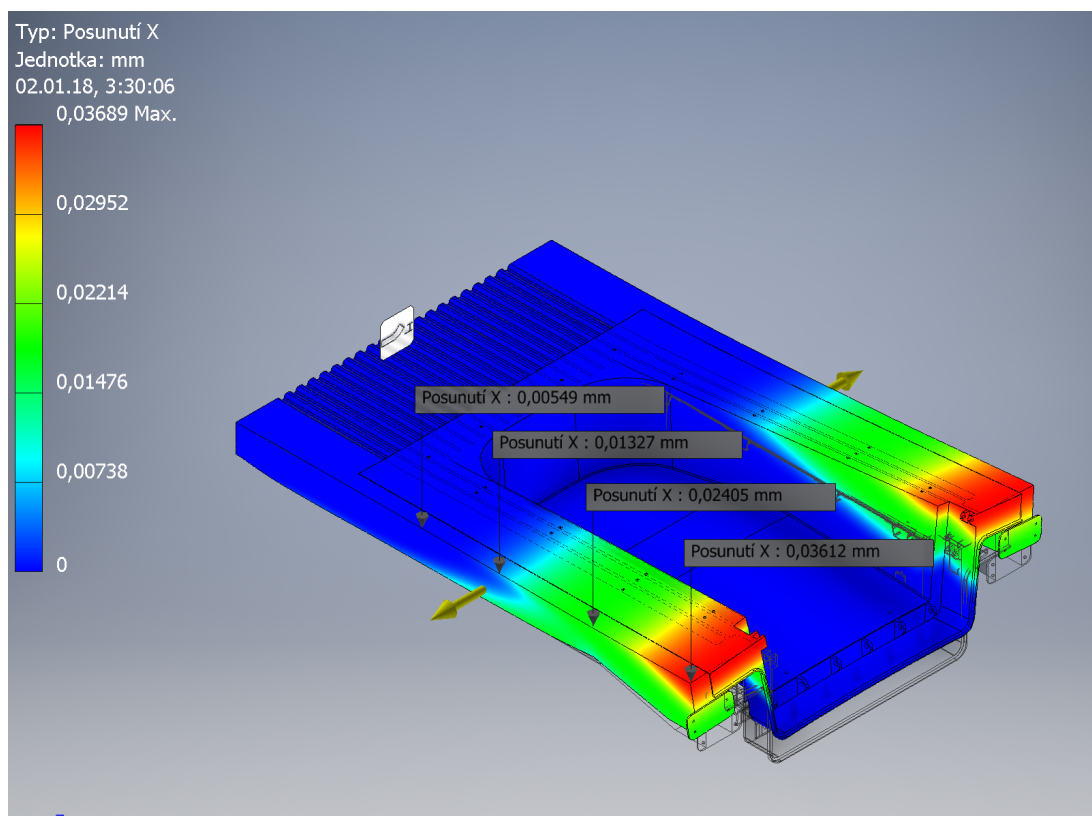
Zatížení jsem prováděla následujícími způsoby:

Zatížení ve směru X, směřující dovnitř konstrukce



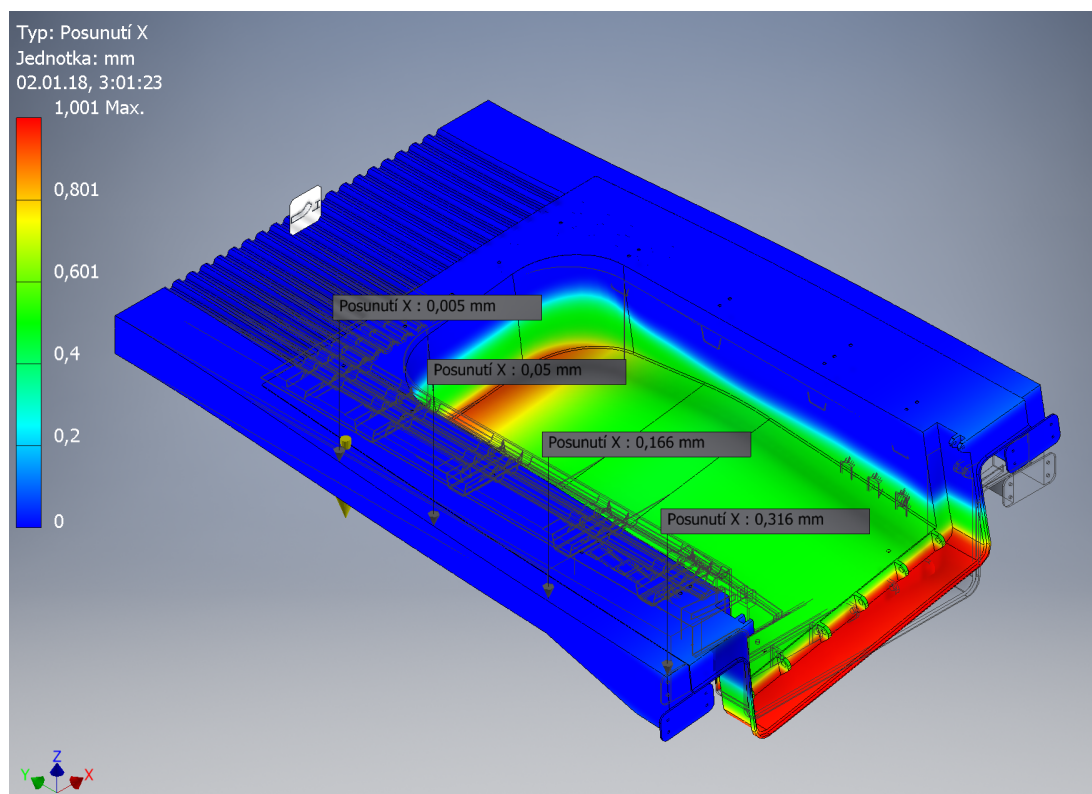
Obrázek 43 Zobrazení zatížení ve směru X - dovnitř

## Zatížení ve směru X směřující ven z konstrukce



Obrázek 44 Zobrazení zatížení ve směru X - ven

A zatížení ve směru Z, směřující do kříže, tedy na jedné straně směrem vzhůru, po kladné ose Z, na straně druhé směrem dolů, po záporné ose Z.



Obrázek 45 Zatížení do kříže



Jak je vidět na obrázcích, umístila jsem do 4 bodů sondy tak, abych byla schopna určit posunutí ve směru x, y a z při každém ze zatížení, hodnoty jsem následně zapsala do tabulky.

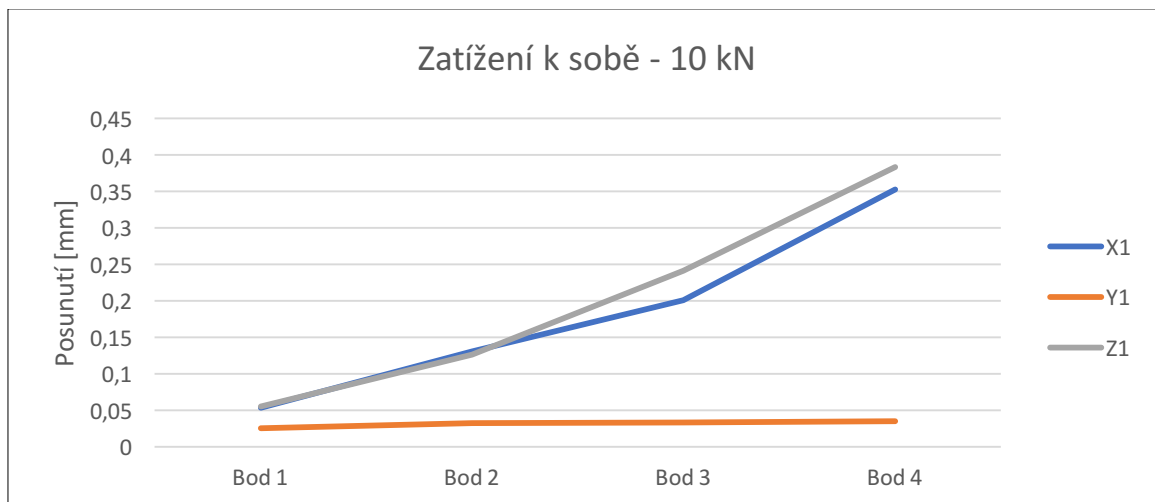
Samotné hodnoty posunutí v porovnání a vynesení do grafů neměly nějakou směrodatnou hodnotu, a proto jsem se rozhodla, že bude lepší, když vynesu do grafů rozdíl těchto hodnot, aby mohlo dojít k porovnání chování jednotlivých sestav v nějakém relevantním měřítku.

Před zhodnocením posunů je taky třeba chápat následky těchto posunů.

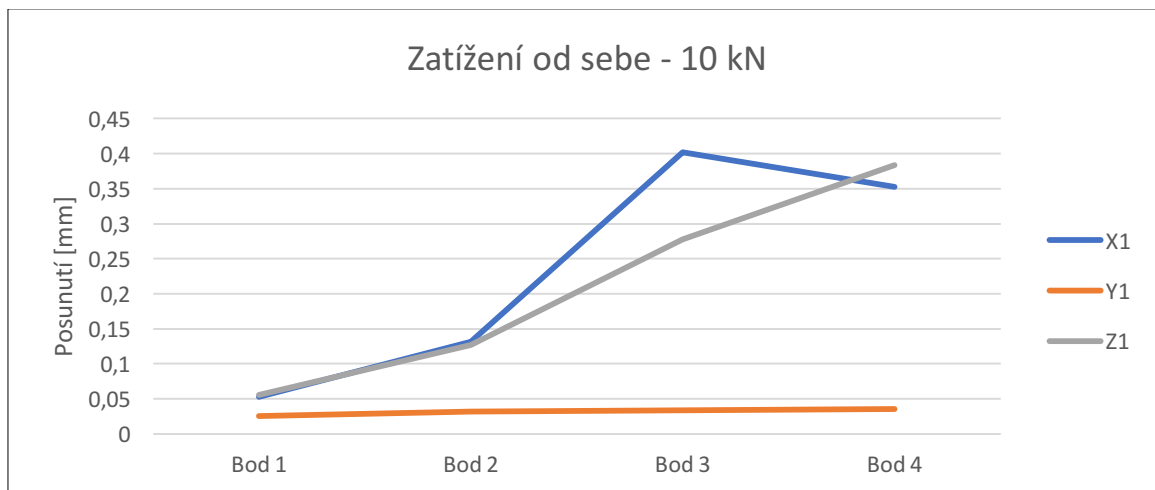
Pokud dojde ke zúžení, tedy k přiblížení podélníků k sobě, může to reálně znamenat, že dojde k natočení nápravy. Tím pádem by došlo k é změně směrových vlastností.

Rozchod kol v zadu je 1 531 mm. Je tedy důležité zjistit, o jaké natočení by se jednalo.

