



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# DESIGN AUTONOMNÍHO DORUČOVACÍHO ROBOTA

DESIGN OF AUTONOMOUS DELIVERY ROBOT

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Darina Ianishevskaja

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek,  
ArtD.

BRNO 2021



# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Studentka:	<b>Bc. Darina Ianishevskaja</b>
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	<b>doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.</b>
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Design autonomního doručovacího robota

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Situace kolem šíření koronaviru Covid-19, celosvětová pandemie a nutnost sebe-izolace značně zvýšila zájem lidí o online nákupy i rozvoz potravin a zboží přímo do místa bydliště. Z hlediska rychlosti vývoje moderních technologií se jeví jako nejvhodnější použití autonomních systémů, které mají v nejbližší budoucnosti nahradit drahou lidskou sílu. Designérský koncept autonomního doručovacího robota jehož návrh bude vycházet ze současně používaných a v blízké budoucnosti očekávaných technologií ukáže nové možnosti v oblasti autonomních doručovacích systémů.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

## 1 Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je koncepční, výtvarně–technické řešení doručovacího robota navrženého s využitím moderních technologií a materiálů.

Dílčí cíle diplomové práce:

- analýza současného stavu a identifikace silných i slabých stránek,
- návrh výtvarně–technické koncepce robota,
- řešení ergonomie,
- prokázání funkčnosti a realizovatelnosti návrhu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske–studium–ukonceni/>

## 2 Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty



## ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je design autonomního doručovacího robota, určeného pro rozvoz jídla a potravin na kratší vzdálenosti. Diplomová práce zahrnuje designerskou a technickou analýzu existujících produktů a věnuje se vlastnímu návrhu autonomního doručovacího robota. Navržený koncept řeší technické nedostatky současných produktů a svým designem reflektuje nové možnosti v oblasti autonomních doručovacích systémů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Design, robot, autonomie, rozvoz, město

## ABSTRACT

The topic of this diploma thesis is the design of an autonomous delivery robot, designed for the delivery of food and groceries over shorter distances. The diploma thesis includes design and technical analysis of existing products and deals with the design of an autonomous delivery robot. The proposed concept solves the technical shortcomings of current products and its design reflects new possibilities in the field of autonomous delivery systems.

## KEYWORDS

Design, robot, autonomy, delivery, city



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

IANISHEVSKAIA, Darina. *Design autonomního doručovacího robota*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132478>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Ladislav Křenek.



## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, ArtD. za cenné rady, věcné připomínky a trpělivost během práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Daně Rubínové, Ph.D. za ochotu a cenné rady z oblasti ergonomie, které mi byly předány při konzultacích. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat také rodině a přátelům za podporu a trpělivost během studia.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislava Křenka, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Bc. Darina Ianishevskaia



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>17</b>
2.1	Designérská analýza	17
2.1.1	Historický přehled	17
2.1.2	Současná nabídka trhu	18
2.2	Technická analýza	31
2.2.1	Proces doručování	31
2.2.2	Schéma dílčích komponent	35
2.2.3	Motor	35
2.2.4	Baterie	36
2.2.5	Navigace	37
2.2.6	Podvozek	38
2.2.7	Alternativní typy podvozku	40
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>42</b>
3.1	Analýza problému	42
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	43
3.3	Cílová skupina a její potřeby	43
3.4	Cíl práce	45
3.4.1	Základní parametry a legislativní omezení	45
3.4.2	Použité výrobní technologie, potencionální trh a cena	46
3.4.3	Odůvodnění nutnosti a potřebnosti řešení	46
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>47</b>
4.1	Varianta 1	48
4.2	Varianta 2	51
4.3	Varianta 3	53
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>55</b>
5.1	Zvolení vizuálního řešení	55
5.2	Finální tvarové řešení	56
5.2.1	Celkový tvar, kompozice a princip tvarování	56
5.2.2	Detaily	61

<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>63</b>
6.1	Výběr typu podvozku	63
6.1.1	Výpočet základních rozměrů kol a podvozku	64
6.2	Rozměrové řešení	65
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	66
6.3.1	Rozmístění komponent	66
6.3.2	Základní parametry	67
6.3.3	Baterie	67
6.3.4	Motor	68
6.3.5	Senzory a elektronika	69
6.3.6	Stabilizační mechanismus	70
6.3.7	Výsuvný systém boxů, kontejnerový systém	70
6.4	Materiálové řešení	73
6.5	Výrobní technologie	73
6.6	Ergonomické řešení	74
6.6.1	Navigační displej	74
6.6.2	Proces vykládaní	75
6.6.3	Proces nakládání	76
6.6.4	Další ergonomická řešení	77
6.7	Bezpečnost a hygiena	77
6.8	Udržitelnost	78
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>79</b>
7.1	Barevné řešení	79
7.2	Grafické řešení	81
7.2.1	Název a logotyp	81
7.2.2	Grafika displejů, navigační grafika	82
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>83</b>
8.1	Psychologická funkce	83
8.2	Ekonomická funkce	83
8.3	Sociální funkce	83
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>84</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>86</b>

<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>93</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>96</b>
<b>13</b>	<b>FOTOGRAFIE MODELU</b>	<b>101</b>

# 1 ÚVOD

Doručování potravin a zboží je v dnešní době čím dál více žádané. Důvodem je evidentně úspora času a komfort. Situace kolem šíření koronaviru (Covid-19), celosvětová pandemie a nutnost sebe-izolace v roce 2020 značně zvýšila zájem lidí o online nákupy a rozvoz. Poptávka nyní výrazně převyšuje nabídku. S prudkým nárůstem zájmu vzniká také spousta problémů, které dopravní společnosti musí řešit. Jsou to hlavně chybějící kapacity - například nedostatek řidičů. Stálým problémem logistiky jsou velké náklady na rozvoz v oblasti "poslední míle", tedy mezi místem posledního uskladnění a přímým objednavatelem zásilky. Z těchto důvodů firmy investují hodně peněz do projektů, které by pomohly tyto náklady snížit, a testují nové způsoby doručování zboží.

Autonomní doručovací roboty již nejsou pouze utopickým výmyslem, ale zcela běžným způsobem rozvozu potravin a zboží v takových státech, jako jsou například USA a Estonsko. Z hlediska rychlosti vývoje moderních technologií je nevyhnutelné použití autonomních systémů, které mají v nejbližší budoucnosti nahradit drahou lidskou sílu. Rozvoj samodoručovacích robotů je také nezbytně nutný z hlediska ekologie a městské dopravy – nadměrné využívání neobnovitelných zdrojů energie, množství emisí vypouštěných do ovzduší dopravními prostředky a hustá doprava ve městech jsou jedněmi z nejdůležitějších problémů v dnešní době.

Tato diplomová práce se zabývá designem autonomního doručovacího robota, jehož návrh bude vycházet ze současně používaných a v blízké budoucnosti očekávaných technologií. S ohledem na aktuální situaci na trhu a rostoucí zájem o autonomní doručování je žádoucí koncipovat robota hlavně pro rozvoz menších nákupů po městě.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Tato kapitola se zabývá problematikou autonomních doručovacích robotů, jejich původem, vývojem a aktuálním stavem na trhu. Tato část diplomové práce je také zaměřená na podrobnější rozbor technického a konstrukčního řešení těchto strojů, které jsou poměrně novým a zároveň velice aktuálním tématem.

### 2.1 Designérská analýza

#### 2.1.1 Historický přehled

Historie autonomní technologie začíná několik staletí před vynálezem automobilu, kdy Leonardo da Vinci navrhl vozík, který se mohl pohybovat, aniž by byl tlačěn nebo tažen. Silné napjaté pružiny zajišťovaly vozíku hnací sílu. Řízení mohlo být nastaveno předem, takže se vozík mohl pohybovat po předem stanovené trase. Zařízení, které je vzdáleným předchůdcem automobilu, je mnohdy považováno za prvního robota na světě. [1]

Dlouhé cestování vzduchem zapříčinilo vývoj auto-pilotních systémů pro letadla s dlouhým doletem. V roce 1933 tak během 21 000 km dlouhého letu po celém světě použil Wiley Post první prototyp autopilota od firmy Sperry Gyroscope Co ( Mechanical Mike aircraft autopilot). Gyroskopy sledovaly kurz pohybu letadla a propojovaly se s ovládacími prvky, aby zajistily přesný směr. Gyroskopy zůstávají dodnes nedílnou součástí techniky autonomních vozidel. [1]

V roce 1961, kdy byl vesmírný závod v plném proudu, začali vědci uvažovat o přistávacích vozidlech na Měsíci. Myšlenku dálkového ovládání lunárního roveru navrhl James Adams, student postgraduálního inženýrského studia ve Stanfordu. Jeho řešení problému ovládání vzdáleného vozidla pomocí informací z videa nakonec vedl k vývoji prvního skutečně samostatně poháněného kolového vozidla na světě. „The Cart“ byl vybaven kamerami a naprogramován tak, aby detekoval a autonomně sledoval bílou čáru na zemi. Technologie nástupců využívají kamery i dnes a zůstávají tak nezbytně důležitým prvkem autonomních vozidel. [1]

V dnešní době již můžeme na trhu nalézt značné množství autonomních doručovacích robotů a jejich konceptů. Jejich rozvoj nicméně začal teprve v roce 2014, kdy se objevily první zmínky o samodoručovacím robotu firmy Starship. Následující podkapitoly jsou věnovány analýze existujících produktů této kategorie, které jsem rozdělila na zástupce inspirující a řešení, vůči kterým bych se chtěla vymezit.

## 2.1.2 Současná nabídka trhu

### Starship, Starship Technologies

Jak již bylo zmíněno, technologie samo-doručovací robotu je v poslední době poměrně novým, ale velice žádaným tématem. První zmínky o autonomních robotických kurýrech se objevily v roce 2014, ale jejich testování a komerční využití začalo teprve v roce 2016. Jedním z prvních a zatím nejúspěšnějších produktů na trhu je robot Starship od firmy Starship Technologies, kterou v roce 2014 v Londýně založili vynálezci Skype - Janus Friis a Ahti Heinla. Firma již oznámila zavedení logistických sítí do 100 amerických univerzitních kampusů do roku 2022. Starship Technology rozmístí cca 25-50 robotů do každého kampusu - do roku 2021 s největší pravděpodobností počet robotů překročí 5 tisíc. [2]

System samo-doručovací robotu je již zavedený na George Mason University a University of Northern Arizona. Roboty Starship již rozváží objednávky v Talinnu a v nejbližší době se plánuje jejich zavedení v Londýně, Düsseldorfu, Bernu a Hamburku.



obr. 2-1 Robot Starship od firmy Starship Technology. [3]

Šestikolový robot s elektrickým pohonem a lithium-iontovou baterií může jezdit po chodníku maximální rychlostí 6 km/h a s maximálním zrychlením až 16 km/h. Je zcela autonomní a využívá autopilot podobný tomu, který se používá v automobilech Google. Může být také dálkově ovládán, pokud dojde k selhání autonomního řízení. Robot je schopen pohybovat se po chodnících, samostatně se vyhýbat chodcům, obrubníkům a různým překážkám. Může také jezdit v noci, za deště i za sněhu a to díky devíti-kamerovému systému vidění, GPS, ultrazvukovým senzorům a radaru. Autonomní kurýr má také reproduktory, takže může komunikovat s lidmi, se kterými se setkává a při pokusech o únos nebo krádež automaticky zavolá policii a zaznamená video o situaci. Starship je v neustálé obousměrné komunikaci s dispečerem, který může kdykoli převzít kontrolu nad robotem v režimu dálkového ovládání. Samotný robot váží 18 kg a dokáže pojmout až 9,1 kg zboží. Jeho rozměry jsou 55 cm na výšku a 70 cm na délku.[4] [5]



obr. 2-2 Robot Starship. [5] [6]

Starship Technology oznámila partnerství s Mercedes-Benz s cílem vytvořit Robovan - první dopravní systém na světě, který radikálně zvyšuje efektivitu dodávky zboží pomocí integrací robotů s dodávkovým vozidlem. V každém nákladním voze se plánuje umístění až osmi samo-doručovacích robotů. Namísto přímého dodání každého produktu - což je drahé, neefektivní, zvyšuje znečištění životního prostředí a zhoršuje dopravní situaci - dodávky vyloží roboty v nejvhodnějších bodech, aby přímé koncové dodání zákazníkovi provedli sami. Zatímco projekt je ve stadiu vývoje, Starship funguje tak, že po přijetí objednávky automaticky přijede na místo nakládky, zboží se umístí do nákladního prostoru a robot se vydá na cestu k zákazníkovi. Tady se také musí zmínit, že Starship je určen pouze pro doručení na relativně krátkou vzdálenost (3 km). Zavazadlový prostor může otevřít pouze příjemce zásilky tak, že v mobilní aplikaci zadá PIN kód od společnosti a až potom se robot automaticky otevře. [5] [7]

Design robota odpovídá jeho určení a působí futuristickým dojmem. Minimalistické a jednoduché tvarosloví odpovídá záměru firmy – „Chceme, aby lidé věnovali našim robotům stejnou pozornost jako jejich myčkám nádobí.“ (Ahti Heinla, spoluzakladatel a generální ředitel Starship Technologies.). Vzhled robota nepůsobí pro uživatele nijak nepříznivě, odpudivě nebo nesympaticky. Naopak působí přátelským dojmem. Zároveň na sebe nepoutá větší pozornost, což pomáhá robotovi zapadnout do běžného městského provozu. Robot má také několik výrazných prvků – oranžovou anténu se zabudovaným světlem a světelné prvky na přední a zadní straně trupu, které nenarušují celkový minimalistický vzhled produktu a zajišťují dobrou viditelnost i za horších podmínek. Rozměry robota jsou vyhovující pro pohyb na chodnících se zanecháváním dostatečného prostoru pro chodce. Tvary robota nejsou vhodné pro únos, ačkoliv to nemusí být na první pohled zřejmé. Tato nevhodnost tvarů pro únos byla dokázána několika testy. Barevné členění vypadá velice elegantně a harmonicky. Vrchní a spodní linky oddělující bílé plochy od černých částí na sebe pěkně navazují. Volba černé vrchní části robota je sice pochopitelná z hlediska stylistického, není ale nejvhodnější z důvodu zahřívání robota a jeho nákladu na slunci. [8]

## Eliport koncept



obr. 2-3 Eliport koncept, Eliport Inc. [9]

Eliport je start-up založený Dmitryem Skorinko a Patrickem Syngem v Barceloně v červenci 2017, který již v listopadu téhož roku dostal podporu a ocenění takových velkých evropských společností jako jsou supermarket Tesco a největší španělský online supermarket Ulabox.com. Stejně jako předchozí Starship, Eliport se také snaží vyřešit všechny problémy spojené s doručení v oblasti poslední míle, od velkých nákladů na rozvoz až po poškození zásilek. Na první pohled jsou tyto dva roboti podobní i navenek. [10]

Co však odlišuje Eliport od konkurentů, je jeho patentovaná technologie autonomního vykládání, která umožní robotům samostatně vykládat zboží do předem nainstalovaného „kufří“, aniž by člověk potřeboval okamžitě vyzvednout svůj balík. Roboti Eliport mohou být alespoň zpočátku použiti pouze ve speciálně vybraných oblastech se soukromými domy (firma cílí na některé oblasti v Anglii a USA). Systém přijímacích boxů a autonomních kurýrů automatizuje doručení kompletně z třídícího skladu až do domova zákazníka. Vývoj takového systému slibuje zásadní průlom v optimalizaci logistiky. [10]



obr. 2-4 Eliport koncept, Eliport Inc. [11]

Roboti se vyhýbají překážkám díky kombinaci deseti až čtrnácti senzorů, které budou zahrnovat kamery, LiDAR a radar. Podvozek konceptu ale není přizpůsobený tak, aby robot mohl překonávat obrubníky. Eliport roboti budou moct cestovat až 25 km (16 mil) na jedno nabití baterie a budou se moci dobíjet prostřednictvím nabíječek umístěných v místech přijetí a doručení zboží. Plánovaná váha robota je přibližně 40 kg a hmotnost nákladu kolem 30–40 kg. [10]

Design robota Eliport hodně připomíná design robota Starship hlavně po stránce barevného řešení. Strohé tvarování doplněné jednoduchým barevným členěním tvoří velmi čistý, možná až trochu nudný design. Výrazná doplňková barva a detaily by mohly přidat produktu sympatičtější vzhled. Řešení grafiky světel je také diskutabilní – světla zde nejsou výrazným prvkem, při tom ale narušují minimalistický vzhled produktu z bočního pohledu. Za menší nedokonalost považují také kamery a lidar, vystupující ze základního tvaru a lehce narušující siluetu produktu. Ačkoliv Eliport hodně pokulhává před Starship po designové stránce, uvádím ho zde kvůli naprosto odlišné technologii, lišící se od ostatních technologií jiných produktů, která kompletně automatizuje proces doručení a vynechává z tohoto procesu nejen kurýra ale také zákazníka, který by se musel s robotem setkat, otevřít ho, vyjmout zásilku, kterou přivezl a zavřít.

## Serve, Postmates



obr. 2-5 Serve, Postmates. [12]

Dalším pozoruhodným produktem na současném trhu je Serve – autonomní doručovací robot od velké americké společnosti Postmates, která nabízí rozvoz jídel z restaurací a dalšího zboží. Roboti zatím rozváží jen v testovacím provozu. Firma ale plánuje v nejbližší době zavést autonomní rozvoz v Los Angeles a San Franciscu. Serve na první pohled vypadá jako mnoho dalších samo-doručovacích robotů, avšak tento produkt vyniká jak svým designem, tak i technickými parametry. [13] [14]

Serve, stejně jako Eliport a Starship, se bude pohybovat po chodnících. „Pod kapotou“ robotu je lidar Velodyne, který poskytuje obraz 180 ° x 180 ° pro vyhýbání se blízkým objektům, a procesor Nvidia Xavier, o němž se tvrdí, že je světově nejmenším superpočítačem pro umělou inteligenci. Zákazníci otevrou robota pomocí dotykové obrazovky, která pomáhá Serve komunikovat nejen s klientem ale také s chodci, které potká na cestě. Jeden robot dokáže přepravit 22,6 kg nákladu a najet přibližně 50 km bez nabíjení, což jsou výborné schopnosti oproti Starship. [13] [14]

Navzdory designovým trendům v oblasti samo-doručovacích robotů, v Postmates se vyhnuli monoformnímu přístupu ve stylu „kosmické lodi“ – přísné, sterilní a přehlčené senzory. Na základě jejích vlastních výzkumů firma zvolila opačný přístup. Vize Postmates spočívá v tom, že pro snadnou interakci robota s lidmi, musí být Serve co nejvíce přátelský, roztomilý a výrazný. Designerům se povedlo vytvořit svěží pestrý vzhled produktu se zachováním jednoduchého a čistého tvaru inspirovaného nákupním košíkem - konečným symbolem elektronického nakupování. Symbolické „oči“ jsou ve skutečnosti dvě kamery, které vytvářejí stereoskopické obrazy. Takže nejde pouze o detail, vytvářející přátelský vzhled, ale také o důležitý technický prvek. Celkově robot působí velice přívětivě, téměř jako hračka. [14]

## DOM, Marathon x Domino's pizza



obr. 2-6 Robot DOM od firmy Marathon ve spolupráci s Domino's pizza [15]

DOM (dříve známý jako „DRU - Domino's Robotic Unit“) vznikl ve spolupráci mezi Domino's Pizza a robotickou společností Marathon Targets, která má sídlo v Sydney. Ačkoli společnost Domino's Pizza poprvé představila DOM v Austrálii, první testy se prováděly na Novém Zélandu. Je to čtyřkolový, metr vysoký, samodoručovací robot, který vyniká nejen neobvyklým tvarováním, ale také jednou užitečnou přídatnou funkcí. [15]

DOM je v podstatě nízkoenergetická trouba a zároveň lednička na kolečkách. Robot je totiž vybaven speciálním ohřívacím prostorem pro 10 krabic s pizzou a chladicím prostorem pro nápoje, což je nesmírně užitečné pro rozvoz pizzy a jiného hotového jídla. Díky této funkci DOM během cesty udržuje objednávku zákazníka horkou a nápoje ledově studené a získává tím značnou výhodu oproti konkurentům. DOM se také výrazně liší svým tvarováním, konkrétně jasným oddělením podvozku od těla robota. Podobné řešení by mohlo výrazně zlepšit schopnosti překonávání překážek, ovšem rozměry podvozku a jeho tvar to neumožňují. Samotné tělo robota je vytvarované tak, aby odpovídalo jeho hlavní funkci – rozvoz pizzy, a je přizpůsobené rozměru a tvaru krabic společnosti Domino's Pizza. Barevné řešení je naopak pro samodoručovací roboty typické – černobílé s přidáním výrazných barevných akcentů. [15] [16] [17]

DOM má kapacitu baterie, která odpovídá dojezdu 20 km, což je v průměrném dosahu dodávky Domino (3-5 km). Tělo robota je vyrobeno z plastů ABS a urethanu, čočky jsou vyrobeny z plastů PMMA (akryl) a podvozek je z hliníku a oceli nižších tříd. Jeho rozměry jsou 740 mm na šířku, 922 mm na výšku. Hmotnost je 190 kg a maximální rychlost je 20 km / h. [15] [16]

## EQ Delivery Pod concept, Jakob Payk



obr. 2-7 EQ Delivery Pod concept od Jakoba Payka [18]

EQ Delivery Pod je nový koncept, vytvořený Jakobem Paykem v roce 2020. Proto nejsou jeho specifikace a technické parametry zveřejněné, ale zařadila jsem ho do současného stavu poznání kvůli výjimečnému designu.

Robot má bezkontaktní design, který vyžaduje, aby zákazník jednoduše naskenoval QR kód z mobilní aplikace nahoře, čímž se robot automaticky otevře a po vykládaní objednávky potvrdil doručení v aplikaci, čímž se úložný prostor automaticky zamkne. Takovým způsobem se robot plně ovládá pomocí aplikace a doručení je naprosto bezkontaktní, což je v době pandemie velkou výhodou.[18]

Design EQ Delivery Pod je inspirován společností Mercedes-Benz a jeho tvarové řešení se výrazně odlišuje mezi od ostatních produktů na trhu. [19]

Organické a jednoduché navázání kol blatníkem na tělo robota je neobvyklým, ale velice přívětivým tvarovým řešením. Na rozdíl od většiny konkurenčních produktů EQ Delivery Pod nemá podvozek tvarově oddělený od těla robota, což nejspíš zhoršuje jeho překonávací schopnosti, ale zároveň přidává produktu velice elegantní a čistý vzhled. Produkt je celkově velmi čistě vytvarován, má výrazné materiálové členění, které nenarušuje celkový vzhled. Po designové a tvarové stránce je pro mě tento koncept inspiračním příkladem.

## Scrappy, Marble



obr. 2-8 Robot Scrappy od firmy Marble [20]

Americká společnost Marble, založená v roce 2015 v San Franciscu získala přibližně 10 milionů dolarů na vývoj autonomních robotických kurýrů. Zatímco roboti této společnosti pro ni sestavují mapu místních pěších zón a jsou během procházek doprovázeni zaměstnanci, společnost očekává, že v příštím roce obdrží podrobnou trojrozměrnou mapu všech pěších zón v San Franciscu a okolí. Poté se jejich roboti budou moci pohybovat po ulicích samostatně a dodávat produkty z obchodů, potraviny z restaurací, věci z čistírny a léky z lékáren. [21]

Čtyřkolový robot s výškou více než jeden metr se pohybuje rychlostí 3 až 4 km/h a pojme až čtyři potravinové bedny. Vzhledem k tomu, že Scrappy je schopný doručovat pouze na velice krátkou vzdálenost (cca 2 km), jeho rozměry jsou možná zbytečně velké. Marble plánuje instalovat kontrolu teploty ve svých robotech, což bude velkou výhodou oproti konkurenci. Prozatím ale Marble používá speciální tepelné nádrže Yelp Eat24, aby udržoval jídlo v teple. [22]

Co se týče designové stránky produktu – je to ideální příklad toho, proti čemu bych se chtěla vymezit. Scrappy celkově vypadá jako krabice na kolečkách. Celkové tvarování robota je sice jednoduché, ale je narušené spoustou vyčnívajících detailů odpuzujících zákazníka. Kamery, lidar, tlačítka a dráty vyčnívající z robota nejen vypadají nechráněné, ale také vytvářejí pocit, že zacházení s robotickým kurýrem je pro běžného člověka obtížné. Scrappy nevypadá jako moderní, přívětivý robot pomáhající lidem, který využívá nejnovější technologie, ale spíše jako podivné zařízení z minulého století.

