



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra techniky a kybernetiky

Diplomová práce

Návrh autonomního vozidla

Autor práce: Bc. Jan Baštýř
Vedoucí práce: Ing. Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.
Konzultant práce: Ing. Ondřej Tupý, DiS.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této diplomové práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Bc. Jan Baštýř

Abstrakt

Diplomová práce pojednává v první části o autonomitě vozidel, jejímu použití, o stupních automatizace a následně problematice. Ve druhé části se práce zaměřuje na umělou inteligenci. Podstatná část je věnována Asimovově zákonech robotiky, jakožto zakladateli robotiky. Praktická část se zabývá vytvořením vlastního modelu autonomního vozidla, které je vymodelováno v CAD softwaru, vytisknuto prostřednictvím 3D tiskárny a následně sestaveno a rozpořehováno za účelem použití v zemědělství 4.0. Je očekáváno, že toto vozidlo bude použito například ve skleníku, kde bude sbírat potřebná data a v případně dalších potřeb může být modifikováno.

Klíčová slova: Robotizace, 3D tisk, Filament, Modelování, Materiál, 3D tiskárna, CAD, Zemědělství 4.0, Autonomní vozidlo

Abstract

The first part of the thesis deals with vehicle autonomy, its application, the levels of automation and then the problem. In the second part, the thesis focuses on artificial intelligence. A substantial part is devoted to Asimov's Laws of Robotics, as the founder of robotics. The practical part deals with the creation of a custom model of an autonomous vehicle, which is modelled in CAD software, printed out using a 3D printer and then assembled and set in motion for use in Agriculture 4.0. It is expected that this vehicle will be used, for example, in a greenhouse where it will collect the necessary data and can be modified if further needs arise.

Keywords: Robotics, 3D printing, Filament, Modeling, Material, 3D printer, CAD, Agriculture 4.0, Autonomous vehicle

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Mgr. Pavlu Olšanovi, Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Ondřeji Tupému za odbornou pomoc při modelování a následnému tisknutí modelu. Poděkování patří rovněž mé rodině a přátelům, kteří při mně stáli a podporovali mě během celého studia a tvorby diplomové práce.

Obsah

Úvod	6
1 Úvod do autonomních vozidel	7
1.1 Senzory v automatizaci	7
1.2 Stupně automatizace	8
1.3 Problematika autonomních vozidel	10
2 Umělá inteligence	11
2.1 Asimovovy zákony robotiky	11
2.2 Neuronové sítě	12
2.3 Strojové učení	13
2.4 Logické příklady vs. robotické zákony	14
3 Využití autonomních vozidel v dopravě	16
4 Moderní zemědělství	20
4.1 Zemědělství 4.0	20
5 Cíle a metodika práce	25
5.1 Metodika	25
6 Vlastní práce	26
6.1 Návrh modelu	26
6.2 3D Tisk	41
6.3 Sestavení	45
6.4 Návrh a kompletace elektrických obvodů	47
7 Diskuze	49
Závěr	50
Seznam použitých zdrojů	51
Seznam obrázků	57
Seznam tabulek	59

Úvod

V současnosti technologie neustále urychlují svůj rozvoj, což přináší zásadní změny ve fungování společnosti a ovlivňuje mnohé sektory. Především dopravu, zemědělství, průmysl, ale také má vysoký vliv na fungování lidské společnosti. Revoluce v dopravě směřuje k rozvoji a masivnímu nárůstu autonomních vozidel, které mají potenciál překonfigurovat městskou infrastrukturu a zajistit lepší bezpečnost i efektivitu přepravy osob, zvířat a věcí. Současně pronikají pokročilé technologie do zemědělství pod záštitou konceptů Zemědělství 4.0 a Průmyslu 4.0, které přinášejí automatizaci, pokročilé senzorové monitorování a datové strategie pro zvýšení produktivity a udržitelnosti zdrojů. Tyto přeměny naznačují počátek nové éry, ve které digitalizace a automatizace hrají klíčovou roli v redefinování tradičních zemědělských i průmyslových odvětví, což otevírá cestu pro nové inovace a vznik inteligentnějších, bezpečnějších a efektivnějších systémů, které jsou schopné lépe odpovídat potřebám dnešní a budoucí společnosti.

V úvodní části se práce zaměřuje na počátek robotiky a zkoumá, jak je dnes vnímána autonomie, která nachází uplatnění nejen v zemědělství na našem území, ale i po celém světě. Je představen vývoj robotiky a umělé inteligence, spolu se senzory, které jsou klíčové pro automatizační procesy, a rozebrány jsou i různé stupně automatizace. Závěrečná část se věnuje současným trendům v zemědělství 4.0, přičemž se detailně zkoumají specifické kategorie a technologie spojené s touto novou érou zemědělství. Tento fakt pomáhá odhalovat, jak pokročilé technologie transformují tradiční zemědělské praktiky.

Hlavní část práce, která je obsažena ve druhé polovině, se důkladně zaměřuje na celkový proces od návrhu až po výrobu autonomního vozidla za použití studentské verze programu SolidWorks. Tento program se řadí mezi CAD software, který je specializovaný na 3D modelování. Tato část obsahuje důkladný popis všech komponentů s výběrem vhodného typu filamentu, který je klíčový pro kvalitní 3D tisk a má velký vliv na výsledný tištěný díl. Dále je podrobně rozebrán celý proces tisku. Inspirací pro modelování byly nejnovější trendy v designu automobilů doplněné o unikátní autorský přístup, což dohromady vytváří originální a inovativní model vozidla s důrazem na detail a funkčnost.

Výsledkem se stává fyzicky vyrobený a plně funkční model autonomního vozidla, který byl realizován pomocí 3D tisku. Tento model demonstruje nejen možnosti moderní robotiky a automatizace, ale je také navržen tak, aby sloužil jako nástroj pro výuku technických předmětů. Mimo jiné najde uplatnění například i v zemědělském sektoru. Konkrétně pro účely sběru dat v prostorech skleníků. Díky integrovanému senzoru je vozidlo schopné autonomně shromažďovat důležité informace o mikroklimatu, jako jsou údaje o vlhkosti, barometrickém tlaku a teplotě okolního vzduchu. Tyto hodnoty umožňují lepší monitorování a řízení podmínek pro pěstování rostlin a eliminování případných chorob a škůdců.

1 Úvod do autonomních vozidel

1.1 Senzory v automatizaci

LIDAR (Light Detection and Ranging)

Využívá soustředěné světelné paprsky k vytvoření podrobné 3D mapy okolí vozidla. Je schopen detekovat objekty, jejich vzdálenost a relativní rychlost, což pomáhá autonomnímu vozidlu při navigaci a vyhýbání se překážkám. Je klíčový pro identifikaci a lokalizaci předmětů, měření vzdálenosti a rychlosti objektů vůči vozidlu. LIDAR je velmi efektivní v komplexních městských scénách a na cestách s proměnlivým prostředím (Gao et al., 2023; Pereira et al., 2016; Shen et al., 2024).

Radar

Radarové senzory vysílají radiové vlny, které se odráží od zasažených objektů a následně se vrací zpět k senzoru. Tyto senzory jsou obzvláště užitečné pro detekci objektů ve velkých vzdálenostech a při špatných povětrnostních podmínkách. Radar je často používán pro adaptivní tempomat a systémy pro udržování v pruzích, díky schopnosti detekovat vozidla vpředu a upravovat rychlost vozidla (Choi a Kim, 2023; Öncü et al., 2024).

Kamery

Poskytují vizuální pohled na okolí vozidla, což umožňuje detekci a rozpoznávání objektů, čtení dopravních značek a sledování povrchu vozovky. Kombinace více kamer může poskytnout vozidlu 360-stupňový obrazový vstup. Kamery jsou nezbytné pro rozpoznávání dopravních značek, světel, chodců, cyklistů a jiných vozidel. Poskytují také důležitá vizuální data pro algoritmy strojového učení (Choi a Kim, 2023; Pereira et al., 2016; Zaarane et al., 2020).

Ultrazvukové senzory

Tyto senzory využívají vysokofrekvenční zvukové vlny k detekci objektů a měření vzdáleností, přičemž jsou obvykle používány pro parkování a manévrování na krátké vzdálenosti. Tato technologie se často využívá pro parkovací asistence a detekci objektů ve velmi krátkých vzdálenostech, kde je přesnost zásadní (Ignatious et al., 2022; Ureña et al., 1998).

GNSS (Global Navigation Satellite System)

Systémy jako GPS poskytují informace o geolokaci vozidla, které pomáhají s navigací a plánováním trasy. Zajišťují základní navigační data pro plánování trasy a mohou být kombinovány s mapovými daty a informacemi z dalších senzorů pro zlepšení přesnosti navigace a rozhodování (Gao et al., 2023; Shen et al., 2024; Zaarane et al., 2020).

Inerciální měřicí jednotky (IMU)

IMU kombinují akcelerometry a gyroskopy k měření lineárního pohybu (akcelerace) a rotačního pohybu (otáčení) vozidla. Tyto údaje umožňují vozidlu lepší orientaci v prostoru a dopomohou vozidlu k jeho přesnější kontrole. Pomáhají s přesným řízením a stabilizací vozidla, a jsou zásadní pro funkce jako je udržování vozidla v jízdním pruhu a automatické manévrování (Gao et al., 2023; Shen et al., 2024; Xia et al., 2022).

1.2 Stupně automatizace

Stupně automatizace autonomních vozidel jsou klasifikovány Mezinárodní organizací pro normalizaci (ISO) a SAE International (dříve známou jako Society of Automotive Engineers) prostřednictvím normy SAE J3016. Tato norma definuje šest úrovní automatizace (0 až 5), které popisují do jaké míry je vozidlo schopno řídit se samo bez lidského zásahu. Tyto stupně pomáhají porozumět technologickému pokroku a regulativním požadavkům pro autonomní vozidla (Gopinath a Narayanamurthy, 2022).

- **Žádná automatizace** - Úroveň 0
- **Asistence řidiče** - Úroveň 1
- **Částečná automatizace** - Úroveň 2
- **Podmíněná automatizace** - Úroveň 3
- **Vysoká automatizace** - Úroveň 4
- **Plná automatizace** - Úroveň 5

Úroveň 0

V této úrovni má veškerou kontrolu nad vozidlem výhradně řidič. To zahrnuje řízení, brzdění, akceleraci a navigaci. Systémy vozidla mohou řidiči poskytovat určité informace, jako jsou výstražné signály při výjezdu z jízdního pruhu, které však nezasahují aktivně do řízení vozidla (Alshkeili a Ghosh, 2023).

Úroveň 1

Vozidla na úrovni 1 mají systémy, které mohou převzít buď kontrolu nad řízením, nebo nad akcelerací či brzděním, ale nikdy ne obě současně. Příklady zahrnují adaptivní tempomat, který automaticky upravuje rychlost vozidla, aby udržel bezpečnou vzdálenost od vozidla před ním, nebo systémy udržování vozu v jízdním pruhu, které pomáhají řidiči udržet

vozidlo v jeho jízdním pruhu. Řidič musí být vždy připraven převzít plnou kontrolu nad vozidlem (Alshkeili a Ghosh, 2023).

Úroveň 2

Automobily mohou současně provádět jak řízení, tak akceleraci či brzdění bez pomoci řidiče, ale pouze v určitých situacích. Řidič musí zůstat bdělý a být připraven zasáhnout kdykoli. Jelikož vozidlo nemůže zvládat všechny situace nebo složité dopravní scénáře. Příklady zahrnují pokročilejší adaptivní tempomat spolu s pokročilými funkcemi udržování vozu v pruhu (Alshkeili a Ghosh, 2023; Cascetta et al., 2022).

Úroveň 3

Na úrovni 3 mohou provádět všechny úkoly spojené s jízdou v některých, ale ne všech, dopravních situacích. Systém může vyžadovat, aby řidič převzal kontrolu nad řízením pokud narazí na situaci, kterou není schopen zvládnout. Když je vozidlo v režimu automatizace, řidič může svou pozornost věnovat jiným činnostem, ale musí být připraven zasáhnout během několika sekund pokud to vozidlo vyžaduje. Příkladem může být autonomní jízda na dálnici pod specifickými podmínkami (Cascetta et al., 2022).

Úroveň 4

Na této úrovni mohou zcela samostatně zvládat všechny řídicí funkce v určitých podmínkách nebo prostředích. Například v geofencovaných oblastech nebo specifických zónách určených pro autonomní jízdu. V těchto podmínkách řidič nemusí zasahovat ani nemusí být přítomen ve vozidle. Vozidlo by mělo být schopno bezpečně zastavit, pokud narazí na situaci, kterou nemůže zvládnout (Alshkeili a Ghosh, 2023).

Úroveň 5

Na této konečné úrovni vozidlo zvládne všechny řídicí funkce. za nejrůznějších podmínek, v jakémkoli prostředí. Lidský řidič není potřebný, ani v případě nutného zásahu. Vozidla úrovně pět by měla být schopná operovat v jakémkoli prostředí a za nejrůznějších podmínek, kde by mohl řídit člověk, včetně extrémních povětrnostních podmínek nebo neznámých terénů. Vozidla s plnou automatizací by teoreticky nemusela obsahovat tradiční řídicí prvky, jako jsou volanty nebo pedály (Alshkeili a Ghosh, 2023; Cascetta et al., 2022).

1.3 Problematika autonomních vozidel

Problematika autonomních vozidel je široká a zahrnuje řadu aspektů, které sahají od technologických výzev až po etická dilemata a legislativní otázky. Tyto klíčové oblasti jsou často diskutovány v kontextu bezpečnosti, technologie, legislativy, etického dopadu, sociálních a ekonomických dopadů, a kybernetické bezpečnosti (Tyagi a Aswathy, 2021).

- Bezpečnost
- Technologický vývoj
- Legislativa
- Etické dopady
- Sociální a ekonomické dopady
- Kybernetická bezpečnost
- Integrace do současné dopravy
- Náklonnost veřejnosti

Z bezpečnostního hlediska uvádím detekci. Detekce překážek a jejich predikce chování hrají zásadní roli. Autonomní vozidla musí být schopna identifikovat a adekvátně reagovat na vozidla, chodce, cyklisty a další překážky v rozmanitých povětrnostních a světelných podmínkách. To vyžaduje sofistikované senzory a algoritmy umělé inteligence. Kromě toho musí vozidla efektivně reagovat na nečekané situace. Jako takové můžu zmínit náhlé změny v dopravním toku nebo objevení se překážek na cestě.