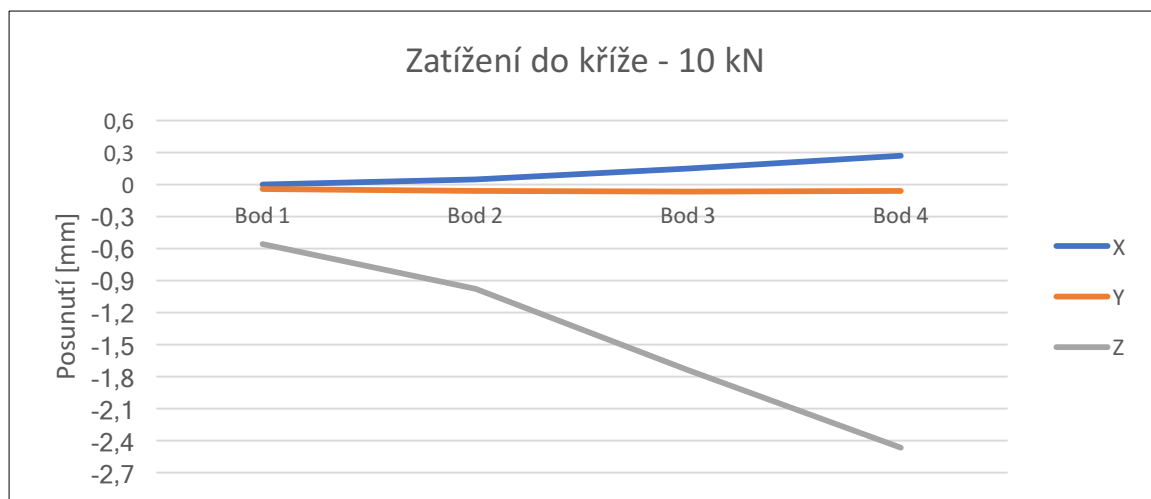
Graf 5 Rozdíl posunutí na jednotlivých osách při zatížení směrem dovnitř



Graf 6 Rozdíl posunutí na jednotlivých osách při zatížení směrem ven



Graf 7 Rozdíl posunutí na jednotlivých osách při zatížení směrem do kříže



Z grafů vidíme, že při zatěžování v ose x je rozdíl hodnot řádově v desetinách milimetrů.

Z hlediska chování nápravy nás zajímá nejvíce bod 3 a 2, které se nacházejí mezi koly.

Vezmeme tedy hodnotu zatížení směrem k sobě, a učíme, jak se změní hodnota natočení nápravy.

$$\cos a = \frac{\text{rozchod} - 2 * \text{rozdíl}}{\text{rozchod}} \quad (3.11)$$

$$\cos a = \frac{1531 - 2 * 0,2}{1531} \quad (3.12)$$

$$a = 24'51'' \quad (3.13)$$

Rozdíl v natočení nápravy by byl necelých 25', což je vzhledem k možným nerovnostem vozovky naprosto zanedbatelná hodnota.

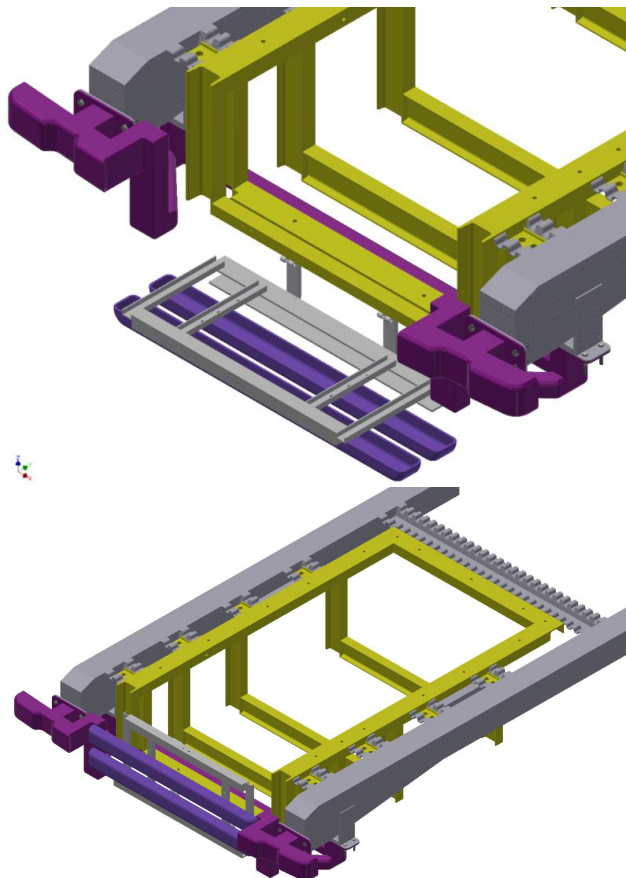
Při zatížení do kříže jsou rozdíly v hodnotách x a y zanedbatelné a zajímavou se stává hodnota z, kdy nová sestava je patrně při tomto zatížení tužší než původní, tady nebude docházet k takovým rozdílům v nakroucení karoserie tímto směrem.

### 3.12 Nárazník

Přerušení zadního nárazníku tím, že z něj vyřízneme prostředek není pro bezpečnost vozidla a osob v něm jistě ideální.

Jenže vzhledem k prostorové dispozici návrhu bylo velmi složité vymyslet nějaké jiné řešení, které by bylo možné vsadit do dispozice, a stejně takovéto řešení nepomáhalo v situaci, kdy dojde k nárazu do prostřední části vyříznutého nárazníku.

V první fázi jsem se snažila vytvořit jaksi jednoduší kus, který by podbíhal vanu, a tím pádem byl v jednom kuse. Zároveň měl po stranách doteková místa pro malé nárazníky dvířek.



Obrázek 46 Původní rám a nárazník

Na obrázcích můžeme vidět původní návrh rámu jako žlutý, návrh nárazníku jako růžový a návrh malých nárazníků na dvířkách jako fialový.

Tento návrh byl robustní, neohrabaný a především velmi těžký.

Zabíral také ten nejdůležitější prostor, a to prostor pod vanou, kde už tak hraničím se světlou výškou automobilu.

Toto řešení se tedy ukázalo jako nereálné.

Otázkou zůstalo jak se tato problematika řeší.

Z rešerše již provedených přestaveb a z legislativy vyplývá, že tato problematika jako taková se neřeší. Autům tohoto typu přestavby je udělena výjimka, tedy na tato auta nevztahují podmínky pro ochranu proti podjetí zezadu.

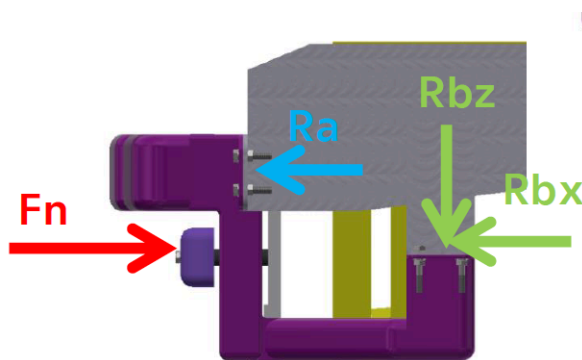
Z fotografií i z prohlídky řešení bylo patrné, že nárazník je prostě přeříznut, a především, prostřední část se neopírá o jinou část než vanu.

Vydala jsem se tedy na konzultaci do externího subjektu, který se zabývá danou problematikou a viděl již mnoho takovýchto přestaveb. Na můj dotaz jak se tato problematika řeší a kam by se dalo toto prostorově umístit mi s překvapením sdělil, že jiné řešení než přerušení nárazníku ještě neviděl, že ani není prostorově možné, aby se tam takové řešení umístilo.

To mě postavilo před nelehkou otázku. Vybrat řešení, ač neohrabané, které by nějakým způsobem mohlo pomoci ochránit auto před větším poškozením, a nebo vybrat možnost, kdy po vzoru ostatních odborníků nebudu tuto otázku řešit?

Rozhodování to nebylo lehké, i z toho důvodu, že je jedním z hlavních předmětů této práce a tedy se očekává jeho vypracování. Jak ale vypracovat něco, co nebylo zvládnuto lidmi, kteří mají letité zkušenosti v oboru a tímto se zabývají na plný úvazek?

Jaké by bylo chování daného nárazníku v kuse při nárazu?



Obrázek 47 Zatížení původního nárazníku při přímém nárazu zezadu

Tady je obrázek původního návrhu. Ačkoliv je špatně řešeno uchycení v místech reakce  $R_{bx}$ , i tak si dovedeme jasně představit, co se stane po nárazu.

Na nárazníku vznikne moment a v oblasti  $R_{bx}$  se nárazník přiblíží k podélníku a konstrukci automobilu. I kdyby byla síla  $R_{bx}$  zachycena správně, vždy musí dojít k určité deformaci deformačního členu, což je celým principem nárazníku, vždy se nárazník pohne, a vždy bude mít v cestě vanu. To znamená, že místo toho, aby se uskutečnil náraz do vany zezadu, uskuteční se zespoda, přímo před místo, kde jsou uchyceny bezpečnostní pásy. Což není růžová vyhlídka.

Zato mi ovšem usnadnila rozhodování.

Lepší než těžké, neohrabané a nefunkční řešení je rozhodně žádné, alespoň váhově snazší řešení. Podpořené zkušenostmi a praxí.

Volím si tedy druhou variantu, kdy dojde k přerušení nárazníku bez dalšího přenášení síly jinam, bez spojení nárazníku a bez opření dvírek o nárazník. Žádná dvířka také v novém návrhu nejsou.

Stále je tu ale otázka, jak vyřešit dotek v prostřední části nárazníku.

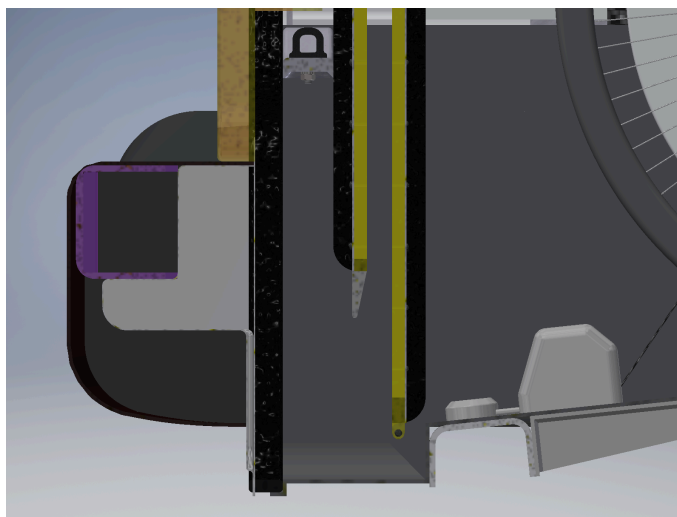
To, že po stranách zůstanou uříznuté kusy, stále připevněné na své deformační členy, a že nedojde k jejich spojení neřeší, co se stane při lehkém nárazu zezadu, například při parkování nebo lehkém tukuť v koloně. Bylo by totiž nadmíru mrzuté, kdyby došlo k poškození konstrukce i při tak malých a řekněme běžných nárazech.

Víme, že vanu budeme těsnit plechem připevněných na páté dveře.

Z rešerše víme, že na prodloužení pátých dveří se určitě nachází prvek minimálně vizuálně vypadající jako nárazník.

Jak ale zabezpečit, že se při lehkém nárazu nepřenese síla přímo do konstrukce automobilu?