## SameDay Bot, FedEx



obr. 2-9 SameDay Bot od firmy FedEx [23]

Společnost FedEx představila samo-doručovacího robota SameDay Bot, který je určen pro autonomní doručování balíků zákazníkům v oblasti několika kilometrů. V současné době firma jedná se společnostmi, jako jsou AutoZone, Lowe's, Pizza Hut, Target, Walgreens a Walmart, aby vyhodnotily jejich potřebu pro takové roboty. Průměrně podle zástupců FedEx více než 60% nakupujících v těchto společnostech bydlí v oblasti třech milí od obchodu, což je ideální vzdálenost pro doručení menším robotickým kurýrem. [23]

SameDay Bot má schopnost, která ho odlišuje od mnoha jiných podobných robotů. Byl totiž navržen inženýrem Deanem Caymanem, který dříve vytvořil invalidní vozík Segway a iBot. Na základě předchozích zkušeností vývojář vybavil robota čtyřmi aktivními koly a dvěma pasivními, které jsou umístěny vpředu. Podvozek se může vychylovat od těla, což robotovi umožňuje překonávání silnic s velkým sklonem a schodů. Takové schopnosti nemá zatím ani jeden z existujících konkurentů na trhu autonomních doručovacích robotů. Kromě toho má robot přední a zadní obrazovky pro komunikaci s chodci. Obrazovka na předním panelu zobrazuje zprávy pro chodce a na zadním panelu zobrazuje směr pohybu robota a navrhované manévry, aby se snížil počet nehod a nedorozumění mezi člověkem a strojem. [24] [25]

Bohužel, co je zde výhodou po technické stránce je nevýhodou z pohledu estetiky a designu. Celá konstrukce robota vypadá nestabilně a inovativní malá kolečka působí cizorodě. Design vypadá nedořešeně v místě spojení těla robota s podvozkem, který by správně měl být nějakým způsobem zakrytý, a to nejen z estetických důvodů, ale také z pohledu bezpečnosti. SameDay Bot, jako jeden z mnoha produktů na trhu, vzhledově působí jako chladicí box na kolečkách, což není nejlepším designerským řešením pro snadnou interakci a infiltraci samo-doručovacího robota do lidské společnosti.

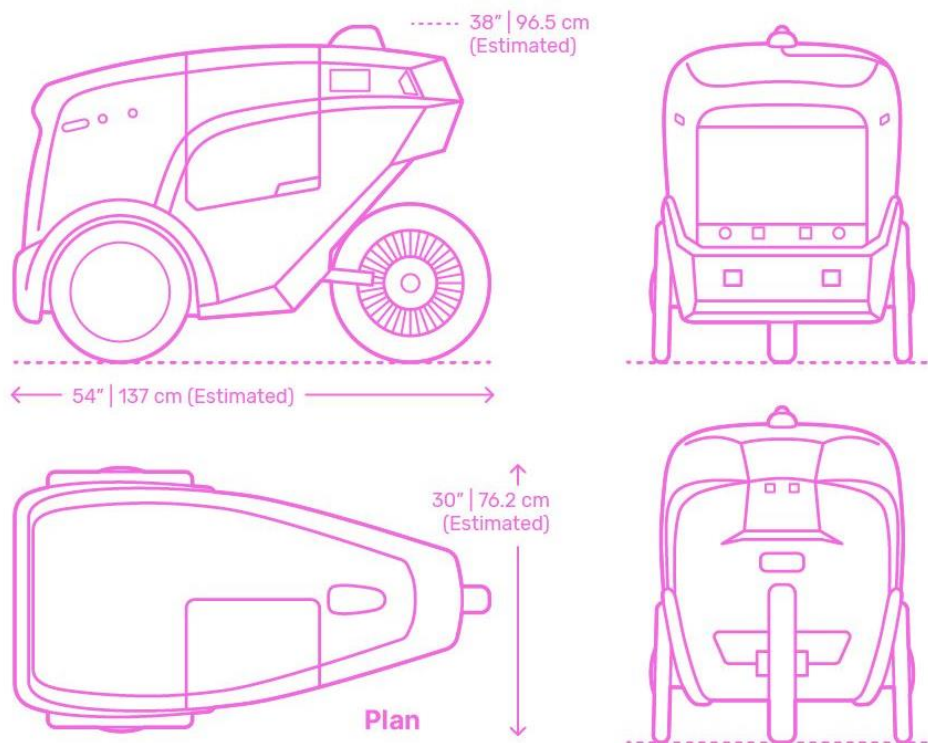
## REV-1, Refraction AI



obr. 2-10 Robot REV-1 od firmy Refraction AI [26]

Společnost Refraction AI, která byla poprvé uvedena na trh v červenci 2019, postavila robota speciálně pro rozvoz na poslední míli mezi obchody a zákazníky v městských komunitách, jako je například Ann Arbor a Michigan, kde nyní probíhá studie proveditelnosti. Maximální rychlost REV-1 je 24 km/h, robot váží 45 kg a je poháněn méně než 500 W motorem. To znamená, že se může kvalifikovat podle předpisů jako e-bike, takže se obecně drží cyklistických pruhů. Ale podle jeho výrobce je dostatečně rychlý na to, aby mohl jet v jízdním silničním pruhu - robot se podřizuje dopravním signálům, zastaví na přechodech pro chodce, a vyhýbá se zaparkovaným autům. [28]

Robot naviguje po městě a samostatně se vyhýbá překážkám pomocí kombinace GPS, LiDAR, radaru a 12 optických kamer - některé z nich mají široké zorné pole kolem 200 stupňů, zatímco jiné mají užší zorné pole kolem 90 až 100 stupňů. Toto rozšíření kamer poskytuje REV-1 plný 360stupňový pohled na okolí a umožňuje vnímání hloubky. A protože se pohybuje relativně pomalu, je také schopen využívat ultrazvukové senzory, které nejsou u rychlejších vozidel užitečné. [28]



obr. 2-11 Robot REV-1, rozměry [27]

Robot má ergonomicky vhodné rozměry (výška 96,5 cm), ale jeho celkový tvar je nelogický a nepřizpůsobený hlavnímu účelu. Velké zadní kolo je umístěné ve střední ose, čímž zabírá hodně místa, které by se dalo využít jako úložný prostor. Navíc tělo robota nad zadním kolem se hodně zužuje, což je vidět z pohledu shora, tak vzniká malý a nepřizpůsobený pro uložení prostor. Zúžení je nejspíš udělané pro lepší stabilizaci robota, ale tím vzniká zbytečně prodloužená karoserie, která v zadní části nemá využití. [27]

## Robby robot, Postmates x Robby Technologies



obr. 2-12 Robby robot, Postmates ve spolupráci s Robby Technologies [29]

Robby robot není významným produktem na trhu robotických kurýrů ani z pohledu jeho technologických schopností, ani z pohledu designu. Ale je dobrým příkladem designerské tendence v této oblasti – většina doručovacích robotů opravdu vypadají jako chladicí boxy na kolečkách.

Tvarování Robby je maximálně jednoduché – tělo robota je v podstatě box s barevně odlišeným vrškem. Takový tvar těla odpovídá hlavní funkci robota, ale v kombinaci s malými kolečky, připomínající spíš kolečka od kufru, vytváří dojem nedořešenosti designu a nebezpečnosti jeho celkové konstrukci. Nepochopitelným je také způsob zapracování kamer do designu. Umístění kamery uprostřed každé stěny robotického boxu není v souladu s minimalistickým řešením jeho tvarování.

## ANYmal, ANYbotics a Continental AG



obr. 2-13 ANYmal, ANYbotics a Continental AG [30]

ANYmal není typickým zástupcem autonomních doručovacích robotů, je to původně čtyřnohý robot pro plnění úkolů v obtížných podmínkách. Ale společnosti ANYbotics a Continental AG se rozhodli využít robota v kombinaci s autonomní dodávkou pro rozvoz poštovních balíků v oblasti "poslední míle" a představili svoji vizi v roce 2019 na největším světovém veletrhu obchodních a spotřebních technologií - Consumer Electronics Show (CES) v Las Vegas. [31]

Lidar a kamery umožňují systému ANYmal vnímat prostředí, stejně jako většině existujících samo-doručovacích robotů. Ale jak je vidět hned na první pohled, ANYmal je zcela odlišný od konkurentů a to hlavně díky jeho nohám složeným z několika kloubů, které se mohou zcela vytočit, aby se robot dokázal zapřít a vytáhnout nahoru. Pro poštovního robota jde o zásadní předpoklad, protože řada domů má vchodové dveře umístěné nad několika schody. Dalším využitím nohy s neomezenou pohyblivostí je použití zvonku. [30] [32]

Ačkoli tento produkt je pro mě hodně inspirujícím po technické stránce, je zarážen do této kapitoly kvůli jeho designu. Robot připomínající zvíře by mohl být dobrým řešením z pohledu jeho infiltrace do společnosti. Ale konkrétní design působí nepřátelsky a děsivě, a to kvůli jeho tvarosloví a také barevnému řešení. ANYmal je také snadnou kořistí pro krádež a vandalismus – robot váží pouze 30 kg a jeho naklad není nějak chráněný. [32]

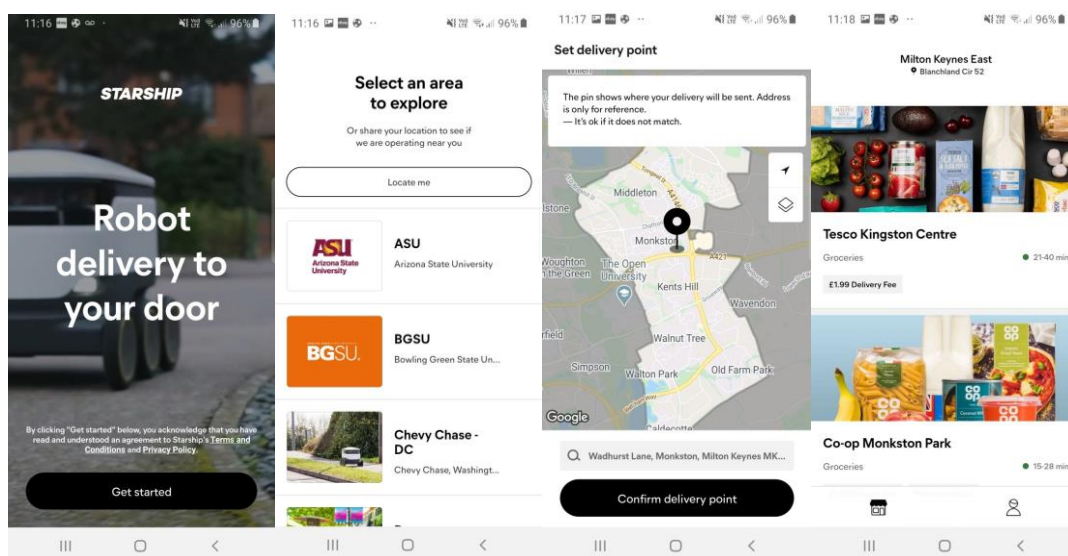
## 2.2 Technická analýza

Autonomní roboti jsou novým, ale již poměrně populárním produktem v oblasti doručování, a proto využívají pokrokové technologie a moderní technologické trendy. Tato kapitola je věnovaná analýze technické stránky současných produktů, specifikaci jejich dílčích komponent a mechanismů.

### 2.2.1 Proces doručování

Samodoručovací robot je v podstatě menší automatizované vozidlo, které doveze zakázku přímo ke dveřím zákazníka. Pro lepší pochopení problematiky spojené s celým procesem doručování zboží je důležité analyzovat každý krok tohoto procesu od náběhu robota po jeho vracení na startovní bod.

Mobilní aplikace je důležitým prvkem celého procesu doručování a také jeho prvním krokem. Uživatel stáhne nebo otevře již staženou aplikaci ve svém smartphonu, vybere obchod nebo restauraci, ze které chce doručit zboží, a vyplní objednávku. Je důležité, aby aplikace byla co nejvíc přehledná a jednoduchá pro ovládání. Jako příklad takové aplikace je znázorněna aplikace společnosti Starship (viz obr. 2-14). [33]



obr. 2-14 Starship mobilní aplikace [33]

Hned po obdržení objednávky a veškerých informací potřebných pro úspěšné doručení se objednávka zpracovává a připravuje. Dále následuje náklad objednávky do úložného prostoru robota. Zde je důležité, aby výška robota byla ergonomicky vhodná pro nakládání a aby celý tento proces proběhl bezkontaktně neboli s co nejmenším kontaktem robota a pracovníka. Dosáhnout nejmenšího kontaktu pomáhá mobilní aplikace, pomocí které pracovník může nejen nastavit cestu robota na adresu doručení, ale také otevřít a zavřít robota. [33]



obr. 2-15 Náklad a nastavení cesty robota

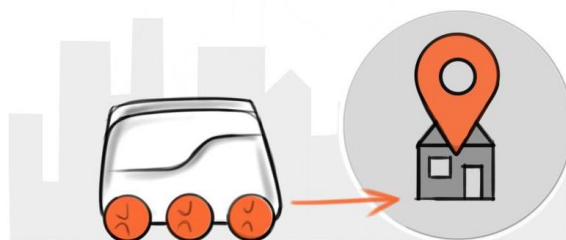
Výchozí bod robota se může lišit. Robot může začít svou cestu k zákazníkovi přímo od dodavatele (restaurace, kavárna, obchod atd.), v takovém případě je doručovací oblast omezená dojezdovou kapacitou robota (viz obr. 2-16 A). Druhou možností je integrace robotů s dodávkou (viz obr. 2-16 B). V tomto případě dodávka rozváží roboty po městě a vykládá je na místech výhodných pro rozvoz, například v centrech městských částí. Takovým způsobem se oblast rozvozu značně rozšiřuje oproti prvnímu způsobu. Rozšířit oblast rozvozu se dá také pomocí využití logistických uzlů (viz obr. 2-16 C). Takový způsob je vhodný hlavně pro velké firmy rozvázející potraviny a jiné zboží ze svých skladů, jako je například Rohlik.cz. Princip takového systému je v tom, že firmy mají ve městě několik skladů (logistických uzlů) s roboty. Dodávkové vozidlo dováží velké množství objednávek do logistických uzlů, kde se dále roboti naloží a rozvevou objednávky ke koncovým zákazníkům. [33] [7]



obr. 2-16 Výchozí bod. A) Přímo od dodavatele, B) Integrace s dodávkou, C) Logistický uzel

Bez ohledu na to z jakého výchozího bodů robot začíná proces doručování, je dalším krokem jeho autonomně řízená cesta na adresu doručení. Při zadání adresy roboti automaticky vypočítají trasu na základě nejkratší vzdálenosti a satelitních snímků podrobně popisujících trasu. V průběhu času si roboti vytvořili sdílenou paměť o oblasti, vytvořili drátovou mapu trvalých objektů (budovy, chodníky, sochy, stezky atd.), Tím zajistili, že budoucí cestování v konkrétní oblasti bude rychlejší a efektivnější. Budování společného digitálního území usnadňuje navigaci každému robotovi v okolí, přičemž všechny jednotky přispívají informacemi k vytváření místní mapy.

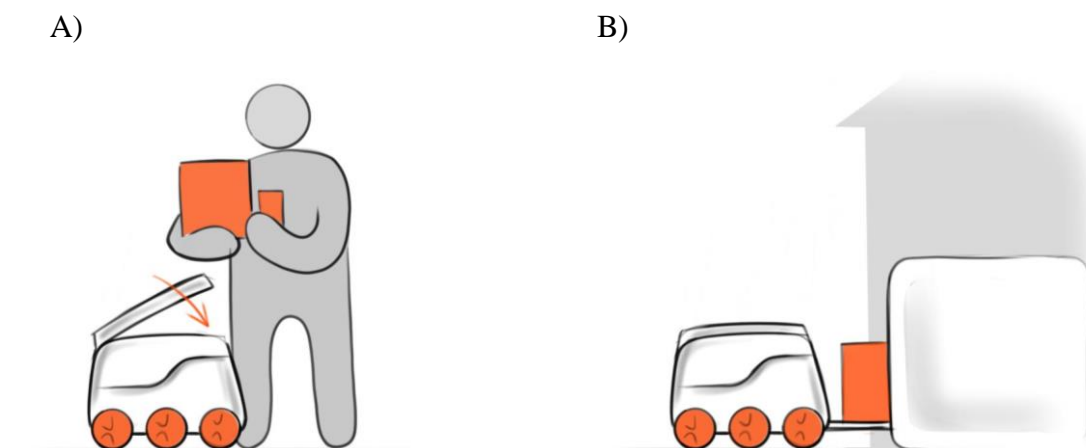
I když jsou roboti autonomní, nejsou odpojeni od svých operátorů. Pokud robot narazí na významnou překážku, jako je například obzvláště mohutný obrubník nebo schod, může převzít kontrolu lidský operátor a najít řešení. Pokud robot potřebuje fyzickou pomoc od kolemjdoucího, může o to poprosit a také poděkovat pomocí reproduktorů. Nicméně nedostatečná schopnost překonávání překážek jako jsou schody a větší obrubníky výrazně prodlužuje dobu doručení. Jak provozovatel, tak i koncový zákazník můžou sledovat cestu robota pomocí aplikace. [33]



obr. 2-17 Autonomní cesta na místo doručení

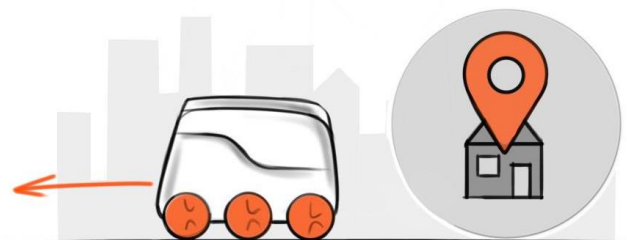
Jakmile robot dorazí na doručovací adresu, zákazník dostane oznámení přes mobilní aplikaci. Pro otevření robota a převzetí zásilky zákazník také dostane QR kód nebo číselný kód. Nejlepším řešením podporujícím plně bezkontaktní doručení je právě QR kód, který zákazník jednoduše naskenuje přiložením svého smartphonu ke QR čtečce, čímž se robot sám otevře bez jakéhokoliv dotyku zákazníka. Po vyjmutí své objednávky zákazník automaticky zavře robota potvrzením převzetí přes aplikaci.

Druhým absolutně bezkontaktním řešením předání objednávky zákazníkovi je technologie autonomního vyskládání. Takovým způsobem roboti samostatně vykládají zboží do předem nainstalovaného „kufru“, aniž by člověk potřeboval okamžitě vyzvednout svůj balík. Systém přijímacích boxů a autonomních kurýrů automatizuje doručení kompletně z třídícího skladu až do domova zákazníka. Systém je zatím pouze koncepčním řešením startupu Eliport.



obr. 2-18 A) Převzetí objednávky, B) Autonomní vykládání

Po předání zboží robot automaticky vypočítává trasu zpátky na výchozí bod, nebo v případě větších robotů, na další doručovací adresu. Během cesty po chodníku jsou velmi důležité vhodné rozměry robota. Je potřeba zanechat dostatečný prostor pro volný pohyb chodců a je taky důležité počítat s kočárky a invalidními vozíky.



obr. 2-19 Autonomní cesta zpátky

## 2.2.2 Schéma dílčích komponent

Nejdůležitějšími komponenty každého doručovacího robota jsou baterie, motor, navigační prostředky (kamery, radary, senzory, GPS, atd.) a mikroprocesor. Někteří roboti využívají pro navigaci lidar, který je vždy umístěný na střeše robota. Můžou být také použity reproduktory, displeje a čtečky QR kódů pro komunikaci se zákazníkem. Pro znázornění je níže uvedené schéma dílčích komponent autonomního doručovacího robota Eliport. [34]



obr. 2-20 Schéma dílčích komponent konceptu Eliport [34]

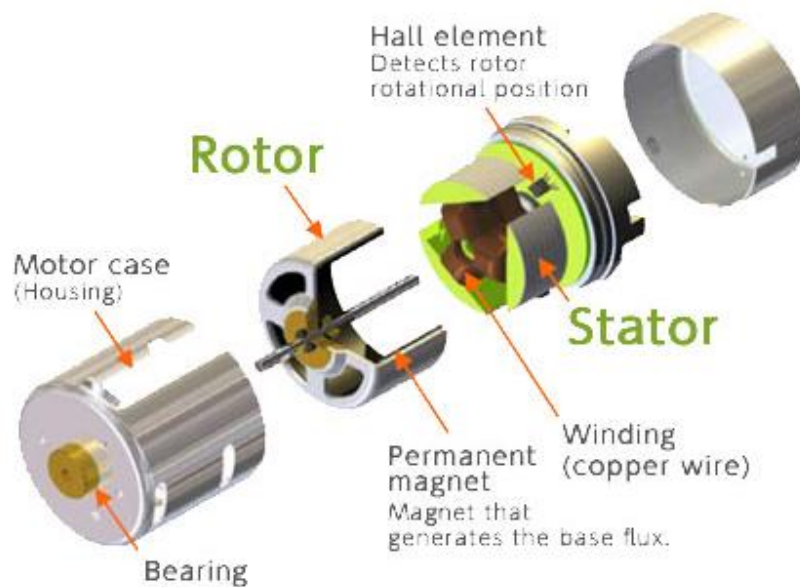
## 2.2.3 Motor

Autonomní doručovací robot je komplikovaným spojením několika systémů. Jeho hlavním účelem je především splnit požadavky na schopnost převézt optimální množství nákladu na požadované místo v co nejkratším čase a s co nejnižšími náklady. Roboty se dá rozdělit do dvou kategorií – první se pohybují po chodnících, druzí – po silnici. Autonomní kurýry z obou kategorií jsou téměř vždy napájeny od baterií a jsou elektricky poháněné. Je to z různých důvodů, včetně:

1. Elektrický pohon poskytuje lepší kontrolu pohybu, zejména když lze každé kolo nezávisle ovládat.
2. Rozhraní mezi elektronickým řídicím systémem a elektrickou hnací soustavou je jednodušší, což eliminuje potřebu umístění složitých vedlejších systémů použitých v autonomních vozidlech se spalovacím motorem.

3. Jejich výrobní proces potřebuje mnohem méně dílů, a proto by je mohli převzít i menší výrobci.
4. Vozidla na elektrický pohon jsou mnohem ekologičtější a neznečišťují ovzduší.

