

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojírenství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Udržitelná doprava ve městech se zaměřením na užitková vozidla

Autor: **Pavel SKÁLA**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří BARTÁK**

Akademický rok 2019/2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavel SKÁLA**
Osobní číslo: **S19B0461P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Téma práce: **Udržitelná doprava ve městech se zaměřením na městská užitková vozidla**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Proveďte rešerši v oblasti udržitelné mobility měst se zaměřením na obslužnost měst, zásobování a komunální služby. Porovnejte alternativní a stávající pohony ve vztahu k udržitelné mobilitě. Aplikujte poznatky na modelovou situaci udržitelné mobility v prostředí města Plzně. Dále proveďte koncepční návrh malého městského užitkového vozidla na základě získaných poznatků.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše v oblasti udržitelné mobility měst
2. Rešerše trhu s malými užitkovými vozidly
3. Modelová situace udržitelné mobility v prostředí města Plzně
4. Aplikace poznatků pro vytvoření konceptu malého městského vozidla
5. Ekonomicko - technické zhodnocení

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran A4**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

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

VLK, F. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Frantisek VLK, 2004

KAMEŠ, J. *Alternativní pohon automobilů*. Praha: Josef KAMEŠ, 2004

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Barták

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Petr Barták

SmartMotion s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce:

16. října 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

28. května 2020

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne: 24.7.2020

.....
Shala
.....
podpis autora

Poděkování

Poděkování patří především mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Bartákovi, který mi vždy poskytl cenné rady a odborné poznatky při zpracovávání této bakalářské práce. Rád bych také poděkoval svým spolužákům a kamarádům, kteří mi pomohli v řešení určitých problémů, na které jsem narazil. Velmi také děkuji svojí rodině za podporu po celou dobu mého dosavadního studia.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Skála	Jméno Pavel		
STUDIJNÍ OBOR	B 2301 „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Barták	Jméno Jiří		
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Udržitelná doprava ve městech se zaměřením na městská užitková vozidla			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	103	TEXTOVÁ ČÁST	51	GRAFICKÁ ČÁST	52
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato bakalářská práce obsahuje rešerši na téma udržitelné mobility a trhu městských užitkových vozidel s klasickými a alternativními pohony, návrh vlastního konceptu elektrického užitkového vozidla a návrh trasy, po které se bude pohybovat. Závěr práce je věnován popisu konstrukčního návrhu a ekonomické rozvahy provozu elektromobilu.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">udržitelná doprava, užitková vozidla, alternativní pohon, elektromobil, spalovací motor, elektromotor</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Příjmení Skála	Jméno Pavel	
FIELD OF STUDY	B 2301 „Dopravní a manipulační technika“		
SUPERVISOR	Příjmení (včetně titulů) Ing. Barták	Jméno Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Sustainable transport in cities with a focus on urban utility vehicles		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq A4)

TOTALLY	103	TEXT PART	51	GRAPHICAL PART	52
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESTRUCTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This bachelor thesis contains the literature review of sustainable transport, small urban utility vehicles with conventional and alternative drives, the project of my own electric utility vehicle and the design of the route the utility vehicle will move. The conclusion of the thesis is devoted to the construction project of the car and the economic balance sheet proposal of the electric car.</p>
KEY WORDS	<p>sustainable transport, utility vehicles, alternative drive, electric car, combustion engine, electrical engine</p>

Obsah

Obsah.....	6
Úvod.....	10
Teoretická část.....	10
1 Udržitelná mobilita.....	10
1.1 Zásobování měst.....	12
1.2 Obslužnost měst.....	13
1.3 Komunální služby.....	14
1.4 Udržitelná mobilita v praxi.....	15
1.4.1 Vídeň.....	15
1.4.2 Praha.....	16
2 Pohony ve vztahu k udržitelné mobilitě.....	17
2.1 Stávající pohony.....	17
2.2 Alternativní paliva.....	17
2.2.1 Vodíkové palivové články.....	17
2.2.2 CNG (zemní plyn).....	19
2.2.3 Elektřina.....	20
2.3 Zhodnocení.....	21
3 Technika malých užitkových vozidel současnosti.....	22
4 Motory.....	22
4.1 Elektrické motory.....	22
4.2 Spalovací motory.....	23
5 Akumulátory (baterie).....	23
5.1 Princip funkce akumulátoru.....	24
5.2 Druhy akumulátorů.....	25
5.2.1 Olověný akumulátor.....	25
5.2.2 Akumulátor nikl – kadmium.....	25
5.2.3 Akumulátory nikl – metalhydrid (Ni – MH).....	25
5.2.4 Akumulátor lithium – ion (Li – on).....	25
6 Převodovky.....	26
6.1 Redukce.....	26
6.2 Uzávěrka diferenciálu.....	26

7	Trh malých městských užitkových vozidel.....	26
7.1	Užitková vozidla se spalovacími motory.....	26
7.1.1	Magma Alficar.....	27
7.1.2	Zebra.....	28
7.1.3	Multicar M27 Compact.....	29
7.2	Užitková vozidla s elektromotory.....	29
7.2.1	GOUPIL G5.....	29
7.2.2	Mega e-Worker.....	30
7.3	Užitková vozidla na vodík.....	31
7.3.1	Renault Kangoo Z.E. Hydrogen.....	31
7.3.2	El - Zebra.....	32
7.3.3	HyVan.....	32
7.4	Užitková vozidla na CNG.....	33
7.4.1	Fiat Doblo Maxi Natural Power.....	33
7.4.2	Volkswagen Caddy Maxi CNG.....	33
8	Shrnutí.....	34
	Praktická část.....	36
9	Modelová situace využití městského elektromobilu.....	36
9.1	Trasa A:.....	36
9.2	Trasa B:.....	37
9.3	Zhodnocení navržených tras.....	39
10	Koncepční návrh vozidla a jeho pohonu.....	40
10.1	Výpočet točivého momentu a výkonu elektromotoru.....	41
10.2	Pohonná soustava vozidla.....	43
10.3	Konstrukční návrh vozidla.....	44
10.4	Ekonomicko – technické zhodnocení.....	46
11	Závěr.....	48
12	Seznam použité literatury.....	49
	Seznam příloh.....	51
	Volně vložených.....	51

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zásobovací systém CargoCap [25].....	13
Obrázek 2 - Bezemisní elektrický autobus s funkcí indukčního dobíjení [26]	14
Obrázek 3 - Elektrický popelářský vůz jezdící v ulicích Vídně [27]	15
Obrázek 4 - Schéma procesu tvorby elektrické energii ve vodíkovém palivovém článku.....	18
Obrázek 5 - TriHyBus - městský autobus, jezdící na vodík [29].....	19
Obrázek 6 - tankování zemního plynu [31].....	20
Obrázek 7 - Elektrický autobus u "pantografové" nabíječky [34]	21
Obrázek 8 - Umístění akumulátorů pod kapotou elektromobilu [7]	24
Obrázek 9 - Užitkové vozidlo Magma Alficar s nástavbou "zametač" [24]	28
Obrázek 10 – Užitkové vozidlo ZEBRA s nástavbou „sypač“ [10]	28
Obrázek 11 - Multicar M27 Compact [11].....	29
Obrázek 12 - Městský užitkový elektromobil GOUPIL G5 [12].....	30
Obrázek 13 - Užitkový elektromobil Mega e-Worker [13].....	31
Obrázek 14 - Renault Kangoo Z.E. Hydrogen [35]	31
Obrázek 15 - Komunální vozidlo El-Zebra [36]	32
Obrázek 16 - Malý rozvážkový elektromobil HyVan [37]	32
Obrázek 17 - Pohled na uspořádání palivové soustavy Fiatu Doblo Maxi na CNG.....	33
Obrázek 18 - Volkswagen Caddy Maxi Van CNG [39]	34
Obrázek 19 - Lokalita "U Ježíška"	36
Obrázek 20 - Trasa A znázorněná na mapě.....	37
Obrázek 21 - Trasa B znázorněná na mapě.....	38
Obrázek 22 - Okolí Velkého Boleveckého rybníka	39
Obrázek 23 - Návrh uspořádání elektro komponent ve vozidle.....	44
Obrázek 24 - Pohled na rám malého užitkového vozidla.....	45
Obrázek 25 - Vizualizace malého městského užitkového vozidla – přední pohled.....	45
Obrázek 26 - Vizualizace malého městského užitkového vozidla - zadní pohled.....	46

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rozdělení elektrických motorů	22
Tabulka 2 - Rozdělení spalovacích motorů.....	23
Tabulka 3 - Navrhované parametry užitkového elektromobilu	40

Tabulka 4 - Vypočítané hodnoty elektromobilu 41

Tabulka 5 – Navrhovaná pohonná soustava elektromobilu 43

Seznam použitých veličin

Název veličiny	Značka veličiny	Jednotky
Výkon	P	kw
Vzdálenost	s	km
Délka	l	mm
Hmotnost	m	kg
Koeficient odporu vzduchu	C_d	-
Napětí	U	V
Elektrický náboj	Ah	Ah
Rychlost	v	km/h
Rychlost	v	m/s
Čas	t	hod
Elektrický proud	I	A
Otáčky	n	ot/min
Moment	M	N.m
Objem	V	ccm
Úhel	β	°
Valivý odpor	O_{v2}	N
Odpor okolního prostředí	O_v	N
Hustota vzduchu	ρ	kg.m ⁻³
Součinitel odporu vzduchu	c_x	-
Plocha	S	m ²
Dynamický tlak	p_d	N.m ⁻²

Úvod

Tato práce je věnována průzkumu trhu s městskými užitkovými vozidly s klasickými a alternativními pohony a také celkovému konceptu udržitelné mobility měst se zaměřením na určitá odvětví. To vše bude následně doplněno zpracováním konceptu konkrétního malého užitkového vozidla s alternativním pohonem včetně návrhu tras ve městě Plzni, po kterých by mohlo jezdit.

Téma, zpracováno v této práci, bylo vybráno pro autorův zájem o moderní techniku, alternativní pohony a městskou dopravu.

Z důvodu stále se snižujících světových zásob ropy jsou alternativní pohony budoucností pro nejen automobilový průmysl. Jejich podstatnou výhodou je, že vozidla na alternativní pohony neprodukují téměř žádné zplodiny, čímž výrazně ulevují životnímu prostředí. Technologie, které by dokázaly proměnit vozidlo s například elektrickým pohonem na plnohodnotnou náhradu vozidla s motorem spalovacím, však dosud nejsou vymyšleny. Existují však ještě jiné druhy alternativních pohonů, které dnešní vozidla využívají a jejichž vývoj stále probíhá. Dnešní doprava ve městech a jejich příměstských oblastech prochází velkými změnami a vývojem. Pokud jí však chceme udržet do budoucna, jsou tyto změny třeba. Jednou z možností je například právě využívání alternativních pohonů. V zájmu těchto změn můžeme mluvit třeba o konceptu malého městského užitkového vozidla na nějaký z alternativních pohonů.

Cílem této práce je zamyslet se nad takovýmto konceptem. Jak by asi mohl fungovat provoz vozidel s alternativními pohony po městě, jaké jsou jejich výhody nevýhody apod. Výsledkem bude konkrétní návrh vlastní vize modelové situace ve městě Plzni. Tato vize bude doplněna koncepčním návrhem malého užitkového vozidla. Práce je rozdělena na několik částí. První část nám přibližuje pojem udržitelné mobility a její fungování v praxi. Další část se zabývá průzkumem trhu techniky malých užitkových vozidel na klasické a alternativní pohony a je teoretická. Následná, třetí část popisuje vytvořenou modelovou vizi udržitelné mobility města Plzně ve spojení s použitím malých užitkových vozidel na alternativní palivo. Poslední část poté bude obsahovat koncepčních návrh zmiňovaného vozidla.

Teoretická část

1 Udržitelná mobilita

Automobily a doprava patří mezi čím dál důležitější součásti lidských životů. Bez mobility by se dnešní společnost už nejspíš neobešla. Nejvíce si to uvědomujeme hlavně ve městech. Díky dopravě se vytvářejí nová pracovní místa, doprava pomáhá zvyšovat ekonomiku a přímo ovlivňuje také životní úroveň občanů. Jedná se především o odvětví městské hromadné dopravy, zásobování nebo komunální služby. Je však třeba zajistit to, aby byla tato mobilita udržitelná i do budoucna. Když se podíváme do odborné literatury, můžeme zjistit, že pojem „udržitelná mobilita“ znamená, že doprava a její současný rozvoj, kterými je uspokojována současná generace, zároveň nesmí ohrozit potřeby dopravy generace budoucí. S tím úzce souvisí další druhy problematik, jako jsou dopravní nehody, dopad na životní prostředí nebo třeba snížení atraktivity určitého území. [18]

Aby byla mobilita udržitelná i do budoucna, je potřeba snažit se jí neustále vylepšovat a zdokonalovat. Zpravidla má každé větší město svůj vlastní plán na udržitelnou mobilitu. Tyto plány se většinou v horizontu několika let znovu obnovují. Spolu s udržitelnou mobilitou úzce souvisí také územní plánování města. Zde je již časová prodleva plánů v řádech desítek let.

Obecně ale platí, že výsledků plánování udržitelné mobility se dožívá ta generace, která jí plánovala. [18]

Asi nejzásadnějšími a nedůležitějšími aspekty udržitelné mobility jsou infrastruktura a životní prostředí. Jedním z problémů, na který by se města v budoucnosti měla zaměřit je spotřeba ropy pro výrobu paliv dopravních prostředků. V roce 2010 dosáhly náklady na dovoz ropy do Evropské unie 210 miliard euro. Aby byla zajištěna schopnost občanů cestovat a ekonomika zemí byla konkurenceschopná i nadále, je třeba snížit spotřebu ropy v EU. Ruku v ruce s tímto problémem můžeme mluvit také o problémech s emisemi skleníkových plynů. Podle EU by se velikost těchto emisí měla do roku 2050 snížit o 80 – 95% v porovnání s vyprodukovanými emisemi v roce 1990. Cíl do roku 2030 je pak snížení emisí skleníkových plynů asi o 20% vzhledem k roku 2008. Vyřešení těchto problémů by přispělo ke zlepšení ovzduší a životního prostředí ve městech. V řešení by mohly pomoci nově vyvíjené technologie vozidel a dopravy. Jejimi zaváděními bude doprava o mnoho čistější a udržitelnější, než v současnosti. [19]

Dalšími důležitými projekty v oblasti udržitelné mobility jsou koncepty chytrých měst, tzv. „smart city“. Tento koncept využívá moderní technologie takovým způsobem, aby docházelo ke spolupůsobení několika odvětví, např. mezi dopravou a energetikou atd. Tyto technologie využívají různé druhy systémů o vysoké inteligenci. Počínaje senzory nebo detektory a zpracováváním kosmických snímků konče. Všechny tyto systémy zvyšují efektivitu dopravy v daných lokalitách a zároveň minimalizují použité zdroje.

Pokud budeme konkrétní, do budoucna se v takovýchto moderních městech počítá například s velkoplošným rozšířením nabíječek elektromobilů, kde plné nabití baterie bude otázkou pouhých několika minut. Elektrická energie pro tyto nabíjecí stanice bude získávána z fotovoltaických panelů umístěných na střeších budov ve městě. Přibude více vozidel městské hromadné dopravy, které budou poháněny elektřinou z obnovitelných zdrojů, získanou pomocí solárních panelů nebo vodíkem. Pozadu nezůstanou ani tramvaje, metro či podzemní dráha. Tyto vlaky budou v budoucnosti řídit počítače, což umožní zkrácení intervalů jízd mezi jednotlivými soupravami a tak bude tento druh městské hromadné přepravy schopný přepravit větší množství lidí za kratší dobu. Moderním technologiím se však nevyhnou ani takové drobnosti, jako jsou odpadkové koše. Pokud dojde k jejich naplnění, automaticky svůj obsah stlačí malým vestavěným lisem a vytvoří tím nové místo pro další odpad. Ve chvíli, kdy dojde k úplnému naplnění nádoby, zavolá si odpadkový koš zcela sám popelářský vůz na jeho vysypání. Ušetří se tak čas i zbytečné jízdy vozidel komunálních služeb k poloprázdným nebo prázdným nádobám. [20] [21]

Vzhledem ke všem výše zmíněným skutečnostem se jako dopravní prostředky budoucnosti jeví vozidla s vodíkovým nebo elektrickým pohonem. Tato vozidla vytváří minimální lokální znečištění a neprodukují žádné zdraví nebezpečné výfukové zplodiny. Bavíme se o využití především ve vozech městské hromadné dopravy, ve vozidlech zásobování nebo komunálních služeb.

Problémové může být uchovávání elektrické energie v akumulátorech, které značně ovlivňují dojezd vozidla, z čehož plyne další problém s hledáním nabíjecích míst. V případě městských dopravních prostředků však tyto nevýhody nejsou tak palčivé. Jelikož se tato vozidla pohybují jen v určitém vzdálenostním okruhu po městě, případně na jeho periferiích, není jejich kilometrový proběh tak velký. Navíc se v případě vybití baterií dají vystřídat dalším vozem, připraveným například v depu městské dopravy nebo areálu komunálních služeb. Tyto areály by také nebylo těžké vybavit potřebnou infrastrukturou k nabíjení akumulátorů.

1.1 Zásobování měst

Zásobování měst je velmi důležitou a nedílnou součástí každého většího města. Bez něj by města nemohla existovat. Ať už se jedná o zásobování jídlem, spotřebním zbožím nebo čímkoliv jiným. Nejpalčivějším problémem se stávají především centra měst s mnohdy historickým jádrem. Jejich úzké uličky vylučují provoz jakýchkoliv větších nákladních aut. A rozšiřování nebo snad dokonce demolice a následně nové budování dopravní infrastruktury kvůli zásobování je nesmysl. Navíc se v těchto úzkých uličkách poměrně dlouho drží výfukové zplodiny.

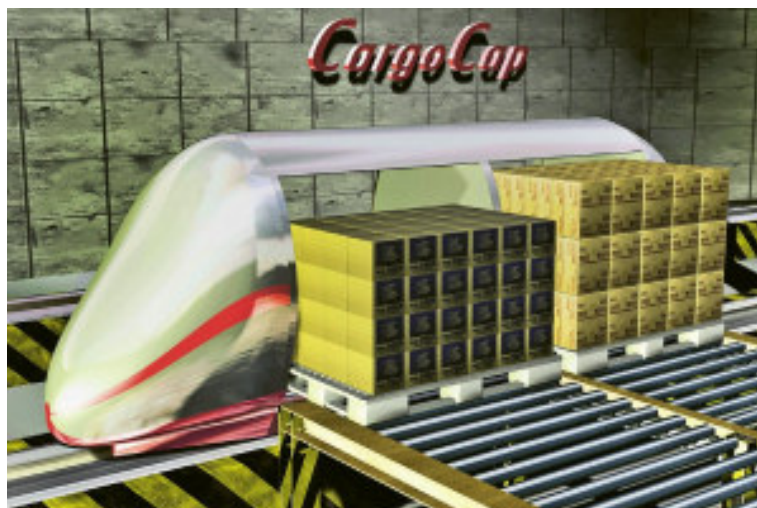
Tento problém se dá vyřešit použitím bezemisních dopravních prostředků. Nabízejí se například užitková vozidla poháněná elektromotorem. Neprodukují žádné emise, neznečišťují vzduch a jsou tichá, což je další nesporná výhoda. Navíc uvezou téměř stejné množství nákladu, jako vozidla se spalovacím motorem. Ještě ekologičtějším dopravním prostředkem se pak nabízí obyčejná jízdní kola. Při úpravě na jakousi trojkolku a přidání malé nástavby se dají použít také k rozvozu zboží nebo zásobování. Jejím použitím by došlo k významnému odlivu automobilové dopravy z centra měst. Na druhou stranu neuvezou příliš mnoho nákladu.

Lze také zvolit úplně jinou a mnohem radikálnější cestu. V těchto chvílích probíhá v Německu testování projektu „CargoCap“. Tento projekt počítá se stažením zásobování a logistiky do tunelů pod centra měst. Slibuje si od toho výrazné zlepšení ekonomické i ekologické v oblasti zásobování obchodních domů a podniků v městských aglomeracích. Přepravní vozíky mají jezdit v tubusech o průměru 160 – 200 cm v hloubkách 5 – 20 metrů pod zemským povrchem. Vozíky zde dosahují rychlosti až $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a jsou schopny pojmout dvě europalety o celkové hmotnosti nákladu až 2 000 kg. Pohon těchto vozíků zajišťuje elektromotor o příkonu 7 kW, jenž je napájen bezkontaktně indukčním systémem o napětí 500 V z postranní proudové kolejničky. Samotná konstrukce tohoto dopravního prostředku je tvořena jakousi kapslí s pláštěm z vyztužených plastů. Kola se obejdou bez okolků a vozíky jsou vedeny pomocí odpružených rolen po boku kolejničky. Ty mají rozchod 800 mm.

Každý obchod nebo podnik by měl svojí vlastní „zastávku“ s odstavňou kolejí, kde by se vozíky vykládaly buďto pomocí paletových vozíků ručně, nebo roboticky. Následná distribuce do skladu zákazníka by byla vyřešena automatickým výtahem či transportérem. Samotné řízení všech vozíků na „trati“ by byl řízen z centrálního dispečinku počítači za využití různých senzorů a čidel v tubusech. K rozeznání cílové adresy, kam se má zboží doručit by se používaly identifikační RFID štítky.