S ohledem na technologické výzvy mezi klíčové aspekty patří vývoj pokročilých algoritmů pro autonomní řízení, které mohou zpracovávat velké množství dat z různých senzorů v reálném čase, a vytvoření spolehlivých senzorů a navigačních systémů pro přesné určení polohy a orientaci vozidla. Dále je důležitá bezpečná a spolehlivá komunikace mezi vozidly a dopravní infrastrukturou.

Legislativní aspekt zahrnuje vytvoření a aktualizaci legislativy, která reflektuje unikátní vlastnosti a potřeby autonomních vozidel, včetně testování, nasazení, pojištění a odpovědnosti. Důležitou otázkou je, kdo nese odpovědnost v případě nehody způsobené autonomním vozidlem – zda je to výrobce, software, uživatel, nebo třetí strana.

Etický dopad zahrnuje rozhodovací dilemata, jako například problém, kde musí být rozhodnuto, jaký postup zvolit v situacích, kdy každá možná akce je spojena s rizikem poškození. Formulace a implementace etických pravidel pro programování rozhodovacích algoritmů klíčovým faktorem (Martinho et al., 2021).

Sociální a ekonomické dopady se týkají otázek, jako jsou změny v pracovních příležitostech v dopravě a souvisejících odvětvích jako například urbanistický vývoj, potenciál pro snížení emisí a zlepšení efektivity dopravy, a zajištění rovného přístupu ke službám autonomní dopravy pro všechny vrstvy společnosti (Pettigrew a Cronin, 2019).

Kybernetická bezpečnost se zaměřuje na ochranu autonomních vozidel před hackin- gem a kybernetickými útoky, které by mohly ohrozit jejich bezpečnost a spolehlivost. Souhrnným pohledem lze konstatovat, že autonomní vozidla představují složitou výzvu, která vyžaduje komplexní a multidisciplinární přístup.

2 Umělá inteligence

2.1 Asimovovy zákony robotiky

Asimovovy zákony robotiky, známé také jako "Tři zákony robotiky", které představují soubor pravidel určující chování robotů, která formuloval Isaac Asimov ve svých literárních dílech. Původně v povídkách a později v románech. Tyto zákony jsou považovány za fundamentální principy pro vývoj a operaci robotů. S postupem času se staly inspirací, a byly interpretovány v mnoha různých dílech sci-fi literatury a nesčetně filmů, kde slouží jako etický a praktický kodex pro soužití mezi lidmi a roboty. (Akhmedov, 2022).

První zákon

"Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby bylo člověku ublíženo."

První zákon říká, že robot nesmí zranit člověka nebo svou nečinností dopustit, aby se člověk zranil. Tento zákon je základním principem robotiky, který zajišťuje, aby roboti upřednostňovali bezpečnost člověka. Roboti nesmějí člověku ublížit a musí podniknout příslušné kroky, aby člověka před újmou ochránili. Například pokud robot vidí člověka v nebezpečí, musí jednat tak, aby zabránil tomu, aby člověku vznikla škoda (Heaven, 2018; Warwick, 1999).

Druhý zákon

"Robot musí uposlechnout příkazy člověka, kromě případů, kdy jsou tyto příkazy v rozporu s prvním zákonem."

Druhý zákon říká, že robot musí poslouchat příkazy, které mu dává člověk, s výjimkou případů, kdy by tyto příkazy byly v rozporu s prvním zákonem. Z tohoto zákona vyplývá, že roboti musí plnit lidské příkazy, ale pouze v případě, že by tím neporušili první zákon. Tento zákon vyvažuje potřebu člověka k ovládní robotů a zároveň zajišťuje, aby roboti upřednostňovali bezpečnost člověka (Heaven, 2018; Warwick, 1999).

Třetí zákon

"Robot musí chránit sám sebe před poškozením, kromě případů, kdy je tato ochrana v rozporu s prvním, nebo druhým zákonem."

Třetí zákon říká, že robot musí chránit svou existenci, pokud tato ochrana není v rozporu s prvním nebo druhým zákonem. Z tohoto zákona vyplývá, že roboti musí podnikat kroky k ochraně sebe sama, ale pouze pokud tím neporušují první dva zákony. Tento zákon je pojistkou proti pokusům lidí deaktivovat nebo zničit roboty bez oprávněného důvodu (Heaven, 2018; Warwick, 1999).

2.2 Neuronové sítě

Neurotické systémy v robotice představují vzrušující hranici, kde se sblížuje umělá inteligence a neurobiologie. Cílem těchto systémů je replikovat určité aspekty lidského nervového systému a zlepšit tak funkčnost a přizpůsobivost robotů. Začleněním neurobiologických principů do konstrukce a řízení robotických systémů se výzkumníci snaží vytvořit stroje, které mohou inteligentněji a pružněji komunikovat se svým okolím.

Inspirací pro neurologické systémy je složitá a důmyslná struktura lidského nervového systému. Náš nervový systém, který je složený z miliard vzájemně propojených neuronů nám umožňuje zpracovávat smyslové informace, rozhodovat se, učit se ze zkušeností a přizpůsobovat se měnícím se okolnostem. Napodobením těchto nervových mechanismů mohou robotické systémy potenciálně získat podobné schopnosti.

Jednou z klíčových oblastí, na kterou se neurotické systémy zaměřují, je vývoj umělých neuronových sítí (ANN). ANN jsou výpočetní modely inspirované strukturou a funkcí biologického mozku. Skládají se ze vzájemně propojených uzlů neboli "umělých neuronů", které zpracovávají a předávají informace. Trénováním ANN na velkých souborech dat se mohou roboti učit vzory, rozpoznávat objekty, provádět předpovědi a plnit složité úkoly.

Neurotické systémy také zkoumají pojmy jako samoorganizace a plasticita. Samoorganizace se týká schopnosti robotického systému organizovat a přizpůsobovat své chování bez explicitního programování. Umožňuje robotům učit se a zlepšovat svůj výkon v průběhu času prostřednictvím interakcí s prostředím. Plasticita naproti tomu označuje schopnost systému rekonfigurovat svá spojení a přizpůsobit své chování v reakci na nové informace nebo měnící se podmínky (Paetzel-Prüsmann et al., 2021).

Jedním z hlavních cílů neurotických systémů je umožnit robotům pracovat v dynamickém a nejistém prostředí. Využitím principů neurobiologie mohou roboti vykazovat chování, které je robustnější, flexibilnější a citlivější. Mohou vnímat a interpretovat své okolí, učit se ze svých zkušeností a podle toho upravovat své činnosti.

Aplikace neurotických systémů v robotice jsou rozmanité a slibné. Mohou být využity v autonomních vozidlech ke zlepšení vnímání a rozhodování. Ve výrobním sektoru k optimalizaci výrobních procesů, ve zdravotnictví k pomoci při péči o pacienty a při pátracích a záchranných operacích k navigaci ve složitém prostředí. Neurotické systémy mají potenciál způsobit revoluci v různých průmyslových odvětvích tím, že umožní robotům fungovat inteligentněji a nezávisleji.

Je však důležité poznamenat, že neurotické systémy jsou stále oblastí aktivního výzkumu a stojí před námi značné výzvy. Napodobit složitost lidského nervového systému

v robotické platformě je ohromný úkol. Kromě toho je třeba řešit etické otázky, jako je zajištění odpovědného používání robotů poháněných umělou inteligencí.

Závěrem lze říci, že neurotické systémy představují vzrušující a slibný přístup v robotice. Inspirací lidským nervovým systémem se výzkumníci snaží vytvořit roboty, kteří se dokážou přizpůsobit, učit se a inteligentněji a sofistikovaněji komunikovat se svým okolím. S neustálým pokrokem v této oblasti můžeme očekávat stále schopnější a autonomnější robotické systémy, které mají potenciál způsobit revoluci v různých průmyslových odvětvích a ovlivnit náš každodenní život. (Akhmedov, 2022; Paetzel-Prüsmann et al., 2021)

2.3 Strojové učení

Strojové učení robotů spojuje obory robotiky a strojového učení a vytváří symbiotický vztah, v němž se roboti nejen programují, ale také se učí na základě svých zkušeností. Lze si robota představit jako studenta v rozsáhlé škole reálného světa, kde každá interakce a pozorování slouží jako lekce. Postupně se zdokonalují jeho dovednosti a porozumění.

Jádrem této cesty učení je učení pod dohledem, které se podobá řízenému výukovému programu, v němž se robotovi ukazují příklady toho, co má dělat, a učí se spojovat konkrétní vstupy s požadovanými výstupy. Tato metoda se osvědčuje v úlohách, jako je rozpoznávání objektů, kdy se robot podobně jako dítě, které se učí rozlišovat různé druhy ovoce, učí identifikovat objekty tak, že se mu ukazují obrázky a pojmenovávají se (Sotirov, 2023).

Naproti tomu učení bez dohledu připomíná spíše průzkumnou hru, kdy robot prochází data bez výslovných pokynů a sám odhaluje vzory. Tato metoda je klíčová pro roboty, kteří mají za úkol dávat smysl neoznačeným, komplexním datům, a je odrazem detektiva, který skládá dohromady stopy, aby si vytvořil celkový obraz.

Učení posilováním pak zavádí systém odměn a trestů, který vede robota procesem pokusů a omylů. Tato metoda je obzvláště účinná u úkolů vyžadujících sled akcí, které připomínají učení domácích mazlíčků trikům pomocí pamlsků a jemného odrazování za chybné kroky.

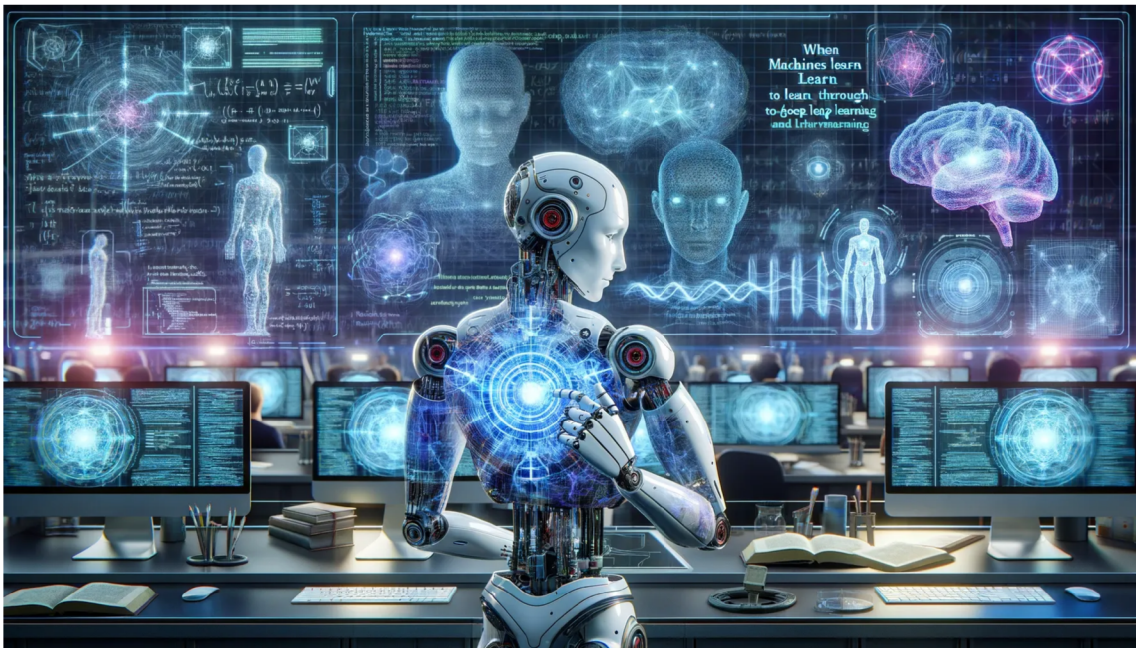
Hluboké učení, jehož neuronové sítě odrážejí složitost lidského mozku, umožňuje robotům zpracovávat a interpretovat obrovské množství dat. Tato technika umožňuje robotům zpracovávat vizuální a smyslová data v nuancích, podobných jako když umělec interpretuje jemné tahy obrazu (Sotirov, 2023).

Robotické simulace nabízejí tak zvané bezpečné pískoviště pro zdokonalování dovedností robotů, virtuální hřiště, kde chyby nemají reálné následky, což umožňuje rychlé učení a experimentování.

Na druhou stranu transferové učení umožňuje robotovi aplikovat znalosti z jednoho úkolu na jiný, podobně jako polyhistor využívá zkušenosti v jedné oblasti k rychlému pochopení konceptů v jiné. Tento přístup je neocenitelný v robotice, kde robot vycvičený v jednom prostředí může přizpůsobit své naučené dovednosti novému, ale příbuznému prostředí, aniž by musel začínat od nuly (Nutonen et al., 2023).

Strojové učení navíc zlepšuje interakci mezi člověkem a robotem a umožňuje robotům porozumět lidským gestům, řeči a chování a reagovat na ně. Tento aspekt je zásadní pro kolaborativní roboty, kteří pracují společně s lidmi, a zajišťuje tak bezproblémovou začlenění do našeho každodenního života, na pracovištích a v systémech péče.

Strojové učení robotů je nakonec o vytváření strojů, které se učí a přizpůsobují s podobnou flexibilitou jako člověk, což slibuje pokrok v oblasti průmyslové automatizace,



Obrázek 2.1: *Strojové učení robotů (Sotirov, 2023)*

zdravotnictví, průzkumu a dalších oblastech. Tato cesta robotické evoluce není jen o zefektivnění strojů, ale také o uvolnění nových možností, které nově definují naši interakci s technologií (Chen et al., 2023; Deng et al., 2024; Nahavandi et al., 2024; ?).

2.4 Logické příklady vs. robotické zákony

Logika a zákony robotiky jsou dva odlišné pojmy, ačkoli v kontextu umělé inteligence a robotiky mohou spolu souviset. Vysvětleny jsou oba pojmy zvlášť:

Logika: označuje principy a pravidla, kterými se řídí uvažování a vyvozování. Zabývá se správným a souvislým tokem myšlenek a argumentů. V oblasti umělé inteligence hraje logika klíčovou roli při navrhování algoritmů a systémů, které dokáží uvažovat, rozhodovat se a řešit problémy. Logika poskytuje rámec pro formalizaci procesů uvažování prostřednictvím formálních jazyků, jako je výroková logika, predikátová logika a logika vyššího řádu. Tyto jazyky umožňují reprezentaci a manipulaci s informacemi a odvozování závěrů na základě definovaných pravidel. V systémech umělé inteligence lze logiku využít pro úlohy, jako je logická dedukce, reprezentace znalostí, plánování a rozhodování (An et al., 2023; Kumar et al., 2023; Verginis et al., 2024).