Roboty určené pro pohyb po chodnicích využívají hlavně bezkartáčové stejnosměrné motory (Brushless DC electric motor). Je to typ synchronního stejnosměrného motoru, který se skládá z permanentních magnetů, zabudovaných na rotoru s lichoběžníkovým tvarem BEMF a statorovým vinutím. U bezkartáčových DC se elektromagnety nepohybují. Místo toho rotují permanentní magnety a vinutí statoru je statické. Jak už název naznačuje, BLDC motory nevyužívají pro komutaci kartáčů, ale místo toho jsou komutovány elektronicky. Díky tomu dosahují vyšší spolehlivosti než klasické DC motory. [35]



obr. 2-21 Schéma bezkartáčového stejnosměrného motoru [36]

## 2.2.4 Baterie

Pro zajištění dostačujícího dojezdu je určující především zdroj energie. U samodoručovacích robotů na elektrický pohon je to samozřejmě akumulátor. Roboty určené pro pohyb po chodnicích využívají hlavně lithium-polymerové akumulátory (Li-pol, LiPo). Jsou vyvinuty z Lithium-iontových akumulátorů (Li-ion) a zlepšují jejich vlastnosti – mají nižší hmotnost, relativně vysokou kapacitu, minimální samovybití a velkou výkonnost. Dalšími výhodami takové baterie jsou:

- Jednoduché a bezproblémové zapojení mnoha článků do série
- Vhodné nominální napětí 3,7 V
- Dlouhá životnost (až 2000 cyklů, až 3 roky)
- Není ho nutné zcela vybit před nabitím
- Přijatelný teplotní rozsah (-10 až 50 °C)

- Rychlonabíjení (až 4násobkem kapacity článku) [37]

Tak například robot společností Starship využívá lithium-polymerové akumulátory s 18,5V napětím a 8000 mAh kapacitou, zabudovaná do spodní části podvozku a splňuje následující parametry:

- Doba nabíjení: 45 min
- Vstupní napětí nabíječky: 100-240V
- Spotřeba energie nabíjení: až 250 W [38]

## 2.2.5 Navigace

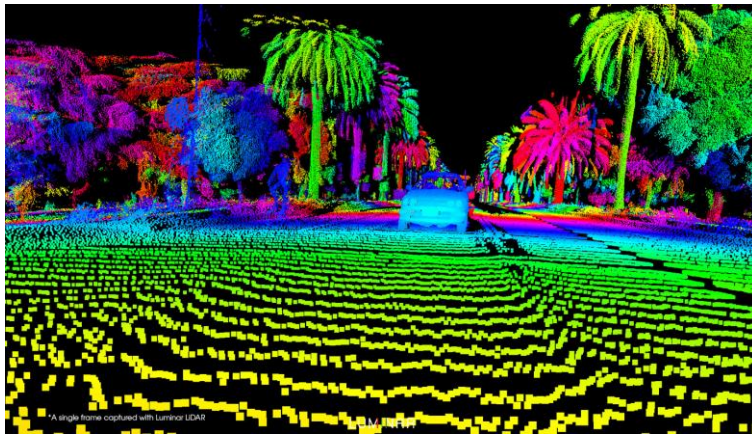
Roboty jezdící po chodníku jsou kvůli legislativě navrženy pro pomalou jízdu rychlostí 4-6 km / h. Menší rychlost má zvýšit bezpečnost, poskytnout robotům více času na přemýšlení, dát distančním operátorům šanci rychle zasáhnout v případě potřeby a umožňuje kategorizaci robota jako osobního zařízení. Každý ze samo-doručovací kurýrů je vybaven jinak – mohou mít tříkolový, čtyřkolový nebo dokonce i šestikolový podvozek, mohou mít jeden velký, nebo několik menších zavazadlových prostorů. Klíčovou volbou je však to, jaké senzory vnímání používají. [39]

Téměř všichni mají dokola zabudované HD kamery, které telekomunikačním operátorům umožňují zasáhnout (více o tom později). Všechny mají také inerciální měřicí jednotky (IMU) a GPS a většina z nich má i ultrazvukové senzory pro snímání v blízkém poli. Hlavní volbou je, zda je vhodnější použít pouze lidar, pouze stereo vidění nebo hybrid. [39]

Lidar poskytuje vynikající informace o rozsahu 360°. Prostorové rozlišení je také velmi vysoké a překonává i vznikající v dnešní době 4D radar. Mrak bodů (point cloud) je také poměrně hustý (v závislosti na druhu lidaru), což zajišťuje dobré zpracování signálu. Lidarové mapování terénu zažívá v poslední době jistý boom umocněný moderními technologiemi, lepším využitím letadel či použitím dronů, avšak lidary mají dvě hlavní nevýhody:

- a) jsou kriticky drahé
- b) mohou mít mrtvý bod v blízkém poli (několik cm)

Nejedná se o problém týkající se jen automobilů, ale může vzniknout také na chodníku, kde mnoho nízko položených předmětů může být umístěno těsně u robota. K vyřešení tohoto problému budou zapotřebí doplňkové senzory. [39]



obr. 2-22 Snímek zachycený pomocí Luminar LiDAR [40]

Druhým přístupem je využití stereo kamery jako hlavního senzoru pro vnímání navigace, bez využití lidarů. To bude vyžadovat vývoj algoritmů založených na kameře pro lokalizaci, detekci objektů, klasifikaci, sémantickou segmentaci a plánování cest. [39]

Ve skutečnosti zatím neexistuje žádné označené řešení, které by umožňovalo použít pouze lidar nebo pouze stereo vidění pro navigaci po chodníku. Roboti jsou omezeni energií. Počet palubních procesorů a GPU by proto měl být omezen na minimum a výkonné výpočetní úkoly, jako je tvorba 3D map a extrakce hran, by měly být prováděny off-line ve výkonných službách. K tomu téměř vždy dochází, když jsou roboti nasazeni do nového prostředí: chodí kolem, aby zachytili data, data jsou poslána na servery ke zpracování, takže je lze převést na vhodnou mapu, vyčlenit hrany, mnoho tříd pevných objektů, říditelné cesty, a tak dále. Obecně je ještě hodně práce na zlepšení navigační technologie. Roboti se budou muset naučit pracovat ve složitějších a rozmanitějších prostředích s minimálním zásahem. To vyžaduje rozsáhlé investice do vývoje softwaru. [39]

## 2.2.6 Podvozek

Většina existujících robotů je navržena tak, že je přizpůsobena pouze na ideálně rovné cesty a minimální překážky jako obrubníky a úrovně změny v rámci jednoho schodu zdržují robota nebo nutí změnit naplánovanou trasu. Během technické analýzy jsem zvýraznila dva produkty s nejlepšími schopnostmi překonávání překážek – robot Starship od firmy Starship Technology a SameDay Bot od firmy FedEx.



obr. 2-23 Robot Starship – překonávání obrubníku [41]

Robot Starship má šestikolový podvozek pohaněný čtyřmi bezkartáčovými stejnosměrnými motory. Podvozek má fixované přední a zadní nápravy, zatímco prostřední kola jsou pohyblivé ve vertikálním směru, což podle výrobce pomáhá robotovi snadno překonávat obrubníky. [42]

Realita je bohužel jiná – Starship často uvízne a potřebuje pomoc člověka při překonávání překážky. To je hlavně kvůli nízké světlé výšce robota a malému poloměru kol. Navíc takový typ podvozku není přizpůsoben jízdě po schodech, proto neuvažují o použití tohoto podvozku ve svém produktu i přesto, že je to zatím jedno z nejlepších existujících řešení.



obr. 2-24 SameDay Bot – překonávání obrubníku [43]

SameDay Bot je unikátní díky svému podvozku, který umožňuje překonávání schodu. Robot stejně jako Starship má šestikolový podvozek, ale jeho konstrukce je zcela odlišná – je totiž vybaven čtyřmi aktivními koly a dvěma pasivními, které jsou umístěny vpředu. Přední kola robota jsou umístěny výše než ostatní a fungují jako pomocný prvek při počátečním stoupání při překonávání překážky. Podvozek se může vychylovat od těla, což robotovi umožňuje zachovat úložný prostor ve vodorovné nebo blízko k vodorovné poloze při překonávání silnic s velkým sklonem a schodů. [44]

Tento typ podvozku je méně populární, ale je rozhodně technicky nejlepším existujícím řešením. Nicméně je určen pouze k překonávání schodu s menší výškou a v kombinaci s velkým a vysokým tělem robot působí nestabilně. Proto tento typ podvozku také není nejvhodnější pro finální řešení. Z toho vyplývá potřeba hledání alternativního řešení mezi zatím nepoužitými druhy podvozku.

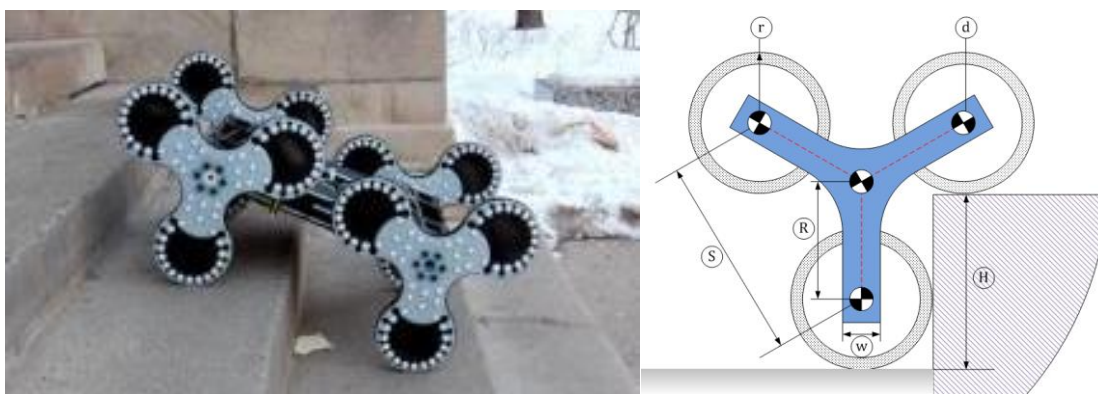
## 2.2.7 Alternativní typy podvozku

Při hledání podvozku vhodného pro překonávání schodu jsem vydefinovala tři hlavní typy:

- Podvozek s Tri-star koly
- Rocker-bogie mechanismus (kolébkový podvozek)
- ARTI systém (inovace společnosti Transcend Robotics)

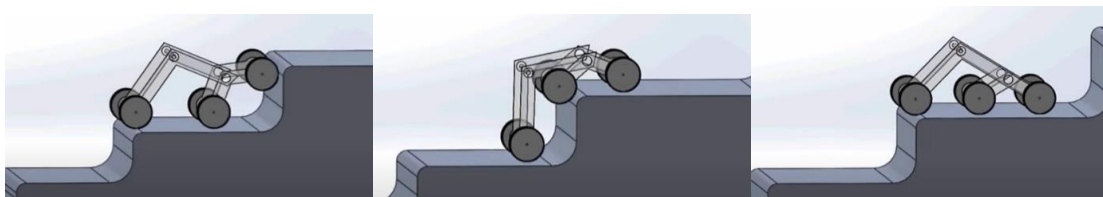
U Tri-star kola jsou všechna tři satelitní kola s centrálním nábojem poháněna současně mechanickým spojením mezi každým satelitním kolem a soustřednými hřídelemi v kole. Tento typ kola se často používá pro snadné překonávání schodů například u schodišťových ručních vozíků a může být vhodným prvkem doručovacího robota pro stejný účel. [45]

Při návrhu řešení se musí počítat s maximální možnou výškou schodu, což je 180 mm dle technické normy ČSN 73 4130. V tomto případě minimální je celková výška tri-star kola 230 mm. Takový podvozkový systém je perfektní pro jízdu po schodech, ale je zbytečně komplikovaný pro jízdu po rovině. [60]



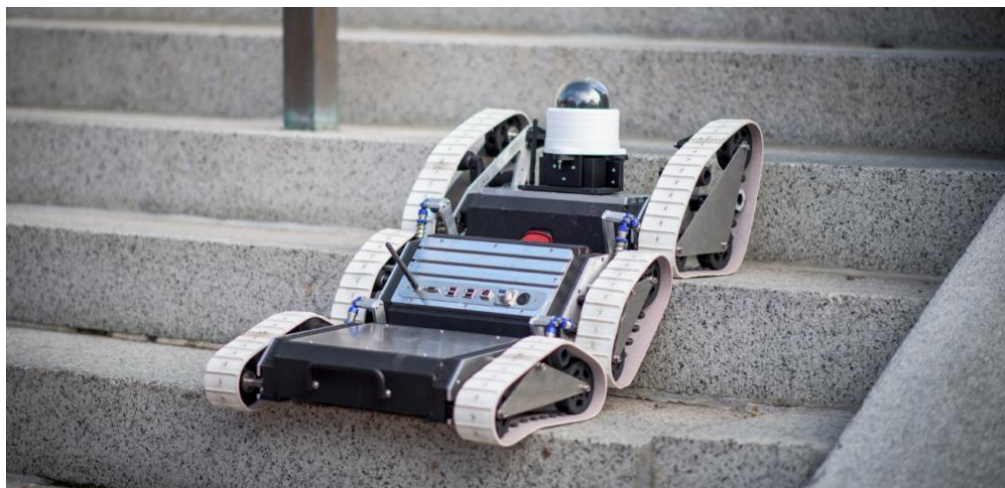
obr. 2-25 Podvozek s tri-star koly [46] [47]

Rocker-bogie mechanismus je velice podobný systému, využítemu v robotovi Starship. Rozdílem je pohyblivost předních kol a celého podvozku, která rozhodně zvyšuje schopnost robota překonávat překážky (jako jsou skály), které mají velikost až dvojnásobnou k průměru kola. Tento systém byl použit NASA pro Mars rover Sojourner, který musí být přizpůsoben do skalnatých a náročných terénu. Městský doručovací robot ale nemusí být nutně vybaven tak složitým systémem. Navíc pro lepší schopnost jízdy po schodech je potřeba, aby každé ze šesti kol vozítka mělo samostatný motor, což podstatně zvyšuje cenu finálního produktu. [48]



obr. 2-26 Rocker-bogie mechanismus [49]

ARTI je patentovaný systém mobility, který je schopen procházet širokou škálou překážek a terénů. Dělá to pomocí jednoduchého samo-nastavovacího systému běhounu, který mu umožňuje snadno stoupat po schodech nebo po nerovném terénu, aniž by bylo nutné konkrétně polohovat robota. Jednoduše funguje tak, že se pohybuje dopředu a nechá terén, aby robota sám orientoval. Platforma ARTI je schopna mnohem větší manévrovatelnosti a hbitosti než většina robotických systémů, ale pohyblivost jeho běhounu by mohla způsobit komplikace při využití tohoto systému u samo-doručovacího robota. [50]



obr. 2-27 Platforma ARTI [51]

Analýza existujících a alternativních typů podvozku samo-doručovacího robota ukázala na dva hlavní problémy. Podvozky existujících produktu mají horší schopnost překonávání překážek, zatím co alternativní podvozky jsou orientovány spíše do náročnějších terénů než městské chodníky a schody. Vyplývá tedy potřeba najít jednoduché, levné a funkční řešení.

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Tato kapitola diplomové práce shrnuje poznatky získané během analýzy současného stavu poznání, stanovuje a upřesňuje hlavní a dílčí cíle diplomové práce, které z těchto poznatku vyplývají.

### 3.1 Analýza problému

Samotné téma autonomního doručování pomocí robotu je v dnešní době velmi aktuální a žádané. Ačkoli je tato metoda doručování relativně nová, prošla již velkým rozvojem. Tento rozvoj ještě více podporují neustále zdokonalující se technologie. Přesnější systémy navigace, novější elektromotory, baterie s čím dál větší kapacitou a mnohé další.

Ačkoliv ve světě zatím není velké množství autonomních samo-doručovacích kurýrů, stálým problémem v této oblasti je zanedbávání estetického hlediska: aktuální trh již je přesycen roboty, jejichž barevná a tvarová řešení jsou analogická, většina produktu vypadá jako chladicí boxy na kolečkách. Proto se v designu autonomních doručovacích robotů stále naskytá potenciál k odlišnému přístupu a řešení. V tomto tématu zůstává také prostor pro inovaci celého systému doručování a minimalizaci veškerého kontaktu, jako jsou například spolupráce robotů s autonomními dodávkami, nebo systém samostatného vyskládání do přijímacích boxů.

Stálým problémem robotizace je postupné zařazení robotů do lidské společnosti, to se rozhodně týká také autonomních doručovacích kurýrů. Pro lepší pochopení instinktivní interakce lidí s roboty a přijetí jejich vzhledu jsem prostudovala diplomovou práci Stefa de Groota na téma „Pedestrian acceptance of delivery robots“. Základem této práce je podrobná analýza vnímání autonomních doručovacích robotů lidmi na základě několika různých dotazníků s použitím VR technologií. Z výsledku této analýzy bylo následně vytknuto několik důležitých bodů, které podstatně ovlivní cíle práce a finální vzhled produktu:

- Výška zařízení musí být dostatečná pro vhodnou kapacitu úložného prostoru, ale ne příliš vysoká na blokování rozhledu většiny chodců a nesmí působit dominantě
- Chodci akceptují napodobování lidského chování, proto rozdíl mezi vlastnostmi robota a lidmi lze minimalizovat
- Úroveň lidskosti robota by měla být ve vztahu k jeho sociální inteligenci, aby se zabránilo zklamání z nesplněných očekávání
- Vzhled robota musí prokazovat vysokou předvídatelnost pomocí neverbální komunikace nebo typickými pro tyto stroje indikátory
- Chodci by měli při kontaktu s robotem získat pocit kontroly díky tomu, že design robota reflektuje vysokou předvídatelnost a důvěryhodnost [63]

## 3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Z technické analýzy vyplývá potřeba zvyšovat kapacitu baterie a tím také dojezd robota. Dosáhnout se toho dá pomocí využití nejen stávajících technologií, ale i technologií budoucnosti. Použitím nejnovějších materiálů lze zvyšovat dojezd robota ať už se jedná o nejmodernější materiály pro výrobu baterií anebo lehké materiály pro výrobu podvozku a karoserie. Z analýzy také vyplývá potřeba zlepšovat a zdokonalovat schopnost robota překonávat překážky, což v důsledku může výrazně zkrátit dobu doručení zboží koncovému zákazníkovi. Schopnost robota překonávat schody dovolí robotovi používat co nejkratší trasy při doručení zboží a lépe přizpůsobí robota jízdě po nedokonalém městském terénu. Je důležitá také stabilizace úložného boxu, čili udržení rozváženého zboží ve vodorovné poloze, a to hlavně v případě rozvozu hotových jídel. Výsledkem technické analýzy je také zjištění toho, že využití Lidaru podstatně ovlivňuje cenu konečného produktu, při tom není technicky nezbytným.

Z designerské analýzy vyplývá tendence navržení menších robotických kurýrů pro rozvoz pouze jedné objednávky. Tento trend je nejspíš podmíněn pouze technickými omezeními (konkrétně nízkou vydrží baterie a v její důsledku i malého dojezdu), ale pro cílovou skupinu je výhodná schopnost robota rozvážet více objednávek za jednu cestu. Vzhledem k tomu, že návrh robota je konceptuální, lze předpokládat jistý vývoj baterií směrem vpřed, proto se může navrhnout větší robot za předpokladů většího dojezdu.

Z designerské analýzy také vyplývá potřeba pamatovat si, že design autonomního doručovacího robota není pouze marketingovým prvkem využívajících je doručovacích služeb. Je to také součást městské infrastruktury, a nesmí narušovat vzhled města jako celek. Design robota musí také reflektovat jeho vlastnosti a hlavní cíl – rozvoz potravin a hotových jídel. Je potřeba vytvořit vzhled hned dávající chodcům najevo, že tento robot je autonomní a že na chodník patří.

## 3.3 Cílová skupina a její potřeby

Cílovou skupinou pro finální produkt jsou Evropské společnosti zabývající se rozvozem potravin a hotových jídel. Samo-doručovací roboti mají především snížit náklady na rozvoz v oblasti "poslední míle", tedy mezi místem posledního uskladnění a přímým objednavatelem zásilky. Právě poslední míle činí největší položku na celkové ceně za doručení - pro domácnosti to představuje až polovinu této ceny. Firmy proto aktivně investují velké částky do projektů, které by pomohly tyto náklady snížit. [61]

Jak pro web Connect.cz upřesnil Tomáš Čupr, současný šéf Rohlik.cz, u velkých nákupů (obvykle týdenní nákupy) lze ve velkém skladě naskládat do jednoho auta nebo dodávky spousty nákupů a postupně jednotlivé zákazníky objet v dané oblasti. Rozhodně se ale nevyplatí jet s malým nákupem například v hodnotě 300 korun k jednotlivým zákazníkům zvlášť. Řešením by sice mohlo být poštovné, ale jakmile tvoří například polovinu ceny samotného produktu, nedává to smysl ani pro zákazníka.[62] Takovým způsobem společnosti ztrácí zákazníky a zisk, a proto pronajímají autonomní doručovací roboty, jejichž náklady na rozvoz oproti klasické dopravě se tak údajně sráží zhruba na čtvrtinu, plusem jsou i nulové emise.

Důležitým je ten fakt, že restaurace a doručovací služby pouze pronajímají roboty od výrobců a firem, zabývajících pronájemem autonomních kurýru. Protože robot zůstává ve vlastnictví výrobce, samotný prodejce, kterým je například zmíněný Rohlik.cz, tak pouze platí pravidelný paušál a nemusí se starat o problémy, aktualizace a další věci spojené s chodem robota, to všechno řeší samotný výrobce. Další výhodou je to, že Rohlik.cz a podobné služby budou závislé na externí platformě, která díky tomu nasbírá velké množství důležitých dat a mohla by toho v budoucnu využít pro vlastní prospěch, podobně jako se to stalo již mnohokrát v jiných odvětvích.[62] Proto potřeby cílové skupiny nejsou obzvlášť náročné, jak by to mohlo být v případě nákupu a vlastnictví robotů. Potřeby cílové skupiny jsou:

- Schopnost rozvozu většího počtu menších objednávek jedním robotem
- Zachování kvality potravin a hotových jídel
- Bezpečnost vůči krádeži
- Snadné a intuitivní ovládaní (pro pracovníky a koncové zákazníky)
- Jednoduché a ergonomické nakládání
- Možnost umístění reklamy (reklamní potisk, polep, anténa s reklamní vlajkou atd.)
- Vzhled, neodpuzející zákazníka a budící zájem kolemjdoucích o tento způsob doručování, zároveň neprovokující k obtěžování a zdržování konkrétního robota

Jako druhou kategorií cílové skupiny lze pojmut koncové zákazníky doručovacích služeb, jsou to různí lidé ve věku cca od 15 let. Nakupování online pro starší lidi není obvyklou věcí, ale v době pandemie tento způsob nakupování je nejbezpečnějším, proto doručení robotickým kurýrem využívají také důchodci. Potřeby této kategorií cílové skupiny jsou:

- Snadné, intuitivní ovládaní
- Omezení kontaktu (bezdotykové ovládaní a vykládaní)
- Zachování kvality potravin a hotových jídel
- Ergonomické a nenáročné vykládaní
- Možnost sledovat cestu robota a dostávat oznámení o jeho příjezdu
- Menší poplatek za rozvoz a co nejrychlejší doručení

Některé potřeby doručovacích služeb jsou shodné s potřebami jejich koncových zákazníků. A splnění ostatních potřeb koncových zákazníku jen přispěje k většímu zájmu o doručovací služby, a to znamená, že zvětší také zájem těchto služeb o pronájem doručovacích robotů.

## 3.4 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout design autonomního doručovacího robota pro rozvoz jídla a potravin po chodnících na kratší vzdálenosti. Aby se tohoto mohlo dosáhnout, je potřeba splnit dílčí cíle diplomové práce, kterými jsou:

- Vzhled, reflektující vysokou předvídatelnost a důvěryhodnost
- Vzhled, pouze lehce napodobující lidské chování
- Použití tvaru reflektujícího vlastnosti robota - autonomii a jízdu po chodnících
- Přidání robotovi schopnosti snadného překonávání překážek včetně schodu
- Design zcela bezkontaktní pro koncového zákazníka (ovládání pomocí aplikaci)
- Optimalizace ergonomických parametru a minimalizace dotykových ovládacích panelu
- Zvážení možnosti inovace celého systému autonomního doručování
- Přidání samo-doručovacímu kurýrovi dalších funkcí pro zachování kvality potravin a hotových jídel
- Navrhnutí designerského a technického řešení na bázi stávajících technologií a technologií budoucnosti
- Navýšení kapacity baterie, čímž se dosáhne také většího dojezdu
- Využití nových materiálů, nebo materiálů, podporujících trend recyklace

### 3.4.1 Základní parametry a legislativní omezení

Parametry, které musí splňovat navržený produkt:

- Pohyb jenom po chodníku (s možností přecházet cesty).
- Schopnost zvládnout stoupání a překonávat obrubníky a další možné překážky.
- Dojezd minimálně 15 km.
- Bezpečnostní kamery, mikrofón, GPS, senzory a všechna potřebná elektronika pro snadnou navigaci a kontakt se zákazníkem.
- Vzhled, přizpůsobeny pro snadné a postupné zařazení robota do společnosti
- Hmotnost a rozměry vycházející z legislativních omezení

Legislativní omezení pro samo-doručovací roboty jsou zatím přijaty pouze v Estonsku a USA, a z důvodu orientace na Evropský trh budu se opírat o legislativní omezení Estonska ,která jsou následující:

- Maximální rychlost robota je 6 km/h
- Alespoň částečně automatizovaný chod
- Robot nesmí být vyšší než jeden metr, delší než 1,2 m, širší než 0,8 m nebo vážit více než 50 kg
- Přední a boční strany autonomního kurýra musí být bílé

- Ve výbavě mají být červené zadní reflektory a vepředu světla pro lepší viditelnost. [64]

### 3.4.2 Použité výrobní technologie, potencionální trh a cena

- Využití stávajících technologií a technologií budoucnosti, a také nových materiálů.
- Předpokládá se malosériová výroba s možným následným přechodem na velkosériovou v horizontu 10-20 let.
- Počet kusů za rok cca 15000.
- Potenciální trh - Evropský, cílený hlavně na větší města.
- Cena přibližně kolem 10000 Euro za kus.

### 3.4.3 Odůvodnění nutnosti a potřeby řešení

Lidská síla je drahá, proto zásilkové služby, restaurace i maloobchodníci začali v oblasti rozvážky zboží experimentovat s roboty, drony a samo-řídícími vozidly a investovat hodně peněz do projektu, které nabízí řešení problému velikosti nákladů na rozvoz v oblasti „poslední míle“. Autonomní doručování také umožní lidem objednávat menší nákupy bez velkých doplatků, a zvýší tím zájem o online nakupování.

Cela situace kolem koronaviru v roce 2020 zvýšila potřebu lidí o minimalizaci osobních kontaktu a také zájem o rozvoz produktu – autonomní doručovací roboty řeší oba tyto problémy zároveň, a proto je toto poměrně nové téma tak žádané v dnešní době. Kromě toho, že výsledek této diplomové práce může přispět k řešení problémů legislativy a problémů spojených s celosvětovou pandemií, nabízí také řešení jednoho z největších problémů ekologii – množství emisí, vypouštěné do ovzduší.