Kromě výše zmíněných výhod provozu vychází výhodně i budování a výstavba infrastruktury pro tento druh dopravního prostředku. Tubusy by se razily pomocí malých tunelovacích fréz s protlačovací hydraulikou. Díky této technologii je minimální zábor ploch v místech výstavby, a když už, tak jen krátkodobé. Další výhodou je pak cena. Oproti budování klasické silnice na povrchu v podobných podmínkách vychází ražení dvoutunelového tubusu více než 6x levněji, respektive 3 miliony eur za kilometr versus 20 milionů eur za kilometr.

Do budoucna se kromě městské přepravy zboží podzemními tunely počítá i se spojením měst po celé zemi. V tomto případě by vozíky mohli jezdit až v tubusech o průměru 4 metry, 60 kilometrovou rychlostí a byly by schopny převést zboží o hmotnosti až 20t. [25]



Obrázek 1 - Zásobovací systém CargoCap [25]

1.2 Obslužnost měst

Každé větší město se zpravidla vyznačuje svojí vlastní městskou hromadnou dopravou, která slouží k vnitroměstské přepravě osob mezi jednotlivými částmi města. Například při dojíždění do zaměstnání, za kulturou a jinými aktivitami. Aby byla uspokojena potřeba lidí na jejich přepravu po městě, je třeba, aby každé město mělo vybudovanou svojí síť městské veřejné dopravy v dostatečné dimenzi. Ať už se jedná o autobusy, trolejbusy nebo tramvajové linky. Ve velkých městech je to pak navíc metro nebo nadzemní dráha. Městská veřejná doprava má oproti individuální automobilové dopravě tu výhodu, že se do jednoho vozu takového dopravního prostředku vejde o mnoho lidí více, než do obyčejného automobilu. Pokud by tak byla využívána většinou lidí ve městech, výrazně by se zvýšila propustnost především center měst. Další věcí je zlepšení kvality ovzduší a omezení hluku. Tramvajová nebo třeba trolejbusová je v tomhle ohledu ideální.

Pokud se zaměříme na kolejovou dopravu, můžeme se v budoucnu těšit na metra a podzemní dráhy, řízené na dálku pomocí počítače. Také je v plánu zvýšení propustností tratí a zkrácení intervalů mezi jednotlivými spoji. Díky tomu tak dojde k přepravě více lidí za kratší čas. Jelikož kolejová doprava je považována za páteřní typ městské dopravy, jsou tato opatření na místě. [20] [21]

Aby mohli městskou dopravu využívat i lidi, dojíždějící sem z mimoměstských nebo příměstských oblastí, jsou budovány moderní přestupové terminály auto – MHD. U takovýchto přestupních uzlů jsou budována parkoviště typu P+R (park and ride), tedy zaparkuj a jeď. Po příjezdu do takového přestupního místa, zpravidla umístěném někde na okraji města, zaparkujete auto na P+R parkovišti a pomocí veřejné dopravy se dostanete do centra měst. Nejenže nebudete muset řešit parkování v centru a cesta kupříkladu metrem bude i rychlejší ale ušetříte tak i životní prostředí a lidi žijící v centru od hluku z Vašeho auta. A zvýšíte propustnost silnic v centru města.

Pokud se budete pohybovat na delší vzdálenosti v rámci centra města a použijete k tomu jízdní kolo, můžete využít pro změnu služby B+R (bike and ride). Toto parkoviště je založeno na stejném principu, jako výše zmíněné pro automobily. Jen v tomto případě se jedná o stojany na kola. V některých městech můžete využít také služby sdílených jízdních kol.

V současných moderních městech už se můžeme běžně setkat také s bezemisními autobusy městské hromadné dopravy. Mimo naftových autobusů s agregáty podle nejnovějších euro norem jsou to pak většinou autobusy čistě elektrické, na vodík nebo CNG. K autobusům, které potřebují nabíjet svoje trakční baterie, budou kromě nabíjecích stanic, umístěných v depu sloužit také indukční nabíječky. Tento druh dobíječek bude umístěn na konečných stanicích linek autobusů, případně na některých zastávkách na trase linky a dobíjet autobus při odbavování cestujících na zastávce a při čekání na konečné linky. Baterky by po tomto nabytí měly být schopny zásobovat elektromotor autobusu elektrickou energií po celou dobu jízdy ze startovní stanice linky na konečnou. Takovýto projekt se už několik let úspěšně testuje v německém Braunschweigu, kde tyto autobusy už bez problémů najely přes 100 000 kilometrů. [26]



Obrázek 2 - Bezemisní elektrický autobus s funkcí indukčního dobíjení [26]

1.3 Komunální služby

Dalším druhem dopravy, kterým se inovace v podobě udržitelné mobility nevyhnou, jsou vozidla sloužící v městských správách a komunálních službách. Mluvíme o velkých vozidlech typu popelářská auta, svážející odpad z velkých kontejnerů ale i o menších užitkových vozidlech, jako jsou různé Multicary a podobně. Ty se zpravidla zabývají například svozem odpadů z malých odpadkových košů umístěných různě po centrech měst nebo třeba svoz biologického odpadu při údržbě parků a podobně.

U těchto typů vozů se naplno projeví nedostatky a nevýhody klasického spalovacího agregátu ve spojitosti s městskou zástavbou. Není nic horšího, než když pod vaším oknem zastaví popelářské auto v 5 hodin ráno a za stále běžícího, kouřícího a hlučícího motoru začne vysypat kontejnery. Navíc toto zbytečné běžení motoru naprázdno je velmi neefektivní a neekologické.

Tento problém částečně pomáhají vyřešit popelářské vozy, jejichž agregáty spalují zemní plyn. Jsou více přívětivé k životnímu prostředí, což se emisí týče. Ostatní nevýhody ale příliš neřeší. Úplným řešením těchto problémů by mohly být plně elektrické popelářské vozy. Při krátkých trasách po městě, kdy se navíc často zastavuje a motor běží naprázdno, je tohle řešení ideální. Stejně tak v případě výše zmíněných malých užitkových vozidel.

Pilotní projekty elektrických vozidel v komunálních službách aktuálně běží například ve Vídni. Vozidlo MAN má plně elektrický pohon, včetně ovládání lisu a nástavby. Svoji trasu má tento popelářský vůz vytyčenou v centru města. Dojezd by měl být více, než 100 kilometrů. V této kilometrové vzdálenosti je započítán sběr odpadu na dané trase, včetně vysypání odpadu. [27]

Ještě razantnějšími opatřeními se začali řídit v americkém Los Angeles. Také zde sázejí na plně elektrické popelářské vozy. Los Angelesští radní se rozhodli, že od roku 2022 přestanou kupovat vozidla s klasickým spalovacím motorem úplně. Do roku 2035 pak chtějí plně elektrizovat svoji flotilu popelářských vozů. Ještě odvážnější je pak nápad do roku 2045 používat na nabíjení těchto vozidel pouze energii z obnovitelných zdrojů. Jejich provoz by pak byl 100% ekologický. [28]



Obrázek 3 - Elektrický popelářský vůz jezdící v ulicích Vídně [27]

1.4 Udržitelná mobilita v praxi

1.4.1 Vídeň

Podíváme-li se na konkrétní plány udržitelné mobility měst, zjistíme, že skutečně fungují. Příkladem nám může být rakouské město Vídeň. V roce 2011 cestovalo městskou hromadnou dopravou asi 875 milionů cestujících. O 7 let později, tedy v roce 2018, již služeb městské dopravy využilo cestujících o 91 milionů více. Navzdory těmto skutečnostem ale město Vídeň za těchto 7 let ušetřilo 82 GWh energie. A to přesto, že jeho dopravní podnik v této době také zaváděl nové linky dopravy nebo zkracoval intervaly mezi jednotlivými spoji. Jak toho dosáhl? Více než polovinu úspor energie mají na svědomí nové, moderní autobusy s nejnovějšími agregáty EURO 6, které značně omezily spotřebu nafty a znečištění životního prostředí. Nemálo se na této úspoře podílely také trolejbusy, jezdící od roku 2012 v centru města. Další roli zde sehrály nově využívané technologie u vozů metra a tramvaje. Díky systému rekuperace elektrické energie, využívaném u tramvají, se podaří rekuperovat a následně vrátit zpět do napájecí soustavy až 30% použité energie. Metro pak využívá nové inovativní techniky „Brake Energy“. Tato technologie využívá brzděnou energii souprav, zastavujících na jednotlivých zastávkách. Vytvořená energie je použita na rozjezd soupravy metra odjíždějící z koleje v opačném směru. Pokud tu žádné metro zrovna nejede, je tato energie uložena zpět do elektrické sítě dopravního podniku, který jí následně použije například pro pohon výtahů, eskalátorů nebo provoz osvětlení. [22]

Do budoucna Vídeň počítá s náklady až 7 milionů euro na vybudování potřebné infrastruktury pro provoz elektromobilů. Do konce roku 2020 by měl počet nabíjecích stanic pro elektromobily dosáhnout počtu tisíc kusů. Touto investicí bude zaručeno, že vzdálenost mezi jednotlivými nabíječkami ve městě bude maximálně 400 metrů. Provozovatel Wien Energie zároveň tvrdí, že všechny nabíjecí stanice jsou napájeny 100% ekologickým elektrickým proudem, pocházejícím z větrných elektráren. [23]

1.4.2 Praha

Pozadu nezůstává ani tuzemská Praha. Také naše hlavní město počítá s rozsáhlými investicemi a modernizacemi infrastruktury a dopravních prostředků. Pražská radnice se snaží hodně sázet na kolejovou příměstskou dopravu a metro. V horizontu následujících let je tedy v plánu vybudování kvalitního železničního spojení Prahy s vzdálenějšími

Kladnem, Mladou Boleslaví ale také letištěm Václava Havla. Najde se totiž dost lidí, kteří z těchto měst dojíždějí do Prahy za prací a pokud neexistuje žádné vhodné spojení hromadnou dopravou, jsou nuceni jezdit autem a tím pádem například zvyšují hustotu provozu v centru města a to vše má neblahé následky pro město a jeho infrastrukturu. V infrastruktuře městské kolejové dopravy je tak v plánu vybudování nové linky metra D „Pankrác – Depo Písnice“. V tomto depu je v plánu vybudování přestupního uzlu s parkovišti P+R a následný přestup na metro. Prioritou je metrem nahradit alespoň částečně nestálou autobusovou dopravu. Dalším plánem je vybudování tramvajové trati v úseku „Nádraží Podbaba – Suchdol“. Dále je třeba zajistit dostatečnou kapacitu a operativnost této dopravní sítě. Vzhledem k tomu, že tramvaje, jako takové, využije třetina cestujících jedoucích veřejnou dopravou v Praze, je investice do tohoto druhu dopravy namístě. U všech druhů kolejové dopravy by také mělo dojít ke snížení časových intervalů mezi jednotlivými spoji a jejich vzájemnou návazností.

V oblasti zásobování města Prahy se do budoucna počítá s nízkou emisí nebo dokonce plně bezemisní dopravou zboží, včetně druhů dopravy, jako vodní, kolejové a cyklistické. Také bude omezena a někde úplně zakázána doprava zboží do centra velkými nákladními vozidly. Řešením je vypracování nové celoměstské strategie city logistiky, která všechny výše zmíněné plány bude řešit.

S využíváním městské hromadné dopravy plně koresponduje příměstská doprava nebo doprava individuální na okraj města. Budoucí plány na rozvoj města plánují s výstavbou parkovišť typu P+R u stanic páteřních sítí, jako je například metro (viz předchozí odstavec). Lidé, dojíždějící z příměstských oblastí za prací, zde nechají zaparkované svoje auto a přestoupí na hromadnou dopravu. Tento odstavňový systém pomáhá regulovat individuální automobilovou dopravu a pomáhá přetíženým oblastem města. Podobným způsobem fungují parkoviště pro jízdní kola (B+R). Situování těchto parkovišť může být i v centru města. Udržitelná mobilita měst totiž počítá s využitím jízdního kola, jako dopravního prostředku na nejkratší vzdálenosti, právě například v centrech měst.

Jízdní kola se dají zařadit mimo jiné do seznamu „sdílených dopravních prostředků“. Praha prozatím v tomto druhu dopravy výrazně zaostává, to by se však v budoucnu mělo změnit. Využíváním sdílených dopravních prostředků se docílí zlepšení kvality ovzduší ve městech a obecně přispějí k lepší mobilitě osob v Praze. Na stejném principu bude fungovat i sdílení automobilů, ideálně pak s využitím alternativních pohonů.

Ani Praze se nevyhne „elektrifikace“. Pilotní projekty, zaměřující se na různá nová technologická řešení v oblasti elektromobility městských dopravních prostředků, směřují ke vzniku koncepce elektrifikace autobusových linek v Praze. Tím by se mělo omezit znečištění ovzduší a přispět tak k lepší kvalitě života Pražanů. Na druhou stranu plán udržitelné mobility nezapomíná ani na majitele elektromobilů. Kromě odpouštění všelijakých poplatků a vyhrazených

parkovacích míst v centru města, mají k dispozici až 100 nabíjecích stanic po celé Praze. Ve srovnání s jinými evropskými městy je to však prozatím velmi málo. Proto do budoucna vzniknou nová nabíjecí místa například u sloupů veřejného osvětlení.

Pokud Praha v budoucnu dodrží všechny výše zmíněné plány, slibuje si od toho následující čísla: zvýšení počtu registrovaných elektromobilů z 1 060 na 56 000, plocha území s překročenými limity znečištění ovzduší bude 0%, podíl kolejové dopravy v počtu přepravovaných cestujících se zvýší ze 67,29% na 72% a počet automobilů, projíždějících centrem, se sníží z 530 000 na 464 000. [24]

2 Pohony ve vztahu k udržitelné mobilitě

Jak již bylo zmíněno výše, udržitelná mobilita znamená ve zkratce její zlepšování a inovování do budoucna tak, aby bylo cestování dopravními prostředky možno i v budoucnu v horizontu desítek let. Důležitou otázkou budoucnosti tak zůstává, které palivo bude hrát v následujících letech hlavní roli v pohánění dopravních prostředků. Ačkoliv dnešní benzínové a dieselové motory jsou na vysoké technické úrovni, vzhledem k jejich neodstranitelným nedostatkům je třeba je nahradit jinými, alternativními pohony.

2.1 Stávající pohony

Stávající pohony vozidel zahrnují spalovací benzínové a dieselové motory, jichž existuje spousta druhů a variant. Palivo pro tyto konvenční pohony se však vyrábějí z ropy, což je neobnovitelný přírodní zdroj. To znamená, že v horizontu několika následujících desítek let dojde pravděpodobně k vyčerpání většiny nalezišť a těžebních míst ropy. Tedy vozidla, používající agregáty na naftu nebo benzín nejsou z hlediska udržitelné mobility perspektivní. Navíc při jejich spalování, stejně jako při zpracování ropy, dochází k uvolňování zdraví a přírodě škodících látek.

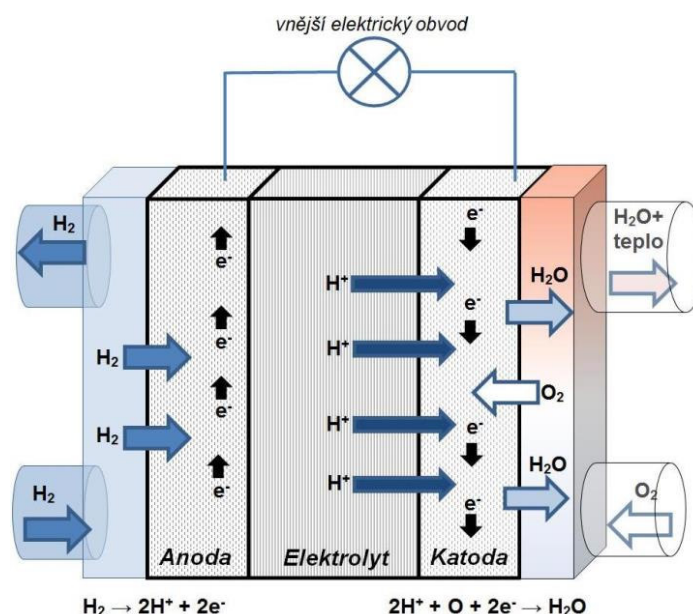
2.2 Alternativní paliva

Již dnes se tyto druhy paliv pohonů ve větší či menší míře uplatňují v různých dopravních prostředcích. Ať už v klasických automobilech nebo v hromadných dopravních prostředcích. Jedná se především o vozidla na elektřinu, vodík nebo CNG (zemní plyn).

2.2.1 Vodíkové palivové články

Jedním z možných paliv budoucnosti jsou vozidla, o jejichž pohon se stará vodík. Může se jednat o dvě varianty pohonu. První možností je, že vozidlo je vybaveno klasickým spalovacím agregátem, který místo benzínu či nafty spaluje vodík. Druhou, více preferovanou možností je využití vodíku v palivových článcích. V nich se vyrobí elektrická energie, která následně pohání elektromotor vozidla.

Vozidlo jezdící na vodík je tedy standardně vybaveno elektromotorem, bateriemi a palivovými články. V palivových článcích probíhá v podstatě opačná reakce, než je elektrolýza. Z vodíku se na anodě odštěpují volné elektrony. Ty při průchodu vnějším obvodem palivového článku vytvoří kýženou elektrickou energii. Kationty vodíku procházející skrz elektrolyt se po sloučení se vzdušným kyslíkem, který je sem vháněn pomocným ventilátorem, a s elektrony z vnějšího obvodu článku na katodě, mění ve vodní páru.



Obrázek 4 - Schéma procesu tvorby elektrické energie ve vodíkovém palivovém článku [30]

Provoz vodíkových palivových článků je tedy z hlediska odpadních látek naprosto ekologický. Odpadní látky jsou tvořeny jen vodní parou. Co se samotného vodíku týče, v současnosti vzniká v největším množství jako odpadní produkt při zpracování fosilních paliv. Pracuje se ale na celé řadě projektů, jejichž cílem by měl být vodík vyroben například pomocí elektrolýzy štěpením vody, přičemž použitá elektrická energie by měla být plně zelená z obnovitelných přírodních zdrojů.

Velkou nevýhodou vodíkového pohonu je v současnosti, především pro individuální dopravu, velmi řídká síť tankovacích stanic. Většina jich je umístěna právě například v autobusových depech, kde jsou autobusy na vodík provozovány. Doba tankování vodíku se příliš neliší od tankování benzínu nebo nafty. Nezabere vám více, než pár minut. Navíc je levnější, takže ve srovnání s konvenčními pohony při provozování vodíkového vozidla ušetříte.

Na druhou stranu určitá nevýhoda vodíku plyne z jeho fyzikálních vlastností a to z objemu. Kilogram klasického benzínu má objem 1,3 litru. Stejná hmotnost vodíku zabere 11 metrů krychlových. Aby se tedy vodík dal uchovávat v nádržích přijatelné velikosti, je potřeba ho stlačit na nějakých 350 - 700 atmosfér v závislosti na typu vozidla. Tohle stlačení nás však stojí 20% energie samotného vodíku. Díky tomu, že vodík obsahuje až třikrát více energie, než srovnatelné množství benzínu, se to však stále vyplatí.

Uchovávání vodíku pod vysokým tlakem sebou nese poměrně přísné podmínky a normy na nádrže. Aby byly za všech okolností bezpečné, jsou dimenzovány na trojnásobně větší tlak, než je vodík v nich uchováván. Také například při proražení nádrže se nesmí prasklina nijak zvětšovat. To vše je navíc pečlivě sledováno senzory a čidly. Každých zhruba deset let navíc musíte provést výměnu nádrží za nové. Tyto všechny věci pak velmi zdražují vozidla na tento alternativní pohon.

Co se dojezdu týče, městské autobusy, které jsou v současnosti provozovány na tento pohon, mají dojezd zhruba 300 kilometrů na jedno natankování, což je vzhledem k městskému provozu dostatečná hodnota. [29] [30]

Se zajímavým projektem přišlo v roce 2018 ÚJV Řež. Na střeše budov v areálu této firmy jsou umístěny fotovoltaické panely, vyrábějící za slunečního počasí čistou elektrickou energii. Tato energie pak přímo zásobuje nabíječku pro elektromobily umístěnou v areálu firmy. Energie, která se nespoteřebuje, je pomocí elektrolyzátoru přeměňována na vodík. Jakmile pak nastane

okamžik, kdy střešní panely nemůžou vyrábět elektřinu, například při zatažené obloze nebo v noci, je energie uložena ve vodíku pomocí palivových článků převáděna zpět do formy elektrické energie. [37]



Obrázek 5 - TriHyBus - městský autobus, jezdící na vodík [29]

2.2.2 CNG (zemní plyn)

Dalším z alternativních paliv je CNG (Compressed Natural Gas), tedy zemní plyn. Jeho zásadní výhodou, a tedy možné využití jako většinového paliva budoucnosti, je fakt, že probíhají výzkumy, které mají za úkol vyvinout syntetický zemní plyn za použití obnovitelných zdrojů. Ačkoliv v současnosti je jeho těžba spojována s ložisky uhlí a těžbou ropy. Další výhodou je, že pokud se rozhodneme toto palivo využívat jako pohon svého vozidla, stačí provést přestavbu klasického zážehového spalovacího agregátu na spalování zemního plynu. Při spalování CNG se navíc produkuje minimum zdraví a životnímu prostředí škodlivých látek. Když srovnáme motor spalující naftu s agregátem na CNG, zjistíme, že spalováním zemního plynu se produkuje o 95% oxidu uhelnatého méně, než u spalování nafty. A nejen to. Také třeba o 25% méně nespálených uhlovodíků a i o 75% méně pevných částic. Stlačený zemní plyn je totiž tvořen především nejjednodušším uhlovodíkem metanem, což při spalování vytvoří o dost méně škodlivin, než u nafty, která je naopak chemicky složitá. Pokud si porovnáme tyto dva pohony například ve využití v městské dopravě, má alternativní CNG značně navrch.