Zákony robotiky: jsou souborem zásad nebo pokynů, které ve svých příbězích zpopularizoval autor science fiction Isaac Asimov. Přestože jsou fiktivní, ovlivnily vývoj etických rámců v oblasti robotiky.

Tyto zákony byly zavedeny jako vyprávěcí prostředek pro zkoumání interakce mezi lidmi a inteligentními stroji. Při zapojení robotů je důležité, aby se zajistila bezpečnost a pohoda lidí.

Je důležité si uvědomit, že zákony robotiky nevycházejí z formální logiky, ale spíše z etických úvah a potenciálních rizik a přínosů pokročilé robotiky a systémů umělé in-

teligence. Slouží jako výchozí bod pro diskusi a vypracování etických pokynů pro návrh a nasazení autonomních systémů (Kumar et al., 2023; Verginis et al., 2024).

Lze shrnout, že logika poskytuje základ pro uvažování a odvozování v systémech UI (User Interface - uživatelské rozhraní), zatímco zákony robotiky jsou fiktivním konstruktem, který ovlivnil diskuse o etických úvahách při vývoji, používání robotů a uživatelské rozhraní (An et al., 2023; Kumar et al., 2023; Verginis et al., 2024).



Obrázek 2.2: *Robot (Zhadan, 2022)*

3 Využití autonomních vozidel v dopravě

Autonomní vozidla představují neobyčejně revoluční změnu v oblasti dopravy. S potenciálem ovlivnit nespočet aspektů našich životů a společnosti jako celku. Tato inovace znamená, že vozidla jsou schopna samostatně operovat, navigovat a reagovat na okolní prostředí bez lidského zásahu. Tato technologická transformace nabízí řadu nových možností, které byly dříve téměř nemožné. Zde jsou některé z hlavních způsobů, jak mohou autonomní vozidla nalézt široké uplatnění v oblasti dopravy (Pigeon et al., 2021).

- **Zlepšení bezpečnosti:** Autonomní vozidla mohou být schopna rychle a přesně reagovat na okolní situace a snižovat lidské chyby, které jsou často příčinou dopravních nehod (Prasetio a Nurliyana, 2023).
- **Doprava osob:** Autonomní taxi nebo sdílené služby mohou umožnit lidem pohodlnější a efektivnější způsob cestování. Řidiči by se mohli věnovat jiným činnostem, zatímco se vozidlo řídí samo (Dai et al., 2023; Hamadneh a Esztergár-Kiss, 2023; Poinson et al., 2022).
- **Doprava zboží:** Autonomní kamiony a dodávky by mohly zvýšit efektivitu a spolehlivost dodávkových řetězců. Mohly by být schopni provádět přepravu zboží v nočních hodinách nebo na méně rušných silnicích (Monios a Bergqvist, 2019).
- **Veřejná doprava:** Autonomní autobusy mohou zlepšit dostupnost veřejné dopravy, zvláště ve městech s nízkou hustotou obyvatelstva provozu, kde provozování běžných autobusových linek může být nákladné (Dai et al., 2023; Poinson et al., 2022).
- **Ridesharing a carsharing:** Lidé by mohli sdílet autonomní vozidla namísto vlastnictví osobních automobilů. To by mohlo snížit dopravní zácpy, poptávku po parkovacích místech a emise skleníkových plynů (Merfeld et al., 2019).
- **Doprava osob se zdravotním omezením:** Autonomní vozidla mohou umožnit lidem se zdravotním postižením nebo omezenou schopností řídit cestovat s větší nezávislostí (Hamadneh a Esztergár-Kiss, 2023; Ranjbar et al., 2022; Đorđe Petrović et al., 2022).
- **Zlepšení provozu:** Autonomní vozidla mohou komunikovat mezi sebou i s infrastrukturou, což by mohlo vést k celkovému plynulému provozu, minimalizaci dopravních zácp a optimalizaci toku vozidel (Sun a Wong, 2023).



Obrázek 3.1: Autonomní vozidlo (IEEE.org, 2023)

- **Průmyslové využití:** Autonomní vozidla mohou být nasazena v průmyslových prostředích, například v dolech, továrnách nebo skladištích, kde by mohla provádět autonomní manipulaci se zbožím nebo materiály (Alvarez León a Aoyama, 2022; Monios a Bergqvist, 2019).
- **Pozemní doprava na delší vzdálenosti:** Autonomní vozidla by mohla změnit způsob, jakým cestujeme na delší vzdálenosti, jako jsou dálkové cesty mezi městy. Nejčastěji se v tomto směru objevuje autonomní železniční doprava (Alvarez León a Aoyama, 2022; Poinson et al., 2022; Shan et al., 2021).
- **Ekologický faktor:** Ekologický faktor v autonomní dopravě sehraává významnou roli. Autonomní vozidla mohou snižovat spotřebu paliva díky plynulé jízdě a efektivnímu plánování tras. Sdílené autonomní služby a koordinace mezi vozidly mohou snížit počet vozidel na silnicích a tímto optimalizovat celkovou dopravu. Kombinace autonomie s elektrickým pohonem může omezit emise skleníkových plynů. Celkově lze očekávat pozitivní dopad autonomní dopravy na životní prostředí. Je třeba zohlednit aspekty výroby, zlepšení infrastruktury a ekologický design provozu (Ercan et al., 2022; Igliński a Babiak, 2017).

Vize budoucnosti

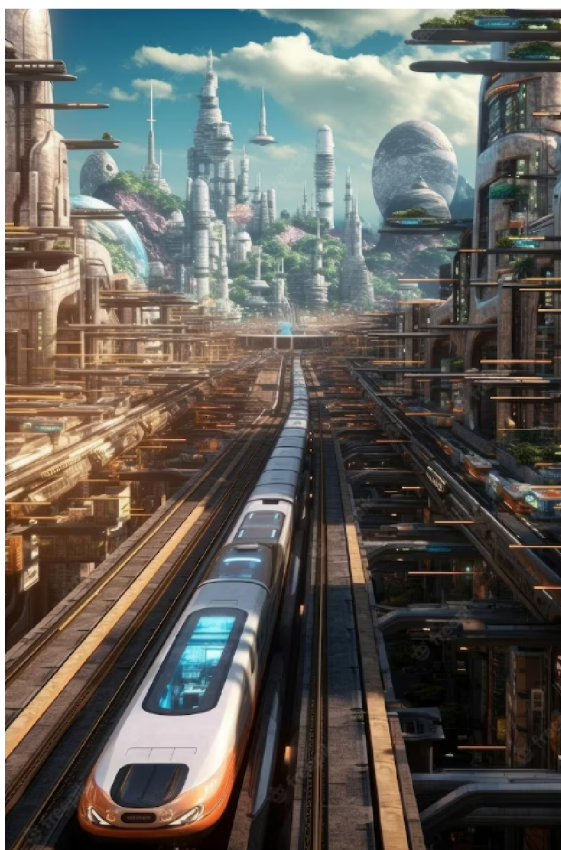
Oblast autonomní dopravy se zdá být velice nadějná a plná nových možností. Zde jsou některé z klíčových vývojových směrů, které by mohly formovat budoucnost autonomní dopravy.

Plně autonomní vozidla mají za cíl vytvořit vozidla schopná provozu bez lidského zásahu ve všech situacích. Včetně komplexních městských prostředí a extrémních povětrnostních podmínek. Integrace autonomních vozidel do dopravní infrastruktury je dalším klíčovým směrem. Vozidla by komunikovala s dopravními značkami, semaforey, parkovacími systémy a dalšími prvky infrastruktury, což by vedlo k plynulejšímu provozu a minimalizaci zácpy.

Víceúčelová vozidla jsou konceptem, který by mohl přinést revoluci v dopravě. Autonomní vozidla by mohla být navržena tak, aby nejen dopravovala lidi, ale mohla sloužit i jako pracovní, obchodní prostory nebo mobilní zázemí. Doprava na vyžádání, zahrnující autonomní taxi a carsharing, by mohla zpřístupnit efektivní způsob dopravy, kdy lidé mohou využívat autonomní vozidla na vyžádání (Chen, 2012; Hossain a Fatmi, 2022; Ikome et al., 2022).

Kombinace autonomie s elektromobilitou by mohla přinést zásadní změny v dopravě. Elektrická autonomní vozidla by nejen snižovala emise, ale mohla by také znamenat průlom v udržitelné dopravě. Bezpečnost a právní aspekty jsou klíčové pro úspěšné zavedení autonomních vozidel. Vývoj v oblasti softwaru a sensoriky je nezbytný pro zajištění bezpečnosti vozidel. Zároveň bude nutné upravit právní rámce a normy, aby bylo možné širší zavedení těchto vozidel.

Spolupráce mezi autonomními vozidly je dalším důležitým směrem. Vozidla by měla komunikovat mezi sebou, sdílet si informace o provozu a koordinovat své pohyby, což by vedlo k ještě plynulejšímu a bezpečnějšímu provozu. Autonomní doprava by mohla také ovlivnit způsob, jakým jsou navrhována města s ohledem na současnou dopravní infrastrukturu. Snížená potřeba parkovacích ploch a změny v dopravní infrastruktuře by mohly vést k vytváření nových veřejných prostor a zelených zón (Chen, 2012; Ikome et al., 2022; Piepoli et al., 2024; Tyagi a Aswathy, 2021).



Obrázek 3.2: *Vize autonomní budoucnosti (Freepik.com, 2023)*

Vývoj autonomní dopravy by mohl posunout i způsob, jakým cestujeme na delší vzdálenosti. Tím změnit celkovou dálkovou dopravu. Umožňující cestování na větší vzdálenosti bez nutnosti soustavného řízení. Zároveň by mohla ovlivnit ekonomiku a pracovní trh. Automatizace dopravy by mohla zvýšit efektivitu dopravy a měla by také pozitivní dopad na některá průmyslová odvětví.

Úspěšné zavedení autonomní dopravy však bude záviset na společenské akceptaci a důvěře veřejnosti v tuto novou technologii (Bezai et al., 2021; Hossain a Fatmi, 2022; Kassens-Noor et al., 2020; Mahmoud et al., 2022; Tyagi a Aswathy, 2021).

4 Moderní zemědělství

4.1 Zemědělství 4.0

Digitalizace zemědělství:

Je trend, který spojuje tradiční zemědělské postupy s moderními technologiemi a digitálními nástroji. Tento přístup se zaměřuje na využití informačních technologií pro získávání, zpracování a analýzu dat z různých zemědělských operací s cílem zvýšit produktivitu, efektivitu a udržitelnost zemědělského průmyslu (da Silveira et al., 2023; Maffezzoli et al., 2022; Vladislav, 2019).

- **Automatizace pracovních procesů:** Farmáři mohou využívat automatizované stroje a zařízení, které provádějí různé úkoly, jako je setí, sklizeň, a dokonce i péče o zvířata. Tyto stroje jsou často řízeny senzory a programovatelnými systémy, které umožňují precizní provedení úkolů bez lidského dohledu.
- **Drony a satelitní technologie:** jsou využívány k monitorování polí, zvířat a plodin. Drony mohou sbírat data z ptačí perspektivy, což umožňuje rychlé zjištění problémů, jako jsou škůdci, nemoci nebo nedostatek vody. Satelity mohou poskytovat širokospektrální snímky, které umožňují sledovat změny na větších plochách (Trappey et al., 2023).
- **Geografické informační systémy (GIS):** jsou nástroje, které umožňují zobrazovat, analyzovat a interpretovat geografická data. V zemědělství se používají pro plánování výsadby, sledování růstu plodin a optimalizaci využití půdy na základě geografických a klimatických faktorů (Press, 2008).
- **Správa zásob a skladování:** Moderní technologie umožňují farmářům sledovat zásoby plodin a zvířat v reálném čase. To pomáhá minimalizovat plýtvání, zajišťuje dostatečnou dostupnost výrobků a zlepšuje plánování distribuce (WinFAS, 2023).
- **Mobilní aplikace a senzory:** Mobilní aplikace mohou farmářům poskytovat rychlý přístup k informacím o počasí, půdních podmínkách, nápadech na správu plodin a dalším důležitým faktorům. Senzory na polích a ve stájích mohou monitorovat různé parametry jako teplotu, vlhkost či pH půdy nebo chování zvířat (Windy.com, 2023).
- **Cloudové služby a big data analýza:** Farmáři mohou využívat cloudové platformy pro ukládání a sdílení dat. Velká množství dat, která jsou generována z různých senzorů a zařízení, mohou být analyzována pomocí technik big data a strojového

učení, což vede k lepšímu porozumění vzorům a možným vylepšením v různých aspektech zemědělské činnosti (Frackiewicz, 2023).

IoT v zemědělství

Internet věcí (IoT) je koncept, který zahrnuje propojení fyzických zařízení a předmětů s internetem. Což umožňuje sběr a výměnu dat mezi těmito zařízeními. V zemědělství má využití IoT potenciál radikálně změnit způsob, jakým farmáři monitorují a řídí své operace (Piramuthu, 2022).

- **Senzory pro monitorování:** Na polích i ve stájích lze umístit různé senzory, které měří různé parametry, jako je teplota, vlhkost, osvětlení, kvalita půdy a vzduchu a další. Tyto senzory mohou být propojeny s internetem a umožňovat farmářům sledovat stav svých plodin a zvířat v reálném čase (Lynda et al., 2023; Piramuthu, 2022).
- **Automatická regulace:** Na základě získaných dat ze senzorů mohou být nastaveny automatizované systémy pro řízení prostředí. Například se může automaticky aktivovat zavlažování, větrání nebo zahřívání v závislosti na aktuálních podmínkách (Piramuthu, 2022).
- **Predictive Analytics:** Data získaná z IoT zařízení umožňují vytvářet modely a algoritmy pro predikci budoucího vývoje plodin, například na základě historických dat a aktuálních trendů v počasí. To může pomoci farmářům přijímat informovaná rozhodnutí a minimalizovat rizika (Piramuthu, 2022).
- **Včasně varování:** IoT senzory mohou sledovat známky problémů, jako jsou choroby nebo škůdci, a automaticky upozornit farmáře. Tím je umožněno rychlé reakce a minimalizace škodlivých dopadů na plodiny (Piramuthu, 2022).
- **Trasování a sledování:** Zahrnuje sledování polohy zvířat na pastvinách, sledování nákladů a skladování plodin během dodávky a distribuce. Tato problematika umožňuje lepší řízení zásob a optimalizaci procesů (Piramuthu, 2022).
- **Rozšířená realita (AR) a virtuální realita (VR):** Technologie AR a VR mohou být využity k výcviku pracovníků a zlepšení jejich dovedností. Například farmáři mohou pomocí AR brýlí dostávat v reálném čase informace o plodinách a technologiích při práci na poli (Piramuthu, 2022).