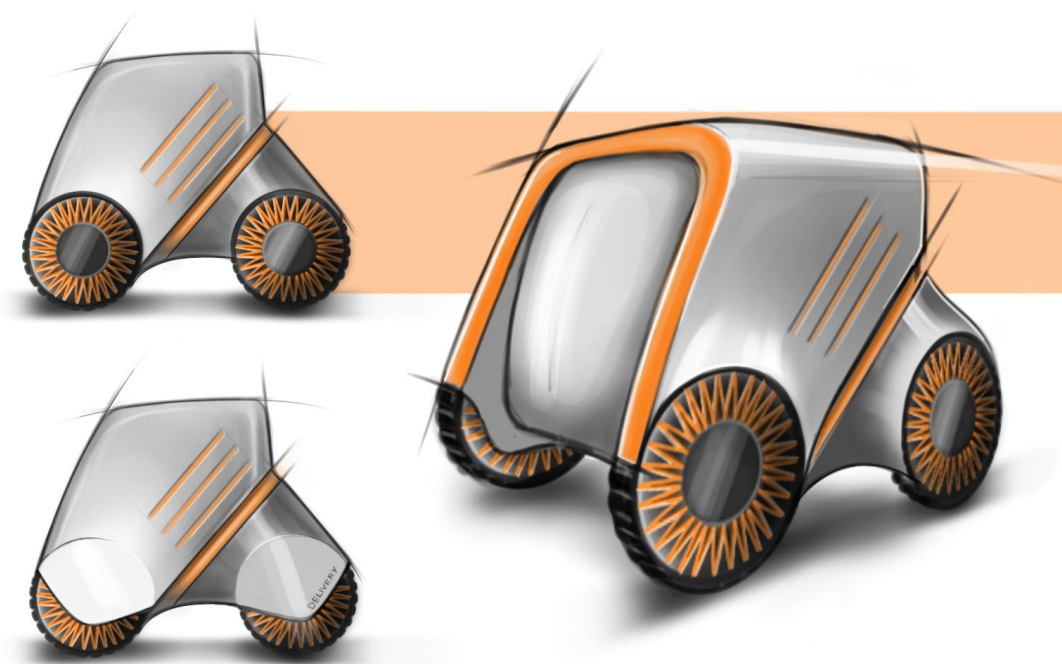
## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Tato kapitola představuje tři odlišné směry návrhu samodoručovacího robota, z nichž jeden se stane základem pro samotné řešení. Všechny varianty řeší autonomního robota se schopnosti překonávání schodu a zahrnují odlišná řešení podvozku. Na obrázku níže je představen můj moodboard, sloužící jako inspirace pro čisté a jednoduché tvarování.



obr. 4-1 Moodboard [65]

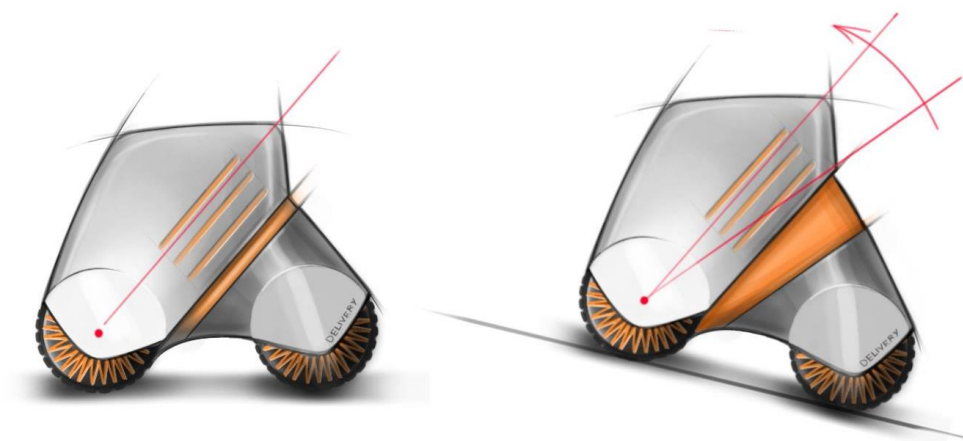
## 4.1 Varianta 1



obr. 4-2 Varianta 1

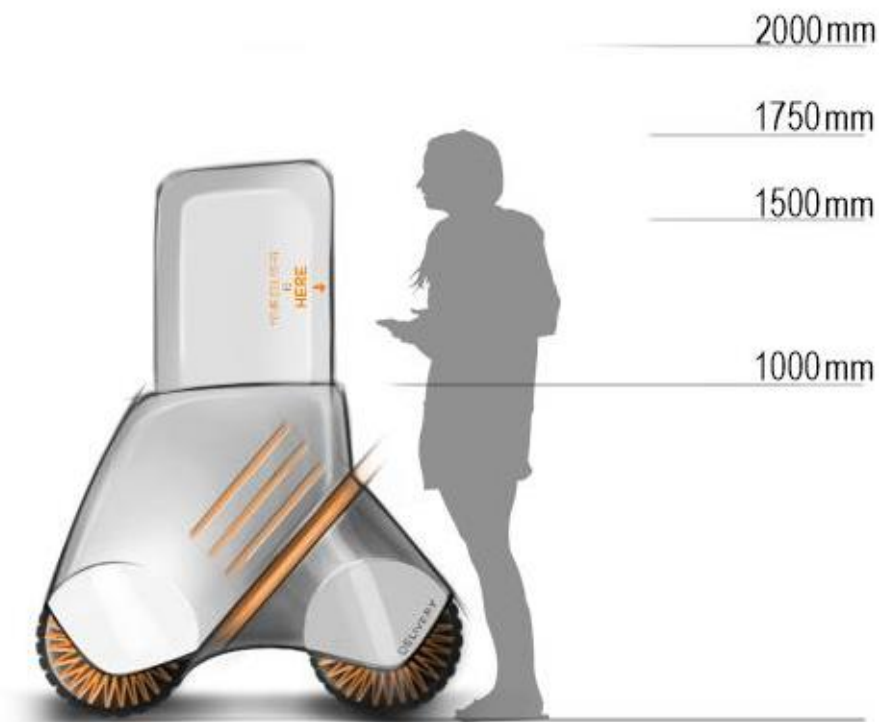
Základní princip této varianty je stabilizační systém, který vyrovnává hlavní box s úložným prostorem při stoupaní do schodů, nebo jiném náklonu. Vyrovnání do vodorovné pozice má za následek jednak posun těžiště blíže přední ose (výše položené) což příznivě ovlivňuje stabilitu při stoupaní robota po schodech. Dále pak stabilizační systém zachovává obsah úložného boxu (potravin) ve vodorovné pozici, což přispívá k převozu potravin v nepoškozeném stavu. Překonávání obrubníků a úroňových změn v rámci jednoho schodu v opačném směru (sjíždění) je řešeno náklonem boxu druhým směrem, a tedy posunutím těžiště lehce k zadní ose. Robot je vybaven velkými koly z čistě fyzikálního důvodu, kdy velký průměr kola snáze překonává překážky a nerovnosti. Průměr kola vychází z rozměru nejvyššího možného schodu dle normy. Přesněji je poloměr kola 125% výšky schodu. Rozvor je volen s ohledem na optimální překonávání schodů, zejména kritického bodu – poslední schod, nebo jedno-schodová změna roviny) kdy robot může nejnáze uvíznout na spodní ploše podvozku. Odtud plyne také světlá výška podvozku. Je použita progresivní technologie bezdušových pneumatik, které jsou velmi efektivní v oblasti pohlcování drobných nerovností, a jejich provoz je navíc velmi tichý.

Kompozice robota je orientována do výšky, což vychází z legislativně maximálních rozměrů a pozice těžiště při náklonu podvozku. Tvarování robota rozlišuje dva základní prvky – úložný box a podvozek, které jsou z bočního pohledu oddělené velkou a barevně výraznou spárou. Při stoupaní do schodů, nebo jiném náklonu spára se zvětší a změní se tvarově, stejně jako celkový obrys robota (viz obr. 4-2).



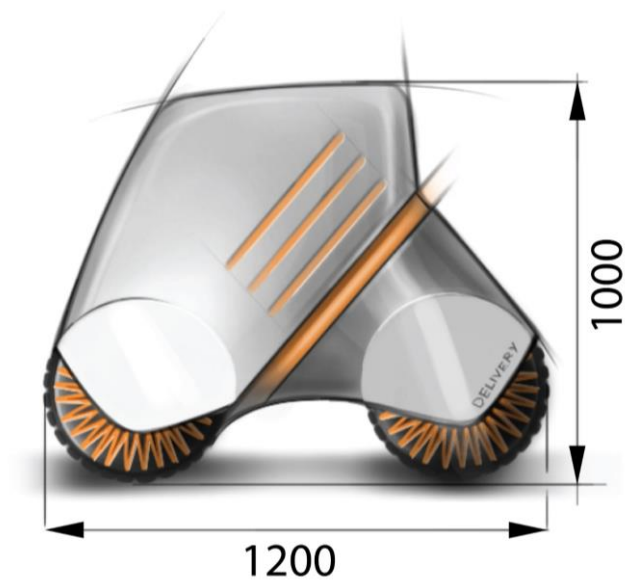
obr. 4-3 Varianta 1 – změna tvaru při stoupaní

Proces převzetí objednávky probíhá pro zákazníka pohodlně a bezkontaktně, a to hlavně díky ergonomicky vhodné výšce robota a výsuvnému úložnému prostoru s vytahovacími boxy. Po přijetí robota na adresu doručení zákazník přes mobilní aplikaci potvrdí, že se nachází před autonomním kurýrem. Hned po potvrzení úložný prostor vyjede nahoru a box, ve kterém se nachází objednávka určitého zákazníka, se automaticky odemkne. Úložné boxy jsou vytahovací, ale vytáhnout je můžou pouze zaměstnanci, připravující robota k rozvozu.



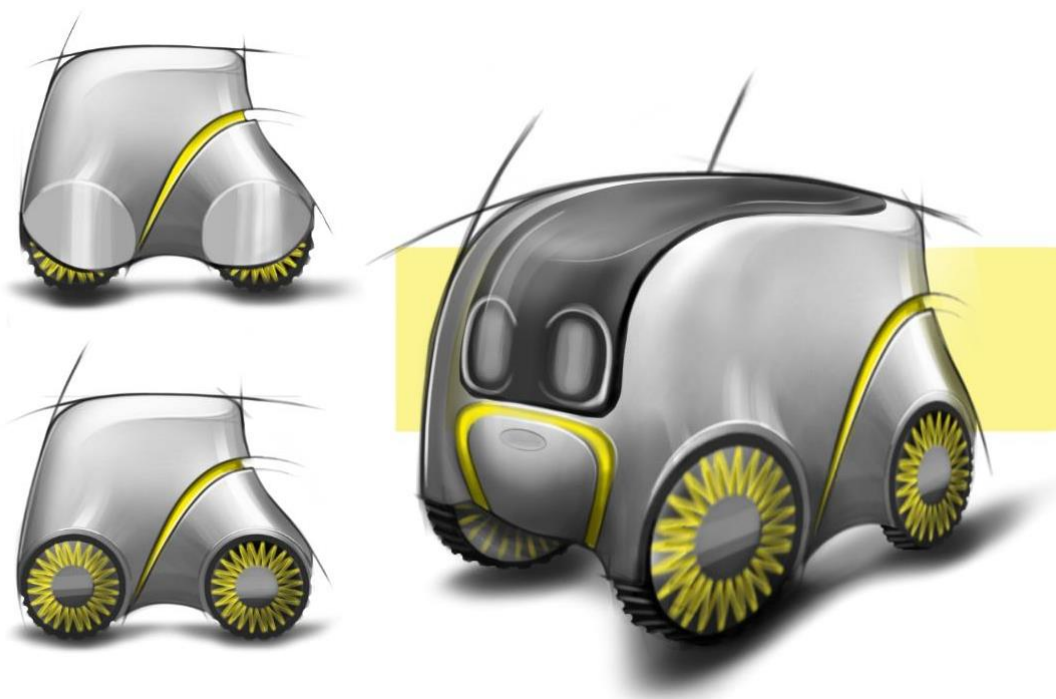
obr. 4-4 Varianta 1 – ergonomie

Celková délka robota v této variantě je 1200 mm. Výška je 1000 mm a celková šířka je 600 mm, což je pouze 40% minimální dovolené šířky chodníku (1500 mm), takže robot neomezuje chodce, ani v případě setkání s nejširším možným invalidním vozíkem (800 mm).



obr. 4-5 Varianta 1 – rozměry

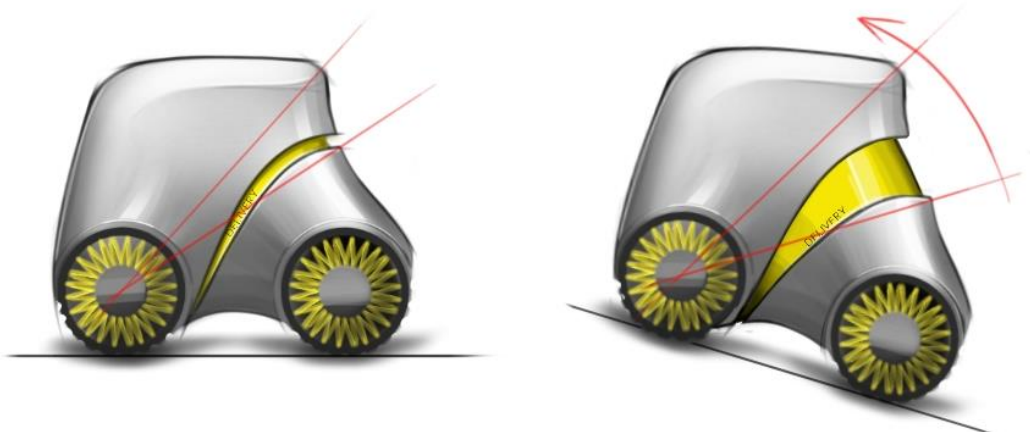
## 4.2 Varianta 2



obr. 4-6 Varianta 2

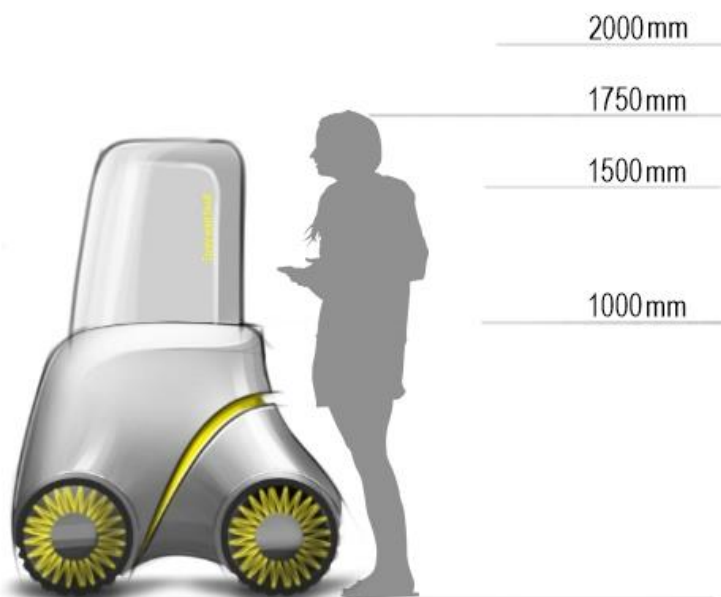
Cílem druhé varianty bylo po tvarové stránce přiblížit se k produktu s lehce animálním vzhledem, a to pomocí organického tvarování a výrazného prvku připomínajícího lidské chování – a to formou velkých očí. Podobné tvarové řešení by bylo vhodným z pohledu zařazení robotů do společnosti – navrhnutí roztomile působícího robota je jedním z přístupů. Tito roboti pak poutají pozornost a vyvolávají pozitivní emoce mezi lidmi. Stejně jako v první variantě kompozice robota je orientována do výšky a jeho tvarování rozlišuje dva základní prvky – úložný box a podvozek oddělené velkou a barevně výraznou spárou. Spára podporuje celkový koncept organického tvarování a z bočních stěn pokračuje na přední plochu, kde jsou v této spáře zabudované přední světla.

Druhá varianta je technicky řešená stejně, jako první. Stabilizační mechanismus zachovává náklad ve vodorovné poloze během jízdy po schodech a jiných překážkách s náhlou úroňovou změnou. Poměrně velké odsazení kol od úložného boxu zajišťuje robotovi lepší stabilizaci, přitom díky organickému spojení se základním tělesem kola nepůsobí cizorodě.



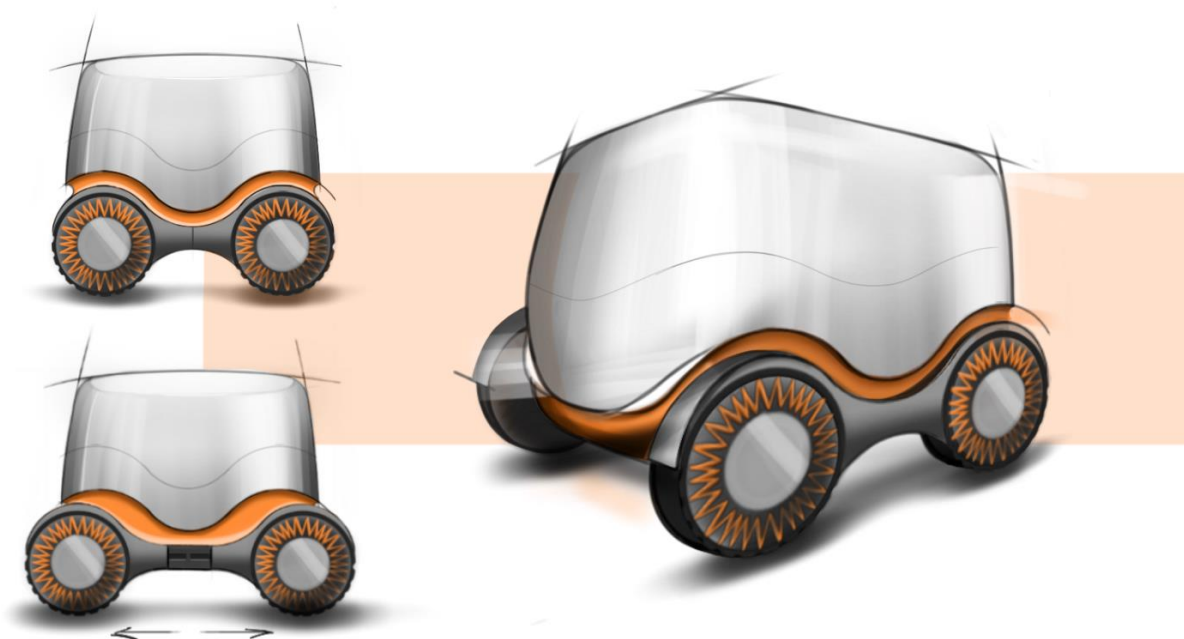
obr. 4-7 Varianta 2 – změna tvaru při stoupaní

Celkové rozměry jsou stejné jako v případě první varianty. Celková délka robota je 1200 mm. Výška je 1000 mm a celková šířka je 600 mm, což je pouze 40% minimální dovolené šířky chodníku (1500 mm), takže robot neomezuje chodce, ani v případě setkání s nejširším možným invalidním vozíkem (800 mm).



obr. 4-8 Varianta 2 – ergonomie

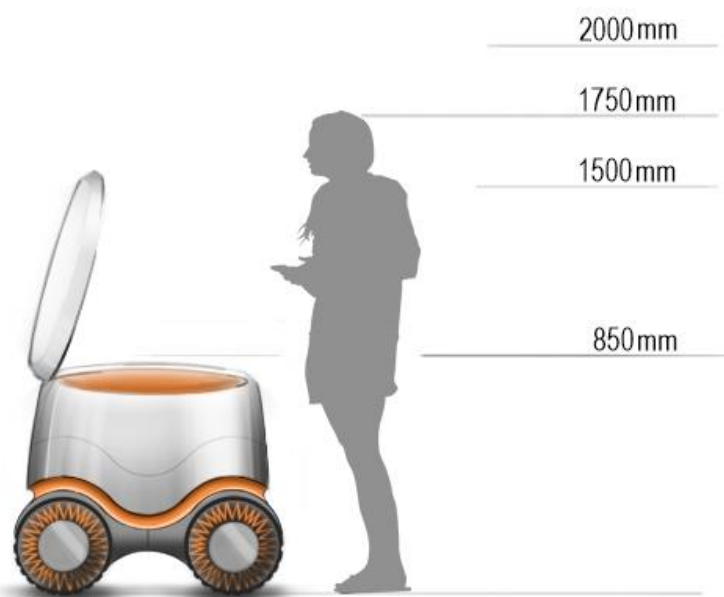
### 4.3 Varianta 3



obr. 4-9 Varianta 3

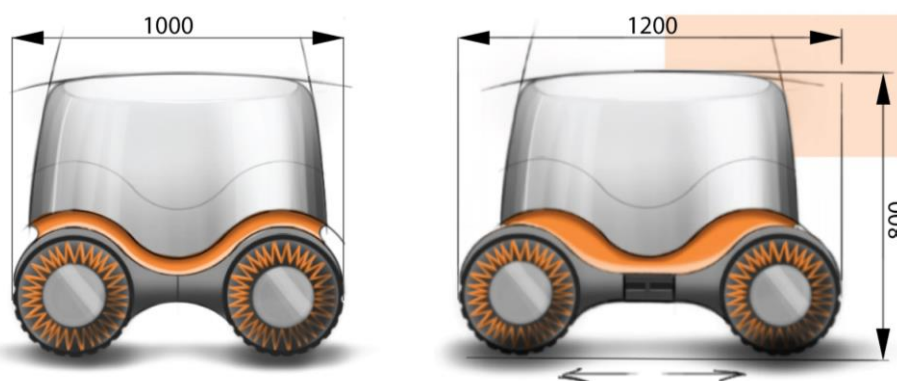
Třetí varianta vyniká unikátním řešením podvozku, nepoužívaným již existujícími produkty na trhu autonomních doručovacích robotů. Na první pohled totiž vypadá jako klasický čtyřkolový podvozek, ale to jen do chvíle, kdy robot narazí na větší překážku a jeho rozvor se automaticky zvětší. Během jízdy po nakloněné rovině nebo schodech podvozek s variabilním rozvorem pomáhá zachovat robota ve stabilní poloze – rozvor kol se zvětšuje automaticky při naklonění robota. Snadnou jízdu po schodech zajišťuje také pasový systém umístěný ve spodní části podvozku, který se zapíná pouze ve chvíli, kdy tato část podvozku narazí na překážku. Takovým způsobem pasový systém výrazně neovlivňuje spotřebu energie. Navíc systém s variabilním rozvorem dovoluje použití menších kol, než ve variantech 1 a 2, tím pádem celkové rozměry robota také můžou být menší.

Tvarové řešení třetí varianty je jednoduché a minimalistické a je doplněno hranou a výraznou barevnou spárkou, díky které produkt působí téměř jako hračka. Celkový vzhled produktu je přátelský a neodpuzející, při tom ale robot nepoutá zbytečnou pozornost.



obr. 4-10 Varianta 3 – ergonomie

Jednou z hlavních výhod podvozku s variabilním rozvorem je možnost zachování menších rozměrů robota při použití větších kol. Celková délka robota je tedy v této variantě 1000 mm, maximální délka se zvětšeným rozvorem je 1200 mm. Výška robota je 800 mm, což je podstatně menší hodnota než v předchozích variantách. Avšak vhodnost této výšky je diskutabilní: z pohledu vnímání robota lidmi je menší výška robota pozitivní vlastností, nepůsobí dominantně a nepoutá větší pozornost, což je velkou výhodou. Z pohledu ergonomie, je ale tato výška méně komfortní pro nakládání a vykládání robota. Celková šířka robota je 600 mm, což je pouze 40% minimální dovolené šířky chodníku (1500 mm), takže robot neomezuje chodce, ani v případě setkání s nejširším možným invalidním vozíkem (800 mm).



obr. 4-11 Varianta 3 – rozměry

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

### 5.1 Zvolení vizuálního řešení

Postupné zařazení robotů do společnosti je jedním z klíčových kroků robotizace. Roboti se stávají nedílnou součástí běžného lidského života, při tom vzhled a tvarování některých z nich je pořád pro lidi nezvyklý a odpuzující. Poctiví výrobci samo-doručovacích robotů, kteří se při návrhu svých produktů tímto problémem zabývají, řeší vzhled a tvarování robotů dvěma směry. Ideálním příkladem prvního směru v řešení je robot Starship, jehož tvarové a barevné řešení přesně popisuje výraz spoluzakladatele a generálního ředitele Starship Technologies Ahti Heinla: „Chceme, aby lidé věnovali našim robotům stejnou pozornost jako jejich myčkám nádobí.“ Záměrem společností je minimalistické a jednoduché tvarosloví, které nepůsobí pro uživatele nijak nepříznivě, odpudivě nebo nesympaticky a zároveň na sebe nepoutá větší pozornost, což pomáhá robotovi zapadnout do běžného městského provozu. [8]

Příkladem druhého směru řešení je robot Serve, jehož výrobce na základě vlastních výzkumů zvolil opačný přístup. Vize Postmates spočívá v tom, že pro snadnou interakci robota s lidmi, robotický kurýr musí být co nejvíce přátelský, roztomilý a výrazný. Proto je robot Serve hned na první pohled velice nápadný a působí téměř jako hračka.