Určitá nevýhoda plyne, podobně jako u vozidel na vodík, ve vysokotlakých nádržích použitých ke skladování tohoto plynu. CNG se totiž na rozdíl od benzínu tankuje v kilogramech, přičemž 1kg CNG odpovídá asi 1,4l benzínu a 1,3l nafty. Zároveň je ale levnější než tato konvenční paliva, takže provoz vozidla, spalujícího zemní plyn je výhodný. Díky svým vlastnostem a vysokému oktanovému číslu navíc zemní plyn tolik neopotřebovává motor: CNG se nemísí s olejem, maziva tak mají lepší vlastnosti a delší životnost, zemní plyn má čisté složení nedochází k zanášení svíček a také třeba menší náchylnost ke klepání motoru.

Jednou z větších nevýhod, tak jako u vozidel na vodík, je řídká síť čerpacích stanic, poskytující tento alternativní druh paliva. Většina se jich navíc nachází například v nepřístupných

areálech městských dopravních podniků, které využívají městské autobusy na tento alternativní pohon, nebo jsou skoukromé. Na druhou stranu, míst s možností natankovat CNG stále přibývá. Vliv na to má dozajista i ten fakt, že továrně přestavěné automobily na zemní plyn se dnes již prodávají běžně. Do budoucna je to tak jistě zajímavá alternativa k dnešním konvenčním palivům. [31] [32]



Obrázek 6 - tankování zemního plynu [31]

2.2.3 Elektřina

Poslední dobou velmi rychle se vyvíjející a v současnosti asi nejrozšířenější alternativním pohonem je čistě elektrická energie. V tomto případě je potřebná elektrická energie dodávána elektromotoru přímo z baterií, uložených ve vozidle. Baterií může být spousta druhů a díky tomu mají i různé vlastnosti mající vliv na životnost, dojezd či váhu vozidla. Zároveň jsou také nejslabším pomyslným článkem celé koncepce vozidel jezdících na elektrický proud. Dnešní technologie totiž ještě nedokáží uchovávat energii lépe, než v bateriích. Ačkoliv jejich vývoj již prošel obrovským pokrokem a do budoucna můžeme počítat s dalším zlepšováním jejich parametrů, stále má tento alternativní pohon dost nevýhod.

Předně je to potřeba dobíjení baterií. I ty nejlepší elektromobily dnes nedokáží ujet víc než nějakých 300 - 400 kilometrů na jedno dobití a to ještě jen za ideálních podmínek. Poté je potřeba baterie nabít. Může se tak stát prostřednictvím speciálních nabíječek elektromobilů ale jde to i doma v garáži klasickým kabelem. Další nevýhodou je rychlost dobíjení. I ty nejrychlejší nabíječky na to potřebují řádově desítky minut. Dojezd je navíc ovlivněn také například počasím a teplotou.

S elektrickým pohonem se ale pojí i dost výhod. Předně je to naprosto ekologický pohon, kdy vozidlo neprodukuje žádné výfukové plyny ani jiné škodlivé látky. Pokud pak navíc elektrická energie z nabíječky pochází z obnovitelných zdrojů, provozování takového automobilu je velmi ekologické. Díky tomu, že elektromobil se obejde bez klasického spalovacího motoru a namísto něj si vystačí s elektromotorem, je jeho údržba výrazně jednodušší. Také provozní náklady jsou minimální. U elektromotoru odpadá například výměna oleje, spojky a jiných se

spalovacím motorem se pojících pohyblivých částí. Vozidla jezdící na elektřinu jsou navíc velmi tichá, což je ve městech a především v jejich centrech velmi využitelná výhoda.

Co se infrastruktury týče, jsou ze všech alternativních pohonů nabíječky pro elektromobily rozšířeny asi nejvíce a jejich počty každý rok stoupají. Můžeme je najít na parkovištích u supermarketů, v podzemních garážích obchodních domů a podobně. Jak již bylo napsáno výše, elektromobil jde dobít i v domácích podmínkách z klasické domácí zásuvky. V takovémto případě sice trvá dobítí akumulátorů podstatně déle, ale při nabíjení vozidla například přes noc se tato nevýhoda eliminuje.

Vozidla na elektrický pohon jsou dnes již celkem běžnou součástí našich cest, i když pořád ne tak běžnou, jako například v severských zemích. Hojně je využívají i dopravní podniky při provozování autobusů, nebo trolejbusů s trakčními bateriemi. V případě městské hromadné dopravy na elektrický pohon je dojezd v řádech 200 – 300 kilometrů na jedno nabití baterií dostačující. Přes noc nebo po skončení směny pak není problém vozidla znovu nabít. Dobíjení ale může probíhat i bez kabelu, indukčně nebo pomocí nabíjecího pantografu, například na konečných stanicích nebo ve vybraných zastávkách. Obdobného konceptu používání elektrických užitkových vozidel se používá například i v technických a komunálních službách. [33] [34]



Obrázek 7 - Elektrický autobus u "pantografové" nabíječky [34]

2.3 Zhodnocení

Vzhledem k tomu, že do budoucna se počítá s tím, že naleziště a zásoby ropy budou v řádech desítek let vyčerpány, je potřeba najít jiný, alternativní pohon, který bude pokud možno pocházet z obnovitelného přírodního zdroje a nebude zatěžovat životní prostředí stejně, jako agregáty využívající ke svému pohybu deriváty ropy – benzín a naftu. Jako ideální alternativy se jeví výše zmíněné 3 druhy pohonů.

Všechny 3 alternativní pohony přírodní prostředí zatěžují výrazně méně, než konvenční spalovací motory.

Pokud se zaměříme na palivo, jako takové, zaostává vodík, jenž v současné době vzniká především jako odpad při zpracování ropy a jeho výroba v masovém měřítku není ještě plně

vyřešena. Zemní plyn je na tom dost podobně. Jediná elektrická energie v současnosti může být vyráběna 100% z obnovitelných zdrojů.

Na druhou stranu, výhodou CNG oproti dvěma ostatním palivům je jeho skladnost, podobně jako benzínu. Nádrže na jeho skladování nejsou tak velké a neskladné a vozidlo poháněné tímto pohonem se obejde bez akumulátorů, což je značná výhoda. Také na nádrže nejsou kladeny tak velké bezpečnostní nároky jako u vodíku.

Pokud si shrneme všechny výše zmíněné informace a výhody a nevýhody pro jednotlivá alternativní paliva ve vztahu k udržitelné mobilitě se zaměřením především na využití ve městech, vychází nám nejlépe vozidla na elektrický pohon. Potřebují sice ke svému provozu akumulátory a nabíječku ale při přihlédnutí k městskému provozu takovýchto vozidel se tyto nevýhody značně eliminují (nabíjení na konečných zastávkách, indukční dobíjení, dobíjení přes noc...). Stejně tak dojezd je v těchto případech dostačující. A při uvažování čisté elektrické energie z obnovitelných zdrojů, je pak tato koncepce ideální volbou pohonu a mobility do budoucna.

3 Technika malých užitkových vozidel současnosti

V dnešní době existuje nespočet různých konstrukčních a technických řešení automobilů. Pokud se zaměříme na techniku těchto užitkových vozidel, jako takovou, zjistíme, že hlavními provozními komponenty, bez kterých se tyto automobily nemůžou obejít, jsou především motor, řízení, převodovka a brzdový systém. V závislosti na typu vozidla se tyto důležité komponenty mohou lišit, ať už konstrukčně, proporčně či typově. Největší rozdíl nastává mezi automobily s elektromotorem a vozidly pod jejichž kapotou pracuje agregát spalovací. S tímto rozdílem se pak následně pojí například i změna převodovky vozidla nebo přidání trakčních baterií do některé části vozidla. Tato část práce je zaměřena na techniku současných, malých, užitkových vozidel se spalovacím a elektrickým motorem.

4 Motory

4.1 Elektrické motory

Elektro motory se dělí do několika kategorií podle svoji konstrukce, vlastností a proudu, kterým jsou napájeny.

Elektrické motory			
Střídavé (AC)		Stejnoseměrné kartáčové (DC)	Stejnoseměrné bezkartáčové (BLDC)
Asynchronní	Synchronní		

Tabulka 1 - Rozdělení elektrických motorů

Použití různých materiálů, technologií nebo konstrukce se u každého z elektromotorů trochu liší, princip fungování je ale vesměs u všech motorů stejný. Každý elektromotor se skládá ze dvou základních částí a to rotoru a statoru. Rotor je část, která se otáčí okolo statoru. Je tvořena magnetickým obvodem a vinutím. Naopak stator je část motoru umístěná na pevně. Je tvořen magnetickými póly z plechů, které jsou upevněny ke kostře statoru. Na statoru bývají

přípevněny cívký vinutí, magnety, elektromagnety atd., které vytvářejí magnetické pole. Samotný princip elektromotoru vychází z účinků vzájemných silových působení v magnetických polích. Ve zkratce řečeno jde o elektromagnety vzájemně se odpuzující a přitahující. Tohle vzájemné na sebe působení magnetických polí vytváří točivý moment následně přenášený na hnací hřídel elektromotoru. Jejich polaritu a sílu řídíme pomocí elektrického proudu. [2]

V elektromobilech nalezneme nejčastěji BLDC motory a střídavé asynchronní motory.

4.2 Spalovací motory

Spalovací motor je tepelný stroj využívající teplo a následně energii, získanou z paliva. Ta poté působí na pohyblivé části motoru a zajišťuje tak jeho chod. [3]

Tyto motory mohou být rozděleny podle typu, konstrukce nebo použitých materiálů do spousty skupin. Základní rozdělení, podle spalovaného paliva, je na motory zážehové a vznětové. (viz tabulka).

Spalovací motory	
Zážehové motory	Vznětové motory

Tabulka 2 - Rozdělení spalovacích motorů

Princip fungování spalovacích agregátů je založen, u čtyřdobých motorů, na čtyřech fázích: sání, stlačení, zážeh a výfuk. Nejprve se zaměříme na zážehový motor: v první fázi je do válce nasáta pohonná směs, ta je v druhé fázi stlačena válcem, zahřáta a zapálena zapalovací svíčkou. Tento výbuch směsi zapříčiní pohyb pístu směrem dolů a následný výfuk spalín.

V případě vznětového je rozdíl v tom, že v první fázi se do válce nasává pouze vzduch a směs je vstříknuta přímo do válce těsně před stlačení vzduchu válcem. Navíc je tato směs zapálena sama, samovznícením, bez pomoci zapalovací svíčky. [4]

5 Akumulátory (baterie)

Akumulátory, nebo také jinak baterie, jsou nezbytnou součástí vozidel s konvenčními pohony. Jejich funkcí je uchovávat nebo přijímat a následně dodávat elektrickou energii elektromotoru vozidla. Baterie fungují na elektrochemickém principu, kdy proud, který prochází elektrochemickým akumulátorem, způsobí vratné chemické změny. Ty se projevují tak, že elektrochemický potenciál na elektrodách je rozdílný. Díky tomu dostaneme z baterie elektrickou energii. Základní veličinou měřící uloženou energii v akumulátoru jsou ampér hodiny. Při navrhování elektromobilu existují určité vlastnosti a veličiny, které jsou pro nás velmi důležité, proto na ně musíme klást zvláště velký důraz. [6]

Měrná energie [$W \cdot h \cdot kg^{-1}$] – je jednou z nejpodstatnějších vlastností baterií. Na jejím základě určíme dojezd elektromobilu. Čím větší je tato hodnota baterií, tím má vozidlo větší dojezd. [1]

Měrný výkon [$W \cdot kg^{-1}$] – tato veličina nám určuje, jaká bude maximální rychlost a zrychlení vozu. [1]

Uložená energie [kWh] – jednotka uložené energie, která nám určuje, jaká je kapacita baterií a kolik energie se do nich vejde. [1]

Nabíjecí doba – jeden z důležitých parametrů všech elektromobilů. Pohybuje se v rozmezí hodin nebo minut, podle typu baterie a nabíječky. [1]

Životnost – velmi závisí na zacházení s bateriemi, jejich vybíjení a nabíjení nebo údržbě. Určuje, kolik najedeme kilometrů, než budeme muset akumulátory vyměnit. [1]

Cena – v současné době asi nejdůležitější aspekt všech elektromobilů. Zásadně ovlivňuje trh a rozhodování zákazníků pro konkrétní značku a vůz. Současně je velmi úzce spjata s ostatními předchozími parametry. [1]

Údržba – díky pravidelné a správné údržbě prodlužujeme životnost akumulátoru. Dnešní nové baterie jsou většinou bezúdržbové. [1]

Recyklace – je poměrně zásadní otázkou, co se stane s použitými akumulátory. Obsahují dost látek, které škodí životnímu prostředí. Recyklace je tak velmi důležitou vlastností baterií. [1]



Obrázek 8 - Umístění akumulátorů pod kapotou elektromobilu [7]

5.1 Princip funkce akumulátoru

Každá baterie je tvořena galvanickým článkem. Galvanický článek je chemický zdroj elektrického napětí. Baterie je tvořena dvěma elektrodami: anoda (záporná) a katoda (kladná). Ty jsou obklopeny kapalným nebo tuhým elektrolytem, který vede elektrický proud. Elektrické napětí v článku vzniká díky rozdílům elektrických potenciálů na elektrodách. Ten vzniká chemickou reakcí mezi elektrolytem a elektrodou. Galvanický článek je zdrojem stejnosměrného napětí.

Při uzavření článku do elektrického obvodu, což se stane připojením elektrospotřebiče, začnou uvnitř něj probíhat chemické reakce, kterými se elektrická energie v článku uložená snižuje. Akumulátor se tedy vybíjí a zásobuje spotřebič elektrickou energií.

Elektrody a elektrolyty jsou používány v takových kombinacích, aby byl potenciál na elektrodách dostatečně velký, ale zároveň aby to neohrozilo další vlastnosti článku, které jsou podstatné, např. kapacita a trvanlivost akumulátoru. Anoda je nejčastěji vyráběna například ze zinku, kadmia, lithia nebo hydridů různých kovů. Pro výrobu katody se pak používá nejčastěji manganu nebo niklu. Elektrolyt je pak tvořen roztoky alkalických hydroxidů a silných kyselin (kyselina sírová). [5]

5.2 Druhy akumulátorů

Od vynálezu baterií uplynula už nějaká doba. Není tedy divu, že za téměř sto let existence elektromobilů prošly docela velkým vývojem. Dnes existuje spousta druhů baterií používaných různými výrobci elektromobilů. Nejvíce používané jsou v současnosti asi akumulátory typu Li-on (lithium – iontové) a nikl – metalhydridové.

U elektromobilů používáme pro akumulátory název „trakční baterie“. Jsou oproti klasickým, startovacím akumulátorům, navrženy i pro totální vybití a elektrody nejsou tolik opotřebovávány při jeho vybíjení. Od klasických baterií se liší také tloušťkou elektrod. [6]

5.2.1 Olověný akumulátor

Katoda tohoto akumulátoru je tvořena oxidem olovičitým, anoda je tvořena porézním olovem. Elektrolytem je kyselina sírová s vodou. Ten může být i ve formě gelu. Vybíjením baterie se hmota záporné i kladné elektrody přeměňuje na síran olovnatý. Napětí článku je 2V, dojezd může v případě tohoto akumulátoru být 50 km na jedno dobití. Tato hodnota je však značně ovlivněna teplotou vnějšího prostředí. Životnost akumulátorů je 4 roky, počet dobíjecích cyklů asi 2000.

Jedinou výhodou oproti ostatním akumulátorům je cena. Nevýhodami jsou například nízká měrná energie a výkon a citlivost na teplotu. Akumulátor by se také měl stále udržovat v nabitěm stavu, jinak se snižuje jeho životnost. Také z ekologického hlediska nejsou olovené akumulátory žádnou výhodou, protože jsou velmi toxické. [1]

5.2.2 Akumulátor nikl – kadmium

Elektrody jsou v případě tohoto druhu akumulátoru tvořeny hydroxidem hliníku (katoda) a hydroxidem kademnatým (anoda). Elektrolyt je hydroxid draselný ředěný destilovanou vodou. Dnes se jedná o zcela bezúdržbové akumulátory s možností recyklace.

Nevýhodou těchto článků je např. jejich rychlé samovybíjení, nižší účinnost dobíjení a výraznou závislost kapacity na vybíjecím proudu a teplotě. Na druhou stranu mají vysoký počet nabíjecích cyklů, vysokou energetickou hmotnost a životnost. [1]

5.2.3 Akumulátory nikl – metalhydrid (Ni – MH)

Tento akumulátor je v dnešní době jeden z nejpoužívanějších v elektromobilech. Nalézt ho můžeme například ve vozech výrobců Chevrolet, Nissan nebo Tesla.

Jsou velmi podobné akumulátorům nikl – kadmiovým, liší se však v materiálech elektrod. Ty jsou zde tvořeny slitinou lanthanu, hliníku, manganu a kobaltu na anodě. Ta při nabíjení vytváří metalhydrid namísto kadmia, které je škodlivé.

Akumulátory nikl – metalhydrid jsou tak ekologičtější, levnější a mají vyšší množství měrné energie. Jsou však citlivější na vybíjecí a nabíjecí režim a nemají tak velkou životnost, jako baterie předchozí. [1]

5.2.4 Akumulátor lithium – ion (Li – on)

Tyto akumulátory jsou dnes velmi oblíbené a používané. Můžeme je nalézt ve spoustě spotřební elektroniky. Není tak divu, že si našly cestu i do automobilového průmyslu do elektromobilů. V praxi dodávají energii například ve vozidlech značky Toyota Prius.

Vyznačují se vysokými hodnotami energetické hustoty, pomalým samovybíjením a zároveň velkou účinností nabíjení. Stinnou stránku těchto baterií je ale fakt, že velmi rychle stárnou, čímž se snižuje jejich kapacita. [1]

6 Převodovky

Převodovka v automobilu je strojní zařízení, které umožňuje převod mezi hnacím a hnacím pohybem. Díky ní můžeme měnit rychlostní stupně a tím upravovat rychlost a otáčky agregátu vozidla. Převodovky se dají rozdělit do několika skupin podle jejich charakteru např. manuální, automatická nebo synchronizovaná a nesynchronizovaná. Zároveň s převodovkou se pojí také redukce či uzávěrka diferenciálu.

Pokud srovnáme převodovky u vozidel se spalovacím motorem a elektromobilem, dojdeme k závěru, že je zde poměrně podstatný rozdíl: vozidla, která pohání elektromotor, si na rozdíl od automobilů s motorem spalovacím vystačí pouze s jednostupňovou převodovkou. Je to dáno odlišnými charakteristikami obou agregátů. Tou nejdůležitější je točivý moment. Hodnoty, zajišťující spalovacímu agregátu potřebnou sílu se vyskytují pouze v určitých úzkých pásmech otáček. Převodovka tedy zjišťuje skloubení ideálních potřebných otáček s velkým rozsahem rychlostí.

Na druhou stranu elektromotor disponuje o řád vyššími hodnotami maximálních otáček, než u spalovacího motoru. Také momentová charakteristika je zde zcela odlišná. Elektromotor totiž disponuje nejvyšším točivým momentem v podstatě již od nulových otáček. V jeho případě se tak montáž klasické vícestupňové převodovky příliš nevyplatí a používá se tak převážně pouze jednostupňová. [8]

6.1 Redukce

Redukce převodů slouží k upravení poměrů převodů. Konstrukčně se jedná o další dvou nebo vícestupňovou převodovku. Využívá se například k jízdě vozidel v těžkém terénu, vyprošťování atd. U pracovních strojů s vícestupňovou převodovkou se jedná o tzv. plazivý převod.

6.2 Uzávěrka diferenciálu

Tímto technickým řešením jsou vybavena především pracovní a terénní vozidla. Slouží k vyproštění vozidla například při zapadnutí nebo rozjezdu vozidla při prokluzu jednoho z kol nápravy.

V praxi se zapíná např. tlačítkem v kabině vozidla. Aktivací tohoto tlačítka se zablokuje diferenciál, který rozděluje točivý moment na výstupní hřídele. Díky tomu se obě kola začnou točit rovnoměrně.

7 Trh malých městských užitkových vozidel

7.1 Užitková vozidla se spalovacími motory

V současné době můžeme na našem tuzemském trhu narazit na spoustu firem zabývajících se výrobou nebo distribucí těchto užitkových vozidel. Ve většině případů se jedná o vozidla podobných parametrů a funkcí, které pohání dieselové přeplňované agregáty. Zároveň jsou tato vozidla povětšinou vybavena uzávěrkou diferenciálu pro jízdu v těžších terénech a volitelným pohonem všech kol 4x4.

Většina těchto vozidel má za úkol především údržbu ulic ve městě a okolní zeleně za každého počasí a ročního období. V nabídce každého výrobce tak nechybí bohatá nabídka ná-

staveb a přídavných zařízení namontovatelných na konkrétní vozidlo. To může tak sloužit například jako sypač vozovek, cisterna, prostý valník ale také třeba i jako lis na odpadky nebo upravovač zeleně.