Prediktivní analýza

Predictive Analytics, neboli prediktivní analýza, je proces využívání historických dat a moderních technik analýzy dat k predikci budoucích událostí, trendů a chování. V kontextu zemědělství a využití IoT může mít Predictive Analytics mnoho výhod:

- **Modelování růstu a sklizně:** Na základě dat o půdě, počasí, zalévání a dalších proměnných může být vytvořen matematický model růstu plodin. Tento model pak umožňuje odhadnout, kdy bude optimální doba pro sklizeň a jaká bude očekávaná úrodnost (Sabu a Kumar, 2020).

- **Předpovídání chorob a škůdců:** Analýza dat z různých senzorů může identifikovat vzory spojené s výskytem chorob a škůdců. Na základě těchto vzorů lze vytvořit modely. Mohou předpovídat, kdy se určitá choroba objeví a umožní tak rychlé zásahy pro prevenci (Bagheri et al., 2023).
- **Optimalizace hnojení a ochrany rostlin:** Na základě historických dat o hnojení, výskytu škůdců a růstu plodin může prediktivní analýza navrhnout optimální plán hnojení a aplikaci pesticidů. To zvyšuje účinnost a zároveň snižuje negativní vliv na životní prostředí (Babos et al., 2024).
- **Přizpůsobení na základě počasí:** Prediktivní modely mohou zahrnovat meteorologická data a předpovědi počasí. Na základě těchto informací může zemědělec upravit plán zavlažování, sklizně a dalších aktivit, aby byla jeho práce co nejefektivnější a tím mohl minimalizovat ztráty (Jaber et al., 2022).

Včasné varování

Jedním z klíčových aspektů využití Internetu věcí (IoT) v zemědělství je schopnost poskytovat včasné varování ohledně potenciálních problémů a hrozeb. Díky nasazení senzorů a zařízení schopných monitorovat různé parametry mohou farmáři získat rychlý a spolehlivý přehled o stavu svých plodin, zvířat a prostředí (Piramuthu, 2022).

- **Škůdci a choroby:** Senzory mohou detekovat změny v chování plodin a zvířat, které mohou signalizovat přítomnost škůdců nebo chorob. Rychlá detekce těchto problémů umožňuje farmářům rychle zasáhnout a minimalizovat škody (Luo et al., 2024; Rudrakar a Rughani, 2023).
- **Kvalita půdy a vody:** Senzory mohou měřit různé parametry půdy. Jako je například pH, obsah živin a vlhkosti, kvalitu vody, která se používá pro zavlažování. Pokud jsou tyto hodnoty mimo optimální rozmezí, systém může upozornit farmáře na potenciální problémy (Luo et al., 2024; Rudrakar a Rughani, 2023).
- **Počasí a klimatické podmínky:** Monitorování meteorologických dat a klimatických podmínek může poskytnout zemědělcům informace o potenciálních extrémních událostech, jako jsou předpovědi silných bouřek nebo mrazů. Tím umožní přijmout opatření na ochranu plodin (Luo et al., 2024; Rudrakar a Rughani, 2023).
- **Monitorování zvířat:** IoT senzory mohou být také nasazeny na stádech zvířat. Farmáři mohou sledovat pohyb zvířat, jejich tělesnou teplotu a chování. To umožňuje identifikovat nemocné (Lynda et al., 2023; Rudrakar a Rughani, 2023).

Monitorování a sledování

Využití Internetu věcí (IoT) v zemědělství umožňuje zemědělcům detailní sledování a monitorování různých aspektů zemědělského provozu. Tato funkce přináší mnoho výhod, které zvyšují efektivitu, bezpečnost a udržitelnost.

- **Polohové sledování:** Využitím GPS technologie mohou farmáři monitorovat polohu svých strojů, vozidel a zvířat. To umožňuje lepší plánování a koordinaci pracovních operací (Luo et al., 2024; Rudrakar a Rughani, 2023).

- **Sledování zásob a skladování:** IoT senzory mohou být nasazeny ve skladech a chladiárnách, aby monitorovaly teplotu, vlhkost a stav zásob. Farmáři tak snadno mohou kontrolovat kvalitu či trvanlivost jednotlivých produktů (Luo et al., 2024; Lynda et al., 2023).
- **Kvalita produktů:** Senzory mohou sledovat kvalitu plodin a živočišných produktů. Například mohou měřit zralost ovoce a zeleniny, což pomáhá stanovit optimální dobu pro sklizeň (Luo et al., 2024; Lynda et al., 2023).
- **Efektivita strojů:** IoT senzory mohou také sledovat provozní stav zemědělských strojů, jako jsou traktory a kombajny. To umožňuje zachytit problémy a potenciální poruchy dříve, než by mohly způsobit vážné škody v provozu (Luo et al., 2024; Rudrakar a Rughani, 2023).

Rozšířená realita (AR) a virtuální realita (VR)

Využití rozšířené reality (AR) a virtuální reality (VR) nabízí zemědělcům inovativní způsob, jak zlepšit své dovednosti, plánovat a provádět zemědělské operace a získávat rychlé a interaktivní informace (Machała et al., 2022; Martina, 2019).

- **Virtuální prohlídky polí a farem:** Díky VR mohou farmáři virtuálně prohlédnout svá pole a farmy, což umožňuje lepší plánování a strategické rozhodování.
- **Výcvik a instruktáž:** AR a VR mohou sloužit k lepšímu výcviku pracovníků. Farmáři mohou trénovat své zaměstnance v bezpečném a simulovaném prostředí pro různé úkoly, od obsluhy strojů až po správu zvířat.
- **Nápady pro design plodin:** AR umožňuje farmářům vizualizovat růst plodin v reálném prostoru. To může být užitečné při rozhodování o optimální výsadbě a rozložení plodin.
- **Diagnostika a opravy:** AR může poskytovat farmářům průvodce diagnostikou a opravami strojů. Pomocí AR brýlí mohou pracovníci získávat návody krok za krokem, což usnadňuje údržbu a opravy (Eswaran et al., 2023).

Sdílení dat a spolupráce

Využití Internetu věcí (IoT) v zemědělství umožňuje farmářům efektivněji sdílet data a spolupracovat s různými partnery a odborníky. Tato spolupráce může zlepšit celkovou produktivitu a inovace v zemědělském odvětví (Piramuthu, 2022; Wang et al., 2023; WinFAS, 2023).

- **Sdílení dat o půdě a plodinách:** Farmáři mohou sdílet data o kvalitě půdy, použitých hnojivech, postřicích a výnosech s agronomickými poradci a výzkumníky. To umožňuje přesnější doporučení pro zlepšení způsobů pěstování (WinFAS, 2023).

- **Tržní analýzy:** Sdílení dat o sklizni, cenách a poptávce může pomoci farmářům a distributorům lépe porozumět trhu a provádět správná strategická rozhodnutí ohledně budoucího prodeje a distribuce (WinFAS, 2023).
- **Spolupráce mezi farmáři:** Farmáři mohou sdílet své zkušenosti a úspěšné postupy s ostatními zemědělci, což vede ke vzniku lokálních znalostních sítí.
- **Sdílení s vývojáři technologií:** Farmáři mohou sdílet svá data s vývojáři technologií, kteří mohou vytvářet nové aplikace a nástroje založené na reálných potřebách a problémech zemědělců (Wang et al., 2023).

5 Cíle a metodika práce

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit a sestavit funkční model autonomního vozidla, které bude schopno se svévolně pohybovat v daném prostoru a následně sbírat potřebná data o teplotě, vlhkosti a barometrickém tlaku v dané místnosti. Data budou promítnuta na OLED displej, který bude umístěn na těle vozidla vedle indikátoru kapacity baterie. Který bude umístěn pro lepší povědomí o stavu baterie. Veškeré části modelu budou vytvořeny v CAD programu a následně vytisknuty z adekvátního materiálu na 3D tiskárně. Cílem poslední části bylo samotné sestavení a zapojení elektronické části a uvedení vozidla do funkčního stavu.

5.1 Metodika

Předlohou 3D modelu budou reálná vozidla, ze kterých bude inspirován vzhled. Jelikož vozidlo bude zcela atypické, nebude možné k němu získat potřebnou dokumentaci, a proto bude zapotřebí si rozměry a hodnoty přizpůsobit tak, aby bylo možné vozidlo zhotovit. S ohledem na získané informace tykající se obecného konsenzu autonomních vozidel, bude reálně možné vozidlo vymodelovat, vytisknout a následně sestavit.

Dalším krokem bude využití adekvátního postupu modelování dílů. Jelikož model vozidla bude disponovat mnoha díly, bude zapotřebí klást velký důraz na přesnost. Vymodelované díly budou spojovány vazbami a po "zavazbení" všech dílů vznikne celková sestava.

K zprovoznění vozidla bude nutné zvolit adekvátní pohonnou jednotku a také systém, kterým bude vozidlo ovládáno. Rovněž bude nutné vybrat vhodné snímače a senzory, které dopomohou vozidlu k jeho autonomii a zároveň nebudou natolik složité k instalaci.

K vyhotovení celkového modelu bude nutné vozidlo vymodelovat v CAD programu a následně zvolit vhodný materiál a adekvátní 3D tiskárnu. K dispozici jsou dvě tiskárny: Creality Ender 3 Pro a Prusa MK4. Pro tyto účely a potřeby bude vhodnější primárně využívat tiskárnu od výrobce Prusa, jelikož disponuje přesnějším a daleko rychlejším tiskem. Vhodný materiál bude vybrán na základě nabytých zkušeností v oblasti 3D tisku spolu s ohledem na potřeby daného dílu.

6 Vlastní práce

6.1 Návrh modelu

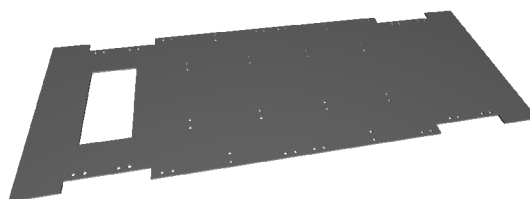
Původní design vozidla byl upraven z menších rozměrů na větší kvůli potřebě zakomponovat klíčové komponenty jako motor, řídicí jednotku a akumulátor, což ulehčilo manipulaci s elektroinstalací a zlepšilo přístupnost při následné manipulaci.

Při návrhu jednotlivých dílů vozidla bylo postupováno krok za krokem s pečlivostí zaměřenou na detaily, které zajišťují, že každý komponent je optimalizován pro výrobu pomocí 3D tisku. Tento přístup mi umožnil využít flexibilitu a rychlost, kterou 3D tisk nabízí, přičemž jsem mohl experimentovat s různými materiály a tiskovými technikami, abych našel nejlepší kombinaci pro každou část. Zároveň jsem se soustředil na to, aby tyto díly, až budou spojeny dohromady, tvořily robustní strukturu, která odolá běžnému opotřebení a zároveň zachovávala estetickou stránku, která odráží můj původní designový záměr.

Klíčovým aspektem bylo zajištění, že výsledný model nejen splňuje funkční požadavky, ale také estetické představy. To znamenalo, že bylo zapotřebí pečlivě zvážit vzhled každého tisknutého dílu, jak budou jednotlivé komponenty vizuálně korespondovat a harmonizovat do celkového vzhledu vozidla. Tento proces zahrnoval iterativní fáze návrhu a testování, při kterém byla potřeba upravovat geometrii dílů, testoval různé povrchové úpravy a zkoumal, jak materiálové vlastnosti ovlivňují jak pevnost, tak i estetiku finálního produktu. Výsledkem bylo vozidlo, které nejen vykazuje vysokou úroveň technické odolnosti, ale také přesně odpovídá mé vizuální koncepci, kombinující funkčnost s designem.

Středový rám

Byl složen z několika dílů, které byly spojeny kolíky. Kvůli lepšímu držení a větší pevnosti byl na spodek vozidla namontoval plechový rám. K vyztužení byl použit nerezový plech o šířce 1mm. K tištěnému středu byl plech připevněn za pomoci šroubů M3x10.

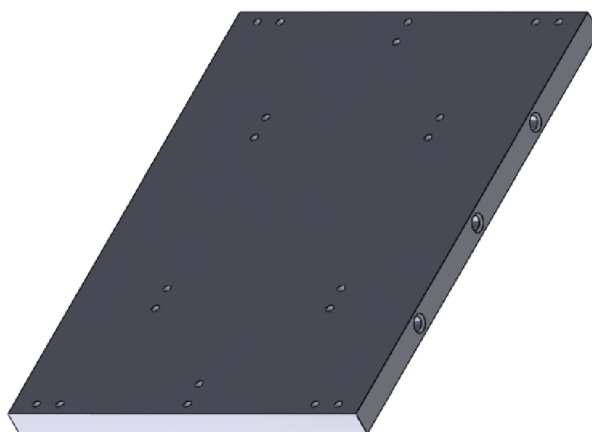


Obrázek 6.1: Nerezový plech

Středový díl

Byla vytvořena skica o rozměrech 200 mm na 150 mm. Tento obdélník byl za pomoci funkce "vysunout" vysunut o 10 mm. Do boku na dlouhé straně byly vytvořeny tři otvory na kolíky a velikosti 5 mm. Hlavní otvor byl umístěn na středovou osu. Na pravou a levou stranu od středové osy byly umístěny zbylé dva otvory s roztečí 50 mm od středové osy. Tyto otvory byly pomocí funkce "odebrat vysunutím" prohloubeny o 20 mm. Vstupní hrany byly kvůli lepšímu zasunutí kolíku zkosil o $1 \times 45^\circ$. Funkcí "zrcadlení" byly tyto otvory vytvořeny i z druhé strany dílu. V poslední fázi byly vytvořeny otvory pro šrouby. Otvory o velikosti 2,5 mm byly vytvořeny ve vzdálenosti 5 mm od okraje dílu.

Středový díl bylo zapotřebí použít dvakrát vzhledem k plánované velikosti vozidla. Za pomoci tří kolíků o průměru 5 mm, které byly naklepny kladivem do připravených otvorů. Následně byl naklepnut i druhý kus a tím tyto dva díly spojeny.