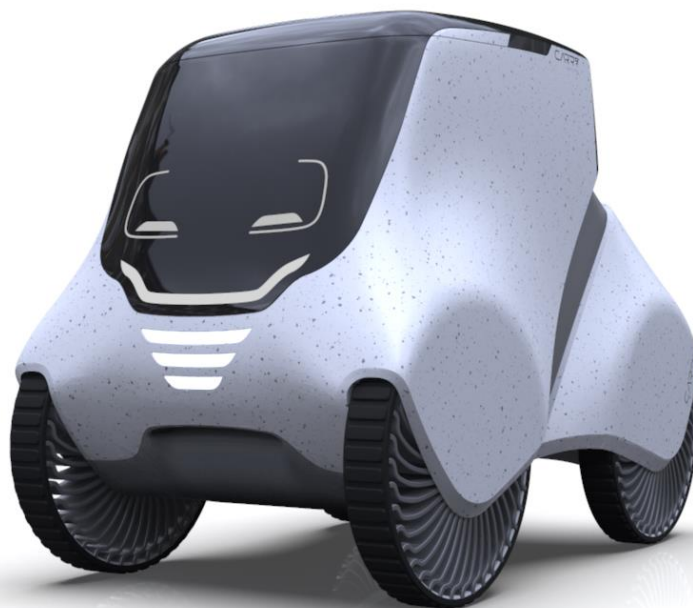
Pro finální produkt byl zvolen první směr. Pro postupné zařazení robotů do společnosti je nejlepším řešením vytvoření produktu, který je vizuálně podobný věcem, na které jsou lidé již zvyklí, jako například domácí spotřebiče. Pro doručovacího robota je také výhodou vzhled, nepoutající zbytečnou pozornost. Tak jsou větší šance, že autonomní kurýr nebude obtěžován a zdržován například dětmi a jinými lidmi venku, kteří by rádi zjistili, co robot dělá a jak přesně funguje. Ale jak již bylo zmíněno v analýze problému, chodci a koncoví zákazníci akceptují napodobování lidského chování, proto je potřeba ve finálním návrhu mít prvky, které tuto podmínku plní.

Z těchto důvodů bylo rozhodnuto o návrh finálního řešení na základě varianty 1 se zachováním lehce animálního vzhledu Varianty 2.

## 5.2 Finální tvarové řešení

Celkové tvarové a rozměrové řešení vychází z velikosti zvoleného typu kol a podvozku. Tvar je zpracován s ohledem na funkční a ergonomické požadavky zároveň s vysokým důrazem na originální a inovativní design.

### 5.2.1 Celkový tvar, kompozice a princip tvarování



Obr. 5-1 Finální tvarové řešení, přední pohled

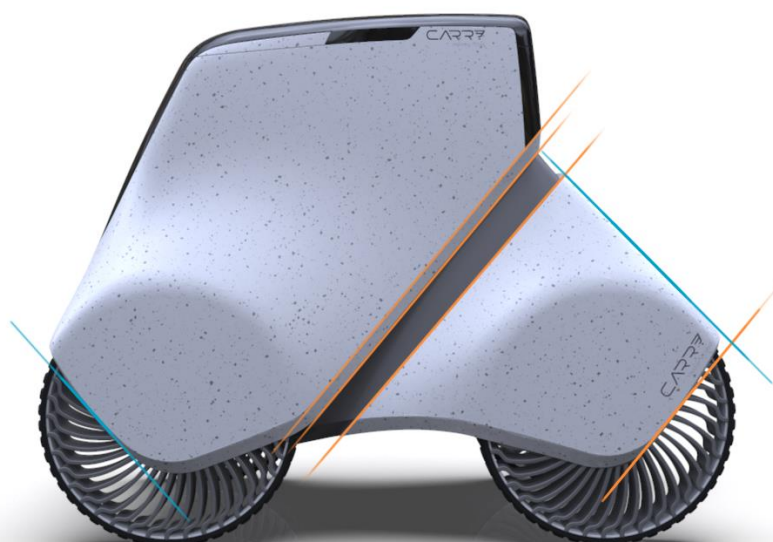
Základním principem kompozice je funkční a zároveň vizuální rozdělení karoserie na dvě části, které ale zůstávají vizuálně propojené díky použití stejných prvků a uceleného tvarosloví. Z hlediska rozdělení hmoty je robot rozdělen na dominantnější přední část, ukrývající úložné boxy a zároveň také nesoucí tvář produktu, a na zadní pohyblivou část, která ukrývá baterie a vytváří plynulé krytování zadních kol.

Tvar je ucelený a hladký, a robot tak působí kompaktním, příjemným a bezpečným dojmem. Silueta je ve všech pohledech jasně čitelná a její plynulost není nijak výrazně narušována či rozbíjena. Plochy mají čistý a odůvodněný průběh vycházející z technického a funkčního základu. Pro tvarosloví robota je typické kombinování plynulých organických ploch a zkoseními s ostrými hranami podporující hlavní křivky a lehce technický charakter produktu. Zvolení tvarového jazyka bylo zásadní zejména kvůli vymezení se proti hračkovému vzhledu.



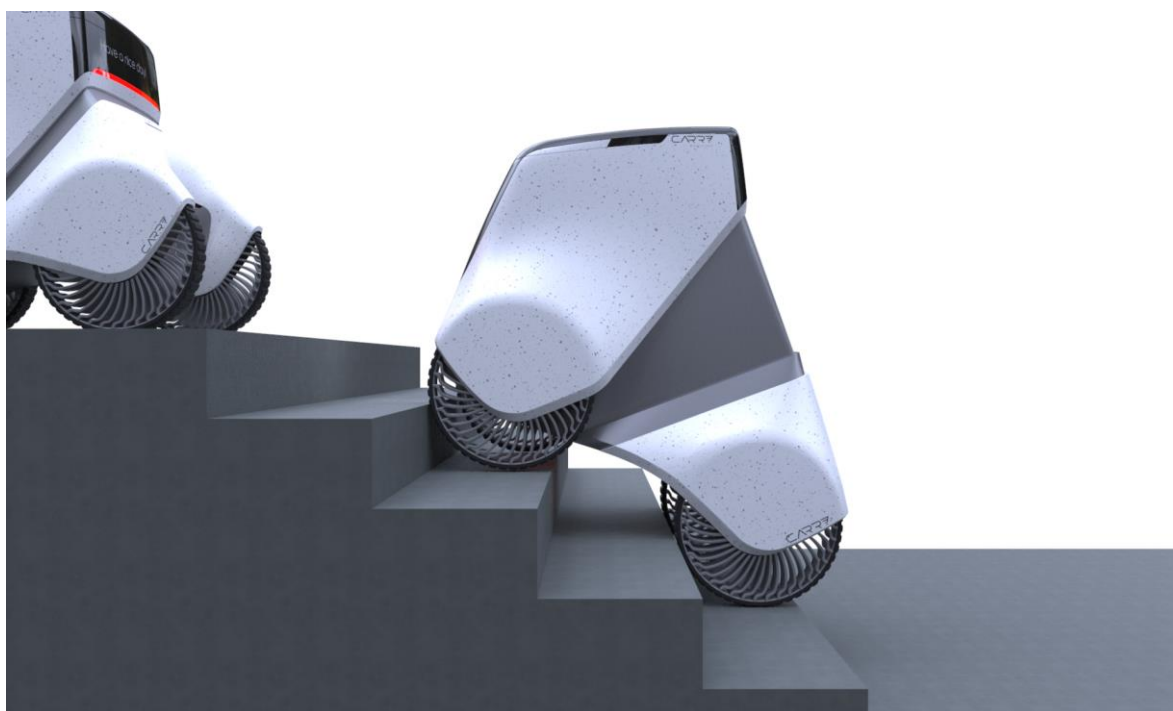
Obr. 5-2 Finální tvarové řešení, zadní pohled

Výrazným prvkem je boční zakrytí kol, které plynule vychází z hlavních bočních ploch. Vertikální plocha souběžná s kolem je lehce propnutá a ve spodní části je seříznuta harmonickou křivkou definující spodní obrysovou hranu karoserie. Toto zakrytí, které lehce upozaduje v designu kola popisuje robota více jako produkt vhodný pro jízdu mezi lidmi na chodníku než jako vozidlo s automobilovým vzhledem. Určitá dynamika je však u pohybujícího se produktu potřeba, proto se v bočním pohledu opakují diagonálními linie.



obr. 5-3 Boční pohled

Boční pohled je hodně ovlivněn stabilizačním systémem, který při jízdě do schodů otáčí se zadní část a zásadně tak mění proporce a vztah mezi zadní a přední částí. Proto se návrh v bočním pohledu opírá zejména o nosnou diagonální linii, která se při poloze v jízdě do schodů rozevívá a vytváří atraktivní klínovitý tvar mezi přední a zadní částí. Stejný myšlenkový pochod byl aplikován i u přechodu zadního displeje do šikmé zadní části nad zadním kolem, kde je záměrně ostrá skoková změna, která je nezávislá na poloze zadní části a vždy bude tento moment vypadat dobře. V opačném případě s využitím plynulého navázání by tomu tak nebylo a tento moment by působil jako chyba, jelikož by plynulost v tomto bodě byla porušena a celkově by toto řešení vizuálně nefungovalo.



obr. 5-4 Změna tvaru při jízdě po schodech



obr. 5-5 Přední a zadní pohledy

Z předního a zadního pohledu je typickým prvkem rozšiřující se silueta směrem dolů ke kolům, což dodává robotovi stabilní postoj a výraz. Masku robota je ztvárněna s lehce animálním charakterem, který propůjčuje robotovi roztomilý vzhled. Oba pohledy pracují se sjednocujícím prvkem, čímž je členění a detaily vycházející z tvaru rovnoramenného lichoběžníku, který se opakuje ve všech dílčích prvcích designu a vytváří tak propojenost obou částí. Jedním z takových prvků jsou centrální dělená přední světla, která se záměrně odlišují svým pojetím od klasických symetrických světel na krajích, známých z automobilového odvětví. Tento záměr reflektuje elektrický pohon a robotický charakter.

Horní pohled je také velmi důležitý v kontextu výšky robota. Lidé se na robota nejčastěji budou dívat shora. Výtvarným záměrem bylo prolínání zadní a přední části ve tvaru písmene X, což také přispívá k robotickému charakteru. Zároveň tvoří zadní část v určitém smyslu nohy robota, což odpovídá jeho unikátní schopnosti „chodit“ po schodech.



obr. 5-6 Horní pohled

V případě výsuvu úložných boxů se tvar robota mění pouze do vertikálního směru a nenarušuje se tak celková kompozice. Dosedací linie víka je opatřena výstupkem, který vytváří optickou provázanost a podporuje vertikální prolis úložného boxu.



Obr. 5-7 Finální tvarové řešení. Otevřený stav.

## 5.2.2 Detaily

Karoserie je doplněna místními detaily, které zde jsou nejen kvůli estetice, ale zejména kvůli své funkci. Základní sjednocující geometrií těchto detailů je rovnoramenný lichoběžník, který se opakuje ve všech dílčích prvcích designu a vytváří tak jednotný styl produktu. Zhloubení odebírající hmotu pomáhají nejen k uchopení a nadzvednutí robota, ale společně s materiálovým odlišením spodní části také k optickému odlehčení.



Obr. 5-8 Zhloubení pro uchycení zepředu



Obr. 5-9 Zhloubení pro uchycení zezadu



Obr. 5-10 Krytí zahloubení pro obsluhu

## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

Následující kapitola se zabývá konstrukční a technologickou stránkou finálního návrhu robota a zahrnuje všechny informace týkající se jeho technických parametrů, vnitřních komponentů, jejich rozměrů a uspořádání.

### 6.1 Výběr typu podvozku

Analýza existujících a alternativních typů podvozku samo-doručovacího robota ukázala na dva hlavní problémy. Podvozky existujících produktu mají horší schopnost překonávání překážek, zatím co alternativní podvozky jsou orientovány spíše do náročnějších terénů než městské chodníky a schody. Vyplývá tedy potřeba najít jednoduché, levné a funkční řešení. Takovým řešením se může stát klasický čtyřkolový podvozek s tak velkými koly, že robot snadno zvládne jízdu i po těch nejvyšších schodech. Doplnění takového systému bezdušovými pneumatikami, které mají lepší tlumicí schopnosti a menší hlučnost oproti plastovým kolečkům, zvětší jeho schopnost optimálního překonávání schodů a jiných překážek.

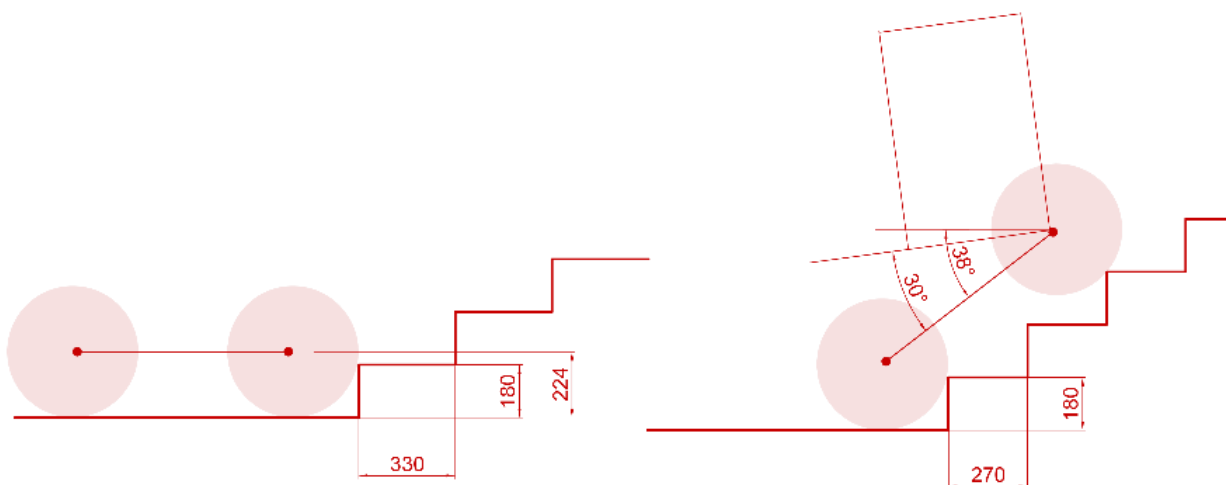
Podobné bez-vzduchové pneumatiky již v dnešní době aktivně vyvíjí společnost Michelin ve spolupráci s General Motors, která nedávno prezentovala svůj prototyp Uptis. Japonská společnost Bridgestone také plánuje vydat menší, odlehčenou verzi pro jízdní kola. Proto se podobné pneumatiky v různých provedeních a rozměrech očekávají na trhu v nejbližší budoucnosti. [66] [67]



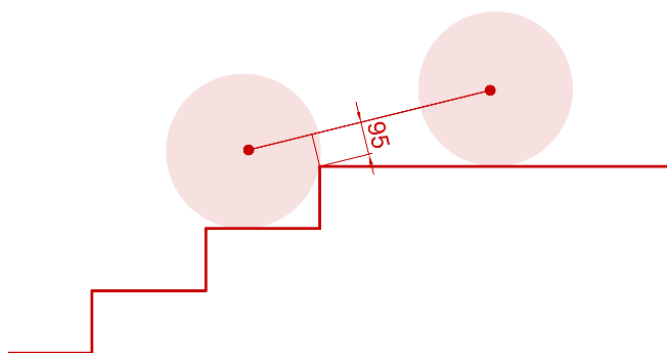
Obr. 6-1 a) Prototyp Uptis od Michelin, b) Bezdušová pneumatika od Bridgestone [66] [67]

### 6.1.1 Výpočet základních rozměrů kol a podvozku

- Celková délka podvozku včetně kol je 1200 mm (maximální dle legislativních omezení)
- Poloměr kola vychází z maximální výšky schodu, tedy 125% ze 180 mm, což je 225 mm.
- Největší úhel vyrovnání se odvíjí od rozměru nejstrmějších možných schodů. Maximální úhel pro vodorovnou polohu úložného boxu je  $38^\circ$ , stačí ale dosáhnout jen polohy blízké k vodorovným, proto byl zvolen úhel vyrovnání  $30^\circ$ .
- Minimální světlá výška podvozku vychází z kritického bodu (viz obrázek 2-5 )



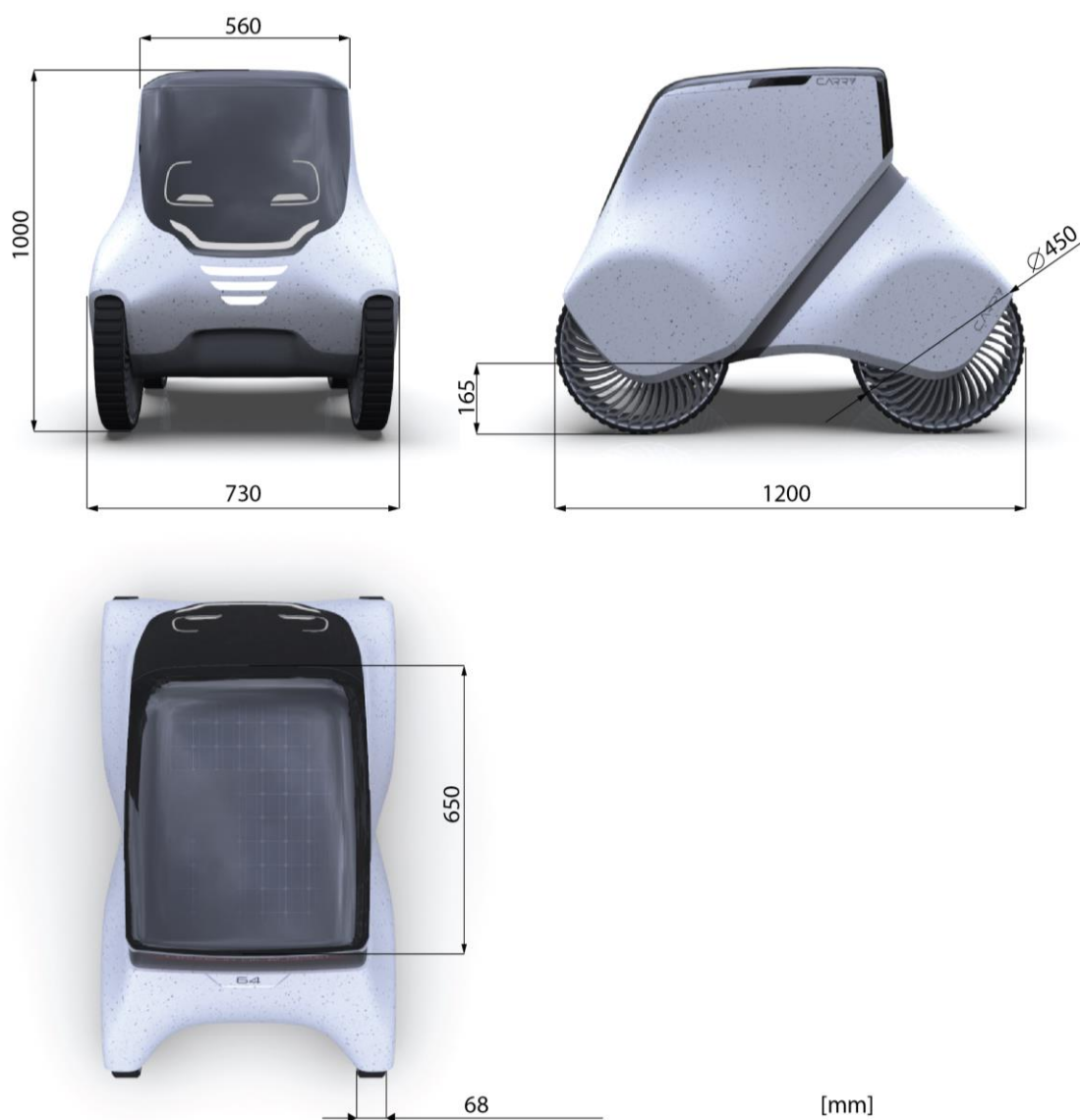
obr. 6-2 Výpočet základních rozměrů kol a podvozku



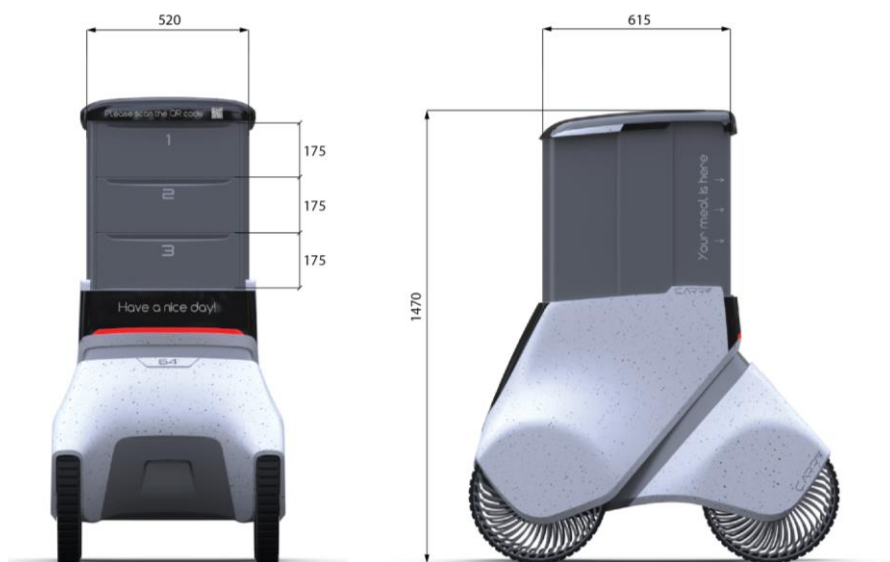
obr. 6-3 Výpočet minimální světlé výšky

## 6.2 Rozměrové řešení

Základní rozměry robota se odvíjí od vybraného typu podvozku a výpočtů jeho rozměrů. Celková délka robota byla zvolena na 1200 mm - maximální možná dovolená délka omezená legislativou. Pro ergonomickou vhodnost byla zvolena také výška 1000 mm – opět maximální výška dovolená legislativou. Chodníky dle ČSN 73 6110 musí být široké nejméně 1500 mm, od toho se odvíjí celková šířka robota (730 mm), která je menší než polovina nejmenší povolené šířky chodníku. Největší dovolená šířka robota dle estonské legislativy je 800 mm, takže šířka finálního produktu také odpovídá legislativním omezením. Největší úhel vyrovnání, jak již bylo zmíněno, je 30°. Je také zvolen úhel 10° v opačném směru pro sjíždění obrubníku bez otáčení robota. Celkové rozměry úložného prostoru jsou 500x560x500 mm a jeho kapacita je 140 L. [52]



obr. 6-4 Rozměrové řešení



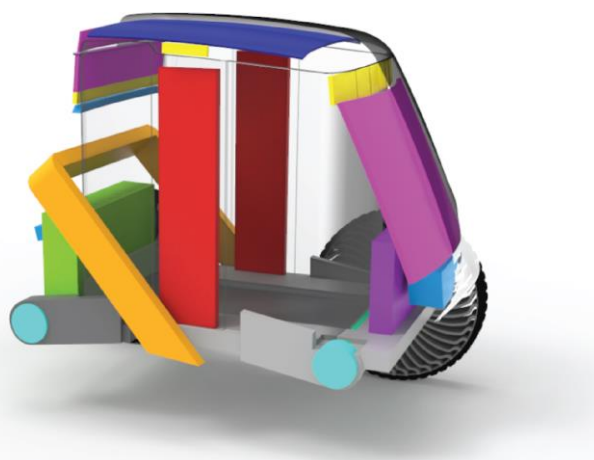
obr. 6-5 Rozměrové řešení, otevřený robot

## 6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

### 6.3.1 Rozmístění komponent

Následující obrázek zobrazuje rozmístění funkčních komponent uvnitř robota. Základními prvky jsou motory umístěné u každého kola, baterie, řídicí a navigační elektronika. Inovativním prvkem finálního návrhu je podvozek složený ze dvou částí – přední a zadní, která se rotuje kolem přední nápravy. Inovativní je také navijecí mechanismus, který odpovídá za vytažení a navinutí spojovací látky při jízdě robota po schodech a následně změně jeho tvaru.