Co se legislativy týče, tato vozidla, až na výjimky, spadají do kategorie N1, takže je lze řídit i s řidičským průkazem skupiny B.

Pokud se podíváme na přednosti a nedostatky vozidel se spalovacími motory, tak pomineme-li již všechny zmíněné plusy a mínusy spalovacího motoru a elektromotoru a zaměříme přímo na užitková vozidla, je to určitě větší prostupnost terénem, protože většina vozidel nabízí pohon všech kol. Navíc jsou osazena hydraulickými systémy s předním i zadním vývodem k pohonu různých nástaveb. Také netrpí tak výraznými ztrátami výkonu a zkrácením dojezdu v závislosti na naložení vozidla. Určitě jsou ale zatíženy větší servisní náročností, než elektromobily.

Níže jsou detailněji představena některá konkrétní městská užitková vozidla, která můžeme vidět nejčastěji v ulicích měst.

7.1.1 Magma Alficar

Prvním zástupcem této kategorie jsou městská užitková vozidla italské značky Magma Alficar, jejichž distributorem je moravská firma Profi Morava s. r. o.

Jedná se o univerzální vozidla kategorie N1 poháněna vodou chlazeným, čtyřválcovým, vznětovým, přeplňovaným agregátem s nepřímým vstřikem o objemu 2970 ccm. Tento motor dosahuje maximálního výkonu 72 kW při 2600 ot/min. Nejvyšší točivý moment agregátu je 340 N.m. Tento výkon a točivý moment jsou pak na kola přenášeny pomocí 5 stupňové mechanické převodovky. Je zde možnost fungovat v tzv. plíživém chodu. Výrobce dále nabízí možnost pohonu pouze jedné, zadní nápravy nebo pohon 4x4 se zapínáním zubovou spojkou. Vozidlo je vybaveno uzávěrkou diferenciálu pro jízdu v těžším terénu. Nájezdový úhel může být až 35°.

Při objednání je možno volit ze dvou typů karoserií podle zvoleného typu nástavby na vozidle. Jedná se o krátký typ karoserie s rozvorem náprav 2250 mm a délkou vozidla 4000 mm. Druhá, prodloužená karoserie, má rozvoru náprav 2600 mm a celkovou délku 4350 mm. Šířka vozidla je v obou případech shodná – 1630 mm.

O zastavení vozidla se starají kotoučové brzdy, vzadu navíc s omezovačem brzdného účinku dle zatížení vozidla. Parkovací brzda je mechanická, ruční.

Dle libosti je možno toto užitkové vozidlo vybavit širokou paletou různých nástaveb, jako např. zametač, sypač, cisterna, vůz s hydraulickou rukou atd. Tyto nástavby jsou poháněny jedno až tři okruhovým hydraulickým systémem. [9]



Obrázek 9 - Užitkové vozidlo Magma Alficar s nástavbou "zametač" [24]

7.1.2 Zebra

Dalším zástupcem městských užitkových vozidel se spalovacím motorem je značka ZEBRA od společnosti ZEBRA GROUP. Tato multifunkční vozidla se vyrábějí přímo v České republice.

Vozidla ZEBRA spadají opět do kategorie N1. O jejich pohon se stará čtyřdobý, přeplňovaný, vznětový, vodou chlazený agregát se vstřikováním common rail. Objem motoru je 2970 ccm. Tento motor dokáže vozidlo rozpohybovat až na rychlost 80 km/h. Nejvyšší dosažený výkon vozidla je 72 kW při 2600 ot/min. Maximální točivý moment je 270 N.m. O přenos výkonu a točivého momentu se stará 5 stupňová mechanická převodovka s redukcí do plíživého chodu, kdy vozidlo dosahuje rychlosti pouhých 0,6 km/h. Vozidla jsou vybavena pohonem 4x4 se zapínáním zubovou spojkou.

Můžeme volit ze dvou typů provedení karoserií – krátká a dlouhá. V prvním případě dosahují hodnoty rozvoru náprav 2250 mm a délky vozidla 4000 mm, respektive 2600 mm a 4350 mm u dlouhé karoserie. Šířka vozidla činí 1630 mm. Brzdy se dodávají kotoučové, vzadu s omezovačem brzdného účinku dle zatížení. Na vozidlo se dá objednat až 45 druhů nástaveb, jako například zametač, sypač, skříň apod. Toto příslušenství je poháněno tří okruhovým hydraulickým systémem. [10]



Obrázek 10 – Užitkové vozidlo ZEBRA s nástavbou „sypač“ [10]

7.1.3 Multicar M27 Compact

Toto vozidlo by se dalo považovat na za nástupce legendárních typů M 25 a později typů M 26 a 27. Vozidlo je vybaveno vznětovým, přeplňovaným, čtyřválcovým motorem se vstřikováním common rail a dosahuje maximálního výkonu 55 kW při 240 N.m točivého momentu. Přenos točivého momentu na kola zajišťuje 5 stupňová hydraulická spojka s redukcí do plíživého chodu. Maximální rychlost vozidla je 80 km/h. Na přání je možno zajistit 4x4 pohon a samozřejmostí výbavy vozidla je uzávěrka diferenciálu.

Rozchod kol je 2450 mm a celková délka dosahuje 4120 mm. Šířka vozidla je 1620 mm. Vozidlo je vybaveno kotoučovými brzdami se systémem ABS.

Co se nástaveb týče, můžeme vybírat opět ze širokého množství od zametače po péči po zeleň. O pohon nástaveb se stará až tři okruhová hydraulika. [11]



Obrázek 11 - Multicar M27 Compact [11]

7.2 Užitková vozidla s elektromotory

Také v oblasti městských užitkových elektromobilů v posledních letech nastal poměrně velký a rychlý rozvoj. Lidé dávají více přednost ekologickým a tichým vozidlům na elektrickou energii. Na trhu můžeme najít poměrně dost značek, nabízející tato vozidla. Zároveň s tím, nabízejí také velké množství nástaveb a variant provedení.

Většina těchto vozidel je taktéž, co se legislativy týče, zařazena do kategorie N1.

Pokud se u této skupiny užitkových vozidel zaměříme na jejich přednosti a nedostatky, zjistíme následující: vozidla například nejsou vybavena pohonem všech kol. Také u nich chybí hydraulický systém. Dojezdy vozidel jsou navíc limitovány naložením vozidla. S jeho naložením dojezd klesá. A také v závislosti na podmínkách, ve kterých vozidla jezdí. Na druhou stranu ve městě se ocení jejich tichost a ekologičnost. Servisní náročnost je navíc minimální.

7.2.1 GOUPIL G5

Značka GOUPIL nabízí ve svém katalogu několik variant užitkových elektromobilů lišících se variantami karoserií, nástaveb a elektromotorů. Mimo to nabízí i osobní elektromobily, taktéž v několika variantách. Toto vozidlo si můžeme objednat v 9 různých nástavbách od sklápěčky po vozy používané pro vysokotlaké čištění.

Elektromobil je poháněn asynchronním motorem o výkonu 9,4 kW a maximálním točivém momentu 76 N.m. V základní výbavě nechybí volič nízké a vysoké rychlosti. Maximální rychlost vozidla je až 70 km/h.

Při výběru vozidla si můžeme vybrat ze dvou typů akumulátorů: Olověné nebo lithiové. Od tohoto výběru se následně odvíjí další vlastnosti elektromobilu. U olověných baterií činí dojezd vozidla 76 kilometrů a kapacita akumulátorů je 14,4 kWh. U lithiových LiFePo4 můžeme volit ze dvou typů akumulátorů s dojezdy 121 km nebo 201 km a kapacitami 11,5 kWh a 19,2 kWh. Nabíjení akumulátorů probíhá ze standardní zásuvky (16A, 230V). Vozidlo je vybaveno systémem inteligentní vysokofrekvenční nabíječky, která automaticky odpojí nabíjení po fázi vyrovnaní. Nabíjení baterií a jejich cykly si řídí sama baterie. Akumulátory jsou bezúdržbové.

Co se rozměrů týče, délka vozidla je 3800 mm a šířka v nejširším místě kabiny odpovídá 1400 mm. [12]



Obrázek 12 - Městský užitkový elektromobil GOUPIL G5 [12]

7.2.2 Mega e-Worker

U elektromobilu značky Mega najdeme v katalogu 3 druhy nástaveb: pouhé šasi s kabinou, korba a skříň. Volit můžeme z krátké nebo dlouhé verze podvozku.

Pod kapotou nalezneme asynchronní elektromotor o výkonu 10 kW při 3200 ot/min. Vozidlo dokáže vyvinout maximální rychlost 40 km/h. Motor napájejí olověné baterie. Volit můžeme ze tří druhů akumulátorů s dojezdem 60, 80 nebo 100 kilometrů o kapacitách 8,6 kWh, 11,5 kWh a 17,3 kWh. Nabíjení baterií probíhá ze standardní zásuvky (16A, 230V). Vozidlo je navíc vybaveno brzdou motoru se 3 stupni a zpětným dobíjením baterií.

O zastavení vozidla se stará dvouokruhový brzdový systém vepředu s kotoučovými a vzadu s bubnovými brzdami.

Rozvor elektromobilu je v závislosti na verzi podvozku 1471 mm nebo 1971 mm. Rozchod kol je 1031 mm v obou případech. Vnější rozměry a šířka vozidla závisejí na zvolení konkrétního typu nástavby. [13]



Obrázek 13 - Užitkový elektromobil Mega e-Worker [13]

7.3 Užitková vozidla na vodík

Ačkoliv si vodík již cestu do našich automobilů našel, na trhu malých užitkových vozidel je jich jako šafránu. Stejně, jako informací o nich. U většiny modelů se nejedná o vozidla, jejichž pohon zajišťuje čistě vodík, ale prodlužuje jejich dojezd díky vodíkovým palivovým článkům, průběžně dobíjejících akumulátory.

7.3.1 Renault Kangoo Z.E. Hydrogen

Tento model má díky přidaným vodíkovým palivovým článkům prodloužený dojezd o cca 150 kilometrů na celkových 370 kilometrů. Palivové články automaticky nabíjejí akumulátor nebo se postarají o jeho dobítí, pokud jeho úroveň nabití klesne pod hodnotu 80% maximální kapacity. Samotné akumulátory mají kapacitu 33 kWh. Díky přídavnému vodíkovému pohonu tato hodnota vzroste od dalších 29,7 kWh. Další výhodou je, že palivové články nejsou nijak ovlivněny například počasím a teplotou, což je u vozidel spoléhající pouze na akumulátory značná nevýhoda.

Renault Kangoo Z.E. Hydrogen se jeví jako ideální rozvážkové nebo zásobovací vozidlo do měst, díky svému skříňovému nákladovému prostoru o velikosti 3,9 m³. [35]



Obrázek 14 - Renault Kangoo Z.E. Hydrogen [35]

7.3.2 El - Zebra

Tento český výrobce malých užitkových vozidel se po úspěších svých modelů s konvenčním, spalovacím motorem, rozhodl pokračovat také cestou elektromobilu s přídatnými palivovými články na vodík, které samotnému elektromobilu prodlouží dojezd. [36]



Obrázek 15 - Komunální vozidlo El-Zebra [36]

7.3.3 HyVan

Vozidlo značky HyVan se prezentuje jako „malý rozvážkový experimentální automobil“. Stejně jako u předchozích užitkových vozidel se jedná o elektromobil, který je v zájmu zvýšení dojezdu vybaven palivovými články s využitím kapalného vodíku. [37]



Obrázek 16 - Malý rozvážkový elektromobil HyVan [37]

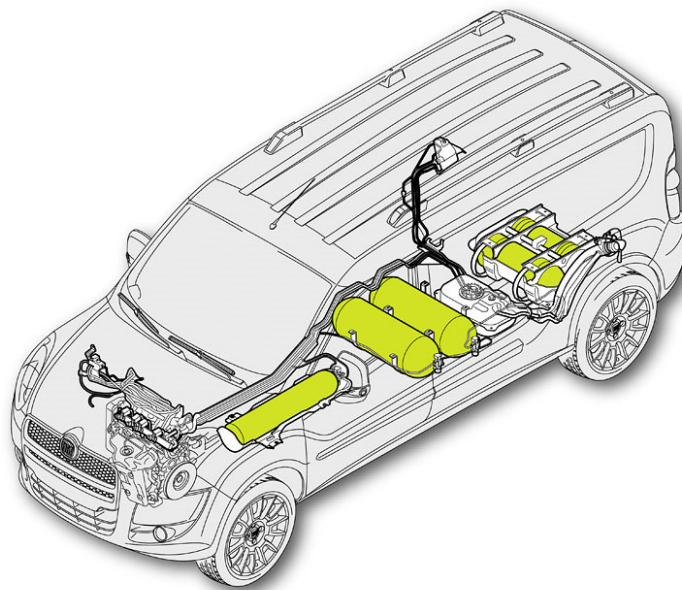
7.4 Užitková vozidla na CNG

Když se zaměříme na užitková vozidla, jejichž agregáty pohání zemní plyn, zjistíme, že i jich poslední dobou na trhu poměrně přibývá a máme z čeho vybírat. Na trhu malých užitkových vozidel na CNG nenajdeme vysloveně komunální užitkový vůz typu Multicar. Výrobci se soustředí především na malé skříňové dodávky a pick-upy s možností rozvozu. Většina modelů je vybavena jak nádrží na CNG, tak nádrží na benzín a motor je schopný spalovat oba druhy paliva. Díky tomu je významně prodloužen dojezd a sníženy emise.

7.4.1 Fiat Doblo Maxi Natural Power

Tento malý skříňový vůz je ideálním pomocníkem při rozvozu po městě. Pod kapotou najdeme benzínový přeplňovaný agregát 1.4 T-Jet o výkonu 88 kW a maximálním točivém momentu 206 N.m., který je upravený také pro spalování zemního plynu. Vozidlo disponuje 6 stupňovou manuální převodovkou. Automobil je vybaven 22 litrovou nádrží na benzín a 5 nádržemi na CNG. Do nich se vejde 22,2 kg tohoto plynu. Dojezd při provozu na samotné CNG je kolem 450 kilometrů, při využití benzínové nádrže dojezd stoupne na 750 kilometrů.

Při svých vnějších rozměrech 4740 x 1832 x 1880 mm nabízí prostor pro náklad o objemu 4,2 m³. Užitečné zatížení činí slušných 910 kg. [38]



Obrázek 17 - Pohled na uspořádání palivové soustavy Fiatu Doblo Maxi na CNG [38]

7.4.2 Volkswagen Caddy Maxi CNG

Dalším malým užitkovým vozidlem z palety vozidel s kombinovaným pohonem na zemní plyn je model Caddy od německého Volkswagenu. Jedná se o skříňové užitkové vozidlo. Kola tohoto vozidla pohání přeplňovaný zážehový čtyřválec 1.4 TGI, který propůjčuje vozidlu výkon 81 kW a maximální točivý moment 200 N.m. Tento výkon je na kola přenášen pomocí 6 stupňové manuální nebo automatické převodovky. Zážehový agregát je upravený pro možnost spalování CNG. Vozidlo je vybaveno 4 nádržemi na zemní plyn, které jsou schopny pojmout až 37 kg tohoto plynu. Plynovou nádrž doplňuje menší, 13 litrová nádrž na benzín. Při provozu na obě paliva je maximální udávaný dojezd 900 kilometrů.

Rozměry vozidla ve větší verzi „Maxi“ jsou štedřejší, než u kratší verze. Délka vozidla je 4878 mm, šířka pak 1793 mm. Výška činí 1899 mm. Ložná plocha nákladového prostoru odpovídá hodnotě 4,2 m². Do vozidla můžeme naložit náklad o maximálním zatížení 745 kg. [39]



Obrázek 18 - Volkswagen Caddy Maxi Van CNG [39]

8 Shrnutí

V dnešní době, kdy slovo „ekologie“ dostává stále většího významu a emisní limity všech spalovacích motorů, jezdících na evropských silnicích se drasticky zvyšují, je třeba hledat nová paliva a technologie, které nám zabezpečí možnost používat dopravní prostředky i v horizontu následujících let. A je to také například koncept malých městských užitkových elektromobilů či vozidel městské hromadné dopravy, jezdících v centrech měst, po sídlištích a jejich okolí, co dává smysl.

Samotná charakteristika elektromotoru tento druh pohonu upřednostňuje před spalovacím agregátem. Jeho servisní náročnost a údržba je v podstatě nulová oproti například výměnám oleje a seřizování spalovacího motoru. Ten navíc disponuje také mnohem větším počtem mechanických komponent, které se mohou pokazit. Agregáty těchto vozidel jsou navíc svázané s převodovkou, aby se dokázala využít energie získaná ze spalovacího motoru co nejlépe. I tak je ale účinnost těchto motorů pouhých 20 – 30%.

V těchto parametrech převyšuje elektromotor spalovací agregát na plné čáře. Je jednoduchý, k provozu nepotřebuje mnoho komponent, nemá žádné velké nároky na údržbu a také se obejde bez převodovky. Díky svojí charakteristice je navíc výkon elektromotoru k dispozici prakticky od nulových otáček. Také dokáže nabíjet baterie, když pracuje v režimu generátoru, například při jízdě z kopce.

Když jsou elektromotory tak skvělé, jak je možné, že dnes nejsou běžné u většiny aut a v počtu registrací obsazují elektromobily a vozidla na vodík až spodní hranice respektive jen zlomek registrací? Odpověď zní jasně: baterie.

Všechny výhody a plusy elektromotoru jsou nám k ničemu, pokud nemáme energii, která by tento agregát napájela. A tu energii někde musíme vzít. U vozidel na vodík jí doplňujeme pomocí palivových článků, které následně vyrobenou energii můžou do baterií uložit. U čistých elektromobilů ji doplňujeme ze sítě přímo do akumulátorů. Bez akumulátorů se však

neobejdeme. A s touto nevýhodou se pojí prakticky všechny argumenty, proč nejsou dnes vozidla, jejichž pohon zajišťují elektromotory, běžnou součástí silnic.

Nejsilnějším argumentem, proč místo elektromobilu koupit vozidlo se spalovacím motorem je v současnosti jeho cena. Ta je u vozidel poháněných vodíkem a elektřinou zatím velmi vysoká. Navíc aby vozidlo mělo dostatek potřebné energie k jízdě, je těchto baterií potřeba poměrně velké množství. Tím se také významně zvedá celková hmotnost vozidla. Dalším limitujícím faktorem je dojezd.

Co se ceny baterií týče, zde hraje roli jen pokračující výzkum a budoucnost nových baterií. Pozitivní zprávou ale je, že od roku 2010 cena lithiových baterií pro elektromobily klesla o 80%. Je tedy pravděpodobné, že cena bude v následujících letech ještě klesat. [14]

Co se samotného nabíjení baterií týče, nevyhnu se mu samozřejmě ani užitkové elektromobily. Na rozdíl od osobních vozidel v tomto případě tolik nevádí doba dobíjení baterií. Pokud uvažujeme, že směna pracovníka svozu odpadu, který by takovéto vozidlo využíval, trvá 8 hodin, při kterých vozidlo najede již zmiňovaných cca 100 kilometrů, včetně vrácení se zpět do areálu firmy, zbývá nám 16 hodin na dobití baterií. Za takovouto dobu se baterie dobijí s přehledem. V případě promyšlení logistiky firmy by se u jednoho stojanu dokázalo za potřebnou dobu dobit několik vozidel.

Tímto se dostáváme k systému nabíjení baterií u těchto vozidel. V úvahu přicházejí tři možnosti nabíječek. Nejrychlejší nabíjení se provádí díky takzvané rychlonabíječce o velkém výkonu. Díky ní jde dobit elektromobily na plnou kapacitu baterií za méně, než hodinu. Nevýhodou je však vysoká cena za její instalaci. Za zlatou střední cestu se dá považovat standardní nabíječka s mnohem nižším výkonem, než první zmiňovaná ale také s mnohem příznivější cenou. Plné dobití akumulátorů na této nabíječce trvá okolo dvou hodin. Dá se ovšem použít i dobití pomocí „domácí“ zásuvky. Ideálně ale musí jít o třífázovou zásuvku. V ní se baterie nabijí potřebnou energií za asi 5 hodin. Samozřejmě ve všech případech nabíječek hodně záleží na jejich úrovni a technické vyspělosti. Nejinak je tomu ale i u samotných elektromobilů. [14]

Elektromobily jsou ideální na takzvanou jízdu „Stop & Go“. To je například pro rozvázkovou službu nebo třeba na vyprazdňování košů a popelnic. Vlastně to znamená, že auto popojede maximálně několik desítek metrů a pak zastaví. A následně se znovu rozjede k dalšímu cíli a znovu zastaví. A takhle se to děje znovu a znovu. V případě spalovacího motoru v užitkovém vozidle by docházelo ke zbytečnému spalování benzínu a z toho pramenící zbytečné produkce výfukových plynů. Při takovém stylu jízdy dochází navíc k velkému namáhání a opotřebení spojky, z čehož plynou další servisní náklady.

Kromě výhod se samozřejmě najdou i nedostatky spojené s typem tohoto pohonu. U klasických vozidel se spalovacím motorem jdou použít další pomocná zařízení. V případě elektromobilů musí takovéto zařízení být poháněno samostatným pohonem se svým vlastním zdrojem. Navíc zde platí úměra, že čím víc je vozidlo naloženo a je těžší, tím klesá jeho dojezd.