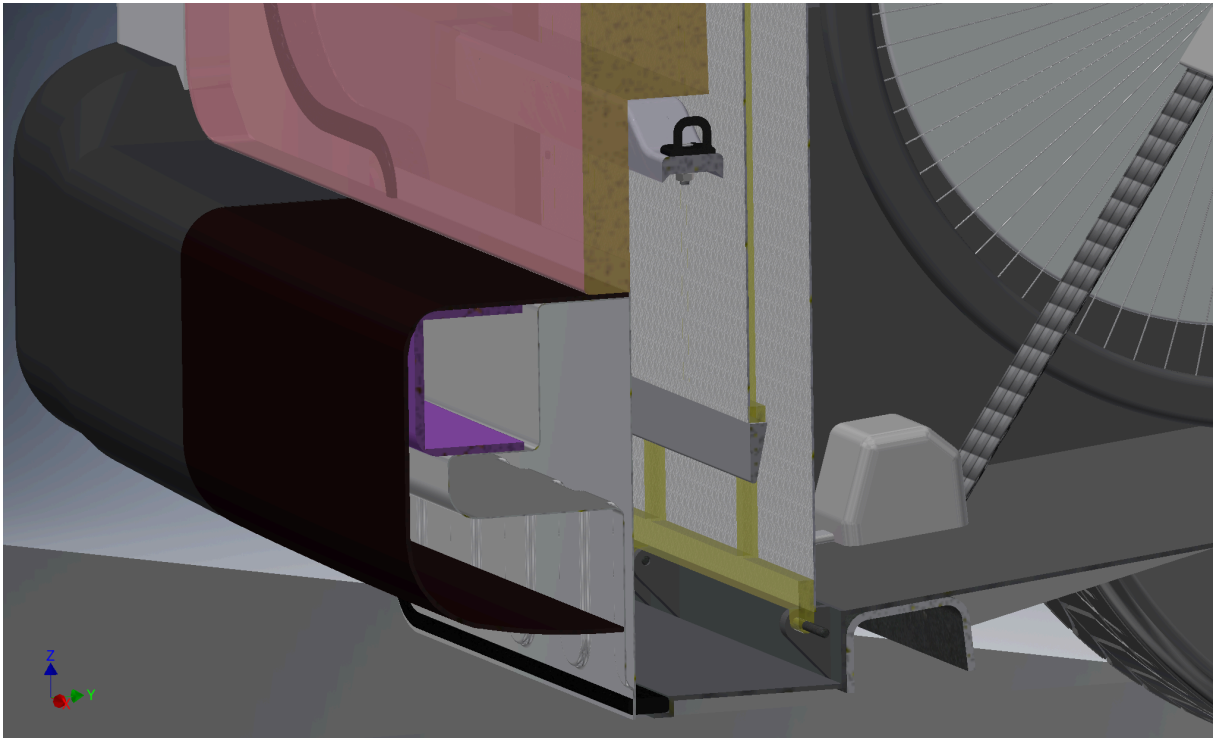
V principu jde o to, umístit mezi vanu a nárazník prvek, který se bude deformovat dříve než vana, tedy prvek s menší tuhostí.



Obrázek 48 Vyztužení nárazníku pátých dveří

Tady je vidět řešení tohoto problému. Vytvořila jsem jakousi „kapsu na nárazník“.

V tomto pohledu to vypadá, že je držák nárazníku plný, proto přidávám ještě šikmý pohled, kde je jasně vidět, že prvek je dutý.



Obrázek 49 Vyztužení nárazníku pátých dveří - pohled ze strany

Ted' je jasně zřetelné, že má nárazník prostor pro pohyb při menších nárazech. Dutina se dá ještě vyplnit jiným materiálem s nižší tuhostí než má vana, a tedy by se daly upravit vlastnosti prvku při nárazu.

Jelikož mě toto řešení napadlo až v samém závěru navrhování, nebyl již prostor pohrát si s mechanickými vlastnostmi tohoto prvku tak, aby měl ideální vlastnosti pro svůj účel.

Zásadní ale je, že jako prvek jako takový bude funkční a že je zajištěna bezpečnost pasažérů v alespoň částečné míře.

### 3.13 Těsnění

Jak již bylo zmíněno, v předchozí verzi návrh jsem těsnění řešila spodními příklopnými dvířky.

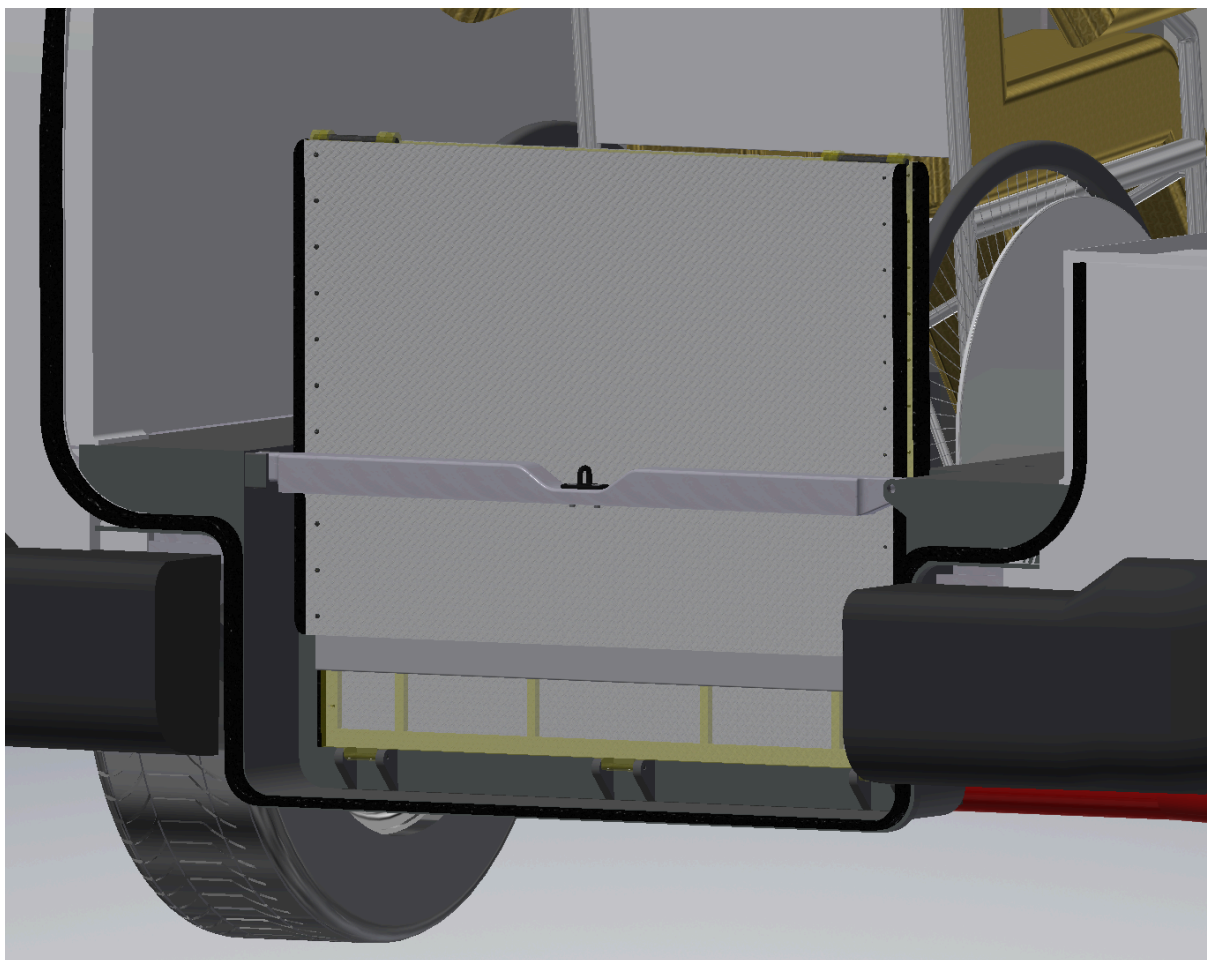
V tomto návrhu jsem se rozhodla vytvořit těsnění v jedné rovině s těsněním v automobilu a přidat prodloužení dveří tak, aby toto prodloužení dosedlo na danou plochu.

Prodloužení dveří sestává z plechu, který dosedá na těsnění a zároveň je připevněn ke dveřím, plechu, který slouží jako podpora nárazníku a zároveň jako výztuha proti prohnutí dosedacího plechu, výztuhou nárazníku a nárazníkem.

Tím, že bude na dveře připevněn jednodolný plech nemůže dojít k případnému průniku spárami v konstrukci a podobně.

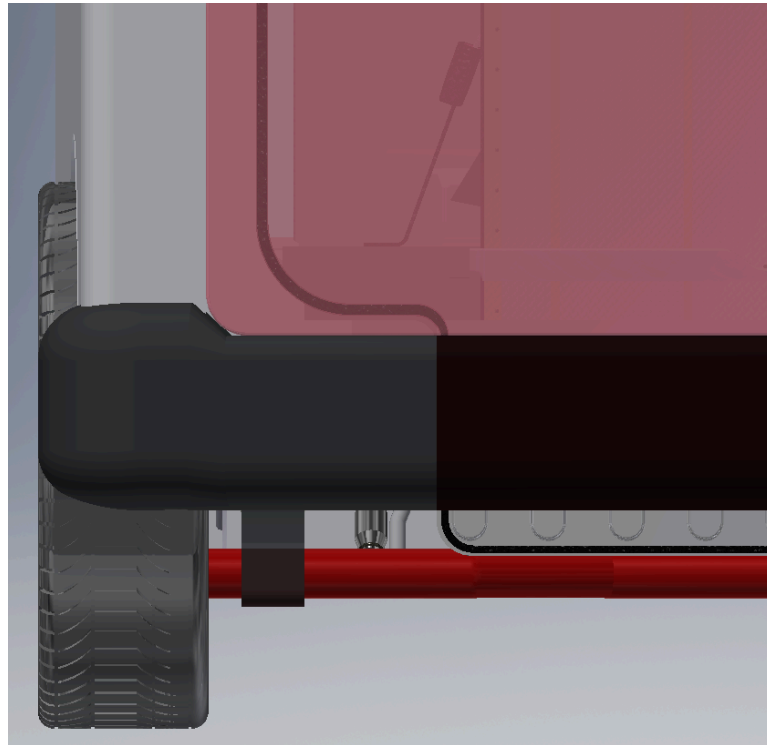
Sestavení těsnící soustavy můžeme vidět níže na obrázku.

Ačkoliv se může zdát, že těsnění přechuhuje přes těsnící plech, je to způsobeno tím, že v modelu používám těsnění se statickou tloušťkou, ačkoliv ve skutečnosti se těsnění stlačí. Prakticky tak na obrázku poznáme, že dochází k těsnění na správném místě v případě, že těsnění přechuhuje.

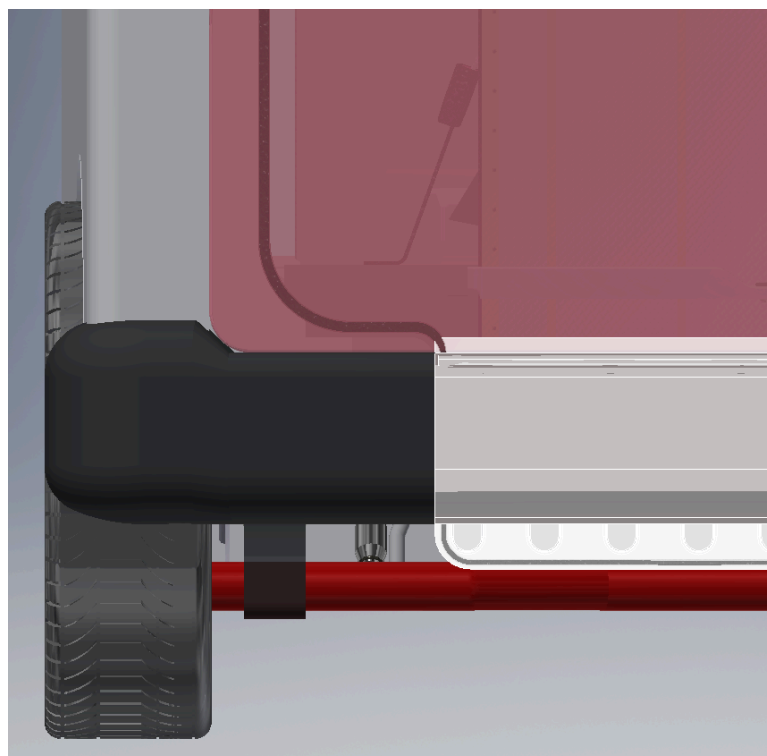


Obrázek 50 Vana s těsněním





Obrázek 51 Pohled na zavřené dveře



Obrázek 52 Pohled na zavřené dveře se zvýrazněním prodloužení dveří

Jak je na obrzácích vidět, plech doléhá na těsnění v celé jeho délce i b oblasti dveří.