Obrázek 6.2: *Středový díl*

Přední a zadní uložení náprav

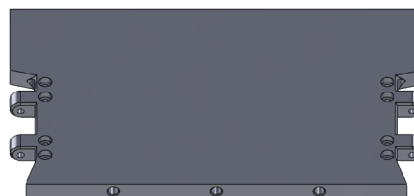
Díl vychází ze středového dílu s tím, že model podstoupil pár drobných úprav. Středovou linií prochází obdélník o rozměrech 100 mm krát 50 mm se středem ve vzdálenosti 45 mm od hrany dílu. Obdélník bude později sloužit pro nalisování držáku motorů k pohonu hnačích hřídelí. Na pohledové straně modelu byly stejným způsobem jako u středového dílu vytvořeny tři otvory pro kolíky o průměru 5 mm. Ve středové ose v jaké byl použit střed obdélníku tedy ve vzdálenosti 45 mm od okraje byla vytvořena osa. Na ose byly vytvořeny dva obdélníky, které představují uložení pro ramena náprav. Tyto obdélníky byly o rozměrech 12 mm na 10 mm. Rozteč mezi osou a uložení nápravy bylo 15 mm. Následně byla použita funkce "zrcadlení", kterou bylo vytvořeno uložení náprav i z druhé roviny dílu. Po použití funkce "vysunout" o 10 mm byly v uložení vytvořeny otvory o průměru 3 mm ve

středu dílu a ve vzdálenosti od 6 mm od těla. Tyto otvory slouží pro zajištění ramen prostřednictvím šroubu M3x45, který byl na konci zajištěn pojistnou maticí M3, aby nedošlo k uvolnění šroubu. Uložení bylo prostřednictvím funkce "zaoblení" zaobleno v poloměru 5 mm zhora i zdola, aby tato funkce vytvořila na modelu oblouk a nedocházelo ke kolizi s dalšími díly. V poslední řadě byly zkoseny prostřednictvím funkce "zkosení" vnitřní hrany obdélníku o $1 \times 45^\circ$ a hrany otvorů pro kolíky stejnou hodnotou.

Model zadního uložení náprav je téměř totožný s předním uložením. Liší se pouze v detailu, že nedobasuje otvor ve tvaru obdélníku pro uložení držáku motorů.



Obrázek 6.3: Přední uložení náprav



Obrázek 6.4: Zadní uložení náprav

Přední spojovací díl

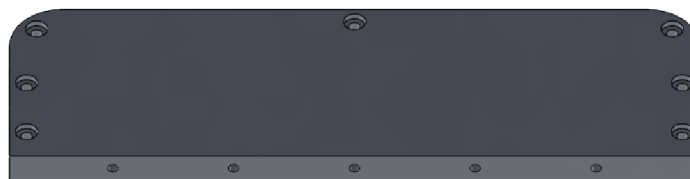
Ve skice na přední rovině byl vytvořen obdélník o rozměrech 200 mm na 35 mm. Tento obdélník byl prostřednictvím funkce "vysunout" vysunut o 10 mm. Dále bylo zapotřebí vytvořit otvory pro šrouby. Program disponuje funkcí "průvodce dírami", za pomoci této funkce byly vytvořeny otvory pro šroub M3 dle standardního rozměru ve vzdálenosti 7 mm od okraje na kratší části a na delší o 5 mm. Rozteč mezi otvory byla použita hodnota 10 mm. Za pomoci funkce "zrcadlit" byly přes středovou osu promítnuty otvory i na druhou stranu modelu. V poslední fázi bylo zapotřebí udělat otvory pro kolíky o průměru 3 mm. Otvor o průměru 3 mm byl vytvořen na středu dílu a středové osy. Otvor byl prostřednictvím funkce "lineární pole" promítnut na levou i pravou stranu. Rozteč mezi otvory byla 25 mm. Tímto úkonem bylo vytvořeno 7 otvorů. Funkce "odebrat vysunutím" prohloubila otvory o 15 mm do těla modelu, a tím se kolíky daly zapustit.



Obrázek 6.5: Přední spojovací díl

Zadní spojovací díl

Na přední rovině byla vytvořena skica na kterou byl umístěn obdélník o rozměrech 200 mm x 60 mm. Dva vrcholy byly pomocí funkce "zaoblení" zaobleny o poloměr R15. Skica byla prostřednictvím funkce "vysunout" vysunuta o 10 mm. V další fázi bylo zapotřebí udělat otvory pro kolíky o průměru 3 mm. Otvory o průměru 3 mm byly vytvořeny na středu dílu a středové osy. Otvor byl prostřednictvím funkce "lineární pole" promítnut na levou i pravou stranu. Rozteč mezi otvory byla 25 mm. Tímto úkonem bylo vytvořeno 7 otvorů. Funkce "odebrat vysunutím" prohloubila otvory o 15 mm do těla modelu, aby se kolíky daly zapustit.



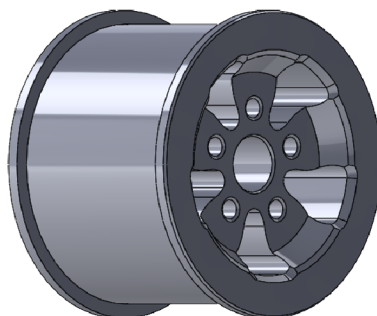
Obrázek 6.6: Zadní spojovací díl

Kompletace rámu

Veškeré potřebné díly byly spojeny díky kolíkům o průměru 5 mm a délce 30 mm. Na spojení Předního uložení náprav, dvou středových dílů a zadního uložení náprav bylo zapotřebí použití devíti kolíků. Pro připojení předního a zadního dílu byla potřeba vytisknout malé kolíky o průměru 3 mm a délce 30 mm. Tyto kolíky byly tisknuty z PLA materiálu a za použití kladiva nalisovány do dílů a následně připojeny ke zbytku. Jelikož jsou díly z plastu bylo zapotřebí celý rám vyztužit, aby nedocházelo k ohybu po instalaci dalších dílů. Onen problém vyřešil plechový rám vytvořený na CNC laseru. Plech byl spojen s plastovým rámem prostřednictvím šroubů typu M3x10 v počtu 36 kusů.

Disky kol

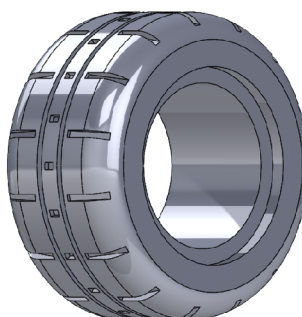
Na přední rovině byla vytvořena skica odpovídající vnitřnímu povrchu pneumatiky. Funkcí "rotovat" bylo vytvořeno tělo disku. Následně byl vytvořen otvor pro středový šroub. Následovaly šrouby pro upevnění kola na čep. V poslední fázi byly dodělány drobné kosmetické úpravy jako například zkosení hran.



Obrázek 6.7: Disk

Pneumatiky

Model pneumatik byl vytvořen tak, že byla nejprve navržnuta skica, která byla po sléze orotována kolem středové osy funkcí "Rotovat". Pomocí funkce "Řez" byl rozdělen model napůl a vytvořena nová skica, na které byl navržen vzorek pneumatik. Výsledný vzorek byl za pomoci funkce "Kruhové pole" promítnut v úhlu 24° po celém vnějším obvodu kola. Tímto krokem byl vytvořil vzorek pneumatiky. V poslední čisti bylo možné přejít k tisku.

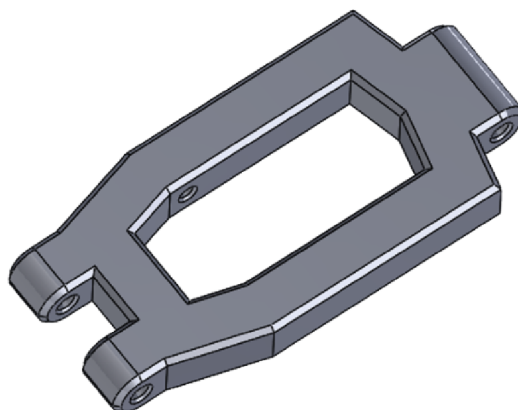


Obrázek 6.8: Pneumatika

Tlumiče a nápravy

Nápravy byly vytvořeny ve 2D skice. Model náprav vycházel z obdélníku, který byl v přední části zúžen. Prostřednictvím funkce "odebrat vysunutím" byly odebrány přebytečné prostory a tím mohl vyniknout výsledný tvar. Funkcí "přidat vysunutím" byl model převeden ze 2D skici do 3D prostoru. Prostřednictvím funkce "odebrat vysunutím" byly ve 2D skice navrhnuty otvory o průměru 2,7 mm a následně funkcí vyhotoveny ve 3D prostoru. Aby nedocházelo ke kolizím bylo nutné hrany zaoblit v rádiu 5 mm. Posledním krokem bylo zkosit veškeré vnější hrany o $1 \times 45^\circ$.

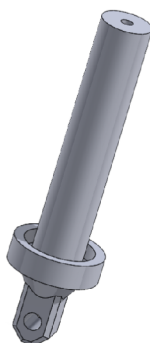
Tlumiče byly navrženy jednoduchým konstrukčním provedením, ale zároveň tak aby si zachovaly funkčnost. Odpružení vozidla se skládá ze třech hlavních částí: spodního dílu, vrchního dílu a korunky. Jedná se čistě o mechanické tlumiče fungující na principu zatlačování pružiny. Pružina byla vytvořena na zakázku se stlačnou silou 7 kg. Tlumiče jsou umístěny mezi nápravou a karosérií vozidla na přední i zadní nápravě.



Obrázek 6.9: Náprava

Spodní díl tlumičů

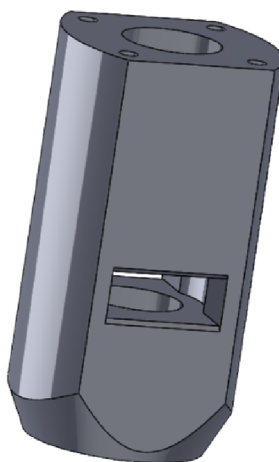
Nejprve byla vytvořena skica na přední rovině. Bylo nutné začít středovým vedením. Vnější kruh s průměrem 10 mm. Kruh byl následně za pomoci funkce "vysunutí" vysunut o 50 mm. Funkcí "průvodce dírami" byl vytvořen otvor ve středu kruhu pro šroub M3 s hloubkou 10 mm. Tento šroub bude následně sloužit k fixaci vrchního a spodního dílu prostřednictvím podložky (vnější průměr 10 mm a vnitřní průměr 3 mm), aby nedošlo k rozpojení těchto dílů. Na druhém konci středového vedení bylo vytvořeno uložení pro pružinu. V poslední řadě bylo zapotřebí vytvořit část pro upevnění k nápravě. S otvorem o průměru 3 mm pro průchod šroubu M3x30.



Obrázek 6.10: Spodní díl tlumičů

Vrchní díl tlumičů

Byl navržen na základě dvou předem definovaných parametrů. Prvním parametrem byl vnější průměr pružiny. Druhým parametrem byla hloubka středového vedení spodního dílu. Na základě těchto parametrů byla nejprve navržena skica na přední rovině. Díl byl započat obdélníkem o rozměrech 16 mm na 12,5 mm. Delší strana obdélníku byla z estetických a pevnostních důvodů obohacena oblouky o rádius 16,4 mm. Kvůli průchodnosti středového vedení bylo zapotřebí vytvořit vnitřní otvor jako vedení o průměru 10,5 mm. Aby mohlo dojít ke spojení spodního a horního dílu, bylo potřeba vytvořit uvnitř horního dílu kapsu pro podložku a šroub M3. Funkcí "vysunout" byly vysunuty vnější části skici o 30 mm. Díky tomuto kroku se uvnitř těla vytvořila komora. Jelikož bylo zapotřebí dostat podložku do vnitřní komory bylo nutné vytvořit otvor do těla. Tento otvor byl navržen obdélníkem o rozměrech 12,5 mm na 5 mm a prostřednictvím funkce "odebrat vysunutím" došlo k odebrání materiálu v oblasti skici na oba směry. Na vrcholu byly následně funkcí "průvodce dírami" vytvořeny čtyři otvory pro šroub M3 s průměrem 2,5 mm a hloubkou 10 mm. Na spodní části bylo vytvořeno vedení pro spodní díl. Vnitřní průměr otvoru byl 10,5 mm a vnější část byla realizována prostřednictvím zkosení. Tato část byla vysunuta o 10,2 mm. V poslední části bylo potřeba udělat uložení pružiny. Vnitřní kružnice o průměru 14 mm, vnější o průměru 19 mm za doprovodu estetického zkosení.

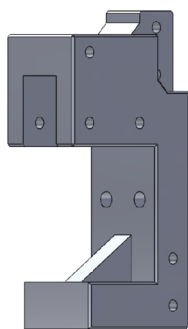


Obrázek 6.11: Vrchní díl tlumičů

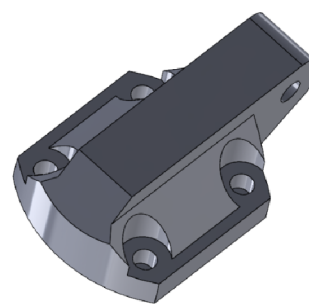
Uložení tlumičů a korunka

Model vychází z kvádrů, který prošel modelací. Nejprve bylo zapotřebí vytvořit podstavu dílu, která bude sloužit jako opěrný bod. Aby došlo k zpevnění bylo ve středu dílu nutné přidat vzpěru ve tvaru trojúhelníku. Dále přišlo na řadu modelování samotného uložení. Jelikož se tlumič bude pohybovat po své ose bylo nutné vrchní část zúžit. V posledním kroce bylo zapotřebí vytvořit prostor, kam bude možné umístit vzpěru a tím zajistit lepší stabilitu s protějším dílem.

Vrchní část tlumičů, označovaná jako "korunka", byla navržena pomocí 2D skici. Začátek modelování spočíval v obdélníku, jehož kratší strany byly zaobleny. Následně bylo využito funkce "Přidat vysunutím" pro vytvoření tělesa, po kterém bylo nutné přidat otvory pro šrouby M3. Na středové ose bylo modelováno rameno pro uložení. Nakonec byly vnější hrany modelu zkoseny pod úhlem 45° s převýšením 0,5 mm.