- displeje
- světla
- baterie
- navigační elektronika
- elektromotory
- řídicí jednotka
- vyrovnávací mechanismus
- poháněné lineární vedení
- přední část podvozku
- zadní část podvozku
- navijecí mechanismus
- solární panel



obr. 6-6 Schéma dílčích komponent

## 6.3.2 Základní parametry

Kapacita baterie (Li-Ion) – 15 000 mAh

Dojezd – 10 km

Hmotnost (dle legislativních omezení) – max 50 Kg

Kapacita úložného prostoru – 140 L (500x560x500) mm

Bezkartáčové stejnosměrné motory (na každé kolo)

Výkon motoru 1 kW

Maximální rychlost je 6 km/h (dle legislativních omezení)

Stupeň krytí a vodotěsnosti IP56

## 6.3.3 Baterie

Pro zajištění dostatečného dojezdu je určující především zdroj energie. U samodoručovacích robotů na elektrický pohon je to samozřejmě akumulátor. Roboty určené pro pohyb po chodnících využívají hlavně lithium-polymerové akumulátory (Li-pol, LiPo). Ty jsou vyvinuty z Lithium-iontových akumulátorů (Li-ion) a zlepšují jejich vlastnosti – mají nižší hmotnost, relativně vysokou kapacitu, minimální samovybití a velkou výkonnost. Dalšími výhodami těchto baterií jsou:

- Jednoduché a bezproblémové zapojení mnoha článků do série
- Vhodné nominální napětí 3,7 V
- Dlouhá životnost (až 2000 cyklů, až 3 roky)
- Není ho nutné zcela vybit před nabitím
- Přijatelný teplotní rozsah (-10 až 50 °C)
- Rychlonabití (až 4-násobkem kapacity článku) [53]

Z těchto důvodů pro můj produkt byla zvolena Lithium-iontová baterie, která se skládá ze šesti článků (rozměr jednoho článku je 66 x 110 mm) o celkové kapacitě 15 000 mAh a jmenovitém napětí 3,7 V. Díky své kapacitě (2 500 mAh na článek) a vysokému vybíjecímu proudu je tato baterie vhodná i pro zařízení s vyšší spotřebou elektrické energie. [54]

### 6.3.4 Motor

Roboty určené pro pohyb po chodnících využívají hlavně bezkartáčové stejnosměrné motory (Brushless DC electric motor). Je to typ synchronního stejnosměrného motoru, který se skládá z permanentních magnetů zabudovaných na rotoru s lichoběžníkovým tvarem BEMF a statorovým vinutím. U bezkartáčových DC se elektromagnety nepohybují. Místo toho rotují permanentní magnety a vinutí statoru je statické. Jak už název naznačuje, BLDC motory nevyužívají pro komutaci kartáčů, ale místo toho jsou komutovány elektronicky. Díky tomu dosahují vyšší spolehlivosti než klasické DC motory. [55]

Z těchto důvodů bude čtyřkolový podvozek robota poháněn čtyřmi bezkartáčovými stejnosměrnými elektromotory s výkonem 1kW. Každé kolo je opatřeno jedním motorem, celková výkon je tedy 4 kW. Změna směru robota je řízená systematickým ovládním jednotlivých motorů.



obr. 6-7 Bezkartáčový stejnosměrný elektromotor [56]

### 6.3.5 Senzory a elektronika

Základem elektronické části robota je mikropočítač. Pro můj produkt byl zvolen konkrétní model - Nvidia Jetson Xavier, jehož rozměry jsou pouhých 100 x 87 mm a výkon je více než dostačující. Díky tomu je tento mikropočítač ideální pro autonomní stroje, jako jsou doručovací roboti. [57]



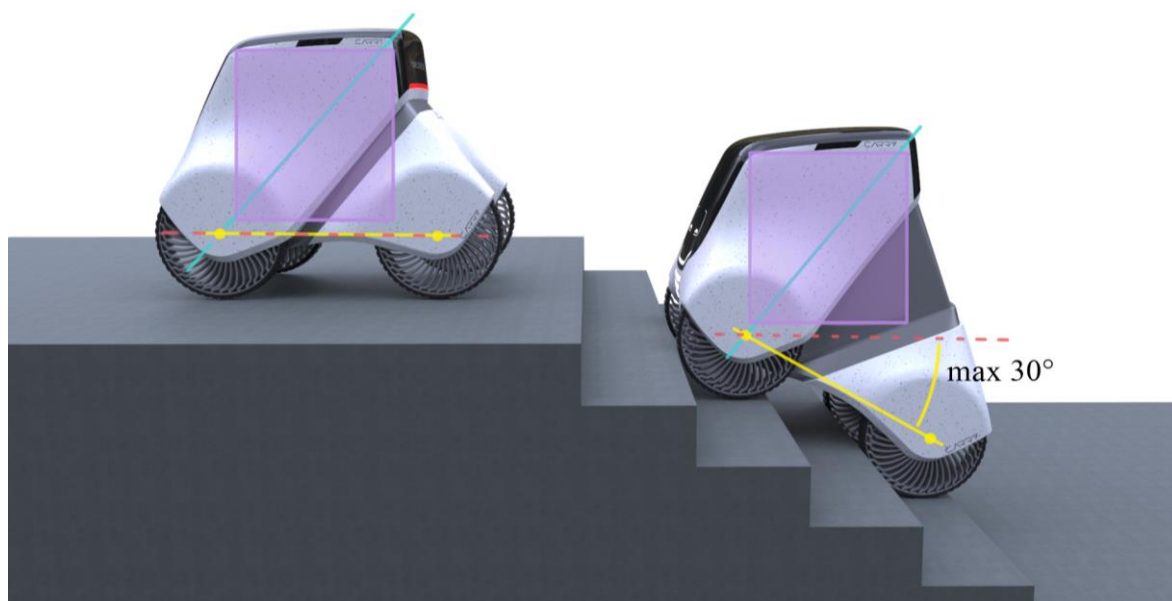
obr. 6-8 Mikropočítač Nvidia Jetson Xavier [57]

Navigační prostředky finálního produktu jsou stejné, jako u robota Starship. Je zcela autonomní a využívá autopilot podobný tomu, který se používá v automobilech Google. Může být také dálkově ovládán, pokud dojde k selhání autonomního řízení. Robot je schopen pohybovat se po chodnících, samostatně se vyhýbat chodcům, obrubníkům a různým překážkám. Může také jezdit v noci, za deště i za sněhu a to díky HD devíti-kamerovému systému vidění, GPS, inerciálním měřicím jednotkám (IMU), ultrazvukovým sensorům a radaru. Z technické analýzy vyplývá, že použití lidarů nepřidává robotovi lepší navigační schopnosti, ale podstatně ovlivňuje cenu, proto finální řešení lidar nevyužívá. Autonomní kurýr má také reproduktory, takže může komunikovat s lidmi, se kterými se setkává a při pokusech o únos nebo krádež automaticky zavolá policii a zaznamená video o situaci. Takovým způsobem je robot v neustálé obousměrné komunikaci s dispečerem, který může kdykoli převzít kontrolu nad robotem v režimu dálkového ovládání. [59]

### 6.3.6 Stabilizační mechanismus

Hlavním důvodem použití stabilizačního mechanismu je potřeba přenést těžiště blíž ke přední nápravě během jízdy po schodech a taky zachovat úložný box s jídlem ve vodorovné, nebo blízko k vodorovné poloze. Ve finálním produktu je použit elektronický stabilizační systém poháněný servomotorem se synchronním pohonem a ozubeným řemenem.

Na obrázku níže je znázorněn stabilizační systém robota. Úložný box (na obrázku schematicky označený fialovým obdélníkem) zůstává při jízdě po schodech ve vodorovné, nebo blízké vodorovné pozici. Zadní část robota se přitom otáčí kolem přední nápravy maximálně o  $30^\circ$ . Při otáčení zadní části se vzniklá mezera zakrývá spojovací látkou, která je uchycená na lemu přední části karoserie a navíjecím mechanismem v zadní.



obr. 6-9 Znázornění stabilizačního systému

### 6.3.7 Výsuvný systém boxů, kontejnerový systém

Výsuvný systém funguje na základě manipulátorů typu pick and place, který se skládá z lineárního motoru a miniaturního lineárního vedení. Podobný manipulátor je zobrazen na obrázku níže. Tento systém je umístěn ve vertikálně orientovaném výstupku krytu úložného boxu a ve spodní části je připevněn k přední části podvozku. Jezdec je pevně přišroubován k úložnému boxu a pohybem po kolejnici s ním pohybuje nahoru a dolů.



obr. 6-10 Znárodnění lineárního vedení [68]

Úložný box robota obsahuje dva druhy zásuvných kontejnerů, které se od sebe liší nejen rozměrově, ale také způsobem otevírání. Každý kontejner má vystupující horizontální profily na bočních stranách, které fixují kontejner v drážkách uvnitř boxu. Dvířka kontejnerů jsou vybavené čepy, pomocí kterých probíhá automatické otevírání.



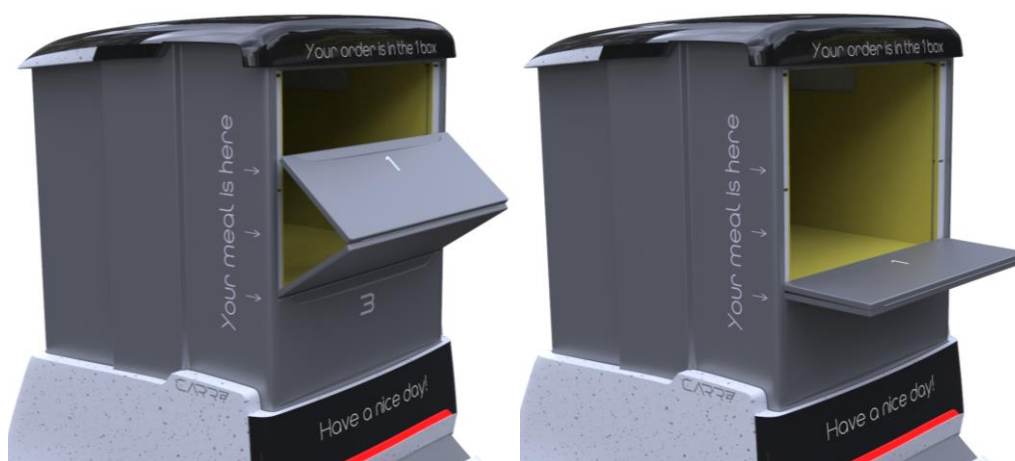
obr. 6-11 Vysunutý úložný box s kontejnery

Otevírání menších kontejnerů probíhá vysunutím dvířka lehce dopředu a jeho následným posuvem dolů. Takovým způsobem je zajištěno automatické otevírání a zavírání dvou vrchních kontejnerů bez zasahování dvířek do manipulačního prostoru zákazníka. Dvířka spodního kontejneru se neotevírají, kontejner automaticky vyjíždí a zasouvá se zpátky. Takový způsob otevírání spodního úložného prostoru je zvolen z důvodu jeho ergonomicky méně vhodného umístění z hlediska výšky.



obr. 6-12 Znáznornění otevírání malých kontejnerů

Velký kontejner se také otevírá pomocí systému s posuvným čepem dvířka, nicméně proces otevírání probíhá jinak. Dvířka velkých kontejnerů jsou rozdělené na 2 částí tak, aby zvenku vypadaly stejně jako dva malé kontejnery řazené nad sebou. Tyto části jsou mezi sebou spojené menšími panty pro snadnou rotaci. Stejnými panty je spojeno dno se spodní částí dvířka. Pohybem čepu ve vertikální drážce se dvířka pomalu skládají na poloviny.



obr. 6-13 Znáznornění otevírání velkého kontejneru

## 6.4 Materiálové řešení

Jednou z hlavních inovací ve finálním návrhu robota je využití materiálu, spojující přední a zadní část karoserie. Pro tuhle funkci byl zvolen materiál SILEATHER 3S, a to hlavně z důvodu jeho vynikající výkonnostní charakteristiky, jako je odolnost proti povětrnostním vlivům, vodotěsnost a vysoká elasticita. Tento materiál také prošel požárními normami USA, NFPA 260 a UFAC třídy I, díky čemuž je kompatibilní s komerčními budovami, nemocnicemi atd. Sileather získala certifikaci Indoor Advantage Gold, což znamená, že jejich výrobky nepřispívají ke znečištění vnitřního ovzduší. [69]

Velkou výhodou finálního produktu oproti konkurenci je také využití recyklovaného materiálů pro podporu trendu recyklace. Karoserie robota je vyrobená z recyklovaného polypropylenu kvůli jeho pevnosti a odolnosti. Navíc má tento materiál unikátní vzhled, který přispívá k unikátnímu vzhledu robota.

Ostatní součástí produktu jsou vyrobené z materiálů, obvyklé používaných v tomto segmentu. Podvozek je vyroben z hliníku 6061 (materiál je zvolen kvůli jeho pevnosti a odolnosti při zachování nízké hmotnosti), hřídele a pohonné součásti jsou vyrobeny z kalené oceli. Spodní (podvozkový) kryt je zhotoven z ABS plastu (materiál je zvolen kvůli jeho mechanické odolnosti). Krytí navigačního prostředku je z transparentního polykarbonátu.

## 6.5 Výrobní technologie

### Podvozek

- Rám – odlévání + obrábění (frézování)
- Plastové krytování – vstřikování do formy
- Disk kola – vstřikování (ABS)/ obrábění, soustružení (hliník)

### Karoserie

- Plastové krytování a úložné boxy – vstřikování do formy

### Montáž

- Podvozek – rozebíratelný šroubový spoj
- Karoserie – tvarové spojení, háčkový spoj

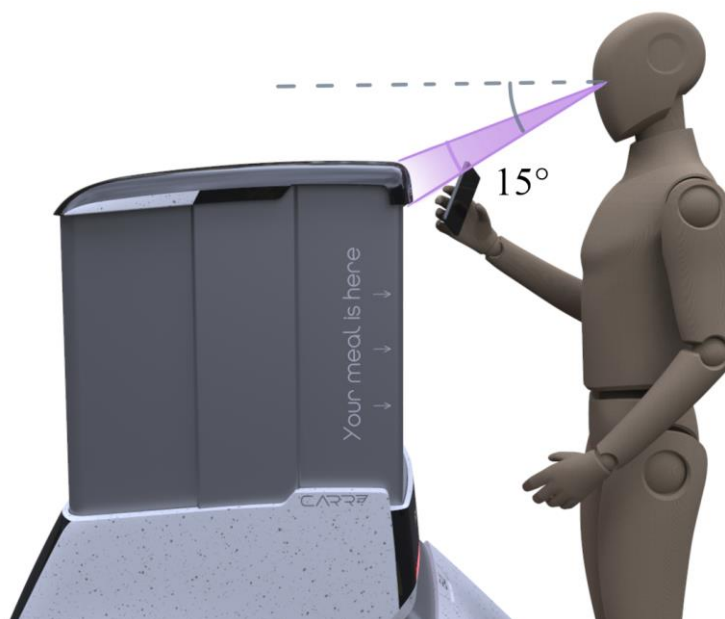
## 6.6 Ergonomické řešení

Autonomní doručovací robot je zařízení, které obsluhuje lidi a pohybuje se mezi nimi, avšak jedním z hlavních principů finálního návrhu produktu byl bezkontaktní design. Z tohoto důvodu robot přichází do přímého kontaktu pouze s pracovníky, které ho udržují. Při návrhu však bylo potřeba vyřešit velké množství ergonomických aspektů.

Pro pohyb po chodníku je velice důležitá schopnost robota komunikovat s chodci, proto robotický kurýr disponuje reproduktory a velkými OLED displeji. Robot má v paměti několik nachystaných frází, jako například „S dovolením, prosím“ pro případ, že mu někdo stojí v cestě, nebo „Děkuji“ a „Hezký den“ aby robot vyvolával pozitivní emoce u kolemjdoucích. Zvuková signalizace se používá také při zavření a otevření úložného boxu, aby nedošlo k úrazům a zraněním. Na velkých displejích zepředu a zezadu se zobrazují dostatečně velké nadpisy, kterých si chodci můžou všimnout i z dálky. Robot disponuje světelnou signalizací, a to jak bílými světly v přední části, tak červenými v zadní části. Robot má také bílé světlo zezadu, to se ale zapíná pouze při jízdě ze schodů dolů, kdy robot při tomto manévru couvá, kvůli možnosti použití stabilizačního systému.

### 6.6.1 Navigační displej

Navigační panel se nachází na mírně zešikmené horní ploše robota ve výšce 1460 mm. Rozměr displeje je omezen jeho polohou – širší displej by značně omezoval objem úložného prostoru, což je jedním z důležitějších aspektů úspěšného designu samo doručovacího robota. Displej je však 70 mm široký a 470 mm dlouhý, což je pro zákazníka dostačující pro čtení informace z pohodlné dálky. Zorný úhel činí 15 stupňů.

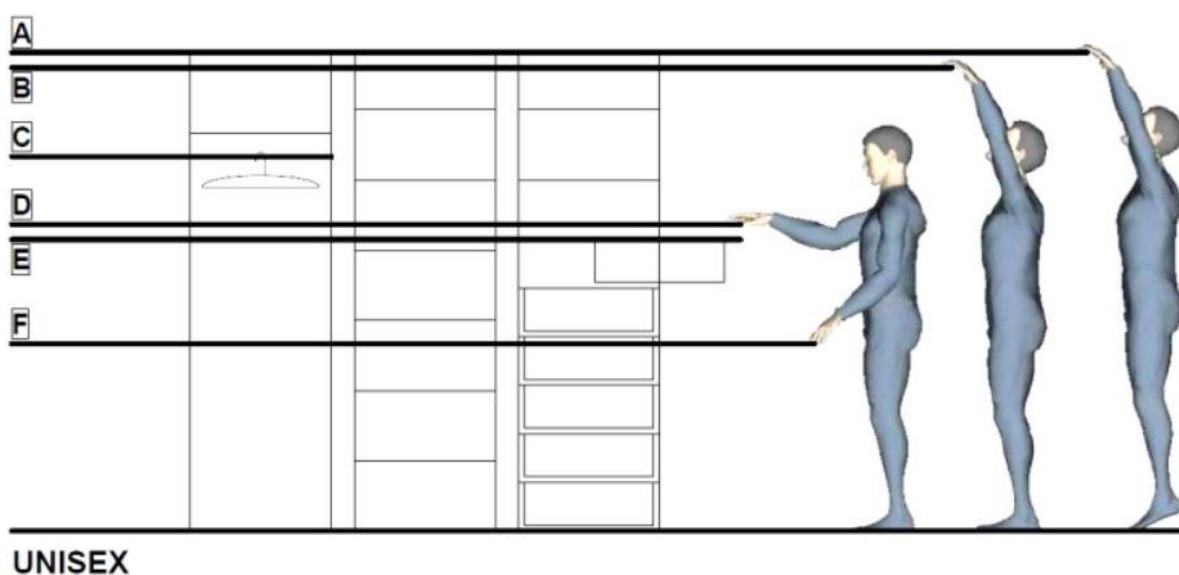


obr. 6-14 Navigační displej, zorný úhel

## 6.6.2 Proces vykládání

Zcela bezkontaktního designu se podařilo dosáhnout hlavně díky možnosti ovládání robota koncovým zákazníkem pomocí smartphonu a mobilní aplikace. V první fázi, při příjezdu robota na cílové místo, zákazník dostává oznámení a přesnou polohu robota na mapě. Dalším jeho krokem je skenování QR kódu z navigačního displeje robota. Po úspěšném skenování robot automaticky otevře potřebný box, o čemž také oznámí zákazníka pomocí navigačního displeje. Displej také oznámí zavření boxu, potom co zákazník potvrdí vyzvednutí v aplikaci.

Z pohledu ergonomie je optimální výška kontejnerů pro vykládání 1310-800 mm. [70]



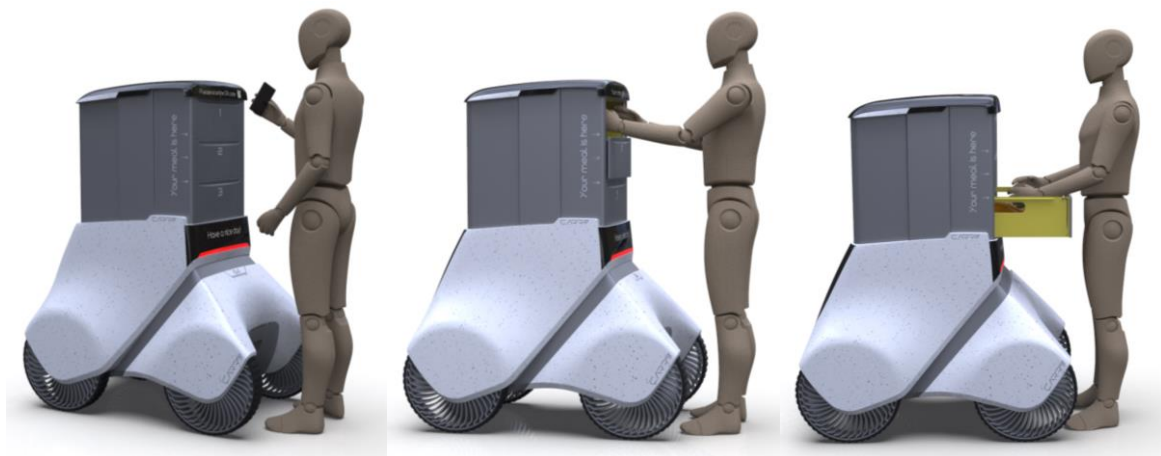
UNISEX

Výškové rozdělení úložných prostorů vstojce					
Velikost	(XS)	S	M	L	(XL)
Výška postavy +/- 5cm	(155 cm)	165 cm	175 cm	185 cm	(195 cm)
A	181.0 cm	192.5 cm	<b>204.5 cm</b>	216.0 cm	228.0 cm
B	175.0 cm	186.5 cm	<b>198.0 cm</b>	209.0 cm	220.5 cm
C	141.5 cm	150.5 cm	<b>160.0 cm</b>	169.0 cm	178.0 cm
D	116.0 cm	123.5 cm	<b>131.0 cm</b>	138.5 cm	146.0 cm
E	110.0 cm	117.5 cm	<b>124.5 cm</b>	131.5 cm	139.0 cm
F	71.0 cm	75.0 cm	<b>80.0 cm</b>	84.5 cm	89.0 cm

Výškové rozdělení úložných prostorů vstojce	
A	Maximální dosah na špičkách.
B	Maximální dosah vstojce.
C	Snadný dosah vstojce.
D	Optimální výška polic vstojce.
E	Optimální umístění zásuvek.
F	Minimální výška polic pro snadný dosah vstojce.

obr. 6-15 Výškové rozdělení úložných prostorů ve vstojce (v cm) [70]

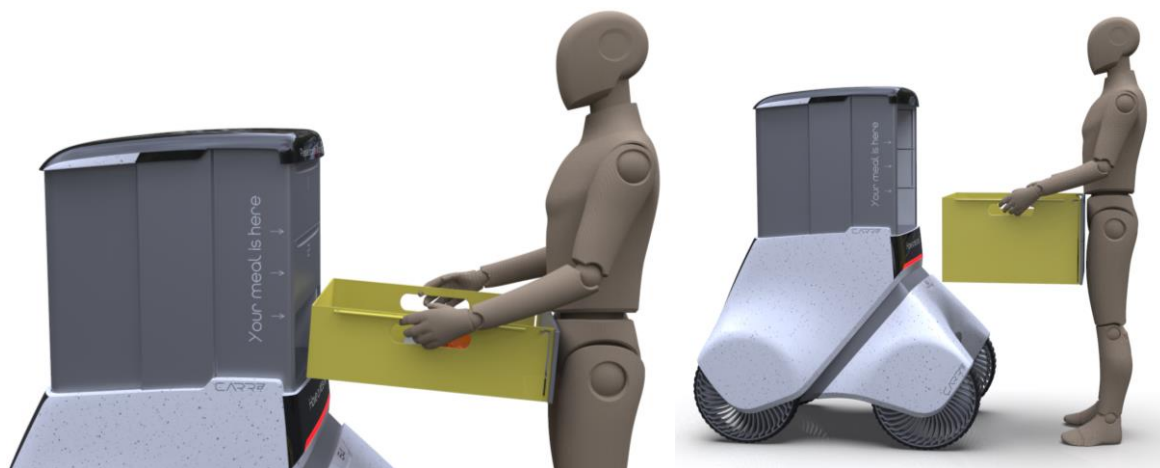
Úložné boxy finálního produktu jsou umístěné ve výškách 1210 mm, 1040 mm a 874 mm, což odpovídá ergonomicky optimálnímu umístění. Výška spodního kontejneru je blízká k minimální, proto je pro pohodlí zákazníka a snadný přístup k uloženému obsahu spodní kontejner automaticky vysouvací.



obr. 6-16 Proces vykládání

### 6.6.3 Proces nakládání

Důležitým ergonomickým aspektem robota je také způsob jeho nakládání. Obsluha provádí nejvíce manipulace s robotem, proto je potřeba aby samo-doručovací kurýr byl pro tyto manipulace maximálně přizpůsoben a optimalizován. Právě pro pohodlí obsluhy robot disponuje vyťahovacími kontejnery, které zajišťují snadné čištění a možnost nakládání kontejnerů externě v prostorech do kterých autonomní kurýr nesmí. V bočních stranách kontejnerů jsou umístěny 50x190 mm velké otvory pro uchycení, jednoduchý přenos a snadné vložení kontejnerů do úložného boxu.



obr. 6-17 Proces nakládání

## 6.6.4 Další ergonomická řešení

Jedním z největších problémů existujících doručovacích robotů je neschopnost zvládat překážky. Roboti se často zasekávají na obrubnicích, v trávniku a ve sněhu. V takových případech roboti často dlouho čekají na pomoc kolemjdoucích a prodlužuje se tak doba doručení.