Celkově ale výhody převažují nad nevýhodami a rozsah použití užitkových vozidel s elektrickým pohonem je poměrně široký. Navíc, jak už bylo řečeno, vývoj v tomhle odvětví stále ještě probíhá a je tak velmi reálné, že plusů bude ještě přibývat a mínusy budou eliminovány.

Praktická část

Praktická část této práce je zaměřena na konkrétní návrh malého městského užitkového vozidla na elektrický pohon, včetně návrhu a výpočtu jeho pohonu a baterií. Zároveň je navržen model dvou konkrétních tras, na které by tento užitkový elektromobil mohl jezdit. Tyto trasy jsou navrženy v reálném prostředí města Plzně.

9 Modelová situace využití městského elektromobilu

Tato část se věnuje konkrétnímu návrhu modelových tras v městě Plzni, na které by mohl navržený elektromobil, svážející odpad z menších odpadkových košů z určitých městských částí, jezdit.

Pro konkrétní modelovou situaci ve městě Plzni byly navrženy dvě trasy procházející městem a jeho těsným okolím.

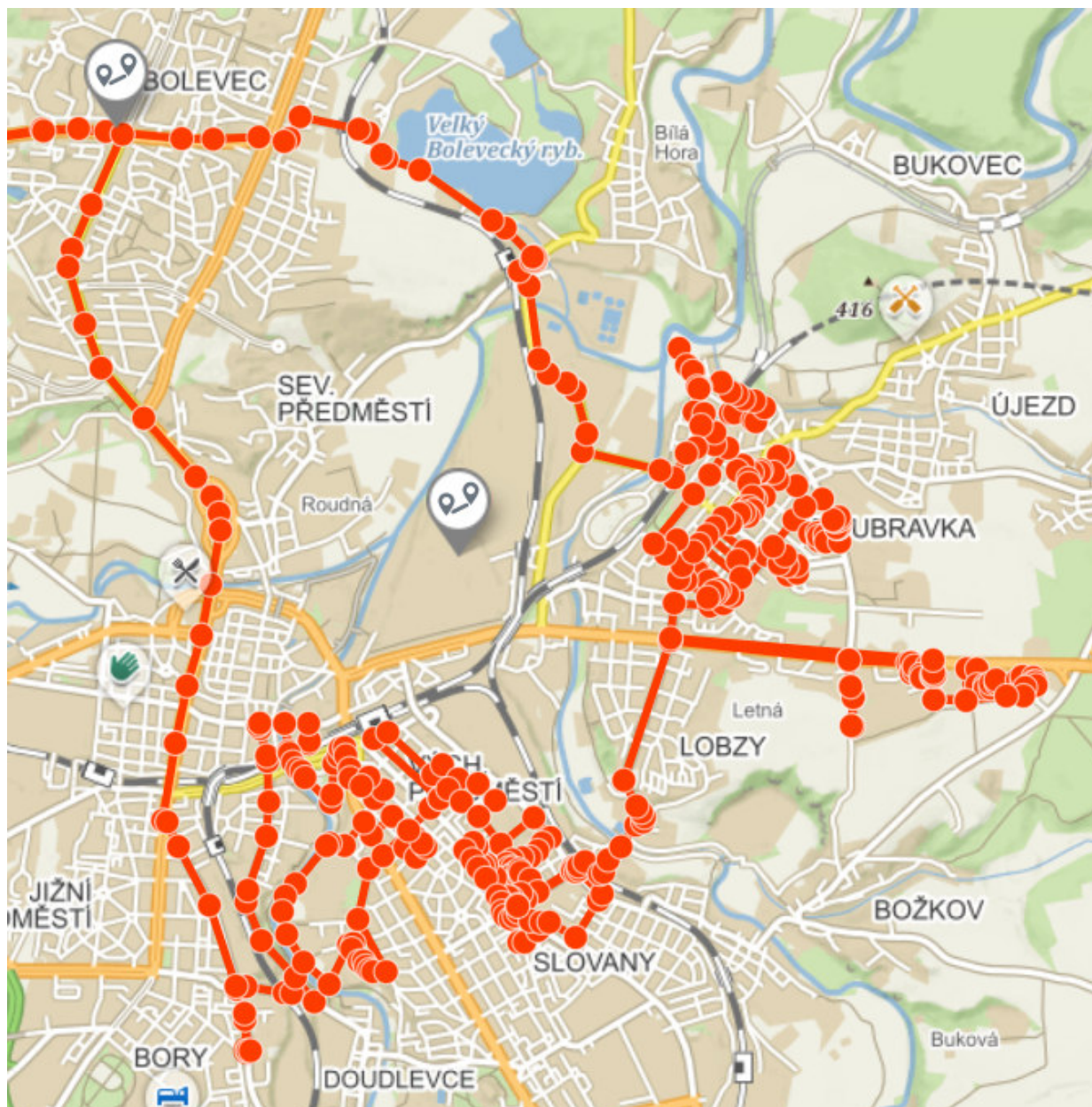
Se začátkem trasy je v obou případech počítáno v sídle firmy Čistá Plzeň, s. r. o, kde by byla uvažována nabíječka pro tato vozidla. Areál firmy je umístěn v ulici Edvarda Beneše v městské části Plzeň – Bory. Konec trasy je naplánován ve spalovně odpadu v Chotíkově. Součástí trasy je vrácení se vozidla zpět do areálu firmy.

9.1 Trasa A:

V první navržené trase vozidlo obsluhuje lokality okolo řeky „U Ježíška“, Východní předměstí včetně okolí Galerie Dvořák, bazénu a fotbalového stadionu. Trasa je dále směřována přes část Lobzy k obchodnímu centru na Rokycanské třídě se zastávkou na vyhlídce „Na Švábinách“. Další zastávkou je sídliště Doubravka včetně lokality „U svatého Jiří“. Odtud vozidlo zamíří přes Jateční ulici okolo Boleveckého rybníka a přes Bolevec do Chotíkovské spalovny. Odtud se vrací nejkratší cestou po Karlovarské a Klatovské třídě zpět do areálu firmy Čistá Plzeň. Celá trasa měří okolo 60 kilometrů.



Obrázek 19 - Lokalita "U Ježíška"

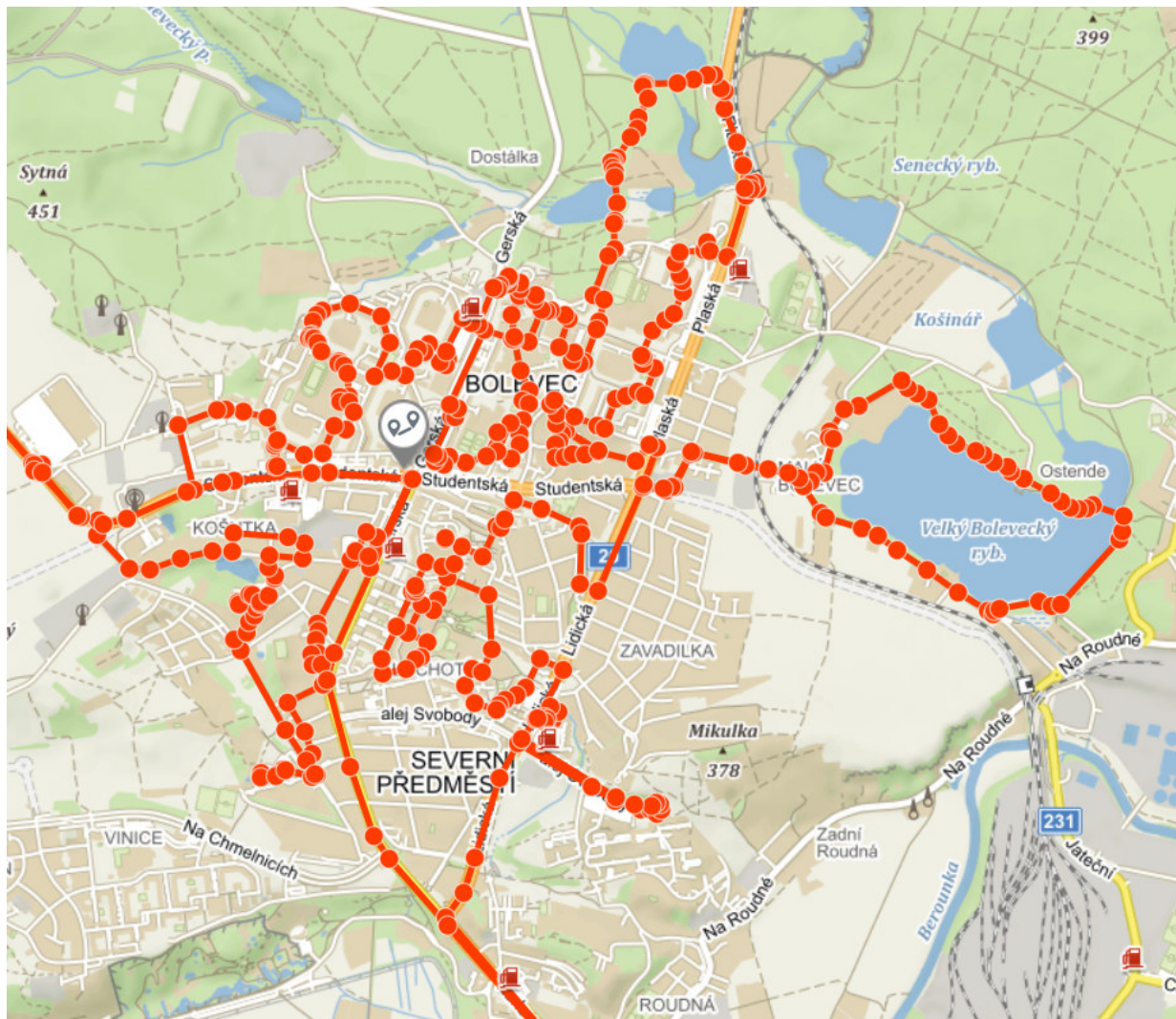


Obrázek 20 - Trasa A znázorněná na mapě

9.2 Trasa B:

Druhá trasa nás přemístuje na druhou stranu města do oblasti Severního předměstí (Košetka, Bolevec) a okolí Boleveckého a Kamenného rybníku. Po výjezdu z areálu firmy Čistá Plzeň se vozidlo přesune po Klatovské třídě a Karlovarské třídě směrem na Bolevec, kde uhne obslužit okolí Fakultní nemocnice Plzeň. Následně probíhá svoz ve vnitrobloku sídliště Lochotín v okolí bazénu a 31. Základní školy. Další částí trasy je kompletní obkroužení Boleveckého rybníka. Po tomto okruhu se vozidlo vrací zpět na Lochotín, odkud následně uhne ke Kamennému rybníku. Okolo Šídlovského rybníku se otočí zpět na sídliště Bolevec, kde projede vnitroblokem okolo 34. Základní školy a 91. Materské školy. Trasa dále pokračuje přes horní část sídliště Košetka ulicemi Manětínská, Rabštejnská a Žlutická. Dalšími zastávkami jsou zá-

jezd k nemocnici Privamed a okolí Košuteckého jezírka. Na konci trasy vozidlo zamíří do choťkovské spalovny. Poté následuje návrat na „základnu“. Druhá navržená trasa je, co se vzdálenosti týče o něco kratší než první – měří necelých 52 kilometrů.



Obrázek 21 - Trasa B znázorněná na mapě



Obrázek 22 - Okolí Velkého Boleveckého rybníka

9.3 Zhodnocení navržených tras

Obě trasy jsou navrženy podle výše zmíněné filosofie udržitelné mobility. Z 99% vedou centrem města a jejich rekreačními oblastmi, kde je jejich využití nejefektivnější. Jedinou výjimkou jsou cesty s naplněnými vozy do spalovny odpadů mimo městskou zástavbu.

V drtivé většině trasy se užitkové elektromobily pohybují po asfaltovém povrchu, kromě okolí Kamenného rybníka.

Velkou výhodou jsou u navržených tras rozměry vozidla. Díky nim dokáže projet i po užších cestách nebo se dostane i do míst, kam běžná auta nezajíždí, například pěší zóny nebo chodníky ve vnitrobloku či cyklostezky v okolí rybníků. Při zastavování a popojíždění v ulicích města, například u sběru košů v centru, tyto menší rozměry ocení i řidiči ostatních dopravních prostředků, protože vozidlo lze snáze objet.

10 Koncepční návrh vozidla a jeho pohonu

Vzhledem k výše zmíněným příkladům různých typů užitkových městských vozidel a navrhovaným trasám v kapitolách 9.1 a 9.2, jsem zvolil navrhované parametry elektromobilu takto:

Veličina	Jednotky	Hodnoty
Max. počet osob	[-]	2
Max. rychlost	[km.h ⁻¹]	70
Max. dojezd	[km]	130
Užitečná hmotnost	[kg]	1300
Pohotovostní hmotnost	[kg]	1000

Tabulka 3 - Navrhované parametry užitkového elektromobilu

Návrh hodnot elektro komponent elektromobilu vychází z odporů, které působí na elektromobil a které musíme překonat. Přitom budeme ve výpočtech odporů vycházet z hodnot určených měřeními na lehkém elektromobilu. Jeho hmotnost $m_1 = 450$ kg mu uděluje valivý odpor o hodnotě $O_{v1} = 65$ N. [15] Hodnotu hmotnosti, kterou budeme uvažovat při výpočtu užitkového městského elektromobilu, si upravíme na $m_2 = 1300$ kg. Pro získání potřebného O_{v2} využijeme poměrů hmotností m_1 a m_2 :

$$y = \frac{m_2}{m_1} = \frac{1300}{450} = 2,89$$

Následně získáme požadovaný odpor valení O_{v2} :

$$O_{v2} = y \cdot O_{v1} = 2,89 \cdot 65 = 187,85 \text{ N}$$

Tento odpor valení je uvažován pro nižší rychlosti, kterými se bude tento elektromobil pohybovat nejčastěji.

Další potřebnou veličinou k návržení elektromotoru je odporová síla. Jsou to vlivy okolního prostředí působící na vozidlo včetně rychlosti a čelní plochy vozidla:

- 1) Hustota vzduchu ρ [kg.m⁻³] – 1,29 kg.m⁻³
- 2) Součinitel odporu vzduchu c_x [-] – pro nákladní vozy je uvažována tato hodnota v rozmezí 0,8 – 1. V našem případě se jedná o malý užitkový automobil, proto budeme počítat s hodnotou 0,6
- 3) Rychlost elektromobilu v [m.s⁻¹] – maximální rychlost vozidla činí 70 km/h, což odpovídá cca 19,4 m.s⁻¹
- 4) Čelní plocha automobilu S_x [m²] – 2,41 m²

Výše zmiňované hodnoty dosadíme do této rovnice:

$$O_v = c_x \cdot \rho_d \cdot S_x$$

Potřebnou hodnotu dynamického tlaku ρ_d získáme z tohoto vztahu:

$$p_d = \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

Po dosazení:

$$O_v = c_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot S_x = 0,6 \cdot \frac{1,29}{2} \cdot 19,4^2 \cdot 2,41 = 351 \text{ N}$$

Nyní se zaměříme na účinnost výkonu, který bude přenášen na hnací kola vozidla. V případě přenosu energie mezi hnanou nápravou a motorem pomocí ozubených kole je tato účinnost η_m asi 95%. Energie přenášená z akumulátorů do motoru se také musí vyrovnat s určitými ztrátami. Uvažujeme je proto jako hodnotu $\eta_a = 75\%$. Celková účinnost přenosu energie η_c je tedy:

$$\eta_c = \eta_m \cdot \eta_a = 0,95 \cdot 0,75 = 0,71 = 71\%$$

10.1 Výpočet točivého momentu a výkonu elektromotoru

Pomocí parametrů, které jsme vypočítali v předchozí části, nyní navrheme konkrétní hodnoty elektromotoru vozidla:

Veličina	Jednotky	Hodnoty
Valivý odpor O_{v2}	[N]	187,85
Odporové síly okolního prostředí O_v	[N]	351
Účinnost přenosu energie η_m	[-]	0,95

Tabulka 4 - Vypočítané hodnoty elektromobilu

Jsou nám známy odporové síly, které musí elektromobil při jízdě překonávat při ideálních podmínkách a výše určené rychlosti vozidla. Pro orientační výpočet proto můžeme uvažovat vztah:

$$P_k = (O_v + O_{v2}) \cdot v = (351 + 187,85) \cdot 19,4 = 10\,454 \text{ W} \cong 10,5 \text{ kW}$$

Z předchozího výpočtu tak můžeme dopočítat potřebnou hnací sílu elektromotoru:

$$P_H = \frac{P_k}{\eta_m} = \frac{10500}{0,95} = 11\,052 \text{ W} \cong 11 \text{ kW}$$

Z navrhovaných hodnot nám ještě chybí vypočítat točivý moment agregátu. Tuto chybějící hodnotu získáme z výpočtu:

$$M_H = \frac{M_K}{i_c \cdot \eta_c}$$

Abychom mohli dosadit do tohoto vztahu, musíme si nejprve určit převodový poměr i_c . K tomu dojdeme následovně: nejprve si určíme maximální otáčky asynchronního elektromotoru $n = 3000 \text{ ot/min}$. Dále pak z velikosti použitého ráfku poháněné nápravy určíme jeho průměr: pro ráfek R13 je jeho průměr $d = 530 \text{ mm} \cong 0,53 \text{ m}$. Požadovaná obvodová rychlost tohoto kola je poté $v_{o1} = 70 \text{ km/h} \cong 19,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Samotný převodový poměr i_c se vypočte následovně: Nejdříve si vypočteme úhlovou rychlost hřídele motoru:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 3000}{60} = 314 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Díky tomuto vztahu můžeme vypočítat obvodovou rychlost kola tomu odpovídající:

$$v_{o2} = \omega \cdot \frac{d}{2} = 314 \cdot \frac{0.53}{2} = 84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Jelikož v návrhu je uvažováno s převodovkou pouze s jedním redukčním stupněm, můžeme celkový převodový poměr i_c určit jako poměr požadované rychlosti v_{o1} a vypočtené rychlosti kola v_{o2} :

$$i_c = \frac{v_{o2}}{v_{o1}} = \frac{84}{19,4} = 4,33$$

Následně dopočítáme točivý moment M_K z námi vypočítaných odporů:

$$M_K = (O_v + O_{v2}) \cdot \frac{d}{2} = (351 + 187,85) \cdot \frac{0.53}{2} \cong 142,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Potřebný moment elektromotoru pak vypočítáme takto:

$$M_H = \frac{M_K}{i_c \cdot \eta_c} = \frac{142,8}{4,33 \cdot 0,95} = 34,7 \text{ N} \cdot \text{m} \cong 35 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Poslední navrhovanou hodnotou, která nám schází, je kapacita akumulátoru Q , která bude zásobovat energii elektromotor. K jejímu návrhu potřebujeme znát dobu, po jakou bude energie z akumulátoru odebírána. Z uvažovaného dojezdu $s = 130 \text{ km}$ a z průměrné rychlosti, kterou budeme uvažovat $v = 50 \text{ km/h}$, potom zjistíme:

$$dt = \frac{ds}{dv} = \frac{130}{50} = 2,6 \text{ hod}$$

Pro výpočet kapacity akumulátoru tedy víme, že doba odběru energie je 2,6 hod. Zároveň počítejme s tím, že elektromotor, odebírající tuto energii, bude při jízdě využíván na 55%. Účinnost přenosu elektrické energie je $\eta_a = 75\%$. Pak tedy platí:

$$Q = \frac{P \cdot 0,55 \cdot t}{\eta_a} = \frac{11 \cdot 0,55 \cdot 2,6}{0,75} = 21 \text{ kWh}$$

Z výpočtů, které jsme provedli, tedy vyplývá, že použitý elektromotor s jednostupňovou převodovkou musí mít výkon $P \geq 11 \text{ kW}$ a točivý moment $M_H \geq 35 \text{ N} \cdot \text{m}$. Soustava baterií, která mu bude dodávat energii, pak musí disponovat kapacitou alespoň 21 kWh. [15]

Jako elektromotor jsem zvolil asynchronní motor SIEMENS o výkonu 11 kW a momentu 36 N.m. Zvolené akumulátory jsou lithium yttrium železo fosfátové o celkové kapacitě 23 kWh. Celkově je ve vozidle uloženo 21 těchto akumulátorů. [16] [17]

Elektromotor		
Typ	Asynchronní střídavý motor SIEMENS, umístěný v zadní části vozidla, umožňuje rekuperaci brzděné energie	
Výkon	[kW]	11
Točivý moment	[N.m]	36
Napětí	[V]	230/400
Jmenovitý proud	[A]	21,5
Otáčky	[ot/min]	3000
Počet	1	
Akumulátor		
Typ	LiFeYPO4	
Počet	21	
Kapacita	[kWh]	23
Napětí	[V]	12
Převodovka		
Typ	jednostupňová	
Převodový poměr	4,33	

Tabulka 5 – Navrhovaná pohonná soustava elektromobilu

10.2 Pohonná soustava vozidla

V tabulce výše jsou hodnoty elektromotoru a akumulátorů v projektovaném vozidle. Vzhledem k tomu, že elektromobil je zamýšlený na provoz ve městě, bude stačit pohon jen jedné nápravy. Poháněná náprava je zadní. Elektromotor je zavěšen na rámu vozidla, těsně nad touto nápravou a je napojený přímo na diferenciál. Samotný přenos výkonu na kola pak probíhá přímo přes diferenciál. Akumulátory jsou uloženy za kabinou mezi nápravami vozidla na rámu, na ocelové desce. Kvůli zamezení ztrát elektrické energie při přenosu mezi bateriemi a jednotlivými komponenty potřebnými k pohonu vozidla je ideální navrhnout je co nejbližší akumulátorům. Většina elektro komponent je uložena v plastovém boxu na pravém boku vozidla, vedle baterií. Jen palubní měnič je umístěn v prostoru kabiny (viz Obr. 23). Na pravém boku vozidla je zároveň vyvedena zásuvka pro nabíjení baterií ze sítě.