Obrázek 6.12: Uložení tlumičů



Obrázek 6.13: Korunka

Přední část vozidla

Přední nárazník

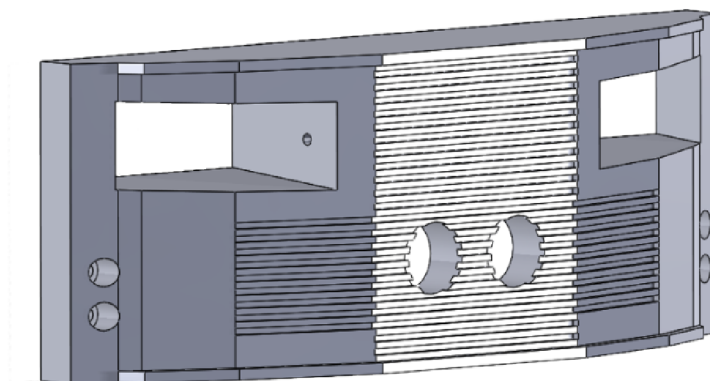
Díl jako tento byl jeden z nejsložitějších dílů. Ve 2D skici byl vytvořen obdélník 200 mm na 72,5 mm. Tento obdélník byl za pomoci funkce "přidat vysunutím" převeden do 3D. Dalším krokem bylo vytvoření elegantního designu. Na vrchní části dílu byla vytvořena 2D skica. Na této skici byl vytvořen aktuální vzhled dílu, který byl po sléze funkcí "odebrat vysunutím" zhotoven. V následujícím kroku byly zapotřebí vytvořit otvory pro uložení světlometů. Žebrování na přední straně bylo vytvořeno pouze z estetického hlediska a nemá žádný funkční účel. Jedná se o obdélníky vysoké 1,5 mm a hluboké 1,5 mm. Tyto obdélníky jsou od sebe ve vzdálenosti 1,5 mm. Prostřednictvím funkce "odebrat vysunutím" byly z dílu odebrány a získaly svou aktuální podobu "žebrování".

Jelikož je zapotřebí aby světla osvětlovaly plochu před vozidlem bylo nutné aby uložení bylo v náklonu k vozovce. Kvůli tomuto požadavku jsou světlometry nakloněny o 10° dolu. K zajištění světlometů byl použit šroub M3x10.

Dva kruhové otvory na přední části nárazníku byly vytvořeny jako pouzdro pro ultrazvukový senzor. Ze zadní části nárazníku v oblasti kruhů byl vytvořen prostor pro umístění základní desky ultrazvukového senzoru.

Aby bylo možné nárazník implementovat na vozidlo bylo zapotřebí přidat funkcí "přívodce dírami" čtyři otvory pro šrouby M3x20 s kulatou hlavou na inbus.

Na vrchní straně nárazníku, byly vytvořeny dva válcové otvory. Tyto otvory o průměru 4 mm a výšce 2 mm slouží pro uložení magnetů, které následně budou držet kapotu ve styku s nárazníkem.

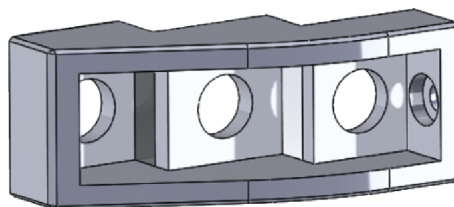


Obrázek 6.14: Přední nárazník vozidla

Přední světlomety

Model světlometů byl inspirován světlomety reálných vozidel jako jsou Bugati Chiron a Kia XCeed rok 2023. Ve 2D skice byl vytvořený obdélník, který byl následně ještě tvarován. Kaskádové uložení pro tři led diody. Na pravé (vnitřní) straně bylo zapotřebí udělat zapuštění pro šroub M3x10 k upevnění světlometu do předního nárazníku. Šroub bylo potřeba zapustit do takové míry, aby hlava šroubu nezasahovala do diody a bylo možné jí bez potíží nainstalovat. Pohledové hrany byly zkoseny o $0,5 \times 45^\circ$ kvůli snadnějšímu vsunutí světlometu do nárazníku.

Vozidlo disponuje dvěma světlomety. Proto díl byl modifikován takovým způsobem, aby bylo možné díl vytisknout a následně jen otočit.

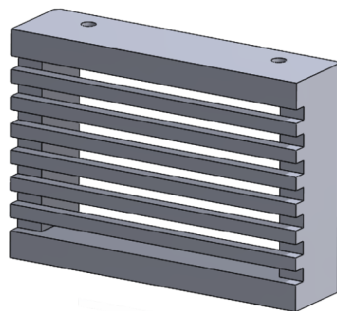


Obrázek 6.15: Přední světlomet vozidla

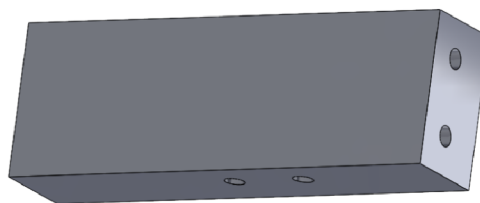
Boční chlazení vnitřních prostor

Ve 2D skice byl vytvořen obdélník o rozměrech 60 mm na 42,5 mm. Prostřednictvím funkce "přidat vysunutím" byl objekt převeden na 3D model. Díl byl vysunut o 20 mm. Na přední straně bylo vytvořeno žebrování. Ve skice byly vytvořeny obdélníky o velikosti 1,5 mm a vzdáleny od sebe 1,5 mm. Prostřednictvím funkce "odebrat vysunutím" byla oblast obdélníku odebrána z prvotního dílu do hloubky 1,5 mm. Na vnitřní stranu byla vytvořena 2D skica. Na tuto skicu byl vytvořený obdélník, který byl 3,5 mm od okraje. Prostřednictvím funkce "Odebrat vysunutím" byl prostor odstraněn do hloubky 18,5 mm. V poslední fázi bylo zapotřebí vytvořit otvory pro šrouby M3, aby bylo možné díl upevnit s ostatními.

Boční spojovací díl byl vytvořen čistě jako spojovací díl mezi předním nárazníkem, rámem vozidla, kapotou, bočním chlazením vnitřního prostoru a uložením náprav. Obdélníkový díl, který má v sobě celkem šest otvorů o průměru 2,7 mm pro šrouby M3x15.



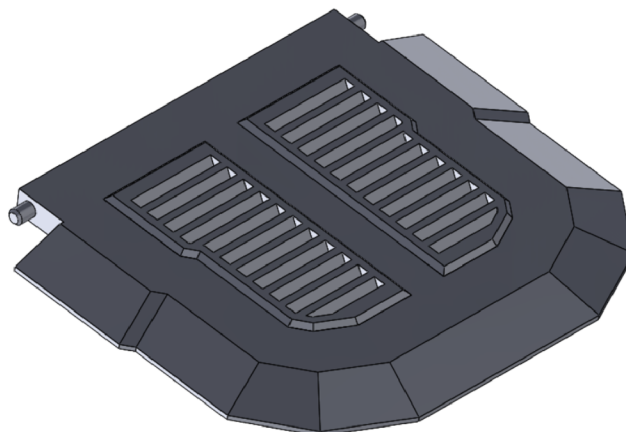
Obrázek 6.16: Boční chlazení vnitřního prostoru



Obrázek 6.17: Boční spojovací díl

Kapota

V prostoru 2D skici byl vytvořen obrys spodních dílů, na který by měla kapota navazovat. Funkcí "přidat vysunutím" byla 2D skica převedena na 3D model a vysunuta o 10 mm. V zadní části byly vytvořeny dva kolíky o průměru 6 mm a velikostí 10 mm. Prostřednictvím funkce zrcadlení byl kolík převeden i na druhou stranu dílu. Přední strana až ke kolíkům byla funkcí "zkosení" zkosená o 7,5 mm krát 60°. Na vrchní straně dílu byla vytvořena skica. Na skice byla promítnuta středová osa. Ve vzdálenosti 7,5 mm od středové osy bylo navrženo uložení pro vzduchový průchod do vnitřních prostor jako chlazení motorů a vnitřního prostoru. Žebrování bylo následně vytvořeno jako samostatný díl a poté nalisován do kapoty. Na spodní straně kapoty v přední části, byly vytvořeny dva válcové otvory. Tyto otvory o průměru 4 mm a výšce 2 mm slouží pro uložení magnetů, které následně budou držet kapotu ve styku se spodními díly.

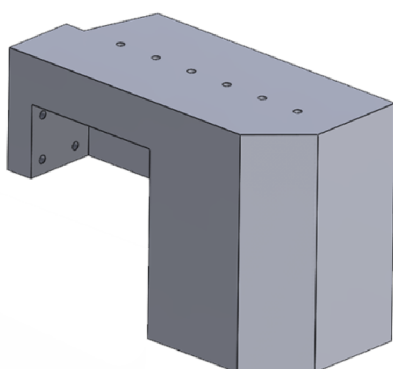


Obrázek 6.18: Kapota vozidla

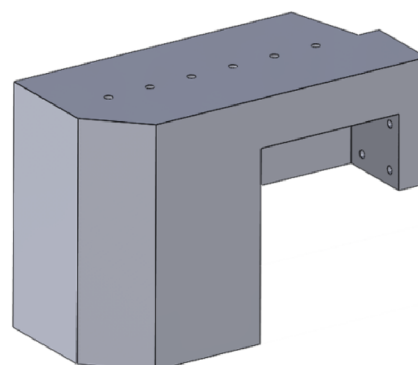
Zadní část vozidla

V oblasti zadních náprav a tlumičů bylo zapotřebí vytvořit díl, který zakryje prostor a zároveň nesmí bránit v pohybu tlumiče. V prvotním kroku bylo nutné vytvořit ve 2D skice obdélník, který byl následně do upraven. Funkcí "přidat vysunutím" byla skica vysunuta a převedena do 3D modelu. Následovaly úpravy pro prostor horního uložení tlumičů a vnější zkosení. Na vnější části byla navrhnutá skica, ve které byl vytvořen obdélník. Tento obdélník znázorňuje prostor pro tlumiče a uložení náprav. Funkcí "odebrat vysunutím" byl následně prostor odebrán. V přední části dílu, bylo funkcí "zkosení" vytvořen úkos, který vytvořil ladný přechod mezi středovou částí a zadní částí vozidla.

Na horní části byla vytvořena skica, na které bylo nutné vytvořit otvory o průměru 2,7 mm pro šrouby M3. Za pomoci těchto otvorů bylo následně možné pokračovat v modelování dalších navazujících dílů.



Obrázek 6.19: Levý zadní boční díl



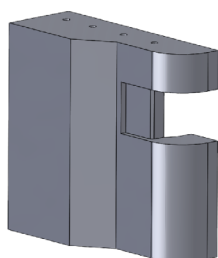
Obrázek 6.20: Pravý zadní boční díl

Zadní nárazník

Byl tvořen třemi propojenými díly. Kvůli jejich rozměrům bylo nutné je rozdělit do tří oddělených částí, což umožňuje jejich snazší výrobu pomocí 3D tisku. Tyto části zahrnují pravý a levý boční díl a středový díl.

Návrh středového nárazníku byl počátečně vytvořen pomocí 2D nákresu, kde byl obdélník transformován metodou "přidat vysunutím". Místo pro umístění světlometů bylo modelováno s využitím obdélníku, který byl poté odstraněn. Na zadní části nárazníku se odebral prostor pro instalaci těla světlometu a byl modelován otvor pro šroub, umožňující spojení těla světlometu s nárazníkem. Následně byly vytvořeny otvory o průměru 2,7 mm pro šrouby typu M3. Na dolní straně dílu se otvory nacházejí tak, aby korespondovaly s rámem a umožnily spojení obou částí. Na horní části bylo rozmístění otvorů pro šrouby zvoleno nepravidelně. V závěrečné fázi byly přidány dekorativní prvky, včetně žebrování a esteticky odstraněného prostoru.

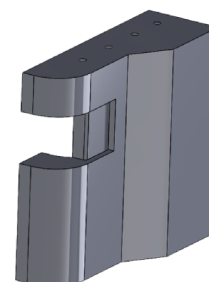
Zadní boční části nárazníku se skládají ze dvou kusů: pravého a levého. Tyto části jsou navrženy tak, aby navazovaly na rám a plynule se spojovaly se středovým dílem. Návrh vychází z obdélníkového tvaru s jedním zúženým koncem a zakulaceným rohem o poloměru R20. Dále bylo vytvořeno místo pro umístění krytů světlometů. V horní části byly přidány otvory o průměru 2,7 mm pro montáž dalších součástí. Na spodku byly otvory umístěny tak, aby odpovídaly rámu a umožňovaly snadné spojení s dalšími díly pomocí šroubů M3.



Obrázek 6.21: Levý zadní nárazník



Obrázek 6.22: Zadní středový nárazník

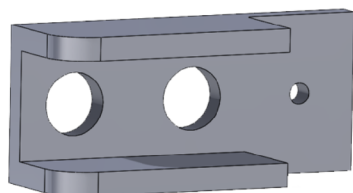


Obrázek 6.23: Pravý zadní nárazník

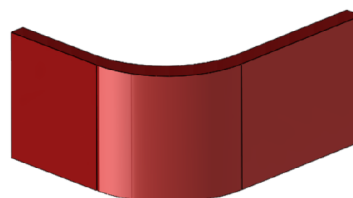
Zadní světlomety

Tělo světlometu bylo vytvořeno ve 2D skice prostřednictvím obdélníku. Dalším krokem bylo zapotřebí vytvořit dva otvory pro instalaci světlometů a jeden otvor pro instalaci těla k zadnímu nárazníku. Tento otvor o průměru 2,7 mm slouží k montáži světlometů prostřednictvím šroubu M3x10. V dalším kroku následovalo realizování vodícího těla pro kryt světlometu. Vodící tělo bylo konstruováno tak, aby kopírovalo tvar bočního nárazníku a zároveň vytvářelo prostor pro nalisování krytu. Proto bylo tělo posunuto o 2,5 mm od vnější hrany bočního a středového dílu nárazníku.

Zadní kryt světlometu byl navržen podle zadního světlometu tak, aby lemoval obrys světlometu. Díky tomuto konstrukčnímu provedení nebylo zapotřebí následného upevnění například prostřednictvím šroubu. Díl byl uzpůsobený tak, aby při instalaci byl pouze nalisován a držel svou polohu opřením plochy o světlomet. Vzhled krytu byl realizován tak, aby připomínal reálný světlomet. Pro tisk světlometu byl posléze vybrán červený transparentní PETG filament. Tento filament umožnil propustnost světla skrze materiál.



Obrázek 6.24: Zadní světlomet



Obrázek 6.25: Zadní kryt světlometů

Řízení

Po dlouhém procesu zvažování a zhodnocení technologických možností jsem dospěl k závěru, že existuje pouze jedna vhodná metoda pro řízení vozidla. Tato metoda spočívá ve využití dvou elektromotorů, které slouží k zajištění pohybu vozidla. Každý z těchto motorů bude operovat nezávisle na druhém, což umožňuje ovládat vozidlo takovým způsobem, že zpomalením nebo zrychlením jednoho z motorů dojde k otočení vozidla na stranu, která je požadována. Pro realizaci tohoto ovládání bylo vybráno řešení využívající H-můstek společně s řídicí jednotkou Arduino Uno R3.