Jelikož konstrukční řešení finálního produktu bylo zaměřené na řešení tohoto problému, předpokládá se, že robot se do podobné situace nedostane. Ovšem nelze to úplně vyloučit. Proto je potřeba, aby robot disponoval prvky, které budou intuitivně navádět chodce, že mohou rychle a snadně autonomnímu kurýrovi pomoci. Proto jsou v podvozkové části robota z přední a zadní strany umístěné 45 mm hluboká zahlobení, která navádějí k uchopení a nadzvednutí robota kolemjdoucími.

Výstupy podvozkové části z přední a zadní strany slouží také jako servisní otvory, které se jako dvířka otevírají pomocí otočných pantů umístěných ve spodní části podvozkového krytu.



obr. 6-18 Uchycení a servisní otvory

## 6.7 Bezpečnost a hygiena

Finální koncept autonomního doručovacího robota je navržen tak, aby byly dodrženy požadavky na jeho bezpečné užití. Robot využívá veškerou zvukovou a světelnou signalizaci pro lepší viditelnost, k zabránění nehod a úrazům a disponuje také veškerými navigačními a řídicími prostředky pro bezpečný autonomní pohyb. Je také non-stop připojený ke svému lidskému operátorovi, který může zasáhnout v případě problémů.

Jelikož je robot určen pro převoz jídla a potravin, je sterilní prostředí a hygiena úložného boxu nezbytná. Z tohoto důvodu jsou úložné kontejnery vytahovací. Zcela bezkontaktní design navíc k tomu chrání zákazníky před viry a bakteriemi, což je obzvlášť důležité v době celosvětové pandemie.

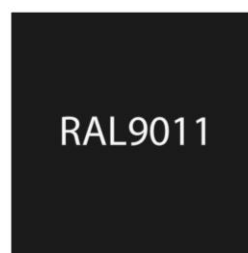
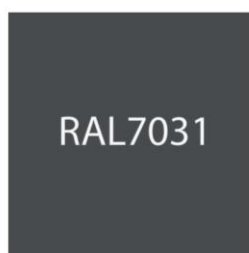
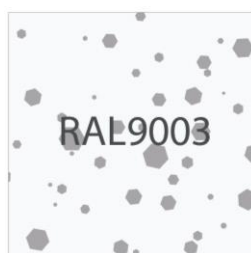
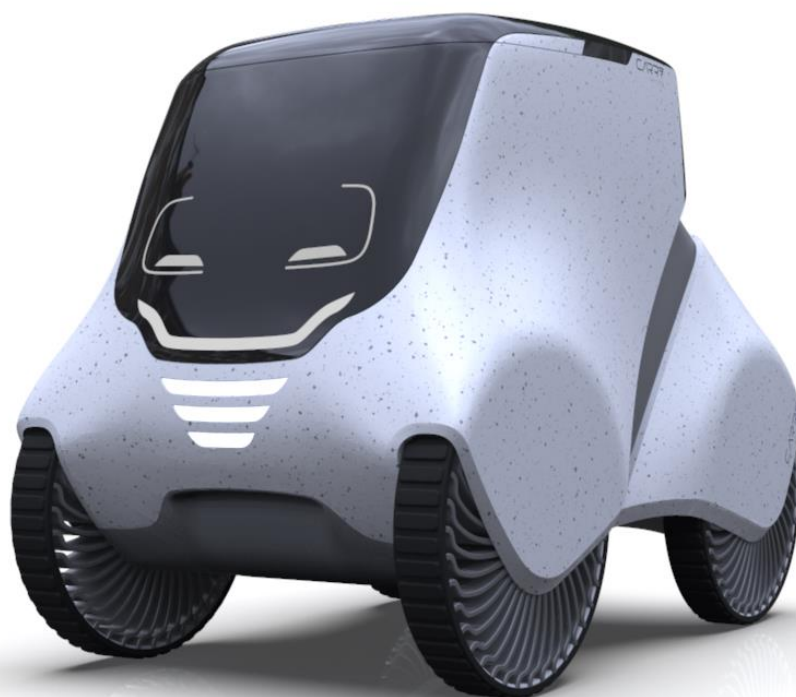
## 6.8 Udržitelnost

Finální produkt nejen podporuje ekologii využitím recyklovaných materiálů, ale také šetří prostředí díky bezemisnímu provozu s využitím elektrického pohonu. Celý segment autonomních doručovacích robotů je vytvořen právě pro nahrazení doručovacích vozidel se spalovacím motorem a zmenšení objemu emisí.

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Barevné řešení je jedním z nejdůležitějších aspektů při navrhování produktu, které by mělo zvýraznit silné stránky jeho designu a tvarování, a zároveň vytvořit atraktivní vzhled. Barvy a grafika samo-doručovacího robota musí korespondovat s okolním prostředím a rušivě nepoutat až příliš zbytečnou pozornost.

### 7.1 Barevné řešení



obr. 7-1 Barevné řešení

Doručovací roboti většinou patří firmám, které je vyrábí (nebo ve velkém množství nakupuje) a následně pronajímají rozvozem společností. Každá z těchto společností má vlastní firemní identitu a má zájem o to, aby barevné řešení robota odpovídalo jejich identitě. Proto barevné řešení robota musí být neutrální, a tak tedy univerzální pro jakoukoliv firemní identitu doručovacích služeb.

Jedním z estonských legislativních omezení je nutnost použít bílou barvu pro boční strany robota. Jelikož materiál karoserie (recyklovaný polypropylen) nabízí pouze barvy s příměsí, bylo rozhodnuto použít bílou barvu s šedou příměsí. Takové řešení působí atraktivněji než jednobarevný nátěr.

Černá barva střechy vizuálně propojuje přední a zadní displeje a zároveň vytváří zužující se linku (siluetu) střechy z bočního pohledu. Černá zvýrazňuje také boční detail a spodní hranu předního displeje. Tvar této hrany se pak zrcadlí v tmavě šedé spodní části karoserie. Tato střední barva v celkovém vizuálu propojuje bílou a k ní inverzní černou a dokončuje celkovou vyváženou barevnou kompozici. Takové neutrální a zároveň atraktivní barevné řešení je vhodné pro polep jakékoliv společnosti.



obr. 7-2 Možnosti polepu doručovacích společností

Velké doručovací společnosti, které chtějí vlastnit velké množství robotů se stejnou firemní identitou si mohou objednat barevné řešení odpovídající firemním barvám. Je umožněno změnit například barvu materiálu spojovacího pruhu přední a zadní části, nebo také paprsky kol.



obr. 7-3 Příklady barevného řešení pro firmy

## 7.2 Grafické řešení

Grafické řešení navrženého produktu obsahuje logotyp robota, kde bylo cílem grafickou stránku vizuálně propojit s tvarováním produktu a jeho charakteristickými vizuálními prvky. Součástí této designérské oblasti bylo také navrhnout grafiku displeje, která se svou formou připodobňuje rysům lidského chování a přidává tak produktu lidský faktor, který je konkrétně pro tento typ produktu nezbytný.

### 7.2.1 Název a logotyp

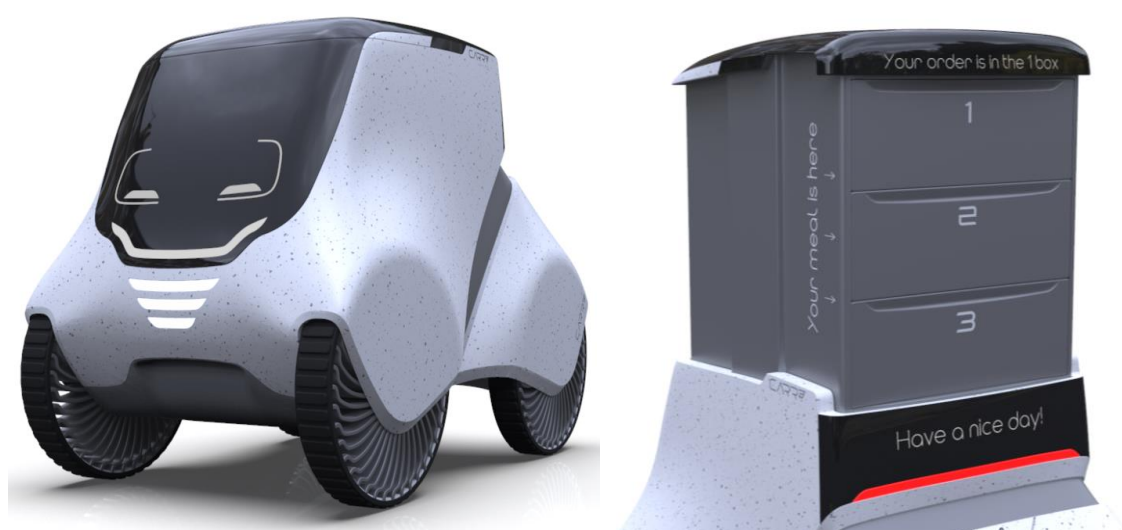
Hlavním cílem bylo vytvořit krátký a lehce zapamatovatelný název, který by odkazoval nejen na hlavní funkci robota – rozvoz jídla a potravin, ale také na bezkontaktní design a péči o zdraví svých zákazníků. Název „CARRY“ vznikl spojením anglických slov „care“ (péče) a „carry“ (nést). Navíc to připomíná jméno, což je vhodné pro robota s lehkým napodobováním lidského chování.

Pro logotyp byl vybrán font OLED v řezu Bold, jako doplňkový font byl zvolen font Modulus Regular. Písmena v logotypu mají výrazné ostré hrany, které korespondují s celkovým designem robota. Poslední písmeno „Y“ v logotypu bylo tvarově změněno a doplněno o tři pruhy vizuálně odkazující na tvar předních světel robota, které jsou charakteristickým rozpoznávacím prvkem přední části. Spodní centrální vertikála písmena „Y“ byla odebrána a písmeno bylo doplněno aditivně o kruhový prvek, který písmeno připodobňuje symbolu nákupního vozíku, korelujícího s tématem.



obr. 7-4 Logotyp

## 7.2.2 Grafika displejů, navigační grafika



obr. 7-5 Grafika displejů a navigační grafika

Grafika předního displeje je velice důležitá pro celkové vnímání robota lidmi. Bylo potřeba vytvořit lehce animální roztomilý vzhled, použít prvky lehce napodobující lidské chování a vyhnout se hračkovému dojmu. Toho se dosáhlo pomocí „úsměvu“ na displeji, který opakuje tvar vrchního světla a prodlužuje ho ve tvaru spodní hrany displeje. Dále pak za pomoci takzvaných „očí“, kde jsou ztvárněny zorničky ve tvaru zrcadleného spodního světla a ty jsou podpořené tenčí linkou ve tvaru zaobleného obdélníku, znázorňující obrys bělma. Roztomilý výraz díky ostrým hranám a zjednodušené formě nepůsobí srandovně a hračkově.

Pro veškeré čísla v navigační grafice (čísla kontejnerů a číslo robota) je použit stejný font jako pro logotyp (OLED v řezu Bold). Textová část navigační grafiky (polep boxu, oznamovací věty na displeji) využívá doplňkový font Modulus Regular.

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

Aspekt psychologie byl při návrhu nejdůležitější. Během důsledné analytické části byly zanalyzovány všechny existující směry v designérském řešení z pohledu postupného zařazení tohoto typu robota do společnosti. Byly zváženy všechny výhody a nevýhody těchto směrů a následně byla na jejich základě vyvozena východiska, která definovala vlastní směr. Ten se opírá o kombinaci postupů a přístupů z již existujících směrů, jejíž výsledkem je nový směr, díky němuž bude produkt působit pozitivně na emoční stránku lidí kteří s ním přicházejí do kontaktu, ale zároveň nebude vyvolávat zbytečnou pozornost. Tvarování také respektuje psychologický aspekt a je záměrně jemnějšího charakteru, který podporuje myšlenku bezpečnosti produktu, se kterou souvisí i zakrytování kol.

### 8.2 Ekonomická funkce

Autonomní doručovací robot je velmi drahým strojem (cca 10 000 euro za kus) a vlastnění aspoň jednoho kusu si mohou dovolit pouze velké doručovací společnosti a restaurace. Ovšem ve většině případů společnosti pouze využívají možnosti pronajmout si roboty přímo od výrobců, přičemž takový způsob se vyplatí pro obě strany. Díky této strategii enormně rychle roste popularita robotických kurýru.

### 8.3 Sociální funkce

Finální návrh robota pomáhá společnosti adaptovat se snáze novým omezujícím podmínkám, vzniklým kvůli celosvětové pandemii. Zároveň také podporuje využití elektrického pohonu a recyklovaných materiálů, nahrazuje doručování v oblasti poslední míle pomocí aut se spalovacími motory, čímž globálně přispívá k šetření naší planety.

## 9 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá designem autonomního doručovacího robota. V prvotní analýze současné produkce byly zjištěny nedostatky existujících konkurenčních výrobků, a to ve všech zkoumaných oblastech, kterými je designérská oblast, technická a ergonomická. Na základě této analýzy probíhal vývoj koncepčního řešení, které vyzkoumané nedostatky pokrývá a je inovativním přínosem pro další rozvoj tohoto segmentu.

Prvním zjištěním byl problém z hlediska designu. Estetická stránka a vzhled současných produktů neodpovídá postupnému zařazení robotů do společnosti. Řešením byla kombinace dvou existujících směrů, díky které vznikl produkt nepoutající zbytečnou pozornost chodců, ale zároveň vyvolávající pouze pozitivní emoce.

Z hlediska technické stránky robotů byl shledán problém zejména v nezvládnání náročnějšího terénu. Roboti mají problém se zdoláváním schodů a zasekávají se na menších překážkách, jako jsou například obrubníky. Kvůli těmto problémům se prodlužuje doba doručení. Ve finálním řešení byla využita moderní technologie bezvzduchových pneumatik a také inovativní podvozkový systém, doposud u podobných produktů nevyužitý. Díky tomuto přístupu je robot schopen bezproblémově zdolávat schody a jiné překážky, se zachováním vodorovné polohy úložného boxu.

Hlavním problémem existujících produktů je z hlediska ergonomie nevhodná výška vykládání a nakládání. Finální návrh překládá řešení výsuvného úložného boxu, který optimalizuje výšku nakládání a vykládání zboží a nabízí další výhody oproti existujícím konkurenčním produktům.

Výsledkem je produkt, který disponuje inovativním komplexním řešením všech tří problémů a nabízí tak nový směr v segmentu samodoručovacích robotů.



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] A brief history of autonomous vehicle technology. *Www.wired.com* [online]. CNMN Collection, 2020 [cit. 2020-5-15]. Dostupné z: <https://www.wired.com/brandlab/2016/03/a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology/?fbclid=IwAR3IX4Hj6TpezsE8gBVMacAfE5p0SBRw8DJyutj8i4Ff-BIGUK2BXY0zCc0>
- [2] handsome\_robot. *Роботизация: Кампусы - колыбель курьерских роботов* [online]. 02.09.2019, , 1 [cit. 2020-5-15]. Dostupné z: <http://robotrends.ru/pub/1936/robotizaciya-kampusy---kolybel-kurerskih-robotov>
- [3] WhileMeNotMe. *DOMINO PIZZA ДОСТАВИТ ЗАКАЗЫ НА БЕСПИЛОТНОМ АВТОМОБИЛЕ* [online]. 30.06.2019 [cit. 2020-4-17]. Dostupné z: <https://technovosti.com/transport/domino-pizza-dostavit-zakazy-na-bespilotnom-avtomobile/>
- [4] PÄRNAMAA, Tanel. *How Neural Networks Power Robots at Starship* [online]. Nov 28, 2018 [cit. 2021-2-17]. Dostupné z: <https://medium.com/starshiptechnologies/how-neural-networks-power-robots-at-starship-3262cd317ec0>
- [5] БОЙКО, Алексей. *Starship: Starship -- Улучные роботы-курьеры* [online]. [cit. 2021-2-17]. Dostupné z: <http://robotrends.ru/robopedia/starship>
- [6] *Starship продолжает расширять сервис доставки еды роботами в студенческих кампусах* [online]. 12.09.2019 [cit. 2021-2-17]. Dostupné z: <https://robogeek.ru/servisnye-roboty/starship-prodolzhaet-rasshiryat-servis-dostavki-edy-robotami-v-studencheskih-kampusah>
- [7] WILLIAMS, Hannah. *Mercedes-Benz looks to build 'Robovan' with delivery robots* [online]. 08 Sep 2016 [cit. 2021-4-21]. Dostupné z: <https://techmonitor.ai/technology/mercedes-benz-looks-to-build-robovan-with-delivery-robots-4999183>
- [8] HEINLA, Ahti. *Hello, Robot!* [online]. Nov 28, 2018 [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://medium.com/starshiptechnologies/hello-robot-28b9b73787bf>
- [9] *Eliport - Autonomes Lieferfahrzeug* [online]. [cit. 2021-2-2]. Dostupné z: <https://www.agenturmatching.de/en/a/solidfluid/case/2951>
- [10] *Ex-CTO of Glovo and ex-Head of Sales of Degustabox launch start-up that aims to revolutionise last-mile delivery: Barcelona entrepreneurs have created 'Eliport', a new start-up specialised in autonomous robots for last-mile delivery.* [online]. 9th October 2017 [cit. 2021-2-2]. Dostupné z: [https://eliport.com/general\\_press\\_release](https://eliport.com/general_press_release)

- [11] COXWORTH, Ben. *Eliport delivery robots won't need us humans* [online]. March 16, 2018 [cit. 2021-2-2]. Dostupné z: <https://newatlas.com/eliport-delivery-robots/53847/>
- [12] CONSTINE, Josh. *Postmates unveils Serve, a friendlier autonomous delivery robot: Ready to share the sidewalk with this little guy?* [online]. December 13, 2018 [cit. 2021-2-2]. Dostupné z: [https://techcrunch.com/2018/12/13/postmates-robot-serve/?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAFos92jqJjQU\\_pdtVBdGrFOO8GFYxtQtKkriSgMSaKj7Vzzrwt-9QR7till849ettgzXUOUzclAs8s8lkVhsa\\_HYR0thXuphKLrHKrRn2VNtLW3ze0\\_BwyUvJF\\_vjqMwvUwQ5yC30SFSNaLnPLPhNKSHx9BDFrDDbJEQqbxWa2q](https://techcrunch.com/2018/12/13/postmates-robot-serve/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAFos92jqJjQU_pdtVBdGrFOO8GFYxtQtKkriSgMSaKj7Vzzrwt-9QR7till849ettgzXUOUzclAs8s8lkVhsa_HYR0thXuphKLrHKrRn2VNtLW3ze0_BwyUvJF_vjqMwvUwQ5yC30SFSNaLnPLPhNKSHx9BDFrDDbJEQqbxWa2q)
- [13] handsome\_robot. *Роботизация: Postmates испытывает наземных робокурьеров в Сан-Франциско* [online]. 16.08.2019 [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: <http://robotrends.ru/pub/1933/robotizaciya-postmates-ispytaet-nazemnyh-robokurerov-v-san-francisko>
- [14] *Notable Interaction Award Core77 Design Awards 2019: Postmates Serve* [online]. [cit. 2021-3-1]. Dostupné z: <https://designawards.core77.com/Interaction/87466/Postmates-Serve>
- [15] JAGER, Chris. *Domino's Is Launching A Self-Driving Pizza Delivery Robot. No Really* [online]. March 18, 2016 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://www.lifehacker.com.au/2016/03/dominos-is-launching-an-autonomous-pizza-delivery-robot/>
- [16] darkhorse\_log. *Domino Pizza starts unmanned pizza delivery using automatic driving robot 'DRU'* [online]. Mar 18, 2016 [cit. 2021-2-13]. Dostupné z: [https://gigazine.net/gsc\\_news/en/20160318-dominos-pizza-dru/](https://gigazine.net/gsc_news/en/20160318-dominos-pizza-dru/)
- [17] GILBERT, Ben. *A totally unexpected company beat everyone to self-driving cars* [online]. Sep 26, 2016 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/dominos-pizza-self-driving-pizza-robot-delivery-car-2016-9#in-the-video-introduction-from-earlier-this-year-dru-mostly-navigates-a-pizza-delivery-using-non-street-routes-here-it-is-on-grass-for-instance-4>
- [18] SOOD, Gaurav. *Mercedes Benz-inspired futuristic delivery robot brings essential supplies home* [online]. 21/09/2020 [cit. 2021-2-23]. Dostupné z: <https://www.gizmodo.cz/?tag=eq-delivery-pod>
- [19] HEMSWORTH, Michael. *Contactless Last-Mile Delivery Robots: The Conceptual EQ Delivery Pod is Efficient and Intuitive* [online]. September 22, 2020 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://www.trendhunter.com/trends/eq-delivery-pod>
- [20] Drako. *В Сан-Франциско тестируют доставку еды с помощью роботов* [online]. 2017 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://tehnot.com/v-san-frantsisko-testiruyut-dostavku-edy-s-pomoshhyu-robotov/>

- [21] SAWERS, Paul. *Tencent joins \$10 million investment in robotics delivery startup Marble* [online]. April 24, 2018 [cit. 2021-1-27]. Dostupné z: <https://venturebeat.com/2018/04/24/tencent-joins-10-million-investment-in-robotics-delivery-startup-marble/>
- [22] *Marble — роботы для доставки еды из Сан-Франциско* [online]. [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: [https://robotics.ua/news/service\\_robots/6103-marble\\_roboty\\_dlya\\_dostavki\\_edy\\_video](https://robotics.ua/news/service_robots/6103-marble_roboty_dlya_dostavki_edy_video)
- [23] *Delivering the Future: FedEx Unveils Autonomous Delivery Robot* [online]. February 27, 2019 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://newsroom.fedex.com/newsroom/thefuturefedex/>
- [24] КОПИЕВ, Григорий. *FedEx представила робота для доставки посылок* [online]. 28 Фев. 2019 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://nplus1.ru/news/2019/02/28/fedex>
- [25] *FedEx представляет автономного робота-курьера* [online]. 28 ФЕВРАЛЯ 2019 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://kiosksoft.ru/news/2019/02/28/fedex-predstavlyaet-avtonomnogo-robota-kurera-74218>
- [26] *REFRACTION AI* [online]. 2021 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://refraction.ai/>
- [27] *Refraction REV-1* [online]. 2021 [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://www.dimensions.com/element/refraction-rev-1>
- [28] BROOKE, LINDSAY. *Special delivery – by ‘bot* [online]. 2021, 2020-09-01 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: [Refraction REV-1](https://www.dimensions.com/element/refraction-rev-1) [online]. 2021 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.dimensions.com/element/refraction-rev-1>
- [29] *Postmates x Robby Technologies* [online]. December 7, 2017, 2021 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://postmates.com/blog/postmates-x-roby-technologies/>
- [30] DOBROVSKÝ, Pavel. *Robot ANYmal: Soumrak poštovních doručovatelů: ANYmal vidí i bez očí* [online]. 2021, 1. července 2019 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/25039/robot-anymal-soumrak-postovnich-dorucovatelu.html>
- [31] *Robotic Package Delivery with ANYmal* [online]. JANUARY 31, 2019 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.anybotics.com/robotic-package-delivery-with-anymal/>
- [32] *ANYbotics: Meet ANYmal, your new inspector* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.anybotics.com/anymal-autonomous-legged-robot/>
- [33] PHILLIPS, Gavin. *How Do Delivery Robots Work? How They Safely Deliver Your Packages* [online]. 2021, AUG 19, 2020 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/how-delivery-robots-work/>
- [34] *Eliport: Autonomous ground-based delivery robots* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.startengine.com/eliport>