Elektromotor – stará se o pohyb celého vozidla, v tomto případě střídavý asynchronní motor, připojený přímo na diferenciál na zadní nápravě

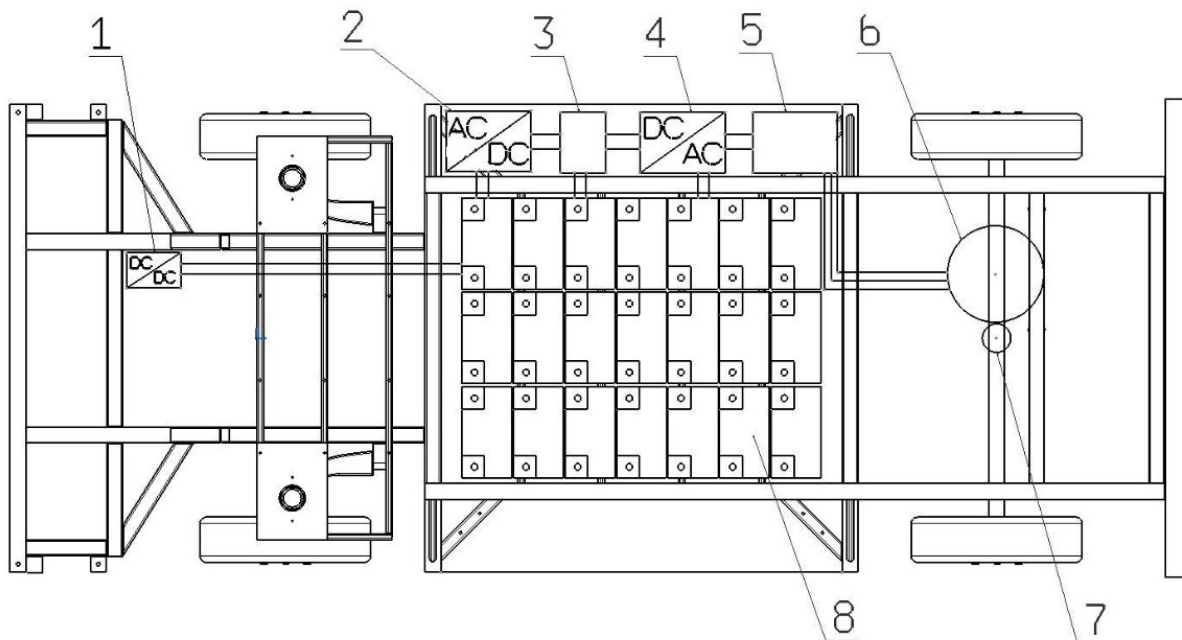
Akumulátory – je v nich uložena elektrická energie potřebná pro pohon motoru

Frekvenční měnič – pomocí něj jsou řízeny otáčky elektromotoru, zároveň také střídá jednofázové napětí na třífázové

Měnič AC/DC a DC/AC – tyto měniče přeměňují druh elektrického proudu ze střídavého na stejnosměrný při nabíjení akumulátorů ze sítě a naopak ze stejnosměrného na střídavý při spotřebě elektrického proudu elektromotorem z baterií

Palubní DC/DC měnič – zajišťuje úpravu proudu pro napájení palubní sítě (např. světla, informační panel v kabině atd.) z akumulátorů

Řídicí systém – každá komponenta v elektromobilu má vlastní malou řídicí jednotku, která ho řídí; všechny tyto malé jednotky pak řídí jedna centrální. Zároveň zpracovává řídicí pokyny k jízdě (pedál plynu, brzdy, atd.)



Obrázek 23 - Návrh uspořádání elektro komponent ve vozidle

Legenda:

1. Palubní měnič napětí
2. Měnič napětí AC/DC
3. Hlavní jednotka řídicího systému
4. Měnič napětí DC/AC
5. Frekvenční měnič
6. Elektromotor
7. Diferenciál
8. Akumulátory

10.3 Konstrukční návrh vozidla

Konstrukce rámu vozidla je koncipována jako svařenec, složený z několika typů profilů ze svařitelných konstrukčních ocelí.

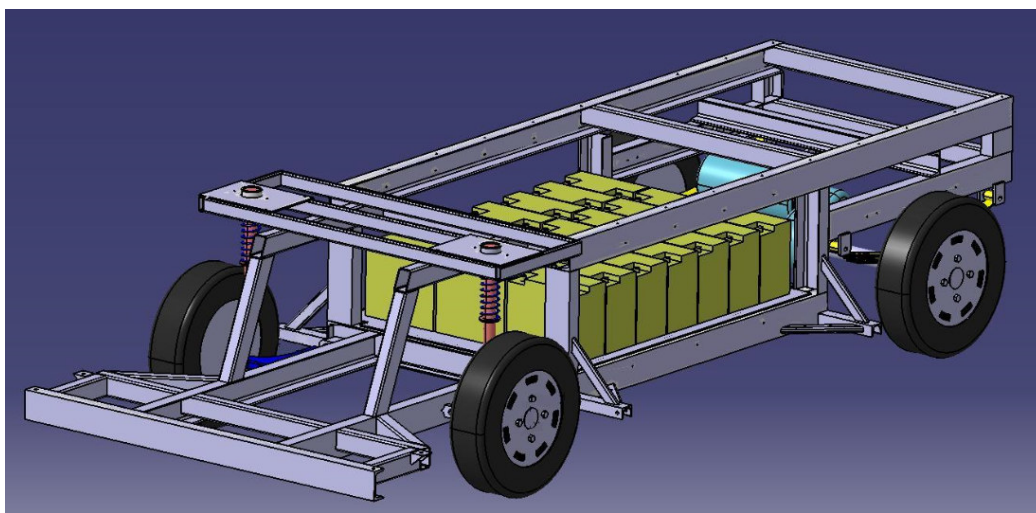
Hlavní nosná část je tvořena U profily a I profily, dále jsou použity obdélníkové profily různých velikostí. Na přední části konstrukce je usazena kabina a uchyceny sedačky. V prostřední části vozidla jsou uloženy akumulátory. Na pravém boku v téže části je namontován box s elektronickými komponenty, zajišťující provoz vozidla (kap. 10.2.). V zadní části konstrukce jsou přivařeny dva úchyty na zavěšení elektromotoru vozidla a úchyty pro uchycení zadního odpružení nápravy. Také je zde počítáno s umístěním nástavby vozidla.

Pro kabinu a boční panely vozidla je zvolený materiál ABS plast.

Přední náprava vozidla je typu MacPherson. Je osazena kotoučovými brzdami. Zadní náprava je tuhá, vlečená, odpružená listovými péry. Brzdy zde jsou bubnové.

Asynchronní motor, pohánějící vozidlo, je zavěšen nad zadní nápravou. Je spojen přímo s diferencíálem a ten pak pohání zadní nápravu.

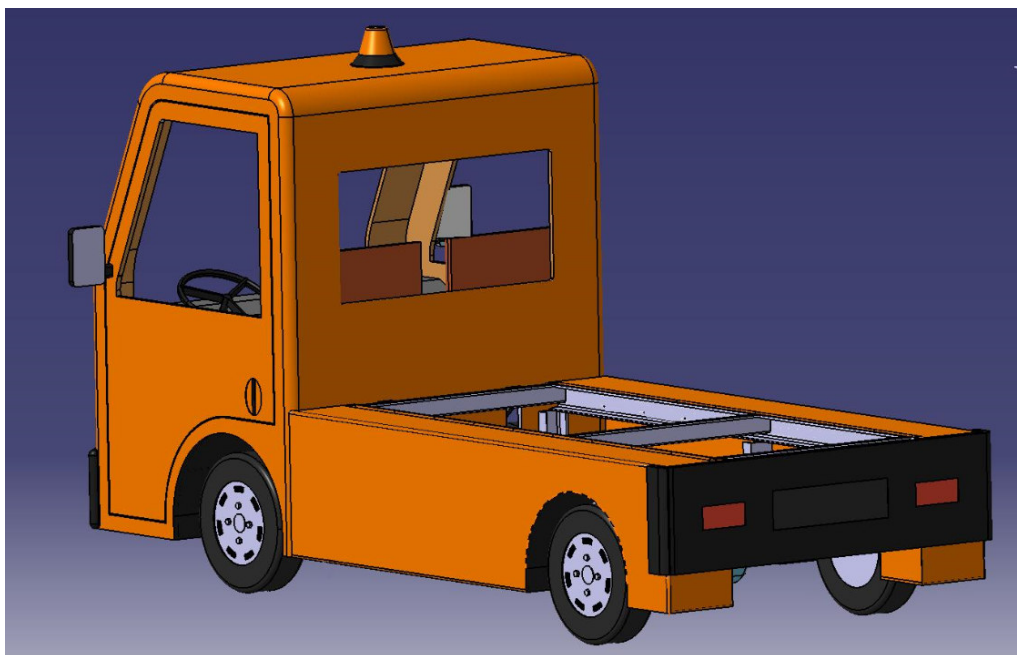
Detailnější popis konstrukce, použité materiály atd. jsou v příložené příloze v kusovníku a na výkresech.



Obrázek 24 - Pohled na rám malého užitkového vozidla



Obrázek 25 - Vizualizace malého městského užitkového vozidla – přední pohled



Obrázek 26 - Vizualizace malého městského užitkového vozidla - zadní pohled

10.4 Ekonomicko – technické zhodnocení

Při výběru elektrického automobilu namísto klasického vozu se spalovacím motorem může v tomto případě sehrát roli i snaha ušetřit. Nabití elektromobilu ze zásuvky vychází levněji, než doplnění nafty nebo benzínu. V případě pořízení elektrinou poháněných vozidel však musíme sáhnout do kapsy o mnoho hlouběji. Vyplatí se tedy elektromobil, co se nákladů na provoz týče nebo je lepší sáhnout po klasickém spalovacím motoru?

Pokud tankujeme do vozidla naftu, cena se bude lišit podle místa tankování. Uvažujme cenu 32 Kč/l nafty. V případě nabíjení baterií si tuzemský dodavatel energií účtuje paušální poplatek 540 Kč měsíčně, bez ohledu na počet a dobu nabíjení, což je nesporná výhoda. Zde tedy vše hraje do karet elektromobilu. Pokud vezmeme v úvahu objem nádrže vozidla 50 litrů a spotřebu 10 litrů nafty na 100 kilometrů, vychází nám pak při denním nájezdu cca 100 kilometrů jedno tankování týdně (uvažujeme pět pracovních dní). Měsíčně tak náklady na palivo vycházejí na cca 6500 Kč. To je více než 10 násobek nákladů oproti nabíjení elektromobilu za 540 Kč měsíčně.[14]

Další výhodou automobilu na elektrinu je téměř nulová potřeba údržby elektromotoru. Jediná údržba zde bude dolévání destilované vody do baterií. U vozidla se spalovacím motorem musíme počítat s mnohem většími a dražšími servisními náklady. Je potřeba jednou za rok vyměnit olej a filtry (3000 Kč), časté startování a krátké jízdy si vyžadují také občas novou autobaterii (2500 Kč) a se spalovacím motorem se pojí jednou za dva roky měření emisí na STK (800 Kč). Neustálé rozjíždění si také dozajista vyžádá jednou za čas výměnu spojky (5000 Kč). A to všechno ještě bez započítané práce za tyto servisní úkony a neočekávaných jiných nákladů plynoucích ze složitější konstrukce spalovacího motoru.

Když porovnáme náklady obou vozidel v časovém horizontu 5 let, což je předpokládaná doba výdrže baterií, zjistíme následující: kompletní výměna baterií v případě námi navrhovaného elektromobilu by stála cca 360 000 Kč. Jeho provoz nás bude stát 32 400 Kč. To je dohromady asi 392 400. Po sečtení všech servisních a provozních nákladů vozidla se spalovacím motorem dostaneme částku 416 200 Kč.

Provoz vozidla na alternativní pohon, v tomto případě na elektrický, tak vychází úsporněji při porovnání s klasickým agregátem spalovacím. Samozřejmě výše uvedená čísla se určitě budou měnit díky různým vnějším faktorům.

Největší nevýhoda elektromobilu je cena právě za akumulátory ale vyrovnává to svými téměř nulovými náklady na údržbu elektromotoru a velmi výhodným a levným nabíjením akumulátorů. Provozování elektromobilu tak dává za aktuálních okolností smysl.

Při provozování vozidel s ekologickým pohonem navíc musíme brát v úvahu především velký přínos pro životní prostředí, obyvatele měst a udržitelnost dopravy do budoucna.

11 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo řešení tématu udržitelné mobility a průzkumu trhu v oblasti malých městských užitkových vozidel s konvenčním spalovacím a alternativními pohony. Dále se práce zabývala koncepčním návrhem samotného malého užitkového vozidla, včetně návrhu jeho pohonu a baterií, navržením tras, kudy by vozidlo jezdilo ve městě Plzni a vypracování výrobního výkresu rámu tohoto vozidla.

V teoretické části práce byla popsán pojem udržitelné mobility a její prosazování v moderním světě za pomoci užitkových vozidel s alternativními pohony. Nechybí příklady měst a jejich konkrétní řešení v rámci této problematiky. Dále byl proveden průzkum trhu a uvedení příkladů z oblasti malých užitkových vozidel z kategorií s konvenčními a alternativními pohony.

V praktické části byly poznatky z teoretické části využity pro vytvoření modelové situace v oblasti udržitelné mobility ve městě Plzni. Konkrétně se jedná o svoz odpadů z centra města a jeho blízkého okolí. Ten zajišťuje navržený malý užitkový elektromobil.

Navržené vozidlo svými rozměry a parametry odpovídá městskému provozu a úzkým uličkám v jeho centru. Dále byly charakterizovány konkrétní komponenty pohonné soustavy elektromobilu, včetně návrhu jejich rozmístění. Výsledkem návrhu je vizualizace vozidla poháněného asynchronním motorem a vybaveného lithium yttrium železo fosfátovými bateriemi. Součástí této části bylo vypracování výrobního výkresu rámu vozidla.

V práci je také provedena finanční rozvaha, díky které můžeme zjistit, že v současné době se provozování elektromobilu může jevit ekonomicky jako velmi rozumné rozhodnutí.

12 Seznam použité literatury

- [1] VLK, František. *Alternativní pohony vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2004
- [2] „Opravy elektromotorů Plzeň,“ [online]. [cit. 8.11.2019]. Dostupné z: <http://www.navi-jarna.com/clanky/co-je-elektromotor.html>
- [3] „Vítejte na Zemi...“, [online]. [cit. 8.11.2019]. Dostupné z: http://www.vitejtena-zemi.cz/cenia/index.php?p=zazehove_motory&site=doprava
- [4] „Vítejte na Zemi...“, [online]. [cit. 8.11.2019]. Dostupné z: http://www.vitejtena-zemi.cz/cenia/index.php?p=vznetove_motory&site=doprava
- [5] „proelektrotechniky.cz,“ [online]. [cit. 20.11.2019]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/17.php>
- [6] „Elektromobily informace,“ [online]. [cit. 20.11.2019]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech>
- [7] „ELECTROAUTO,“ [online]. [cit. 21.11.2019]. Dostupné z: http://www.electro-auto.cz/golf3_citystromer.html
- [8] „Auto.cz,“ [online]. [cit. 21.11.2019]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/elektromobily-proc-se-obejdou-bez-vicestupnove-prevodovky-109262>
- [9] „PROFI Morava s.r.o.,“ [online]. [cit. 10.1.2020]. Dostupné z: http://www.profimorava.cz/downloads/Techdata_Euro5.pdf
- [10] „ZEBRA,“ [online]. [cit. 11.1.2020]. Dostupné z: <http://uzitkove-vozy-zebra.cz/modely-uzitkovych-vozu/>
- [11] „unikont group,“ [online]. [cit. 11.1.2020]. Dostupné z: <https://www.unikont.cz/venkovni-uklidova-technika/multicar/multicar-m27-compact.html>
- [12] „EUROGREEN,“ [online]. [cit. 15.1.2020]. Dostupné z: <http://eurogreen.trdesign-webtesty.cz/goupil-g5/>
- [13] „Profistroje.cz,“ [online]. [cit. 15.1.2020]. Dostupné z: http://www.profistroje.cz/uzitkovy-elektromobil-mega-e-worker_2554.html
- [14] FREI, Martin. Střídavý, střídavý...kdopak tě zaplatí?. *Svět Motorů*. 2019, (5), 6-9.
- [15] PROCHÁZKA, Vojtěch. *Návrh uspořádání pohonných systémů elektromobilu* [online]. 2015 [cit. 15.5.2020]. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/20240/1/BP_DMT_PROCHAZKA_20_6_final.pdf
- [16] „Elektromotory SIEMENS,“ [online]. [cit. 5.5.2020]. Dostupné z: <http://www.elektromotory-siemens.cz/obchod/elektromotory-1400ot-min/elektromotor-siemens-1le1002-1db23-4xxx-11kw.html>
- [17] „BATTERY.cz,“ [online]. [cit. 5.5.2020]. Dostupné z: <https://www.battery.cz/winston-clanek-lithium-yttrium-lifepo4-lifeypo4-akumulator-12v-90ah.html>
- [18] „AUTO*MAT,“ [online]. [cit. 10.1.2020]. Dostupné z: <https://auto-mat.cz/19861/udrzitelna-mobilita-13-uvod-do-udrzitelne-mobility>
- [19] „Ministerstvo dopravy ČR,“ [online]. [cit. 12.1.2020]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/%0bTXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144>
- [20] „czech bcsd,“ [online]. [cit. 13.1.2020]. Dostupné z: <https://www.cbcsd.cz/udrzitelna-mestska-mobilita/>

- [21] „SMART CITY,“ [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z: <https://service.ihned.cz/smart-city/#zdrojeopen>
- [22] „city:one,“ [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z: <https://www.cityone.cz/viden-vice-cestujicich-mene-spotrebovane-energie/t6872>
- [23] „city:one,“ [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z: <https://www.cityone.cz/dobijeci-stanice-kazdych-400-metru/t6866>
- [24] „POLAD PRAHU“ [online]. [cit. 29.1.2020]. Dostupné z: https://poladprahu.cz/wp-content/uploads/2019/11/Bro%C5%BEura_P1%C3%A1n_mobility_CZ.pdf
- [25] „Technický týdeník“ [online]. [cit. 31.1.2020]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/jak-hodlaji-inteligentni-mesta-resit-zasobovani-zbozimi-a-potravinami_44962.html
- [26] „BusPress“ [online]. [cit. 1.2.2020]. Dostupné z: <http://www.buspress.eu/spolehlive-indukcni-dobijeni-elektrobusu-v-braunschweigu/>
- [27] „Technický týdeník“ [online]. [cit. 1.2.2020]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/viden-nasazuje-prvni-plne-elektricky-popelarsky-vuz_47288.html
- [28] „fDrive.cz“ [online]. [cit. 1.2.2020]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/los-angeles-bude-mit-do-roku-2035-plne-elektricke-popelarske-vozy-4915>
- [29] „AUTO.CZ“ [online]. [cit. 2.2.2020]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/vodikovy-pohon-automobilu-nehceme-lithium- chceme-vodik-121182>
- [30] „smart city v praxi“ [online]. [cit. 2.2.2020]. Dostupné z: http://www.smartcityvpraxi.cz/rozhovory_komentare_32.php
- [31] „ecoFuture“ [online]. [cit. 4.2.2020]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanky/zajem-ceskych-ridicu-o-zemni-plyn-roste-jeho-prodej-se-loni-zvysil-temer-o-14>
- [32] „CNG“ [online]. [cit. 4.2.2020]. Dostupné z: <http://www.cngplus.cz/cng-sance-pro-cistismesta.html>
- [33] „GARAZ.CZ“ [online]. [cit. 7.2.2020]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/bojite-se-elektromobility-nebojte-prinese-spoustu-vyhod-21002267>
- [34] „HYBRID.CZ“ [online]. [cit. 7.2.2020]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/v-ostrove-jezdi-elektrobusy-s-ultrarychlým-nabíjením-zatím-ve-zkusebním-provozu>
- [35] „autobible.cz“ [online]. [cit. 7.2.2020]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/renault-kan-goo-a-master-jezdi-i-na-vodik/>
- [36] „ZEBRA“ [online]. [cit. 7.2.2020]. Dostupné z: <http://uzitkove-vozy-zebra.cz/predstavili-jsme-elzebru-jezdi-na-elektřinu-a-vodik/>
- [37] „ÚJV ŘEŽ“ [online]. [cit. 8.2.2020]. Dostupné z: <https://www.ujv.cz/cs/aktuality/tiskova-zprava-2018-08-11580>
- [38] „AUTO.CZ“ [online]. [cit. 8.2.2020]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/test-fiat-doblo-maxi-natural-power-nejuspornejši-80295>
- [39] „aktualne.cz“ [online]. [cit. 8.2.2020]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/volkswagen-caddy-maxi-tgi-cng/r~c1bb6186315b11e997ea0cc47ab5f122/>