K dosažení žádané funkcionality byl navržen software, jenž je schopen čerpat informace z ultrazvukového senzoru. Na základě těchto informací poté Arduino předává příslušné signály do H-můstku, který následně řídí motory tak, aby vykonaly potřebnou akci. Tento přístup k řízení vozidla je inspirován mechanismem, který je používán u vojenských pásových vozidel, běžně označovaných jako "tank".

Pohybové ústrojí

Pro pohon vozidla byly zvoleny dva motory s převodovkou se 130 otáčkami za minutu [130RPM] fungujících na 12V. Pro řízení těchto motorů byl použit H-můstek s velkým proudem. Z důvodu toho, že tyto motory při maximálním zatížení potřebují proud až 2.4 A, bylo tedy nutné najít takový, který dokáže pracovat i s takovýmto proudem a zároveň umožňuje ovládání dvou motorů.

Design karoserie

Vzhled vozidla byl inspirací z několika reálných vozidel jako jsou: Mummer H3, Bugatti Chiron nebo třeba Kia XCeed. Jeden z požadavků na vozidlo bylo, aby vozidlo mělo prostupnost terénem a bylo možné ho použít v zemědělství. Kvůli tomuto požadavku bylo zapotřebí, aby vozidlo mělo vyšší světlou výšku a dostatečně silné tlumiče, které zabrání v případě nerovnosti terénu, aby spodek vozidla narazil do terénu.

Osvětlení vozidla

Jako světelné zdroje byly použity Led diody pracujících na dvanácti voltech. Hlavní podmínkou pro Led osvětlení byla potřeba aby diody fungovaly na dvanácti voltech, jelikož tímto napětím disponuje zdroj. Po dlouhém hledání diod byly nakonec vybrány diody značky OYO třídy Star. Tyto diody disponují kovovým tělem, které jim dodává jedinečný vzhled. Běžně se tyto diody používá jako dekorační osvětlení, které imituje noční oblohu. ve vozidle tyto diody vytváření futuristický vzhled a dodávají automobilu nádech moderna.



Obrázek 6.26: OYO Led Star 12V (T-led, 2024)

Použité CAD softwary

SolidWorks

Je profesionální CAD software vyvinutý společností Dassault Systèmes. Je široce používán v průmyslových odvětvích, jako je strojírenství, výroba a navrhování výrobků. SolidWorks poskytuje ucelenou sadu nástrojů pro vytváření složitých 3D modelů, sestav a výkresů. Mezi klíčové funkce SolidWorks patří:

- Parametrické modelování: SolidWorks umožňuje vytvářet parametrické modely, což znamená, že můžete definovat vztahy mezi různými částmi konstrukce a snadno je aktualizovat při změnách.

- Modelování sestav: Můžete vytvářet sestavy kombinací více dílů, definovat vztahy mezi nimi a simulovat jejich vzájemnou interakci.
- Simulace a analýza: SolidWorks nabízí simulační nástroje pro testování výkonu, strukturální integrity a chování vašich návrhů za různých podmínek.
- Vykreslování a vizualizace: Software obsahuje nástroje pro vytváření realistických renderů a vizualizací vašich návrhů, které vám pomohou je efektivněji prezentovat.
- Integrace s dalšími nástroji: SolidWorks má integrované moduly pro úlohy, jako je navrhování plechů, modelování povrchů a další.

SolidWorks je komerční software, což znamená, že k jeho používání je nutná placená licence. Je známý svým uživatelsky přívětivým rozhraním, rozsáhlou dokumentací a silnou podporou v rámci inženýrské a výrobní komunity (SolidWorks, 2024).

FreeCAD

Jakožto open-source parametrický 3D CAD modelář. Je určen pro širokou škálu použití, včetně navrhování výrobků, architektury a strojírenství. Jako open-source software je FreeCAD volně použitelný a komunita jej může upravovat. Mezi hlavní funkce FreeCADu patří:

- Parametrické navrhování: Podobně jako SolidWorks umožňuje FreeCAD vytvářet parametrické modely, které umožňují definovat vztahy a omezení mezi různými částmi návrhu.
- Modularita a rozšiřitelnost: To znamená, že vývojáři mohou vytvářet a přidávat vlastní zásuvné moduly a rozšiřovat tak jeho funkce.
- Komunitou řízený vývoj: Díky tomu, že je FreeCAD open-source, těží z příspěvků a zpětné vazby od celosvětové komunity uživatelů a vývojářů.
- Skriptování a automatizace: FreeCAD nabízí možnosti skriptování, které uživatelům umožňují automatizovat opakující se úlohy a přizpůsobit chování softwaru.
- Křivka učení: V porovnání s komerčním softwarem, jako je SolidWorks, je FreeCAD sice výkonný, ale jeho učební křivka může být strmější. Rozhraní a uživatelské prostředí nemusí být tak propracované (FreeCAD, 2024).

SolidWorks i FreeCAD mají své silné a slabé stránky a volba mezi nimi často závisí na faktorech, jako je rozpočet, specifické požadavky, průmyslové standardy a osobní preference. SolidWorks je známý svými funkcemi a podporou na profesionální úrovni, zatímco FreeCAD je díky své open-source povaze a komunitnímu vývoji atraktivní volbou pro ty, kteří hledají bezplatný a flexibilní nástroj CAD (FreeCAD, 2024; SolidWorks, 2024).

6.2 3D Tisk

3D Tiskárny

Creality Ender 3 Pro

Pro tisk byla z velké části použita tiskárna Creality Ender 3 pro, která je v mém osobním vlastnictví. Jelikož se jedná o tiskárnu nižší kvality než je třeba Prusa, bylo zapotřebí mnoha modifikací a pokusů k dosažení přesného tisku. Během několika kalibračních tisků byla dosažena minimální odchylka 0,7mm.



Obrázek 6.27: *Creality Ender 3 Pro* (Alza, 2024)

Prusa MK4

Díly, které vyžadují velkou přesnost byly primárně tištěny na této tiskárně. Tiskárna disponuje funkcí "Input Shaper". Tato funkce přináší velké výhody zejména v rychlosti tisku. Tiskárna tiskne přibližně 5x rychleji než Creality Ender 3 Pro. Díky vylepšené konstrukci zvládne tiskárna tisknout ve vysoké rychlosti s pozoruhodnou přesností. Kvůli těmto vlastnostem jsem později upřednostnil tuto tiskárnu před tiskárnou značky Creality.



Obrázek 6.28: *Prusa Mk4* (Prusa, 2023)

Použitý materiál

Pro tisk velkých částí a jednotlivých komponent byl použitý filamnet typu PLA od výrobců Prusament, Filament PM, Creality. PLA je biologicky odbouratelný materiál. Vyrábí se z kukuřičného popřípadě bramborového škrobu či z cukrové třtiny. Je nejčastěji průmyslově využíván. Materiál lze rozpustit v hydroxidu sodném. Po vytištění modelu je obvykle těžké odstranit podpůrné prvky.

K tisku pneumatik byl použit materiál TPU (termoplastický polyuretan) 95A od výrobce eSUN. Tento filamnet se řadí na škále tvrdosti mezi tvrdé pryžové materiály.

Stupnice tvrdosti plastů podle SHORE

	Měkký						Středně měkký						Středně tvrdý				Tvrdý				Velmi tvrdý								
A	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100								
D							6	7	8	10	12	14	16	19	22	25	29	33	39	46	58	60	70	80	90	100			

Gumička Guma na gumování Pneumatika Podrážka Golfový míček Pracovní helma

Rozsah stupnice pro flexi filamenty

	Středně tvrdý				Tvrdý			
A	65	70	75	80	85	90	95	100
D	19	22	25	29	33	39	46	58

20 D 75 A 30 D 85 A 40 D 96 A 98 A
 Print with smile Herz Fiberlogy Verbatim Fiberlogy Fillamentum Fillamentum

32 D 90 A 93 A 55 D
 Filament PM Fillamentum Smartfil Devil Design
 Spectrum ColorFabb

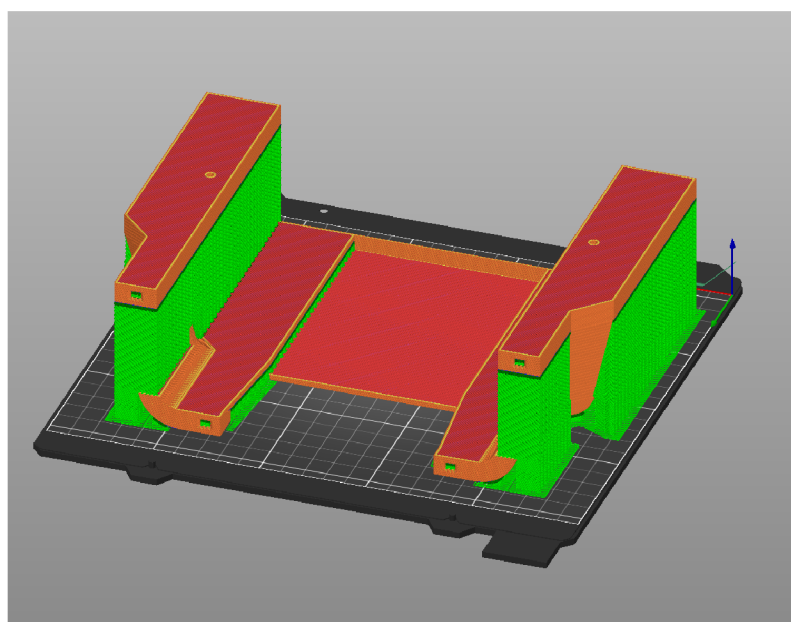
88 A 92 A
 Filament PM Fillamentum

Obrázek 6.29: Stupnice tvrdosti ()

Délka tisku

Čas tisku jednotlivých dílů závisí na jejich velikosti a požadované přesnosti. Při tisku některých částí bylo nutné použít vyšší výplň a nastavit tisk na vysokou úroveň detailů. Například u tlumičů bylo nezbytné použít 100% výplň a nastavit tisk na maximální detaily. Tento postup zajistil, že díly budou dostatečně pevné a detailní, což minimalizuje riziko jejich zkřížení při stlačení pružiny.

Pro materiály typu TPU a TPE je důležité, aby extruder pracoval při nízkých rychlostech, aby nedocházelo k přetržení filamentu. Proto bylo nezbytné upravit g-code tak, aby tisk probíhal bez komplikací a zároveň byly zachovány potřebné detaily a rozměry tištěného dílu. Tento postup byl klíčový pro dosažení kvalitních výsledků tisku s těmito měkčími materiály.



Obrázek 6.30: PrusaSlicer - Tisk kabiny

Tisk jednotlivých dílů byl velice časově náročný. I přesto, že v tabulce 6.1 je uvedený čas přibližně 130 hodin tak celkový čas je o mnoho vyšší. Některé díly bylo zapotřebí tisknout vícekrát, kvůli nepřesnosti měření nebo odchylce tisku. Čistě mnou odhadovaný čas tisku by mohl odpovídat přibližně 200 hodinám. Například tlumiče bylo zapotřebí tisknout třikrát, dokud se nepodařilo vyladit veškeré komplikace při stlačení tlumiče a jeho navrácení do výchozí polohy.

NÁZEV	MATERIÁL	DOBA TISKU	TISKÁRNA
Středový rám	PLA	16h 25min	Prusa MK4
Nápravy	PETG	6h 35min	Creality Ender 3 Pro
Tlumiče	PETG	9h 5min	Creality Ender 3 Pro
Pneumatiky	TPU-92A	28h	Creality Ender 3 Pro
Přední maska	PLA	4h 25min	Prusa MK4
Přední světlomety	PLA	50min	Prusa MK4
Kapota	PLA	5h 30min	Prusa MK4
Zadní nárazník	PLA	6h 30min	Prusa MK4
Zadní světlomety	PLA - PETG	50min	Prusa MK4
Dveře	PLA	2h 35min	Prusa MK4
Obrysový rám	PLA	5h 20min	Prusa MK4
Boční stěny	PLA	19h 40min	Prusa MK4
Střecha vozidla	PLA	24h 20min	Prusa MK4
Doplňky	PETG	40 min	Prusa MK4
CELKOVÁ DOBA TISKU	—	130h 45min	—

Tabulka 6.1: Doba tisku jednotlivých dílů

Finalizace

Pro komponenty, které vyžadují vysokou přesnost, je nutné provést post-processing, tedy finální úpravy. V případě, že dochází k tření mezi povrchy, je nutné tyto plochy vyhladit brusným papírem. Dále je třeba mírně rozšířit otvory určené pro umístění magnetů, aby se zohlednila tolerance tisku a předešlo se tak možnému poškození dílu při vkládání magnetů.

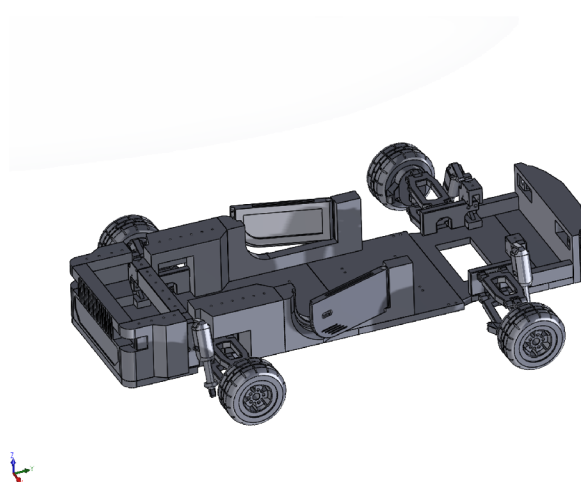
6.3 Sestavení

Kompletace diplomové práce byl dlouhodobý proces. Tisk jednotlivých dílů vyžadoval přípravu a po tisku drobné finální úpravy, před samotnou kompletací. U dílů tištěných z PLA či PETG, šlo pouze o vyhlazení ploch od umístěných podpěr. Naopak u pneumatik, které byly tisknuty z TPU filamentu, bylo zapotřebí odstranit přebytečná vlákna a za pomoci zapalovače vyhladit oblasti, kde byly potřebné podpěry.