Tloušťka těsnícího plechu je 1 mm, není tedy třeba se bát netěsností v oblasti kde se setkává plech s dveřma.

### 3.14 Výfuk

Výfuk se stal nakonec jediným prvkem původních agregátů, který je potřeba upravit.

Z legislativních podmínek víme, že výfuk není třeba znovu zkoušet, pokud bude zachován podobný protitlak.

Toho chci dosáhnout použitím stejného tlumiče výfuku. Tedy zkrátit délku potrubí, a tlumič umístit na místo vedle/za palivovou nádrž.

Tvar konce tlumiče je pro tuto změnu příznivý, neboť směřuje dolů již sám od sebe.

Zkrácení výfuku jako řešení bývá v praxi aplikováno u těchto přestaveb často, tedy nevidím s tímto použitím problém.

Tepelná izolace výfuku se v oblasti již nachází, není tedy třeba řešit změnu jejího uchycení a k uchycení samotného výfuku k podlaze auta poslouží příčník, ke kterému je chycena nádrž a ve výsledku i vana.

### 3.15 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy jsou prvkem, který považujete za tak samozřejmý, že běžně nemáme potřebu jej nějak více sledovat či zkoumat. Prostě tam jsou a máte pocit, že tam byly snad vždy a že jsou automatickou součástí každodenního fungování.

Problém nastává, když najednou máme tuto problematiku vyřešit.

Dříve mě nikdy nenapadlo tuto problematiku nějak sledovat, i v případě, že jsem se s převozem osoby na vozíčku v autě již dříve setkala.

Dlouho jsem nevěděla, jak tuto problematiku uchopit, a neustále jsem se snažila aplikovat pásy z obyčejných automobilů na invalidní vozíček. Také jsem se snažila vymyslet systém uchycení a snažila se nalézt různé náhražky.

Samozřejmě jsem s touto snahou nikam nedošla.

Pak mě ovšem napadlo, že je naprostá hloupost, aby každý výrobce přestaveb aut pro vozíčkáře vytvářel svůj vlastní systém, zvláště pokud nejde o vyloženě sériovou výrobu. To tedy znamená, že existuje výrobce, který tyto pásy dodává.

Zjistila jsem tedy, jaké pásy využívají přestavby vyráběné a provozované v České Republice, protože to také znamená, že prošly schvalovacím procesem a tedy není problém je použít i u nás.

S tímto nápadem jsem uspěla a zjistila jsem, že se hojně využívají systému kanadské značky Q'STRAIT [33]

Velkou výhodou této značky je, že se na poli výroby bezpečnostních pásů pro vozíčky a jejich uživatele pohybuje již více než 30 let a za tu dobu zvládla expandovat například do Evropy a Austrálie.

Což znamená, že v případě, že dodává zboží do Evropy také musí splňovat evropské standardy.

Zapátrala jsem tedy po vhodném produktu, a našla jsem produkt QRT-550 pro vozíčky do hmotnosti 200 kg. Tento systém byl testován a splňuje mimo jiné ISO-10542, což je jednou z legislativních podmínek pro použití těchto pásů ve vozidle.

Tyto pásy jsou 4-bodovým systémem uchycení vozíčku.

Daná firma nabízí také systém pro uchycení pasažéra usazeného na vozíčku, tedy celý balíček komplet.

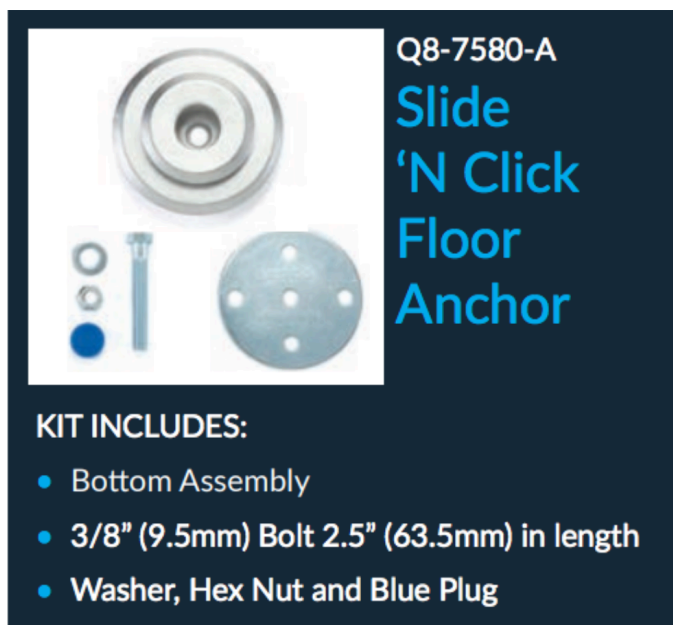
V momentě, kdy jsem objevila tento celý „balíček“ bezpečnostních pásů, zbylo tedy pouze vymyslet, jak je uchytit v automobilu.

Uchycení předních pásů není prostorově tak složité a zároveň nevyžaduje nějaké speciální nároky, neboť tyto pásy mohou být zabudované v podlaze po celou dobu a není nutné s nimi nijak manipulovat.

Naopak zadní pásy je kvůli přejetí vozíčkáře třeba řešit jinak, než připevněním „napevno“.

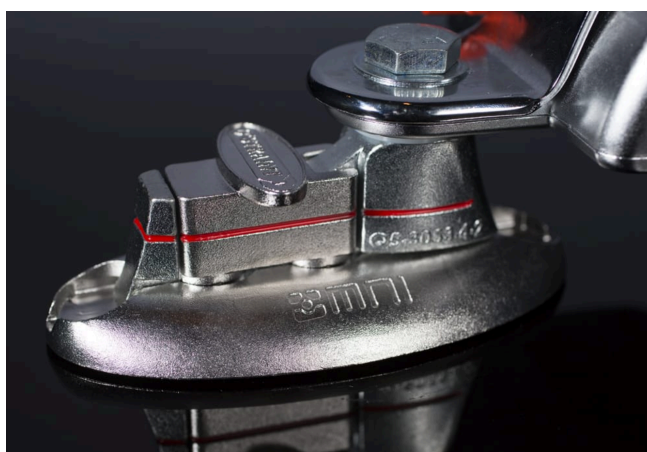
I pro toto má firma Q'STRAIT ovšem řešení. Jejich úchytný systém Slide'n'click je systém uchycení psů k podlaze tak, aby se daly jednoduše nacvaknout a tím pádem je umožněno volné projetí vozíčkáře.

Systémy Slide'n'click jsou dodávány spolu se šrouby a maticemi i podložkou, která splňují podmínky pro uchycení pásů.



Obrázek 53 Kotva pro bezpečnostní pásy Slide'n'click [33]

Co se týče uchycení statických částí, použiji L-Pocket systém, taktéž dodávaný s materiálem pro uchycení a sloužící k fixnímu přichycení pásů.



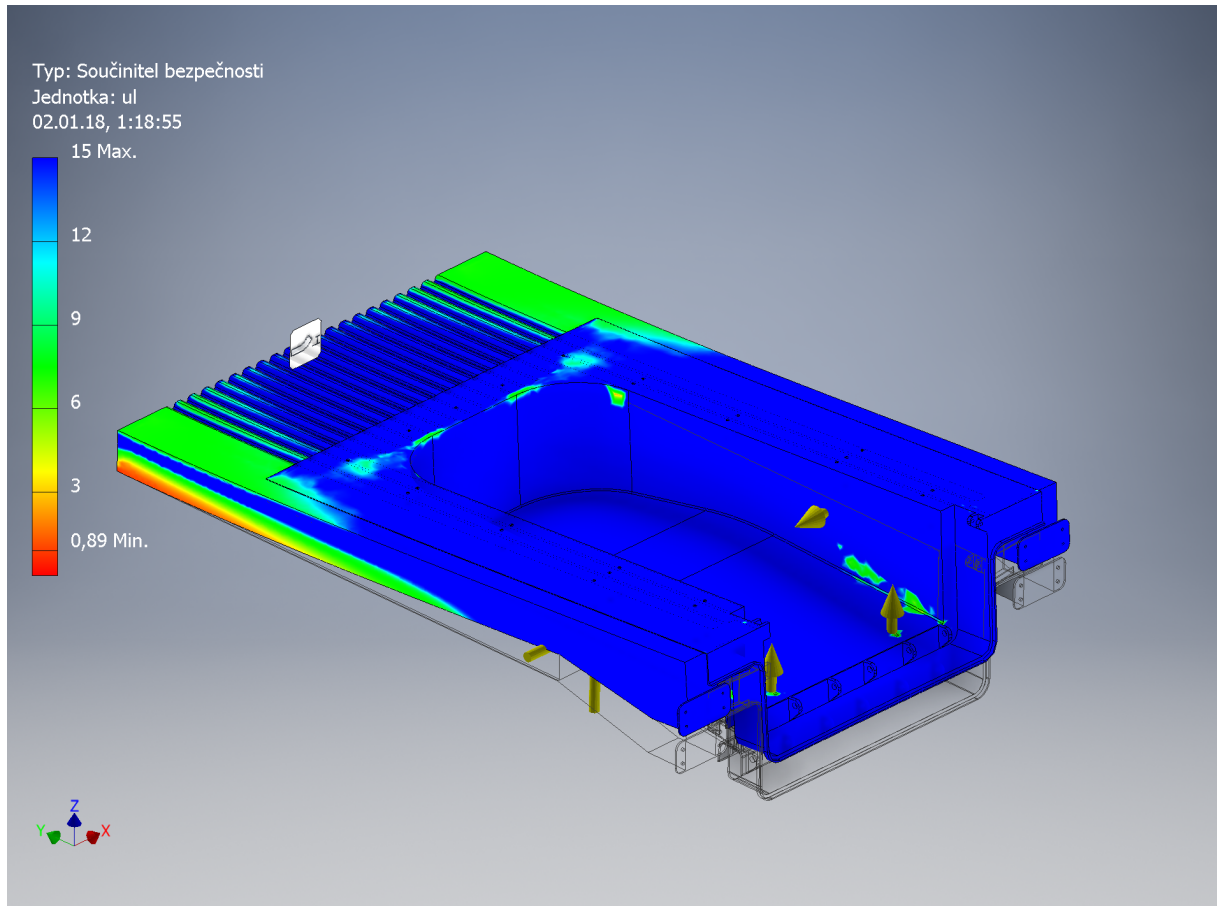
Obrázek 54 Q'STRAIT L-Pocket anchorage system - kotva pro uchycení bezpečnostních pásů [33]

Systém uchycení tedy znám a je třeba vymyslet prostor v samotném automobilu.

Prostor pro zadní pásy vozíčku jsem již vyřešila danou výztuží ve vaně.

Pro uchycení předních pásů využiji příčnick, ke kterému je uchycená samotná vana.

Pro bezpečnostní pásy pasažéra využiji taktéž příčnick, ke kterému je přichycena vana, v místě, kam jsou normálně uchyceny zadní sedačky. To znamená, že samotné příčnicky jsou dimenzovány na to, aby vydržely případný náraz.



Konstrukci jsem zatížila silami, které se rovnají zatížení 13 500 N od pásů, dáno dle normy pro kotevní místa pásů a 40 000 N pro uchycení vozíčku, simulovala jsem tak čelní náraz.

Sledovala jsem součinitel bezpečnosti sestavy.

Trochu očekávaně se nejnižší hodnota součinitele bezpečnosti nachází v místě, ve kterém jsem vetkla podélníky a podlahu.

Jak ale vím, tak toto vetknutí je pouze teoretické a ve skutečnosti k němu nedojde, nedojde tedy ani k takovému ohnutí zadní části automobilu.