Seznam příloh

Volně vložených

Příloha č. 1: Výkres pohledů na užitkový elektromobil


Příloha č. 2: Výrobní výkres Rám - opracování

Příloha č. 3: Výkres Rám – svařenec


Příloha č. 4: Výrobní výkres Rám – svařenec

Příloha č. 5: Kusovník Rám – svařenec

Číslo polož.	Název - označení	Polotovár	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu - označení normy	Materiál			
1	Profil I 100	I 100 B ČSN 425550	8,3		2
	BP - 01_1	11 373.0			
2	U 100 B - 2295	U 100 B ČSN 425570	24,3		2
		11 373.0			
3	U 100 B - 1450	U 100 B ČSN 425570	15,4		1
		11 373.0			
4	U 100 B - 1345	U 100 B ČSN 425570	14,2		2
		11 373.0			
5	Profil U 100	U 100 B ČSN 425570	13,8		2
	BP - 01_2	11 373.0			
6	Profil U 100	U 100 B ČSN 425570	10		2
	BP - 01_3	11 373.0			
7	Profil U 100	U 100 B ČSN 425570	3,7		4
	BP - 01_4	11 373.0			
8	Profil U 100	U 100 B ČSN 425570	0,9		2
	BP - 01_5	11 373.0			
9	U 80 B - 1000	U 80 B ČSN 425570	8,6		1
		11 373.0			
10	Profil U 50	U 50 B ČSN 425570	1,2		4
	BP - 01_6	11 373.0			
11	Profil U 50	U 50 B ČSN 425570	0,15		2
	BP - 01_7	11 373.0			
12	Profil TR OBD 70x50x3	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	5,1		4
	BP - 01_8	11 320.0			
13	Profil TR OBD 70x50x3	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	3,3		1
	BP - 01_9	11 320.0			
14	TR OBD 70x50x3 - 348	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	1,8		2
		11 320.0			
15	Profil TR OBD 70x50x3	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	3,2		2
	BP - 01_10	11 320.0			
16	Profil TR OBD 70x50x3	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	2,2		2
	BP - 01_11	11 320.0			

 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil Pavel Skála	Název
	Datum 13.7.2020	Rám - svařenec
 <p>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	Schválil	Číslo dokumentu
	Datum	BP - 01
	Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK	

Číslo polož.	Název - označení	Polotovár	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu - označení normy	Materiál			
17	Profil TR OBD 70x50x3	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	1,5		2
	BP - 01_12	11 320.0			
18	Profil TR OBD 70x50x3	TR OBD 70x50x3 ČSN 42 6936.1	1,9		2
	BP - 01_13	11 320.0			
19	Profil TR OBD 60x20x3	TR OBD 60x20x3 ČSN 42 6936.1	2,3		4
	BP - 01_14	11 320.0			
20	TR OBD 50x20x2 - 1210	TR OBD 50x20x2 ČSN 42 6936.1	2,5		3
		11 320.0			
21	TR OBD 50x20x2 - 420	TR OBD 50x20x2 ČSN 42 6936.1	0,85		2
		11 320.0			
22	Profil TR OBD 40x20x2	TR OBD 40x20x2 ČSN 42 6936.1	0,4		8
	BP - 01_15	11 320.0			
23	Plech	P5 ČSN 42 5310	2,5		2
	BP - 01_16	11 373.1			
24	PLO 50x14 - 70	PLO 50x14 ČSN 42 5522.11	0,4		8
		11 373.0			
25	Držák	PLO 50x20 ČSN 42 5522.11	0,6		2
	BP - 01_17	11 373.0			
26	Kruh	KR 70 ČSN 425510.1	0,9		2
	BP - 01_18	11 373.0			

 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Kreslil Pavel Skála	Název
	Datum 13.7.2020	Rám - svařenec
<p>KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	Schválil	Číslo dokumentu
	Datum	BP - 01
	Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK	

H G F E D C B A

4

4

3

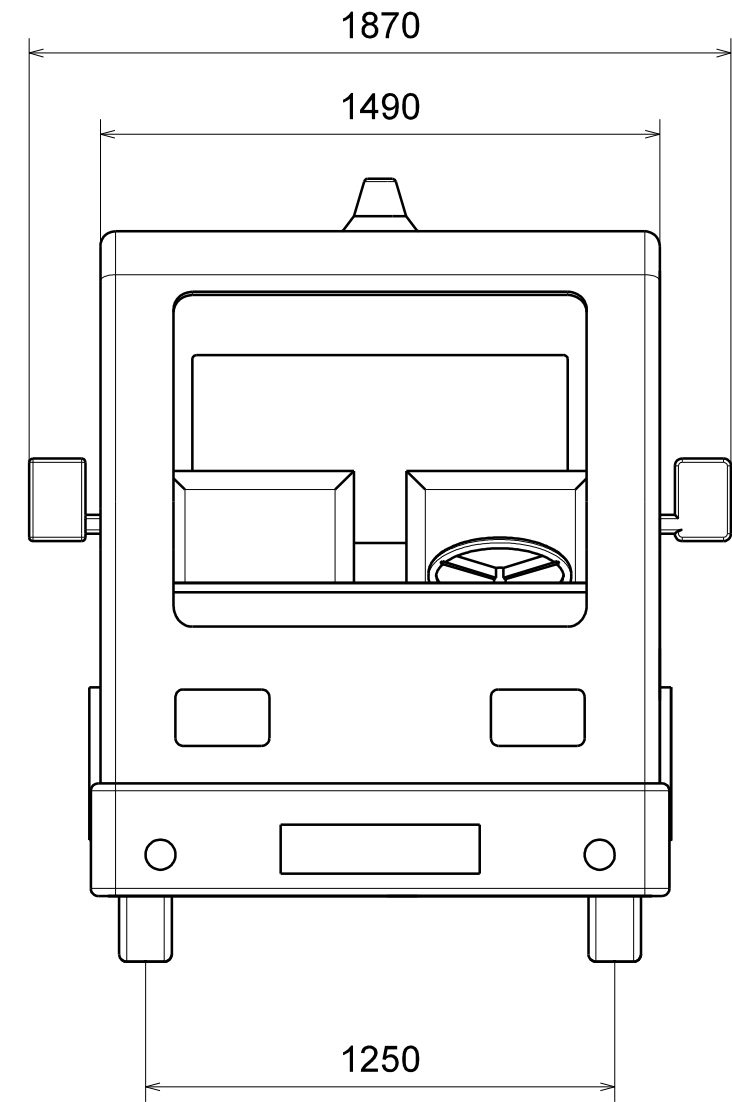
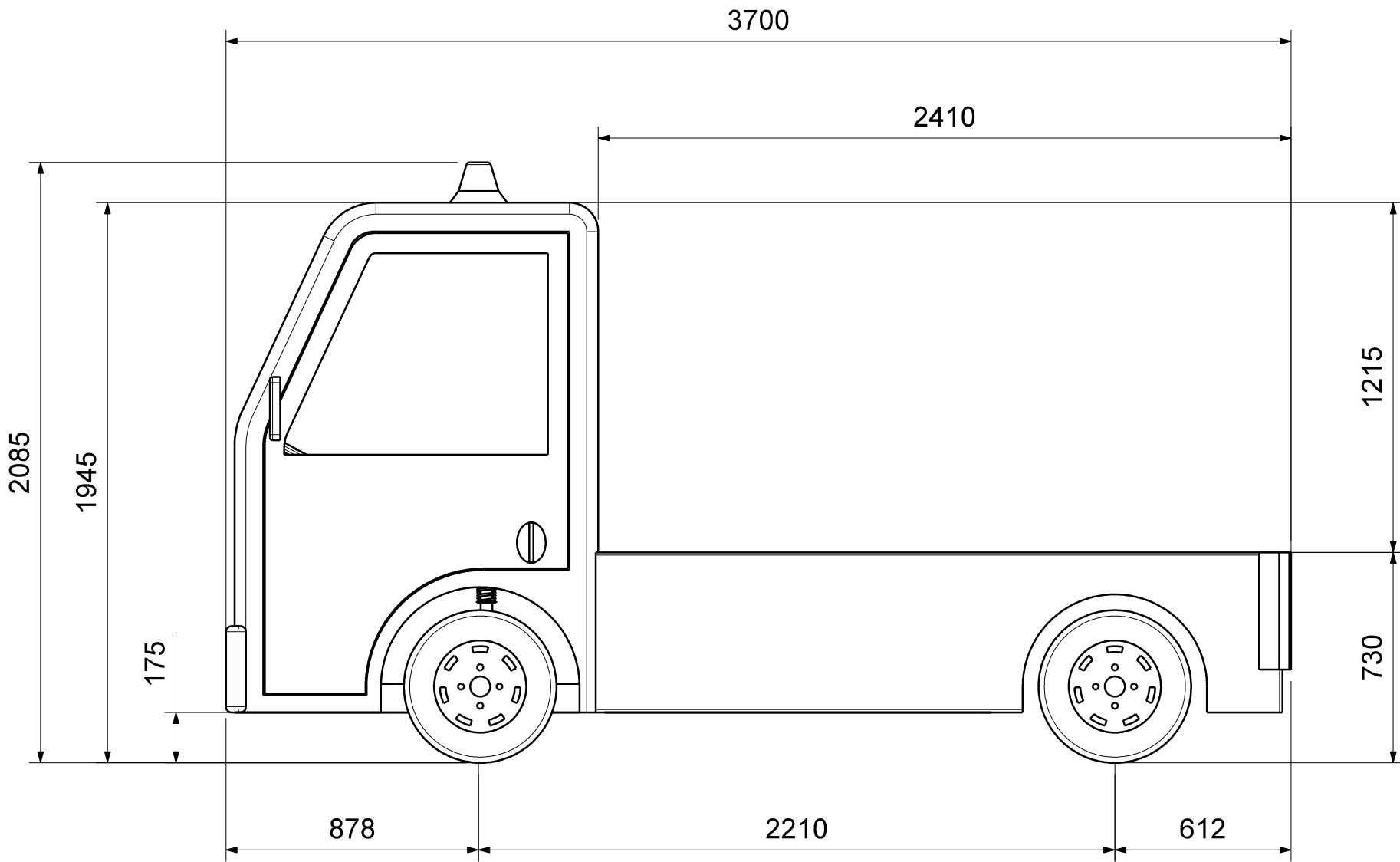
3

2

2

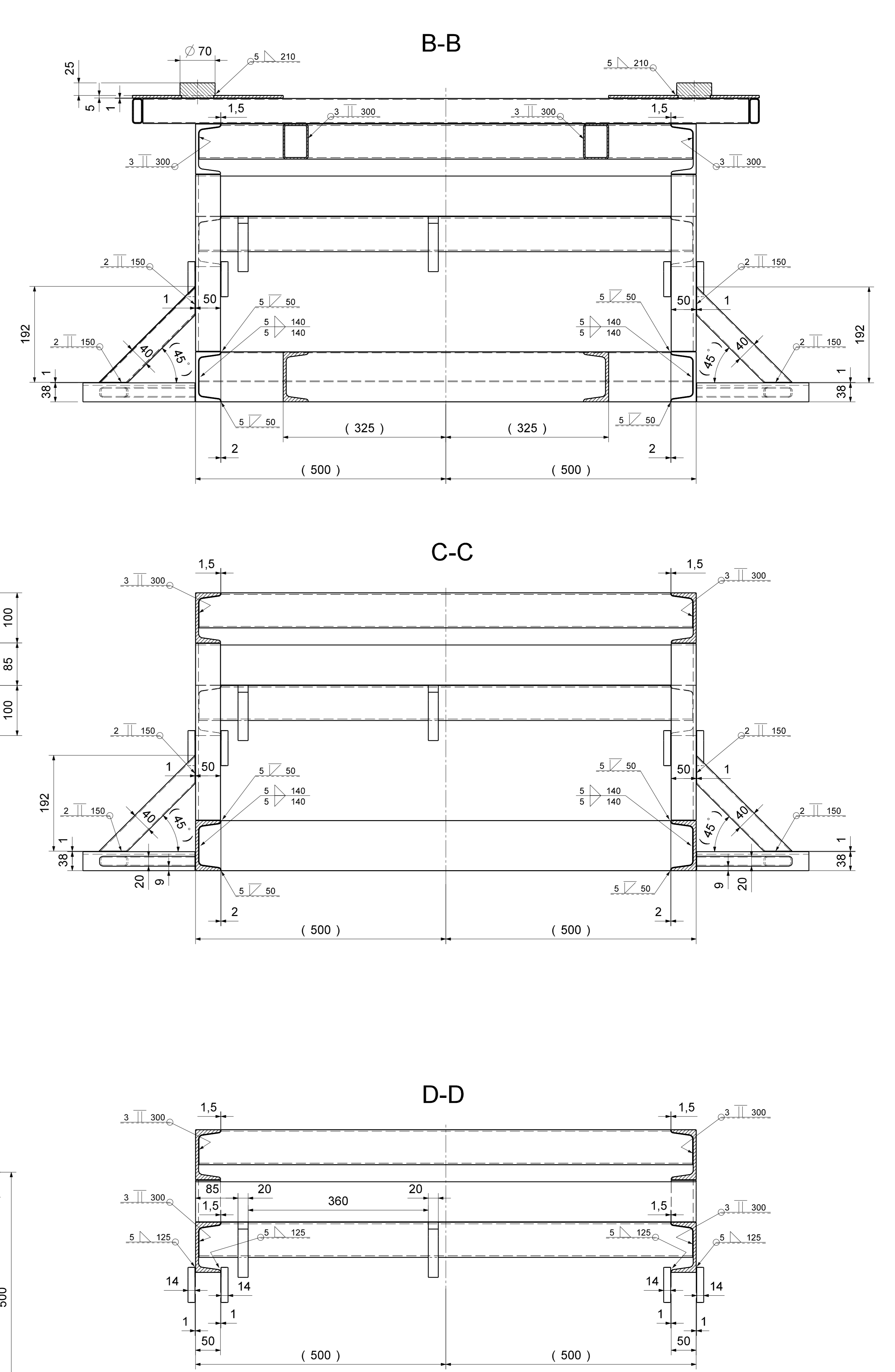
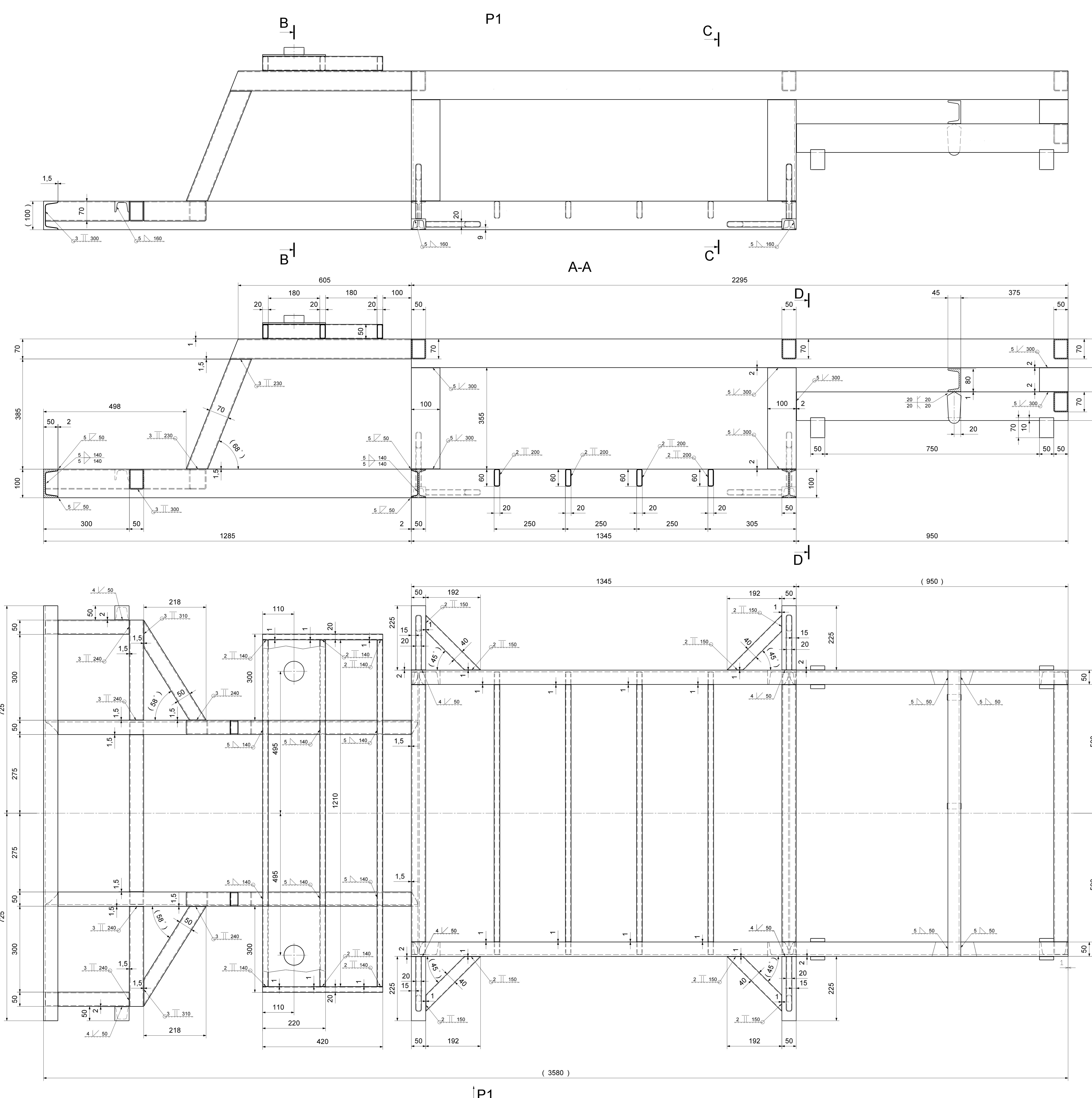
1