- [35] *Bezkartáčové stejnosměrné (BLDC) motory* [online]. 13. ZÁŘÍ 2019 [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/energetika/bezkartacove-stejnosmerne-bldc-motory>
- [36] *Brushless DC electric motor* [online]. 19/02/2015 [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://www.andmotor.com/brushless-dc-electric-motor/>
- [37] Lithium-polymerový akumulátor. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 27. 2. 2021 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-polymerov%C3%BD\\_akumul%C3%A1tor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-polymerov%C3%BD_akumul%C3%A1tor)
- [38] *FACTSHEET: STARSHIP LIEFERROBOTER* [online]. In: . s. 1 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.post.ch/-/media/post/ueber-uns/medienmitteilungen/2017/factsheet-lieferroboter.pdf?la=de>
- [39] EDWARDS, DAVID. *Sidewalk last-mile delivery robots: Billion-dollar market by 2030?* [online]. JANUARY 2, 2020 [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://roboticsandautomationnews.com/2020/01/02/sidewalk-last-mile-delivery-robots-billion-dollar-market-by-2030/28062/>
- [40] CHEN, Yining. *LiDAR Startups Update: Luminar Hires Ex-Uber Executive and Aeva Introduces 4D LiDAR Technology* [online]. November.8, 2018 [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: [https://www.ledinside.com/news/2018/11/lidar\\_startups\\_update\\_luminar\\_hires\\_ex\\_uber\\_executive\\_and\\_aeva\\_introduces\\_4d\\_lidar\\_technology](https://www.ledinside.com/news/2018/11/lidar_startups_update_luminar_hires_ex_uber_executive_and_aeva_introduces_4d_lidar_technology)
- [41] Starship Technologies. In: *Thehub.io* [online]. [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://thehub.io/startups/starship-technologies-1>
- [42] MARKOFF, John. *Skype Founders Build a Robot for Suburban Streets* [online]. 2 November, 2015 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2015/11/03/science/skype-founders-build-a-robot-for-suburban-streets.html>
- [43] PETERSON, Hayley. *FedEx reveals a package-delivering robot backed by Walmart, Target, and Lowe's that can climb stairs and carry hot food* [online]. 27 February 2019 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/fedex-delivery-robot-backed-by-walmart-target-lowes-2019-2>
- [44] КОПИЕВ, Григорий. *FedEx представила робота для доставки посылок* [online]. 28 февраля, 2019 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://nplus1.ru/news/2019/02/28/fedex>
- [45] Tri-star (wheel arrangement). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17 August 2020 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tri-star\\_\(wheel\\_arrangement\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tri-star_(wheel_arrangement))

- [46] 31 *WHEELED ROBOTS AND LUNAR CARS* [online]. In: . [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.unusuallocomotion.com/pages/more-documentation/wheeled-robots-and-lunar-cars.html>
- [47] *The Measurement Of Tri- star Wheel* [online]. In: . 25 November, 2014 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <http://stair-climbing-robot.blogspot.com/2014/11/the-measurement-of-tri-star-wheel.html>
- [48] Rocker-bogie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2 May 2020 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rocker-bogie>
- [49] MOHAN, Aditya R. *Rocker-Bogie Mechanism* [online]. In: . 23. 4. 2014 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=bP7p5Bd2d50&list=PLJtxV6WHSgf7AHtyJpv5CsyJI1ARLlitJ&index=4&t=25s&ab\\_channel=AdityaRMohan](https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=bP7p5Bd2d50&list=PLJtxV6WHSgf7AHtyJpv5CsyJI1ARLlitJ&index=4&t=25s&ab_channel=AdityaRMohan)
- [50] GRUNEWALD, Scott J. *Transcend Robotics Signs Partnership Agreement with Oak Ridge National Laboratory to Develop Robotic Mobility Tech* [online]. 28 June, 2016 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://3dprint.com/140088/transcend-robotics-orn/>
- [51] GRUNEWALD, Scott J. *Transcend Robotics Signs Partnership Agreement with Oak Ridge National Laboratory to Develop Robotic Mobility Tech* [online]. 28 June, 2016 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://3dprint.com/140088/transcend-robotics-orn/>
- [52] Chodník. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Chodn%C3%ADk>
- [53] Lithium-polymerový akumulátor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 24. 6. 2020 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-polymerov%C3%BD\\_akumul%C3%A1tor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-polymerov%C3%BD_akumul%C3%A1tor)
- [54] *Li-ion baterie 6x GEB18650P 3,7 V, 6p 15000 mAh s pájecími vývody* [online]. In: . [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/martin/5133-li-ion-baterie-6x-geb18650p-3-7-v-6p-15000-mah-s-pajecimi-vyvody.html>
- [55] *Bezkartáčové stejnosměrné (BLDC) motory* [online]. 13. ZÁŘÍ 2019 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/energetika/bezkartacove-stejnosmerne-bldc-motory>
- [56] *1 kW 36V/48V 3000rpm Brushless DC Motor* [online]. In: . [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.ato.com/1-kw-48v-brushless-dc-motor>
- [57] *JETSON AGX XAVIER: Deploy AI-Powered Autonomous Machines at Scale* [online]. [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-agx-xavier/>

[59] PÄRNAMAA, Tanel. *How Neural Networks Power Robots at Starship* [online]. 28 November, 2018 [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: <https://medium.com/starshiptechnologies/how-neural-networks-power-robots-at-starship-3262cd317ec0>

[60] *Schodiště a jeho základní rozměry* [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2581.schodiste-a-jeho-zakladni-rozmary#:~:text=Maxim%C3%A1ln%C3%AD%20v%C3%BD%C5%A1ka%20stupn%C4%9B%20se%20odv%C3%ADj%C3%AD,s%20%C5%A1%C3%AD%C5%99kou%20stupn%C4%9B%20dle%20v%C3%BDpo%C4%8Dtu>.

[61] KRUPKA, Jaroslav. *FedEx zkouší roboty pro rozvoz pizzy. Vypadají jako chladicí boxy na kolečkách*. [online]. 1 března 2019 [cit. 2021-3-11]. Dostupné z: <https://www.dotyk.cz/byznys/fedex-chce-spolu-s-walmartem-a-pizza-hut-otestovat-robotu-pro-posledni-mili-20190301.html>

[62] JAVŮREK, Karel. *Rohlik.cz: roboti s nákupem budou brázdit české ulice už příští rok* [online]. 9. září 2016 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://connect.zive.cz/clanky/rohlikcz-roboti-snakupem-budou-brazdit-ceske-ulice-uz-pristi-rok/sc-320-a-184165/default.aspx>

[63] DE GROOT, Stef. *Pedestrian Acceptance of Delivery Robots: Appearance, interaction and intelligence design*. Delft University of Technology, 2019. Student theses. Delft University of Technology. Vedoucí práce Rusak, Zoltan.

[64] VAHTLA, Aili. *Estonian government supports allowing robot vehicles on streets* [online]. 06.04.2017 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://news.err.ee/588505/estonian-government-supports-allowing-robot-vehicles-on-streets>

[65] Pinterest - Česká republika. Pinterest - Česká republika [online]. [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/91690542402866385/>

[66] *Bridgestone představil bezdušové pneumatiky, nejsou ale určeny pro auta. Zatím je obují jen jízdní kola a nákladáky* [online]. 24.1.2020 [cit. 2021-4-21]. Dostupné z: <https://pneunews.cz/bridgestone-predstavil-bezdusove-pneumatiky-nejsou-ale-urceny-pro-auta-zatim-je-obuji-jezdni-kola-a-nakladaky/>

[67] MÁRA, Ondřej. *Michelin a GM testují bezvzduchové pneumatiky pro osobní vozy, na trh se mohou dostat už v roce 2024* [online]. 5. 6. 2019 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/michelin-a-gm-testuji-bezvzduchove-pneumatiky-pro-osobni-vozy-na-trh-se-mohou-dostat-uz-v-roce-2024-129551>

[68] Amazon: 300mm Linear Rail Guide, Widened Slide Block High Hardness Ball Guide for Machine Tool MGW12C-300-1R and 3D Printer [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: [https://www.amazon.com/Widened-Hardness-Machine-MGW12C-300-1R-](https://www.amazon.com/Widened-Hardness-Machine-MGW12C-300-1R-Printer/dp/B094RFDKN8/ref=sr_1_8?c=ts&dchild=1&keywords=Linear+Motion+Slide+Rails&qid=1621543952&refinements=p_n_feature_seven_browse-bin%3A5485702011&s=industrial&sr=1-8&ts_id=350663011)

[Printer/dp/B094RFDKN8/ref=sr\\_1\\_8?c=ts&dchild=1&keywords=Linear+Motion+Slide+Rails&qid=1621543952&refinements=p\\_n\\_feature\\_seven\\_browse-bin%3A5485702011&s=industrial&sr=1-8&ts\\_id=350663011](https://www.amazon.com/Widened-Hardness-Machine-MGW12C-300-1R-Printer/dp/B094RFDKN8/ref=sr_1_8?c=ts&dchild=1&keywords=Linear+Motion+Slide+Rails&qid=1621543952&refinements=p_n_feature_seven_browse-bin%3A5485702011&s=industrial&sr=1-8&ts_id=350663011)

[69] , Sileather. *SILEATHER 3S* [online]. 14 March 2017 [cit. 2021-4-21]. Dostupné z: [https://materialdistrict.com/material/sileather-3s/?fbclid=IwAR3GhkNo9qzNPNHaarW1Wv7Mxd1jZPaLHWiWf0qlaI5Lr\\_66VUoL8pRfxno](https://materialdistrict.com/material/sileather-3s/?fbclid=IwAR3GhkNo9qzNPNHaarW1Wv7Mxd1jZPaLHWiWf0qlaI5Lr_66VUoL8pRfxno)

[70] NIS - Nábytkářský informační systém: Ergonomie obsluhy. NIS - Nábytkářský informační systém [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <http://www.nis.cz/cz/ergonomie-obsluhy/page/277/>

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1	Robot Starship od firmy Starship Technology[3]	18
Obr. 2-2	Robot Starship [5] [6]	19
Obr. 2-3	Eliport koncept, Eliport Inc. [9]	20
Obr. 2-4	Eliport koncept, Eliport Inc. [11]	21
Obr. 2-5	Serve, Postmates [12]	22
Obr. 2-6	Robot DOM od firmy Marathon ve spolupráci s Domino's pizza [15]	23
Obr. 2-7	EQ Delivery Pod concept od Jakoba Payka [18]	24
Obr. 2-8	Robot Scrappy od firmy Marble [20]	25
Obr. 2-9	SameDay Bot od firmy FedEx [23]	26
Obr. 2-10	Robot REV-1 od firmy Refraction AI [26]	27
Obr. 2-11	Robot REV-1, rozměry [27]	28
Obr. 2-12	Robby robot, Postmates ve spolupráci s Robby Technologies [29]	29
Obr. 2-13	ANYmal, ANYbotics a Continental AG [30]	30
Obr. 2-14	Starship mobilní aplikace [33]	31
Obr. 2-15	Náklad a nastavení cesty robota	32
Obr. 2-16	Výchozí bod. A) Přímou od dodavatele, B)Integrace s dodávkou, C)Logistický uzel	32
Obr. 2-17	Autonomní cesta na místo doručení	33
Obr. 2-18	A) Převzetí objednávky, B) Autonomní vykládaní	34
Obr. 2-19	Autonomní cesta zpátky	34
Obr. 2-20	Schéma dílčích komponent konceptu Eliport [34]	35
Obr. 2-21	Schéma bezkartáčového stejnosměrného motoru [36]	36
Obr. 2-22	Snímek zachycený pomocí Luminar LiDAR [40]	38
Obr. 2-23	Robot Starship – překonávání obrubníku [41]	38
Obr. 2-24	SameDay Bot – překonávání obrubníku [43]	39
Obr. 2-25	Podvozek s tri-star koly [46] [47]	40
Obr. 2-26	Rocker-bogie mechanismus [49]	40
Obr. 2-27	Platforma ARTI [51]	41

Obr. 4-1	Moodboard [65]	47
Obr. 4-2	Varianta 1	48
Obr. 4-3	Varianta 1 – změna tvaru při stoupaní	49
Obr. 4-4	Varianta 1 – ergonomie	49
Obr. 4-5	Varianta 1 – rozměry	50
Obr. 4-6	Varianta 2	51
Obr. 4-7	Varianta 2 – změna tvaru při stoupaní	52
Obr. 4-8	Varianta 2 – ergonomie	52
Obr. 4-9	Varianta 3	53
Obr. 4-10	Varianta 3 – ergonomie	54
Obr. 4-11	Varianta 3 – rozměry	54
Obr. 5-1	Finální tvarové řešení, přední pohled	56
Obr. 5-2	Finální tvarové řešení, zadní pohled	57
Obr. 5-3	Boční pohled	57
Obr. 5-4	Změna tvaru při jízdě po schodech	58
Obr. 5-5	Přední a zadní pohledy	59
Obr. 5-6	Horní pohled	60
Obr. 5-7	Finální tvarové řešení. Otevřený stav.	60
Obr. 5-8	Zahloubení pro uchycení zepředu	61
Obr. 5-9	Zahloubení pro uchycení zezadu	61
Obr. 5-10	Krytí zahloubení pro obsluhu	62
Obr. 6-1	a) Prototyp Uptis od Michelin, b) Bezdušová pneumatika od Bridgestone[66] [67]	63
Obr. 6-2	Výpočet základních rozměrů kol a podvozku	64
Obr. 6-3	Výpočet minimální světlé výšky	64
Obr. 6-4	Rozměrové řešení	65
Obr. 6-5	Rozměrové řešení, otevřený robot	66
Obr. 6-6	Schéma dílčích komponent	66
Obr. 6-7	Bezkartáčový stejnosměrný elektromotor [56]	68
Obr. 6-8	Mikropočítač Nvidia Jetson Xavier [57]	69

Obr. 6-9	Znázornění stabilizačního systému	70
Obr. 6-10	Znázornění lineárního vedení [68]	71
Obr. 6-11	Vysunutý úložný box s kontejnery	71
Obr. 6-12	Znázornění otevírání malých kontejnerů	72
Obr. 6-13	Znázornění otevírání velkého kontejneru	72
Obr. 6-14	Navigační displej, zorný úhel	74
Obr. 6-15	Výškové rozdělení úložných prostorů ve stoje (v cm)	75
Obr. 6-16	Proces vykládání	76
Obr. 6-17	Proces nakládání	76
Obr. 6-18	Uchycení a servisní otvory	77
Obr. 7-1	Barevné řešení	79
Obr. 7-2	Možnosti polepu doručovacích společností	80
Obr. 7-3	Příklady barevného řešení pro firmy	81
Obr. 7-4	Logotyp	82
Obr. 7-5	Grafika displejů a navigační grafika	82

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

zmenšený designérsky poster (A4)  
zmenšený technický poster (A4)  
zmenšený ergonomický poster (A4)  
zmenšený sumarizační poster (A4)  
fotografie modelu

### **Samostatné přílohy**

designérsky poster (A1)  
technický poster (A1)  
ergonomický poster (A1)  
sumarizační poster (A1)

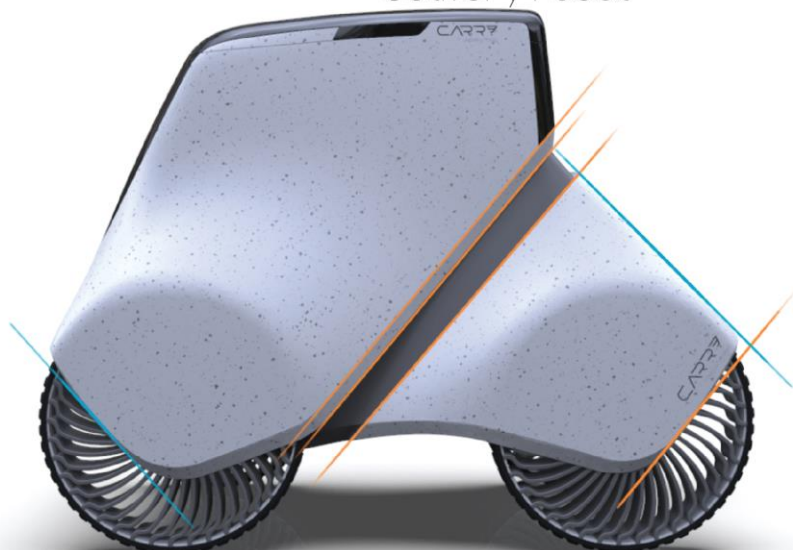
fyzický model M 1:3

# DESIGNÉRSKÝ PLAKÁT

designersky poster

# CARR7

delivery robot



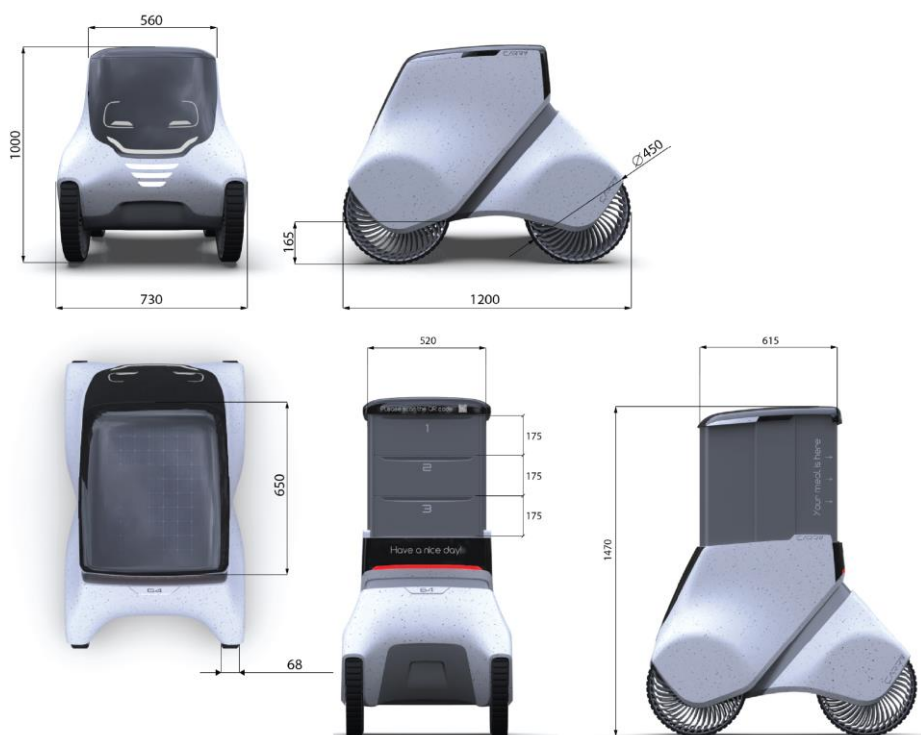
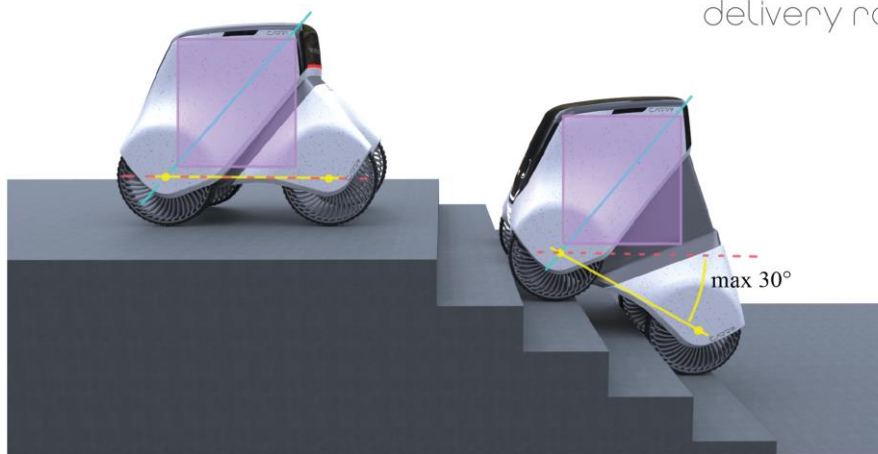
DESIGN AUTONOMNÍHO DORUČOVACÍHO ROBOTY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Darina Ianishevskaia / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislavu Křenovi, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19



technický poster

# CARRÉ

delivery robot



DESIGN AUTONOMNÍHO DORUČOVACÍHO ROBOTY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Darina Janiševská / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenkoví, ArtD. / VUT v Brně / FSI / OPD / 2018/19

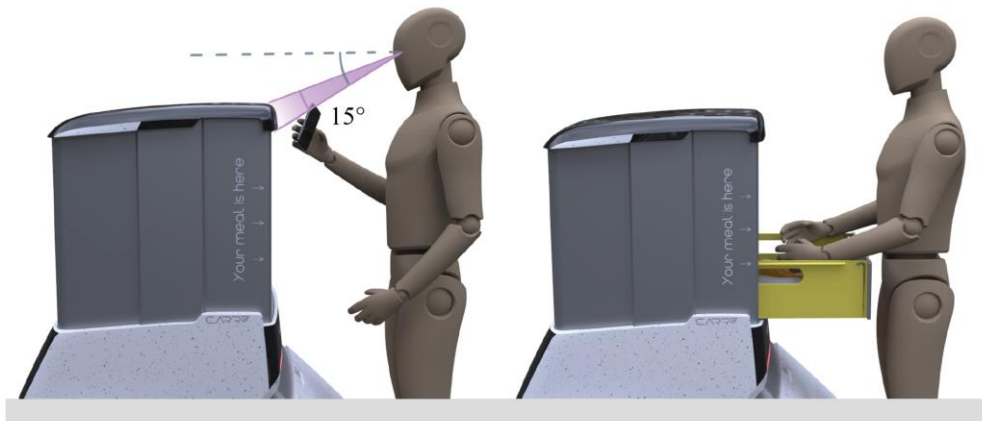


# ERGONOMICKÝ PLAKAT

ergonomický poster

# CARRÉ

delivery robot



DESIGN AUTONOMNÍHO DORUČOVACÍHO ROBOTY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Darina Ianishevskaia / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19

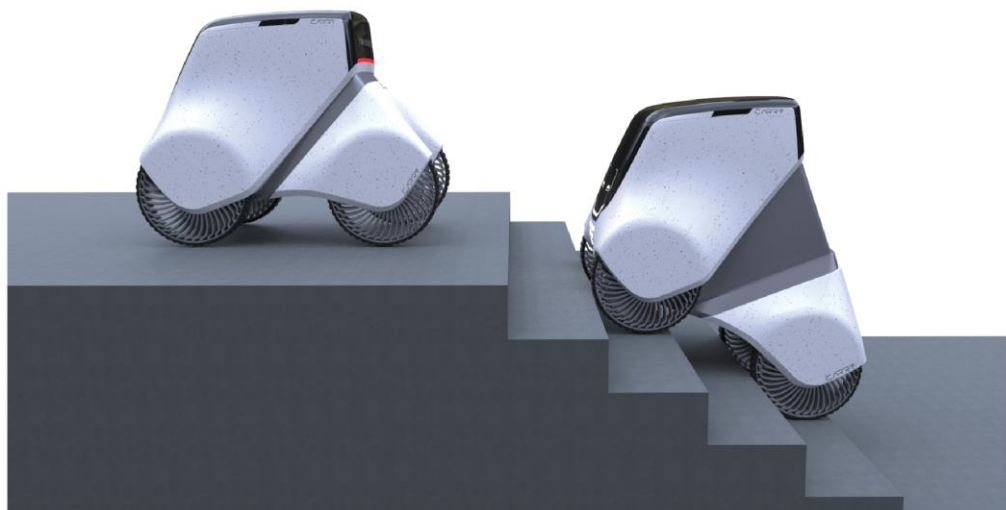
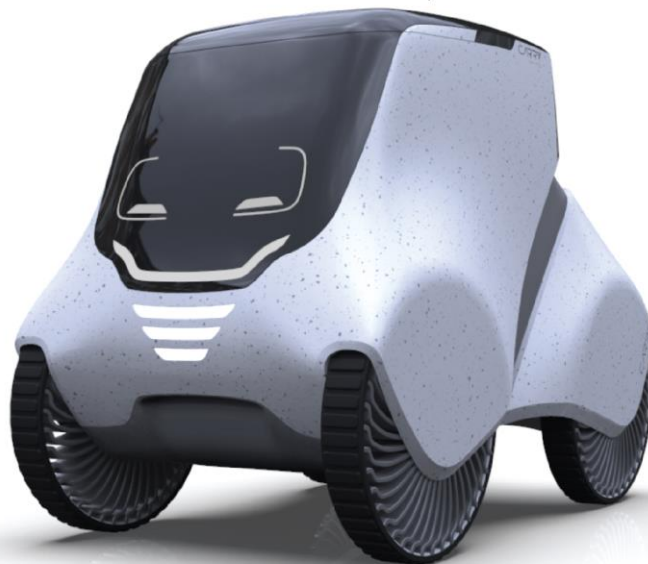


# SUMARIZAČNÍ PLAKAT

sumarizacni poster

# CARR?

delivery robot



DESIGN AUTONOMNÍHO DORUČOVACÍHO ROBOTY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Darina Janiševská / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenkovi, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ŮK / OPD / 2018/19



## 13 FOTOGRAFIE MODELU