Co je ovšem zásadní je, že konstrukce vany toto zatížení bez větších obtíží unesla a nenachází se na ní ani na výztužích místa s nepříjemnou hodnotou bezpečnosti, tedy hodnotou nižší než 1.

To znamená, že kotevní místa pro bezpečnostní pásy jsou uspokojivá a mohou tedy být pro kotvení pásů použita.

Vozíček a pasažér jsou v automobilu připoutáni a naskytá se otázka, jak vyřešit opěrku hlavy. Opěrka hlavy je prvek nezbytný pro bezpečnost osoby v automobilu, jelikož zabraňuje jevu zvaný whiplash, kdy dojde při nárazu nebo prudkém zabrzdění k rychlému zaklonění hlavy, které může způsobit vážné poškození krční páteře.

Do automobilu by se dala namontovat otočná opěrka pro hlavu. Toto řešení by vyžadovalo znalost konstrukce části střechy a bočních stěn. Tuto znalost nemám a bez rozebrání auta není ani dostupná.

Dalším důležitým poznatkem je, že ani drtivá většina přestaveb se touto problematikou nezabývá. To znamená, že řešení musí existovat někde jinde.

Tento problém se řeší speciálními opěrkami hlavy, které se připnou přímo na vozíček.

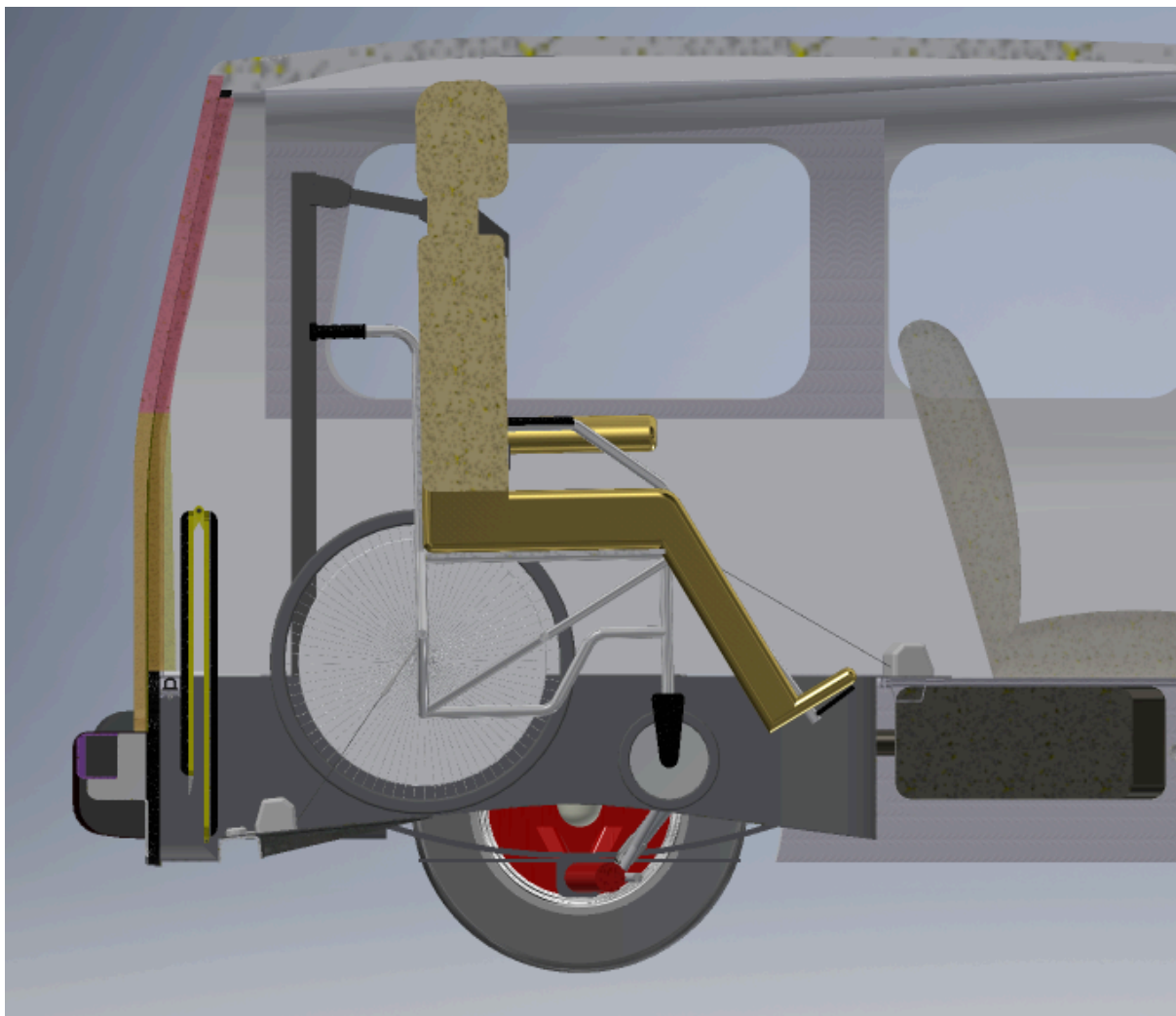
Jednou z nich je Wheelchair Superhead Headrest od britské společnosti RHealthcare [34]



Obrázek 55 Superhead Headrest for wheelchairs od společnosti RHealthcare a její uplnění na vozíček [34]

Společnost na svých stránkách deklaruje, že opěrka hlavy je testována při crashtestech.

Pojďme se tedy podívat, jak vypadá usazený vozíčkář s připoutáním vozíčku a pasažéra. Na následujícím obrázku je zřetelný pohled z boku.



Obrázek 56 Pohled na připoutaného vozíčkáře-řez

### 3.16 Kontrola šroubů

V této práci bylo využito několik druhů spojovacích materiálů, a alespoň u některých z nich je třeba spočítat, zda jsou schopny unést zatížení, která na ně budou kladena.

Kontrolovala jsme pouze prvky, které nejsou přímo dodány výrobcem schválené ke svému účelu, tedy nekontrolovala jsem šrouby pro uchycení bezpečnostních pásů ve vozidle.

Pro výpočty jsem použila následujících vztahů, kde posuzuji kontrolu prvku na tah a na stříh:

#### Kontrola namáhání v ose šroubu

$$\sigma = \frac{F * \sin \alpha}{\frac{\pi * d_s^2}{4}} \quad (3.14)$$

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma} \quad (3.15)$$

$$\sigma_D = 0,8R_e \quad (3.16)$$

#### Kontrola namáhání na stříh

$$\tau_s = \frac{F * \cos \alpha}{\frac{\pi * d_s^2}{4}} \leq \tau_D \quad (3.17)$$

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma} \quad (3.18)$$

$$\tau_D = 0,3R_e \quad (3.19)$$

F	zatěžovací síla [N]
$\alpha$	úhel, pod kterým působí zatěžovací síla
$\sigma_D$	dovolené napětí [MPa]
$R_e$	mez v kluzu [MPa]
$\tau_D$	dovolené napětí ve stříhu [MPa]



Číslo spoje	Název spoje	Tah/Střih	Re[MPa]	F [N]	Zvolený průměr šroubu [mm]	Vypočítané napětí [Mpa]	k
1	Uchycení vyztužení rámu	Tah	693	8000	10	101,9	5,4
		Střih	693	8000		101,9	2,0
2	Čepy rampavána	Tah	693	2000	6	70,7	7,8
		Střih	693	2000		70,7	3,0
3	Čep rampy	Tah	693	3000	10	38,2	14,5
		Střih	693	3000		38,2	5,4
4	Čep držáku zámku	Tah	693	11110	10	141,5	3,9
		Střih	693	11110		141,5	1,4

Zvolená zatěžovací síla byla vybrána na základě předpokladů u rampy 2 000 N na jeden čep, přičemž jsou umístěny čep tři a zamýšlená únosnost je 500 kg, zvolila jsem celkovou sílu působení 6 000 N abych se nacházela na straně bezpečnosti.

U spojení rampy jsem zvolila zatěžovací sílu 3 000 N, neboť čepy jsou jenom dva.

U držáku zámku byla použita síla 11 110 N, z definice směrnice.

U uchycení vyztužení rámu jsem pro zvolené síly našla naopak sílu takovou, aby byla bezpečnost na střih minimálně 2, a tedy abych získala představu, jaké síle je možné vanu vystavit. Za použití daných šroubů a při počtu 8 šroubů na každé straně je tedy možné vystavit vanu síle 128 kN.

## 4 Přijatá řešení

V tomto bodě dávám prostor pro zhodnocení toho, jak byly splněny jednotlivé požadavky na rozměry a zatížení.

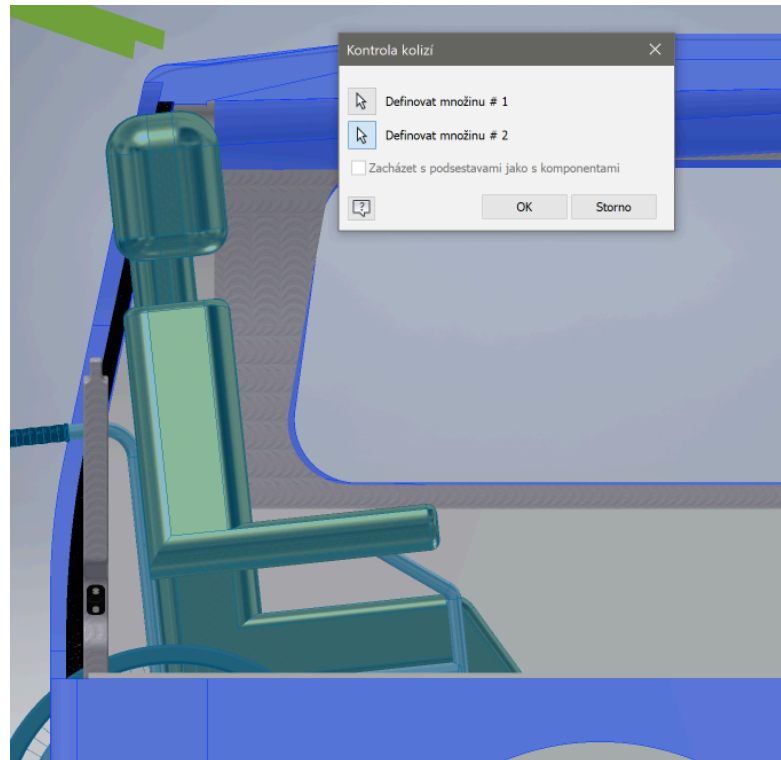
### 4.1 Průjezd vozíčkáře

Prvním a hlavním rozměrem, který je třeba zkontrolovat, je průjezd vozíčkář nejnižším místem, tedy rámem dveří.

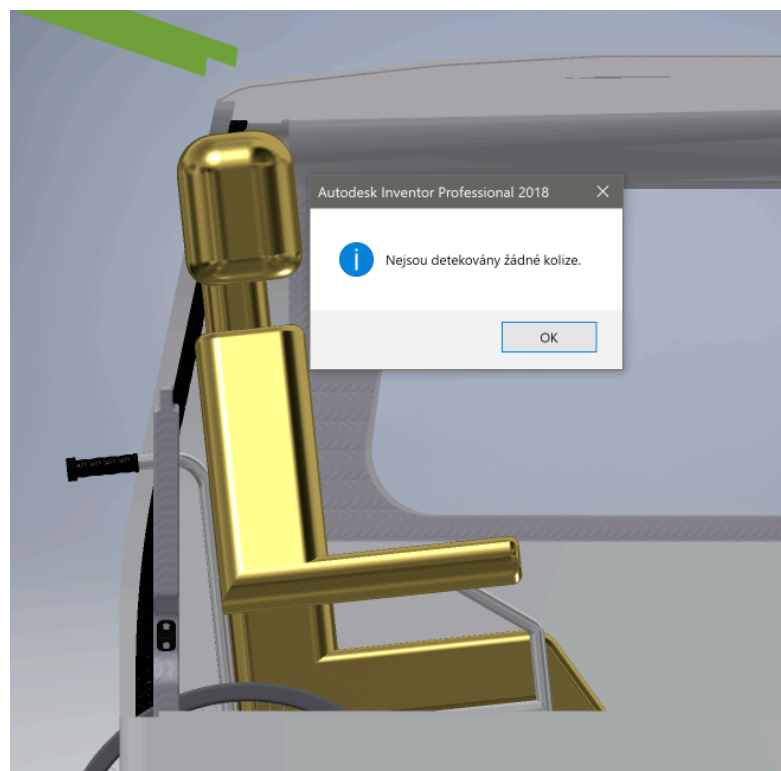
Pro tuto situaci jsem ve svém modelu umístila vozíčkáře do nejnižšího místa a zkontrolovala, že nedochází k doteku nebo kontaktu těchto ploch.