1



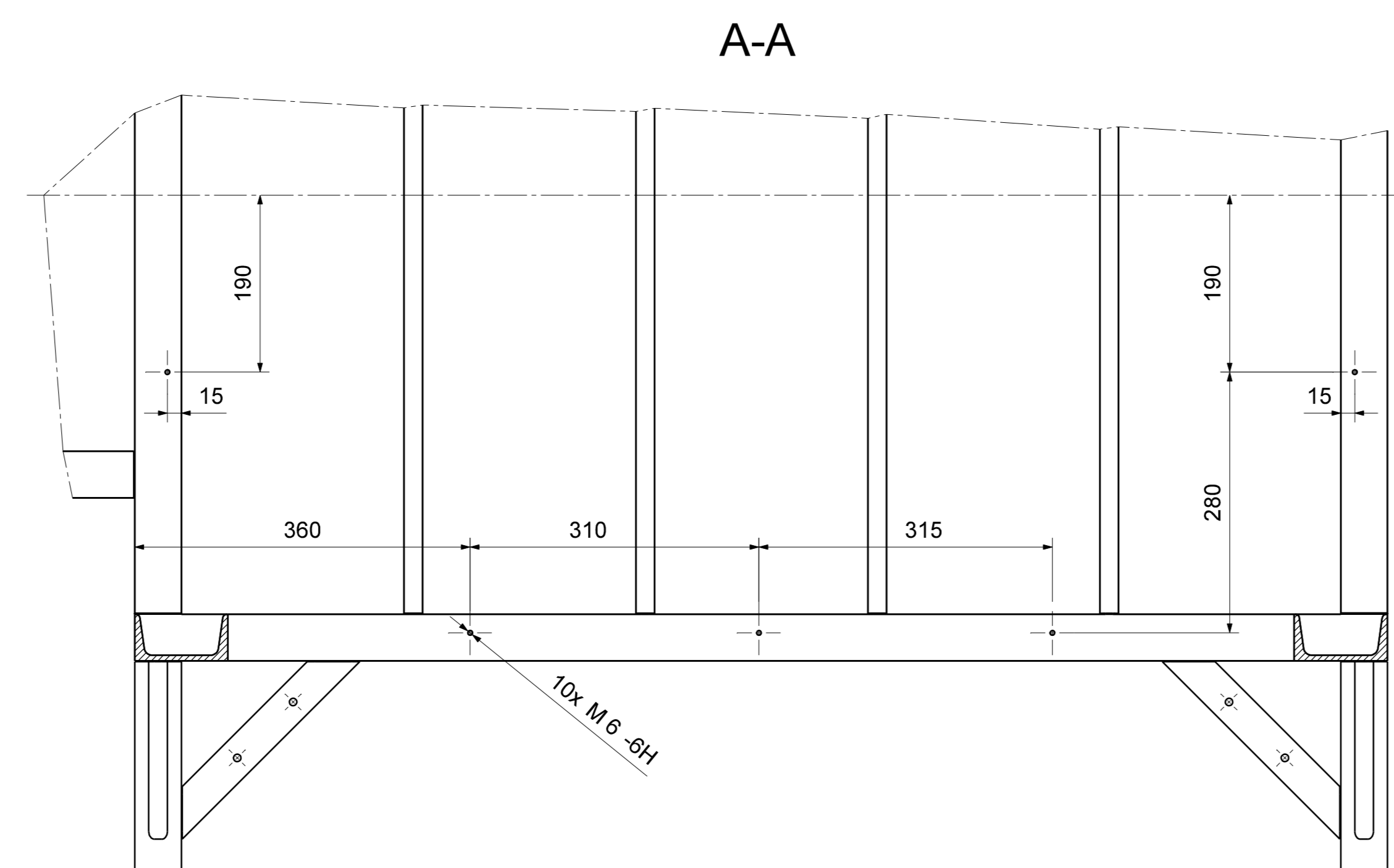
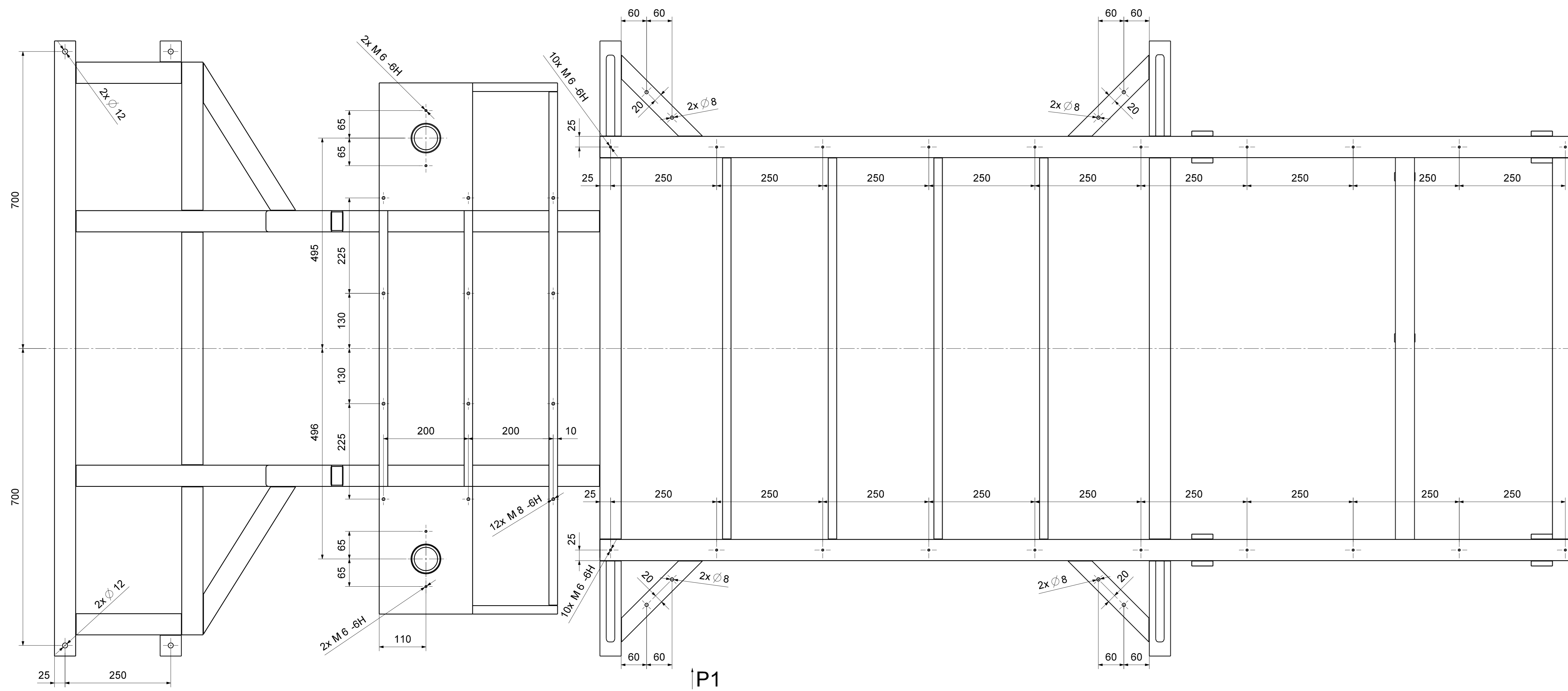
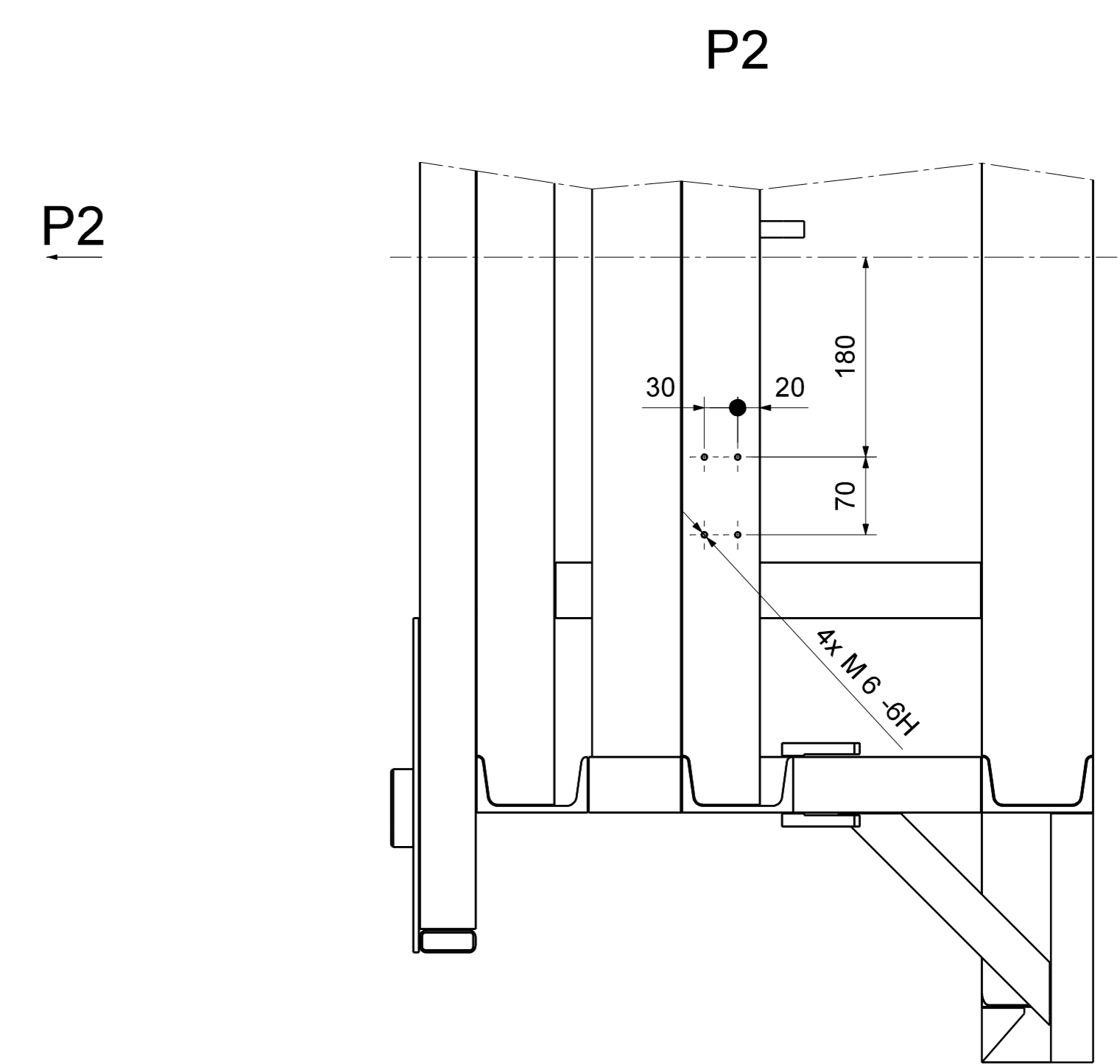
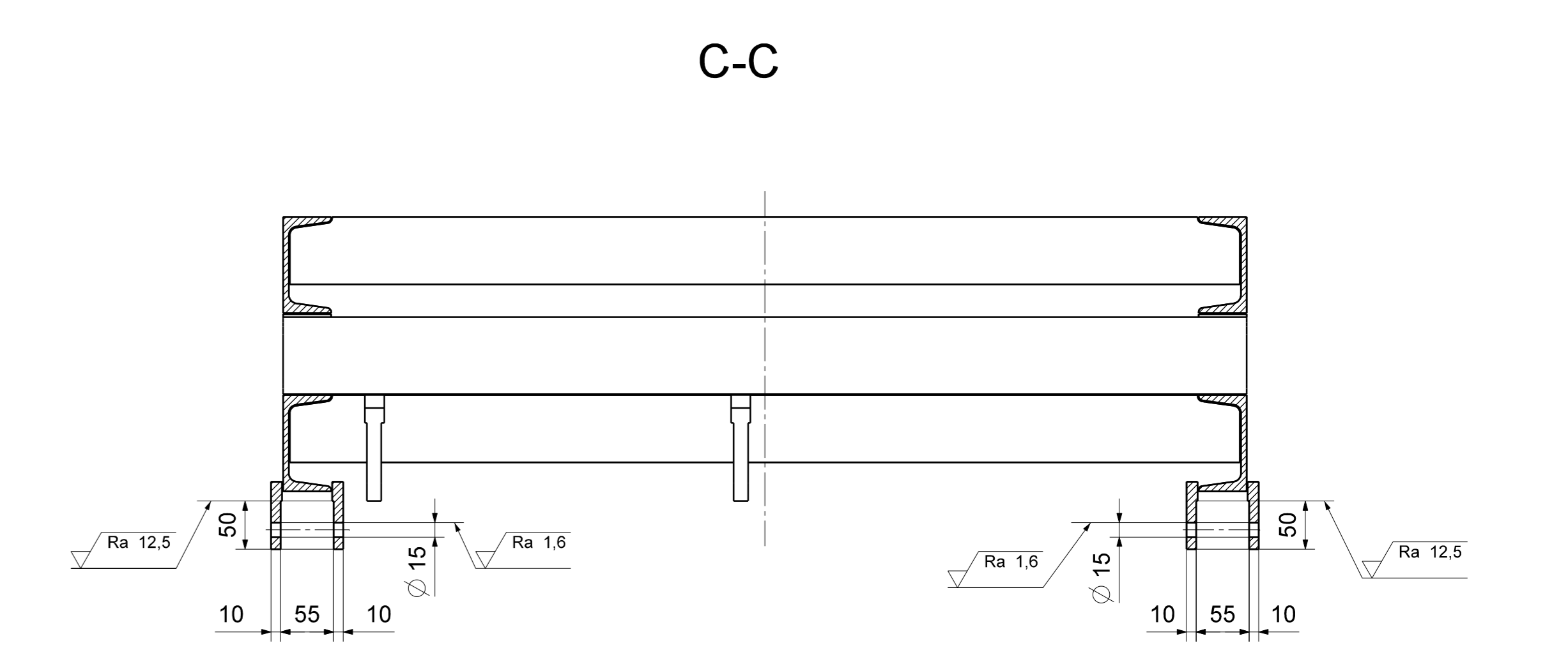
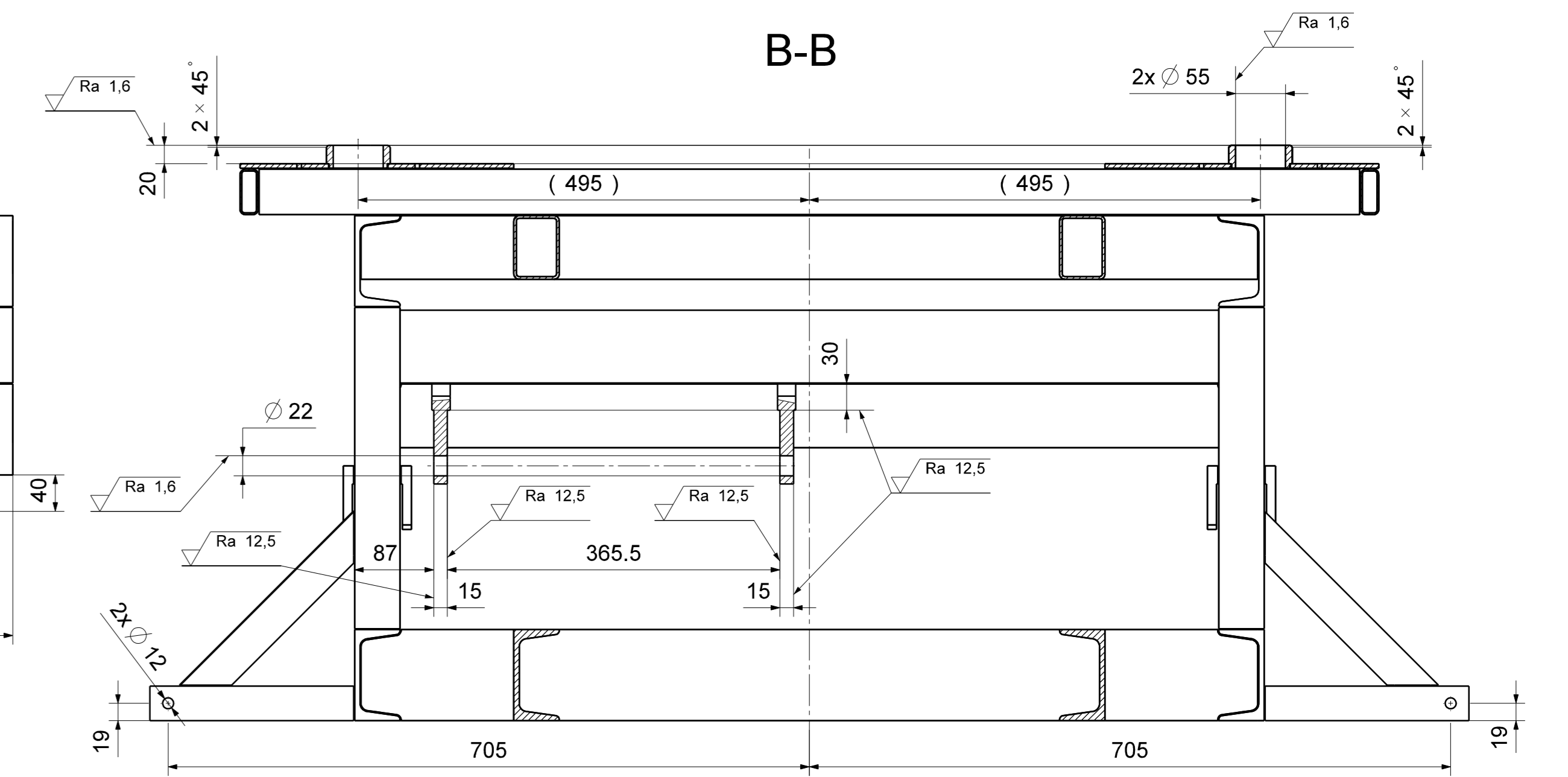
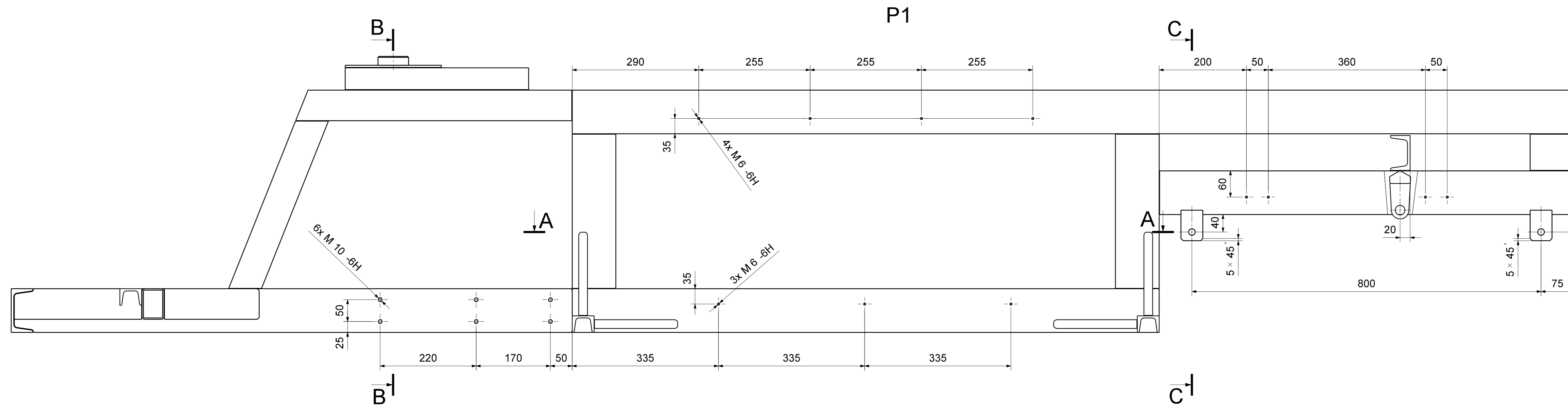
DESIGNED BY: Pavel Skála		Malý městský elektromobil		I	-
DATE: 14.7.2020				H	-
CHECKED BY:		DASSAULT SYSTEMES		G	-
DATE:				F	-
SIZE A3		BP - 03		E	-
SCALE 1:20	WEIGHT (kg) 1000			D	-
DRAWING NUMBER		1/1		C	-
SHEET				B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				A	-

H G F E D C B A

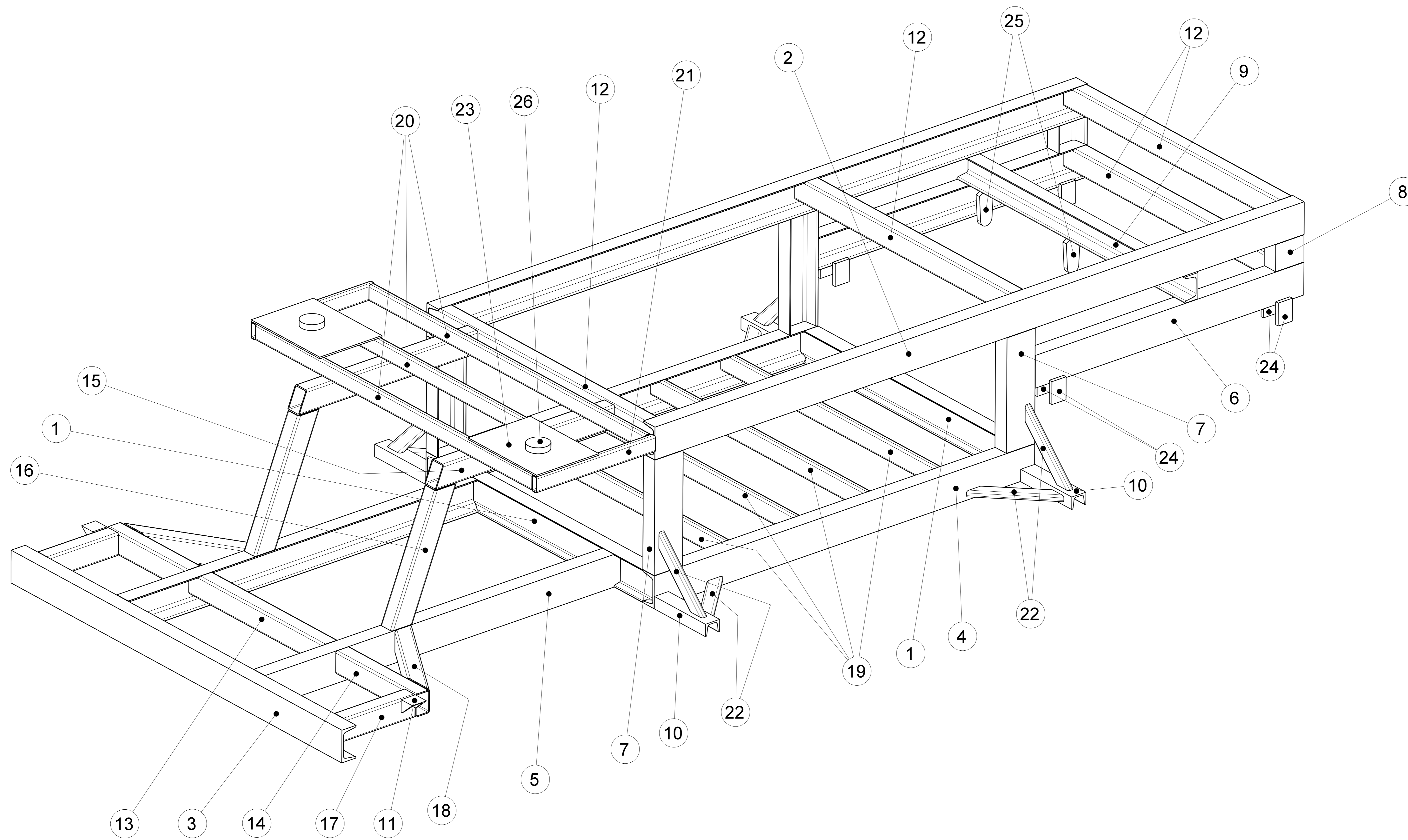


Technické požadavky
Svařit E48.00

DESIGNER: Pavel Skála	DATE: 14.7.2020	Rám - svařenec	
CHECKER: ...	DATE: ...		
SCALE: A0	PROJEKT: ...	DASSAULT SYSTEMES	
SCALE: 1:5	SETUP: 265	DESIGN: BP - 01	SHEET: 2/2



DESIGNER: Pavel Skála			1
DATE: 14.7.2020			2
DRAWING NO.			3
SCALE: A0	265		4
Rám - opravování			5
DASSAULT SYSTEMES			6
SCALE: 1:5	265		7
BP - 02			8
SHEET: 1/1			9



DESIGNER: Pavel Skála			1
DATE: 14.7.2020			2
CHECKED BY:			3
DATE:			4
SIZE: A0			5
SCALE: 1:5	DESIGN: 265	REVISION: BP - 01	6
			7
			8
			9
			10
			11
			12
			13
			14
			15
			16
			17
			18
			19
			20
			21
			22
			23
			24
			25
			26

Rám - svařenec

DASSAULT SYSTEMES

BP - 01

1/2