Obrázek 57 Umístění vozíčkáře v nejnižším místě



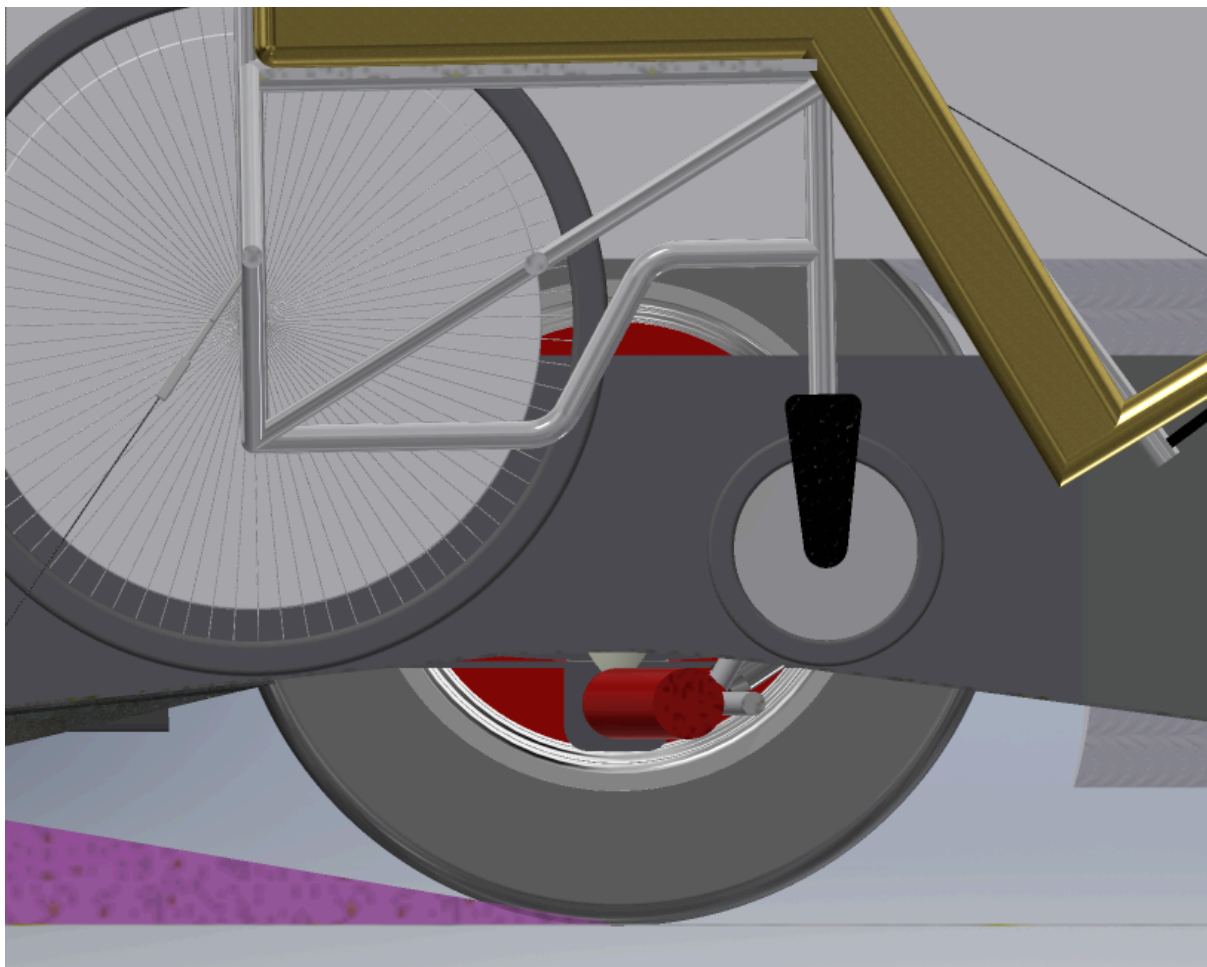
Obrázek 58 Kontrola kolizí prvků



Obrázek 59 Výsledek kontroly kolizí

Podmínku průjezdu vozíčkáře o velikosti 1438 mm tedy považuji za úspěšně splněnou. Otázkou je, jaké má toto snížení následky pro další rozměry vozidla.

## 4.2 Místo nad nápravou

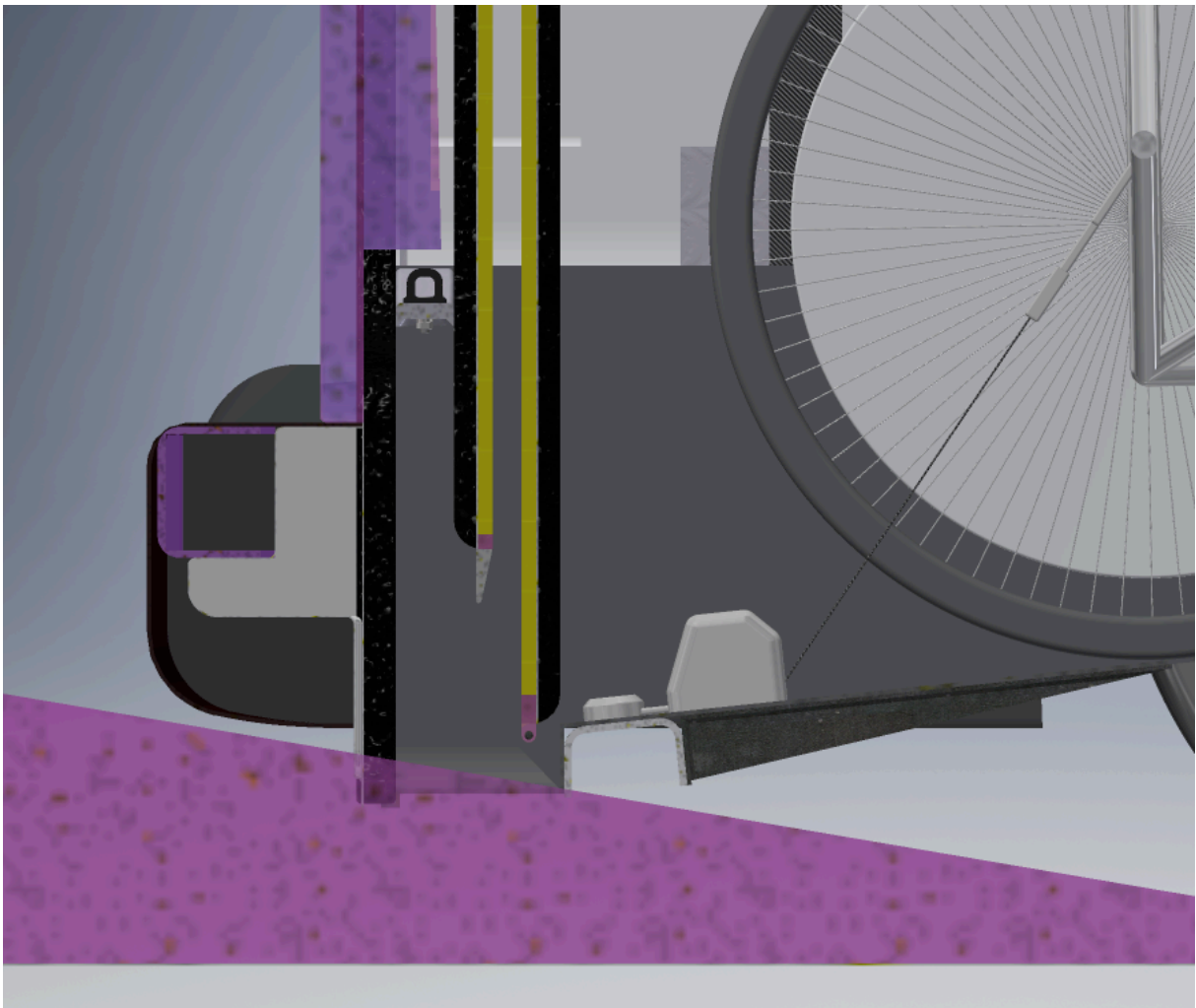


Obrázek 60 Místo nad zadní nápravou při propružení 10 cm

Na obrázku je možno vidět stav při propružení 10 cm oproti původnímu stavu.

Stále vidíme, že se nad nápravou nachází jistá rezerva, tudíž jsme splnili podmínku dostatečného prostoru nad zadní nápravou.

### 4.3 Kontrola nájezdového úhlu



Obrázek 61 Kolize zadní části s nájezdovým úhlem

Co ovšem splněno nebylo je minimální zadní nájezdový úhel automobilu.

Minimální nájezdový úhel jsem stanovila ze stavařských norem o garážích a vjezdech, kdy maximální podélný sklon činí 17%, což je o něco méně než  $10^\circ$ .

Vidíme, že konstrukcí při propružení nebyla tato podmínka splněna.

Diskuzi k případnému řešení tohoto problému provedu v závěru.

## 4.4 Shrnutí upravovaných prvků

Pojďme si tedy shrnout prvky, které prošly úpravou a prvky, které jsou úplně nové.

Upravované prvky:

1. **Karoserie.** Už od prvopočátku bylo jasné, že bude nutné provést úpravu v podlahové části karoserie.
2. **Nárazník a výztuha nárazníku.** Týká se jich stejné pravidlo jako karoserie. Na rozdíl od té ovšem byly vyříznuté kusy znovu použity.
3. **Výfuk.** Zkrácení výfuku bylo nutnou podmínkou pro úspěšnosti této přestavby

Nové prvky

1. **Vana.** Část, která nese vozíčkáře v automobilu a která zároveň slouží i jako funkční výztuha.
2. **Vyztužení.** Příčné, podélné, i vyztužení pro kotevní úchyty pásů.
3. **Rampa.** Součást nutná pro nájezd vozíčkáře.
4. **Prodloužení dveří.** K utěsnění kabiny automobilu a k zajištění alespoň částečné odolnosti proti nárazu zezadu.
5. **Pásy a jejich kotvení.** Bezpečnost by měla být vždy na prvním místě.
6. **Držák zámku.** Multifunkční prvek sloužící k tomu, aby vše drželo tam kde má a nedošlo k samovolnému uvolnění pátých dveří nebo rampy.

Oproti původnímu návrhu, který sestával ze spousty malých prvků, zástrček a výplní jsem až možná drasticky eliminovala počet nových součástí a snažila jsem se tak vytvořit co možná nejjednodušší a nejfunkčnější návrh.

## 4.5 Celková hmotnost

Pojďme tedy zkontrolovat podmínku splnění hmotnostního limitu.

V předchozí kapitole jsme si uvedli, které prvky jsou v návrhu nové, a tedy které prvky budou představovat nové hmotnostní objemy v automobilu.

Pro přehlednost jsem prvky a jejich hmotnosti zpracovala do tabulky.

Tabulka 9 Hmotnosti nových součástí

Číslo	Název dílu	Materiál	Hmotnost	Počet	Celková hmotnost
1	Vana	Ocel (S335JR)	64,0	1	64,0
2	Výztuž 1	Ocel	3,0	2	6,0
3	Výztuž 2	Ocel	2,2	4	8,6
4	Výztuž 3	Ocel	0,5	3	1,4
5	Výztuž 4	Ocel	4,3	1	4,3
6	Rampa	Hliník + Ocel	14,2	1	14,2
7	Držák zámku	Dural	1,8	1	1,8
8	Prodloužení dveří	Hliník + Ocel	5,5	1	5,5
<b>Celkem</b>					<b>105,8</b>
Zbývá					48,2

Celkově nové prvky tedy budou vážit necelých 106 kg.

Nezahrnula jsem pásy, ale také jsem nezahrnula vyříznutou podlahu. Tím pádem si můžu být jistá, že mám ještě jistou určitou rezervu.

Pro hodnotu „zbývá“ jsem navíc počítala místo se 100 kg vážící osobou i s vozíčkem s osobou a vozíčkem vážícími 200 kg.

Pokud by to bylo potřeba, je tedy možné převézt jistě 50 kg dalšího nákladu.

Celkovou hmotností jsme se tedy vešli do konstrukčního limitu.

## 5 Závěr

V závěru své práce bych ráda shrnula, které body pro mě při konstruování byly hlavní, které mi nejvíce daly a ráda bych provedla diskusi k bodům, které se tak úplně nepovedly.

Když se zamyslím nad svou prací, jako první mi v myšlenkách vyskočí střídavě několik pojmů, které mi pravidelně nedávaly spát, či jsem u jejich promýšlení zapoměla vystoupit z tramvaje, což v Praze naštěstí s frekvencí spojů veřejné hromadné dopravy není takový problém.

Prvním z nich je těsnění. Tento problém jsem řešila velmi dlouhou dobu. Nejsem si jistá, že řešení, které jsem vybrala je to nejlepší, ale je to nejlepší, které jsem byla schopna konstrukčně zvládnout, jelikož utěsnění zavírací rampy k vaně byla právě myšlenka, která mě stála oněch 5 minut na mrazu při přejetí zastávky tramvaje. Nejednou.

Dalším bodem, který se mi vybaví je vozíčkář a jeho velikost. Pátrání pro správných údajích, velikostech, přemýšlení, kterou z nich vybrat, jaké procento obyvatelstva je to vhodné a jaký kompromis v návrhu je dostačující, je třeba dělat kompromisy? Jak se ukázalo na nájezdovém úhlu, ano je. Buď máte léta zkušeností a znalostí, nebo prostě musíte dělat kompromisy.

Možná snaha o vytvoření až zbytečně velkého rozměru nájezdu do automobilu je věc, která mě neustále v návrhu nutila vracet se zpět, upravovat, doladovat a nakonec přece jenom ještě trochu předělat a tvořila tak neustálý kolotoč změn promítajících se na ostatních částech návrhu.

Možná, kdybych si ne zvolila tak ambiciózní cíl, bylo by navrhování jednodušší, možná by se ukázalo snadnější nebo efektivnější řešení, nedošlo by ke kolizi s nájezdovým úhlem a mohla bych toto řešení prohlásit za plně splňující podmínky, které jsem si na začátku dala.

Jaké se ovšem teď nabízí případné řešení kolize s nájezdovým úhlem?

Řešením by mohla být změna dorazů tak, aby nemohlo dojít k propružení na 10 cm, ale méně, 7 cm by pravděpodobně stačilo k tomu, aby nedocházelo ke kontaktu s vozovkou, ovšem ve své práci jsem neuvažovala o této změně, jelikož jsem se snažila vytvořit vanu tak, aby mohlo být propružení co největší, a tak jsem ani neřešila možnost změny dorazů. Navíc zmenšením propružení by došlo i k navýšení místa nad nápravou, a tudíž by možná ani vana nemusela být tvarovaná způsobem, kterým je, což znamená, že by práce, která na snaze o nalezení ideálního tvaru a kombinace posazení vozíčku přišla vniveč, což by byla škoda.

Další z možností by bylo zmenšení maximální průjezdní výšky vozíčkáře, což je ale znovu řešení, které hatí mé snahy o to, aby byl průjezd co největší a tak vozidlo dostupné co největšímu množství obyvatelstva. Samozřejmě je tu stále možnost, alespoň u osob, kterým to zdravotní stav dovoluje, vzhledem k tomu, že v prostoru



kufru se střecha automobilu zvyšuje, aby při nájezdu pouze naklonili hlavu a tak projeli i menším místem, ale takové řešení je krajně neohrabané a ačkoliv může být využíváno, nelíbí se mi už z principu.

Možná by bylo možné vytvořit ještě tenčí rampu a změnit soustavu vany a rampy tak, aby nebylo nutné snižovat konec vany, což je pravděpodobně řešení, ke kterému se přiklonili mnozí ostatní řešitelé problému, vzhledem k tomu, že rampy, které jsem viděla v rešerši končí až těsně u těsnění. Což je mimochodem hezké slovní spojení. Ovšem takové řešení by znamenalo těsnit vanu ze spodní části rampy, kde je napojena na vanu, a to je technický problém, který se mi od počátku nepodařilo rozlousknout. Věřím, že má jednoduché řešení, a pouze stačí trochu změnit úhel pohledu na problém, ale pravděpodobně jsem ten správný úhel pohledu na tuto problematiku zatím nenašla. Třeba jej nalezne někdo, kdo se inspiruje nedostatky v mém řešení a vytvoří lepší a funkčnější verzi.

Další otázkou je, jaká je skutečně situace na silnicích? Využívá se maximálního potenciálu normy? Už pro ukojení mé vlastní zvědavosti by mě tato informace zajímala.

A když došlo na téma norem, dohledání potřebné legislativy bylo také zdlouhavou činností. Velmi oceňuji, že žijí v současné době, kdy proběhla alespoň digitalizace materiálů a informací, ale i přesto je velmi náročné dostat se k informaci, kterou potřebujete. Především fakt, že například směrnice, na kterou je odkazováno v jiné, platné směrnici, již svou platnost pozbyla, a byla nahrazena novou směrnicí, která ovšem pouze upravuje její část, v ideálním případě byla upravena i směrnice upravující původní směrnici. Samozřejmě ve směrnicích je pouze znění úpravy, nikoliv celkové normy. Stále se nemohu rozhodnout, zdali je jednodušší najít současnou platnou směrnici a projít nejdříve změny a až pak směrnici původní, nebo pročíst směrnici původní a pak dohledávat, jestli se na informaci pro vás relevantní něco změnilo.

Nicméně od doby, kdy jsem musela strávit nespočet hodin procházením textů směrnic a vůbec hledáním jejich platného znění u mě vzrostl obdiv a úcta k lidem, kteří se ve směrnicích vyznají a mají přehled o současných platných podmínkách, prakticky v jakémkoliv oboru.

Co se mi na centralizovaném systému směrnic pro evropskou unii ale líbilo byl fakt, že pokud jsem našla zahraniční prvek či součást, která by měla splňovat nějaké legislativní podmínky, a je tento prvek či součást využívána na území Evropské Unie, můžu si být jistá, že splňuje dané podmínky.

Při snaze splnit legislativní podmínky jsem v průběhu návrhů vždy narazila na součásti, které je třeba upravit a změnit, například první verzi vyztužení rámu nebo například držák zámku.

A tím se dostáváme k dalšímu bodu, který by mohl být případně vylepšen. Tvar a tím i hmotnost některých součástí. Jsem si vědoma faktu, že některé součásti jsou v určitých místech silně nadhodnocené, v jiných místech naopak podhodnocené. Bylo by jistě zajímavé mít prostor na to, věnovat se zvláště každé součásti, a

vymyslet její ideální tvar tak, aby byl plně využit její potenciál. Mohly by se tak snížit náklady na materiál, hmotnost a tím i spotřeba upraveného automobilu. Prozkoumat vliv úpravy na spotřebu současného automobilu by také bylo jedno ze zajímavých pokračování této práce.

Se spotřebou mé myšlenky volně navázaly na téma jízdních vlastností automobilu. Ano, jízdní vlastnosti budou jiné. Není možné zachovat identické vlastnosti. Na co jsem ale narazila bylo zjištění, že není zcela jasné, jaký vliv na danou nápravu bude mít tato změna chování karoserie. Prostudovat samotné kroucení nápravy při různých stavech karoserie by bylo jistě zajímavým doplňkem pro informace již uvedené v této práci. Poté by se dalo s jistotou říct, zda je nebo není návrh vyztužení vyhovující.

Podářilo se tedy vytvořit návrh pro přestavbu, ačkoliv zřetelně není perfektní, měl by být jako takový funkční. Samozřejmě by se na něm dalo mnohé upravit, změnit vyměnit a přistoupit k němu znovu, třeba s jiným úhlem pohledu.

Já už ovšem nechám další bádání na příštích odvážlivcích, kteří se rozhodnou pustit do tématiky, která je nelehká, ale má smysl.

## 6 Seznamy

### 6.1 Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Vybrané výsledky antropometrického měření podle normy ISO 7250-3 Basic human body measurements for technological design — Part 3: Worldwide and regional design ranges for use in product standards .....	13
Tabulka 2.2 Relevantní hodnoty z normy ISO 7250-3 .....	14
Tabulka 3 Tabulka výsledků antropometrického měření charakteristiky č. 2 – tělesná výška (rozměry v cm) [1].....	15
Tabulka 4 Tabulka výsledků antropometrického měření charakteristiky č. 13 – výška v sedě (rozměry v cm) [1] .....	15
Tabulka 5 Porovnání hodnot mediánu normy a antropometrického měření .....	15
Tabulka 6 Hodnoty výšky sedací plochy vozíčků podle dostupné literatury.....	16
Tabulka 7 Rozměry obsazeného vozíčku .....	21
Tabulka 8 Podmínky pro schválení vozidla pro přepravu osob na invalidním vozíčku [28].....	24
Tabulka 9 Hmotnosti nových součástí.....	95

## 6.2 Seznam rovnic

(3.1).....	44
(3.2).....	44
(3.3).....	44
(3.4).....	44
(3.4).....	44
(3.5).....	44
(3.6).....	44
(3.7).....	47
(3.8).....	47
(3.9).....	47
(3.11).....	75
(3.12).....	75
(3.13).....	75
(3.10).....	88
(3.11).....	88
(3.13).....	88
(3.14).....	88
(3.14).....	88
(3.15).....	88

### 6.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma automobilu VW Caddy .....	10
Obrázek 2 Pohled na zadní část automobilu VW Caddy .....	11
Obrázek 3 Pohled na vedení kabeláže, brzd apod.....	11
Obrázek 4 Výška osoby na vozíku - výsledek antropometrického měření v rámci projektu NIS v letech 2009–2012 s přepočtem pro osobu na vozíku. Pro výpočet byla použita výška sedací plochy vozíku 50 cm [1] .....	21
Obrázek 3 Zjednodušený model obsazeného vozíčku .....	22
Obrázek 4 Rozměry modelu obsazeného vozíčku .....	22
Obrázek 7 Fiat doblo se zvýšenou střechou a hydraulickou plošinou (zdroj: <a href="http://www.jpservis.eu/gallery/?id=elektrohydraulicka-plosina-mb">http://www.jpservis.eu/gallery/?id=elektrohydraulicka-plosina-mb</a> ).....	36
Obrázek 8 Úprava Suzuki Life (zdroj: <a href="http://www.jubileemobility.co.uk/search-our-stock/suzuki/life/drive-from-wheelchair/">http://www.jubileemobility.co.uk/search-our-stock/suzuki/life/drive-from-wheelchair/</a> ) .....	38
Obrázek 9 Citroen Berlingo (zdroj: <a href="https://homecountiesaccessiblevehicles.co.uk/wheelchair_citroen.php">https://homecountiesaccessiblevehicles.co.uk/wheelchair_citroen.php</a> )..	38
Obrázek 10 Ford Tournero (zdroj: <a href="http://www.mobility-services.com/used_cars/used-vehicles/ford-tourneo-connect-/7226/">http://www.mobility-services.com/used_cars/used-vehicles/ford-tourneo-connect-/7226/</a> ).....	39
Obrázek 10 Obrázek 2 API - úprava VW Caddy - vyklopená rampa (zdroj: <a href="http://www.apicz.com">www.apicz.com</a> ).....	41
Obrázek 9 API - úprava VW Caddy - zaklopená rampa (zdroj: <a href="http://www.apicz.com">www.apicz.com</a> )...	41
Obrázek 13 Uravený VW Caddy .....	42
Obrázek 14 Upravený VW Caddy - zavřeno .....	42
Obrázek 15 Upravený VW Caddy - detail nárazníku .....	43
Obrázek 16 Pevnostní analýza rampy - součinitel bezpečnosti.....	49
Obrázek 17 Původní návrh aretace rampy.....	50
Obrázek 18 Náčrt podlahy vany .....	55
Obrázek 19 Základní tvar vany.....	55
Obrázek 20 Vana s prostorem pro rampu.....	56
Obrázek 21 Vana s prostorem pro těsnění .....	57
Obrázek 22 Uchycení rampy.....	58

Obrázek 23 Místo pro čep držáku zámku .....	58
Obrázek 24 Západka pro držák zámku .....	59
Obrázek 25 Pohled na kompletní vanu .....	60
Obrázek 26 Přichycená rampa v otevřeném stavu .....	61
Obrázek 27 Přichycená rampa - pohled na čepy.....	61
Obrázek 28 Přichycená rampa - zavřený stav.....	62
Obrázek 29 Držák zámku - pohled zespodu .....	63
Obrázek 30 Držák zámku - pohled ze předu.....	63
Obrázek 31 Držák zámku - pohled svrchu .....	63
Obrázek 32 Simulace zatížení držáku zámku .....	64
Obrázek 33 Sestava vany, rampy a držáku zámku - otevřeno .....	65
Obrázek 34 Sestava vany, rampy a držáku zámku - zavřeno .....	65
Obrázek 35 Vyříznutí díry v rámu.....	66
Obrázek 36 Vložení vany do konstrukce automobilu - otevřeno.....	67
Obrázek 37 Vložení vany do konstrukce automobilu – zavřeno.....	67
Obrázek 38 Výztuže .....	69
Obrázek 39 Pohled na vyztužení - příčné výztuže .....	69
Obrázek 40 Podélné výztuže .....	70
Obrázek 41 Podélná výztuž .....	70
Obrázek 42 Nosník pro vyztužení kotevních úchytů bezpečnostních pásů .....	70
Obrázek 43 Zobrazení zatížení ve směru X - dovnitř .....	71
Obrázek 44 Zobrazení zatížení ve směru X - ven .....	72
Obrázek 45 Zatížení do kříže .....	72
Obrázek 46 Původní rám a nárazník.....	76
Obrázek 47 Zatížení původního nárazníku při přímém nárazu zezadu.....	77
Obrázek 48 Vyztužení nárazníku pátých dveří .....	78

Obrázek 49 Vyztužení nárazníku pátých dveří - pohled ze strany .....	79
Obrázek 50 Vana s těsněním.....	80
Obrázek 51 Pohled na zavřené dveře .....	81
Obrázek 52 Pohled na zavřené dveře se zvýrazněním prodloužení dveří .....	81
Obrázek 53 Kotva pro bezpečnostní pásy Slide'n'click [33].....	84
Obrázek 54 Q'STRAIT L-Pocket anchorage system - kotva pro uchycení bezpečnostních pásů [33] .....	84
Obrázek 55 Superhead Headrest for wheelchairs od společnosti RHealthcare a její upravení na vozíček [34].....	86
Obrázek 56 Pohled na připoutaného vozíčkáře-řez.....	87
Obrázek 57 Umístění vozíčkáře v nejnižším místě .....	90
Obrázek 58 Kontrola kolizí prvků .....	91
Obrázek 59 Výsledek kontroly kolizí.....	91
Obrázek 60 Místo nad zadní nápravou při propružení 10 cm.....	92
Obrázek 61 Kolize zadní části s nájezdovým úhlem.....	93

## 6.4 Seznam použitých grafů

Graf 1 Výška sedací plochy mechanických vozíčků [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16].....	17
Graf 2 Výška sedací plochy elektrických vozíčků [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26].....	17
Graf 3 Šířka mechanických vozíčků [7] [16] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15].....	19
Graf 4 Šířka elektrických vozíčků [17] [18] [19] [20] [26] [24] [22] [23] [21] [25] .....	19
Graf 5 Rozdíl posunutí na jednotlivých osách při zatížení směrem dovnitř .....	74
Graf 6 Rozdíl posunutí na jednotlivých osách při zatížení směrem ven .....	74
Graf 7 Rozdíl posunutí na jednotlivých osách při zatížení směrem do kříže.....	74

## 6.5 Seznam příloh

Příloha 1	Výkresová dokumentace vany
Příloha 2	Výpočet kontroly šroubů
Příloha 3	Model ve formátu Inventor 2018
Příloha 4	Průjezd vozíčkáře
Příloha 5	Zavřeno – řez
Příloha 6	Zavřeno
Příloha 7	Propružení



## 7 Citovaná literatura a weby

- [1] Ing. Kameníková, Věra. Antropometrie a dimenzování. *NIS - Nábytkářský informační systém*. [Online] 2013. [Citace: 20. 12 2017.] <http://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie-a-dimenzovani/page/342/>.
- [2] *Evropská příručka pro přístupné prostředí vytvořené výstavbou*. místo neznámé: Praha ABF, 1995. Sv. 133. ISBN 80-901608-2-4.
- [3] KLAZAROVÁ, Pavlína a ŠTEFAN František. *Handicap aneb život na kolech*. Praha: Sdružení zdravotně postižených v ČR.
- [4] ZELNIK, Martin a PANERO, Julius. *Humandimension: A source book of design reference standards*. Londýn: Architecturalpress, 1979. ISBN 08-513-9457-4.
- [5] FILIPIOVÁ, Daniela. *Projektujeme bez bariér*. Praha: Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2002. Sv. 101. ISBN 80-865-5218-7.
- [6] GRANDJEAN, Etienne. *Wohnpsychologie: Grundlagengesunden Wohnens*. Zurich: Verlag für Architektur Artmenis, 1973. ISBN 37-608-8026-6.
- [7] Otto Bock ČR s.r.o. . Motus. *MujVozik.cz*. [Online] [Citace: 27. 12 2017.] <https://mujvozik.cz/voziky/aktivni-mechanicke-voziky/motus/>.
- [8] Sivak. Mechanický invalidní skládací odlehčený vozík Action 4. *Sivak*. [Online] [Citace: 20. 12 2017.] <http://www.sivak.cz/mechanicky-vozik-action-4-163/>.
- [9] MEYRA ČR s.r.o. Eurochair Vario 1.750. *MEYRA*. [Online] [Citace: 20. 12 2017.] <https://www.meyra.cz/eurochair-vario-1750.html>.
- [10] Sivak. Mechanický speciální vozík Rea Clematis. *Sivak*. [Online] [Citace: 20. 12 2017.] <http://www.sivak.cz/mechanicky-vozik-rea-clematis-199/>.
- [11] MEYRA ČR s.r.o. Basic Format 3.940. *MEYRA*. [Online] [Citace: 27. 12 2017.] <https://www.meyra.cz/basic-format-3940.html>.
- [12] DMA PRAHA s.r.o. 218-24 WHD. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/mechanicke-invalidni-voziky/0/364>.
- [13] DMA PRAHA s.r.o. Progeo Basic Light Plus. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/mechanicke-invalidni-voziky/page1/601>.
- [14] DMA PRAHA s.r.o. 358-23. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/mechanicke-invalidni-voziky/page1/669>.
- [15] DMA PRAHA s.r.o. Progeo Exelle. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/mechanicke-invalidni-voziky/page2/375>.

- [16] **MEYRA ČR s.r.o.** Servis 3.600. *MEYRA*. [Online] <https://www.meyra.cz/servis-3600.html>.
- [17] **MEYRA ČR** iChair MC Front 1.613. *MEYRA*. [Online] *MEYRA*. [Citace: 20. 12 2017.] <https://www.meyra.cz/ichair-mc-front.html>.
- [18] **MEYRA ČR** Faster Clou 9.500. *MEYRA*. [Online] <https://www.meyra.cz/clou-9500.html>.
- [19] **Otto Bock ČR s.r.o.** C2000. *MujVozik.cz*. [Online] <https://mujvozik.cz/voziky/elektricke-voziky/c2000/>.
- [20] **MEDICCO s.r.o.** Jive F. *MEDICCO*. [Online] <http://www.medicco.cz/voziky/quickie/elektricke-invalidni-voziky/jive-f2>.
- [21] **DMA PRAHA s.r.o.** 738-23 FB. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/elektricke-invalidni-voziky/0/396>.
- [22] **MEDICCO s.r.o.** Tango. *MEDICCO*. [Online] <http://www.medicco.cz/voziky/quickie/elektricke-invalidni-voziky/tango>.
- [23] **MEDICCO** Rumba. *MEDICCO*. [Online] <http://www.medicco.cz/voziky/quickie/elektricke-invalidni-voziky/rumba>.
- [24] **DMA PRAHA s.r.o.** 738 D-23 FB. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/elektricke-invalidni-voziky/0/397>.
- [25] **Otto Bock ČR s.r.o.** A200. *MujVozik.cz*. [Online] <https://mujvozik.cz/voziky/elektricke-voziky/a200-2/>.
- [26] **DMA PRAHA s.r.o.** Viper. *DMA Kompenzační pomůcky*. [Online] <https://www.dmapraha.cz/katalog/elektricke-invalidni-voziky/0/400>.
- [27] **WHO Europe**. Overweight and obesity - BMI statistics. *World Health Organization*. [Online] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Overweight\\_and\\_obesity\\_-\\_BMI\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Overweight_and_obesity_-_BMI_statistics).
- [28] **EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE**. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2007/46/ES. Brusel\_: autor neznámý, 5. Z 2007.
- [29] 29. **KOMISE EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ**. 79/490/EHS. *SMERNICE KOMISE ze dne 18. dubna 1979*. [Směrnice]. Brusel: KOMISE EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ, 18. Duben 1979.
- [30] 30. **KOMISE EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ**. 81/333/EHS. *SMERNICE KOMISE*. Brusel\_: autor neznámý, 13. Duben 1981.
- [31] 31. **A+A Pardubice, spol. s r.o.** *ehlinik.cz*. [Online] <https://www.ehlinik.cz/>.
- [32] **Ing. Leinveber, Jiří a Ing Vávra, Pavel**. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.

- [33] **Q'STRAIT EUROPE.** *Q'STRAIT*. [Online] 2018. <https://www.qstraint.com/>.
- [34] **RHealthcare.** Wheelchair Superhead Headrest. *RHealthcare*. [Online] 2018. <http://www.rhealthcare.co.uk/products-parts/wheelchair-superhead-headrest/>.
- [35] **Ing. Dvouletý, Kateřina, Ing. Káčová, Danica.** Antropometrie. *NIS - Nábytkový informační systém*. [Online] 2013. [Citace: 20. Prosinec 2017.] <http://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie/page/34/>.
- [36] **DLABAL, Stanislav a kol.** *Nábytek, člověk, bydlení*. Praha: ČS středisko výstavby a architektury, 1983.