V první části bylo potřeba vytisknout středový rám. Rám byl tisknu z PLA filamentu, kvůli své velikosti. Jednotlivé části rámu byly k sobě spojovány prostřednictvím nalisovaných kolíků. V okamžiku, kdy byl rám kompletní bylo zapotřebí na spodní část umístit vyříznutý plech, který později zajistil větší stabilitu, pevnosti a zároveň vozidlu poskytuje ochranu v případě, že model bude jezdit v náročném, hornatém terénu s výskytem kamenů, které by mohli poškodit rám.

Dalším krokem bylo navázat na rám nápravami a jejím uložením. Tyto díly byly k rámu upevněny šrouby M3x20, které prostupovaly skrze plech, rám až do uložení. Jelikož při tisku vždy dochází k drobným odchylkám bylo zapotřebí otvory projet vrtákem o průměru 2,7 mm a následně za pomoci šroubu vyříznout do plastu závit. Na připravené uložení byly přidány nápravy posléze náboj s ložiskem a střed kol, na který byly v poslední fázi napojeny disky s nazutými pneumatikami.

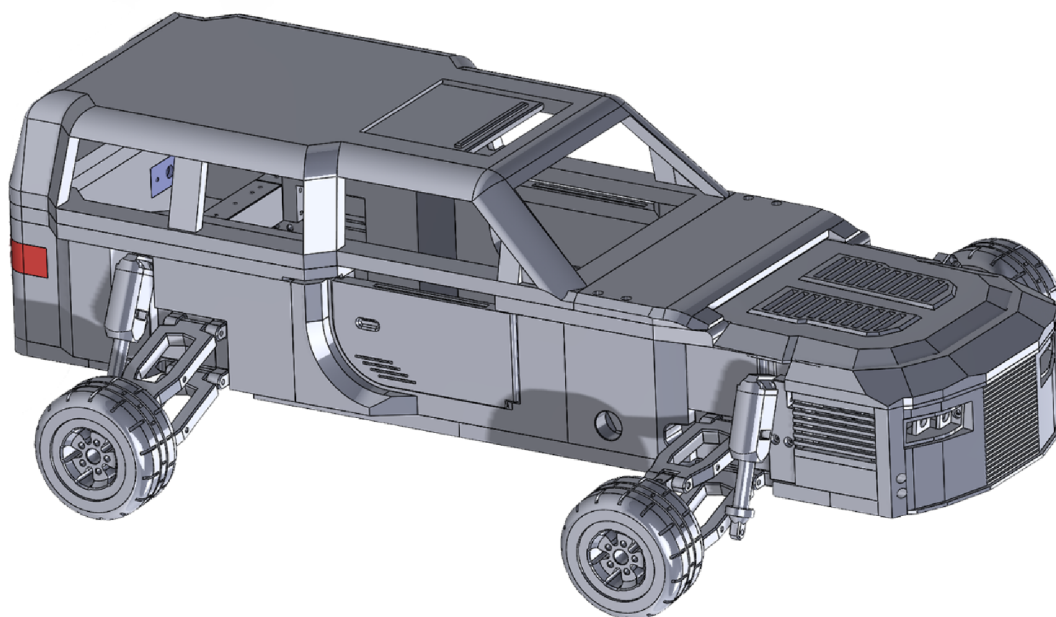
Navazující díly jako například přední nárazník, boční chlazení nebo dveře, byly instalovány postupně jak byly vymodelovány a následně vytisknuty. Model byl konstruován postupně. To mělo za následek, že některé díly se museli tisknout opakovaně, protože neustále podléhaly změnám. V momentě, když byl nějaký díl vytvořen v počítači byl následně vytisknut a nainstalován. V tento okamžik teprve následovalo další konstruování navazujících komponentů.



Obrázek 6.31: Postup 3D vizualizace modelu

Jak postupovala kompletace vozidla bylo čím dál více náročnější vytvářet další díly, jelikož přibývalo stále více proměnných, které bylo nutné dodržet. Samotná kompletace vytisknutých dílů byla doprovázena drobnými komplikacemi v oblasti nesrovnalostí v odchylkách tisku.

V konečné fázi byla namontována střecha, která se skládá ze čtyř dílů. Nejprve bylo zapotřebí jednotlivé díly vytisknout, osadit kolíky a následně spojit k sobě. Po kompletaci samotné střechy bylo možné celou střechu aplikovat na vozidlo. Po vyřešení nesrovnalostí v oblasti spojů, byla kabina nainstalována za pomoci deseti šroubů M3x15.



Obrázek 6.32: 3D vizualizace finálního modelu vozidla

6.4 Návrh a kompletace elektrických obvodů

Pro sestavení funkčního modelu bylo nezbytné pečlivě vybrat součástky. Tomuto výběru předcházela důkladná průzkum trhu, během kterého jsem zvážil řadu faktorů, jako jsou potřebné technické specifikace, cena, dostupnost a kompatibilita součástek mezi sebou. Cílem bylo najít nejlepší možné komponenty, které by společně tvořily spolehlivý systém. Po pečlivém zvážení všech možností, jsem se rozhodl pro následující díly, které vyhovují potřebám projektu a zajistí jeho úspěšnou realizaci:

- 1x Zdroj 12V
- Digitální měřič lithiových baterií - Napětí, proudu, odporu, kapacity
- 1x Základní deska Arduino UNO R3
- 1x Modul pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku
- 2x Motor s převodovkou 25GA-370 12V, 130RPM RP
- 1x Snímač čar
- 1x Spínač obvodu
- 1x Motor driver
- 1x IIC I2C OLED displej pro IOT Arduino
- 8x Led diody 12V

Arduino

Open-source hardwarová a softwarová společnost, která vyrábí mikrokontroléry a sady mikrokontrolérů. Je známá svými jednodeskovými konstrukcemi a svým závazkem k otevřenému licencování. Desky Arduino jsou vybaveny digitálními a analogovými vstupními a výstupními piny, které lze snadno připojit k rozšiřujícím deskám nebo deskám pro výrobu prototypů. Desky mají také sériová komunikační rozhraní, včetně USB, pro nahrávání programů. Programování se provádí pomocí jazyků C a C++ se specializovaným rozhraním API známým jako programovací jazyk Arduino. Arduino poskytuje vlastní integrované vývojové prostředí (IDE) a nástroj příkazového řádku pro programování.

Projekt začal v roce 2005 jako způsob, jak usnadnit tvorbu zařízení studentům na Institutu interakčního designu Ivrea v Itálii. Cílem projektu Arduino bylo nabídnout cenově dostupné a uživatelsky přívětivé řešení pro začátečníky i profesionály, které by jim umožnilo vytvářet zařízení komunikující s okolím pomocí senzorů a akčních členů. Mezi příklady zařízení vhodné pro začátečníky patří roboti, termostaty a detektory pohybu. Desky Arduino lze zakoupit na jejich oficiálních webových stránkách nebo u autorizovaných distributorů (Arduino, 2024).



Obrázek 6.33: *Arduino Uno R3 (Arduino, 2024)*

Prostřednictvím jejich vývojové aplikace bylo zapotřebí připojit základní desku k počítači a následně vytvořit a důkladně nastavit ovládací kód, aby základní deska získávala potřebné informace a po sléze byla schopná uživateli předat zpracované potřebné údaje, které vyobrazí na displeji. Na displeji se uživatel může dozvědět informace ze senzoru, jako jsou teplota okolního vzduchu, barometrický tlak či okolní vlhkost prostředí, ve které se vozidlo aktuálně pohybuje. Vozidlo bylo konstruováno a navrženo pro zemědělské účely. Předpokládaným prostorem, ve kterém se vozidlo bude pohybovat, je tudíž například skleníků, kde bude sbírat potřebné údaje, které je možná následně vyhodnotit.

7 Diskuze

Výsledkem diplomové práce je funkční model autonomního vozidla, které bylo vymodelováno v prostředí CAD programu SolidWorks a následně vytisknuto za pomoci programu PrusaSlicer na tiskárně od stejnojmenného výrobce, a sice Prusa MK4. Pro tisk modelu byly využity dva materiály, a to konkrétně PLA a PETG. Kvůli jejich cenové dostupnosti a vhodným vlastnostem. V rámci modelu byly vymodelovány všechny hlavní součásti vozidla. Kromě hnacích hřídelí, které byly zapotřebí vytvořit na fréze s ohledem na vyšší pevnost oproti 3D tiskárně. Finální sestava vozidla obsahuje 108 dílů v jedné sestavě.

Cílem práce bylo vytvořit autonomní vozidlo, které bylo navrženo, vymodelováno a následně sestaveno tak, aby bylo možné ho použít jako učební pomůcku pro výuku technických předmětů a rovněž bylo možné vozidlo použít v prostorách skleníku ke sběru dat, či jej následně modifikovat pro další potřeby.

Tvorba vozidla byla velice složitá a časově náročná. Bylo nutné vymodelovat a navrhout mnoho dílů, které musely na sebe navazovat a zároveň plnit svou funkci. V průběhu modelování a následné kompletace bylo zapotřebí některé součásti modelovat a tisknout opakovaně, kvůli odchylkám tisku, zlepšení vlastností nebo chybám měření.

Celková doba potřebná k modelování se dá jen stěží odhadovat na několik desítek hodin. Co se týče doby tisku u kterého, je možné přesně stanovit čas. Tisk jednotlivých dílů zabral přibližně 131 hodin. Tento zmíněný čas není ovšem konečný, jelikož některé díly bylo nutné tisknout opakovaně, a proto je celkový čas mnohem vyšší. Doba tisku jednotlivých dílů by se ovšem dala zkrátit použitím více tiskáren najednou. S přihlédnutím na osobní zkušenost a reálný čas se odhadovaná doba pohybuje okolo 500 hodin čistého času.

Ve vozidle byly použity elektronické komponenty, které byly zvoleny tak, aby bylo možné vozidlo uvést do funkčního stavu. Pro pohyb vozidla byly vybrány motory s převodovkou. Jako srdce automobilu byla vybrána řídicí jednotka, pracující prostřednictvím systému Arduino.

Během tvorby modelu se vyskytlo několik problémů. Mezi hlavními problémy byly chyby v měření nebo odchylky v tisku. Tyto komplikace se ovšem daly vyřešit pouhou modifikací dílu nebo jiným způsobem tisku. Největším problémem, který nastal byla plánovaná integrace LED senzoru sledování čar, který ale nebylo možné použít vzhledem k současným vlastnostem vozidla. Proto bylo nutné najít nový způsob a tím se ukázal ultrazvukový senzor, který bylo možné nainstalovat do předního nárazníku.

Tvorba na diplomové práci mi dala mnoho zkušeností v oblasti 3D tisku, modelování v CAD programu nebo v kompletaci elektronických obvodů, které pracují se systémem Arduino. Zkušenosti, které jsem díky této práci získal jistě využiji při další tvorbě.

Závěr

Diplomová práce se zabývá vývojem moderních technologií a nástupem automatizace v průmyslu a zemědělství. V oblasti praktického výstupu bylo využito technologie 3D tisku pro vytvoření funkčního autonomního vozidla, které lze použít i v zemědělství.

V rámci teoretické sekce této práce jsou prezentovány vybrané moderní technologie využívané v současných autonomních vozidlech, která lze pozorovat v běžném silničním provozu. Dále se text věnuje různým úrovním automatizace a podrobněji se zabývá každou z nich. Jak je obvyklé u nových technologických objevů, i zde se práce obrací k problematice, která s těmito inovacemi souvisí.

V druhé části teoretické části se práce soustředí na zakladatele robotiky a na klíčové zákony. Detailně se věnuje tématu strojového učení robotů, zejména pak tomu, jak se tito roboti učí vykonávat složité logické úkoly, které mohou přímo či nepřímo kolidovat se stanovenými zákony robotiky. Tato část nabízí ucelený pohled na výzvy, jež strojové učení přináší v kontextu robotiky, a zdůrazňuje případy, kdy je třeba přehodnotit nebo upravit základní pravidla, aby bylo zajištěno etické a bezpečné začlenění robotů do společnosti.

Ve třetí části této práce je upřena pozornost na vývoj moderních technologií a integraci autonomních vozidel do skutečného provozu. Analyzuje různé dopady, které s sebou přináší zavádění autonomních vozidel, včetně potenciálního zlepšení efektivity dopravy a snižování dopravních nehod. Současně se zabývá otázkami odpovědnosti při nehodách způsobených těmito vozidly. Diskutuje, jak autonomní technologie transformují tradiční přístupy k odpovědnosti a jaké právní a etické výzvy to představuje pro výrobce, uživatele a legislativu.

V závěrečné části teoretického rozboru je věnována pozornost modernizaci zemědělství a transformaci směrem k tak zvanému zemědělství 4.0.. Tato sekce se detailně zabývá digitalizací a implementací moderních technologií v zemědělském sektoru. Včetně využití dronů, internetu věcí pro propojení zemědělské techniky, produktových analýz a dalších inovací. Tyto technologie nabízejí zemědělcům možnosti, jak efektivně snížit pracovní náročnost, zvýšit výnosy a efektivitu produkce.

Závěr praktické části diplomové práce se zabývá autonomním vozidlem. Tvorbou jednotlivých dílů v programu SolidWorks a následným podrobným popisem samotných komponent. V této části je zároveň zmíněna časová náročnost tisku všech dílů a samotný postup tisku.

Výsledkem práce je funkční prototyp autonomního vozidla. Model je navrhnout, vy-modelován v CAD programu SolidWorks a následně vytisknut na 3D tiskárnách Creality Ender 3 Pro a Prusa MK4. Výsledný funkční model je vybaven elektronikou, která model uvádí do pohybu a pomocí displeje a senzoru předává uživateli veškeré potřebné údaje. Cíle stanovené v zadání práce se přes všechna úsilí podařilo splnit.

Seznam použitých zdrojů

- Akhmedov, R. S. (2022). The concept of “robotics” in Isaac Asimov’s science fiction: clash of traditions and innovations. *FILOLOGICKÉ NAUKY-NAUČNÉ DOKLADY VYSSHEI SHKOLY-PHILOLOGICAL SCIENCES-SCIENTIFIC ESSAYS OF HIGHER EDUCATION*, (4):114–123.
- Alshkeili, A. a Ghosh, B. (2023). User Acceptance of Adoption of Autonomous Vehicles. *Transportation Research Procedia*, 72:4428–4435. TRA Lisbon 2022 Conference Proceedings Transport Research Arena (TRA Lisbon 2022), 14th-17th November 2022, Lisboa, Portugal.
- Alvarez León, L. F. a Aoyama, Y. (2022). Industry emergence and market capture: The rise of autonomous vehicles. *Technological Forecasting and Social Change*, 180:121661.
- Alza (2024). Creality Ender 3 Pro. [online]. [cit. 2022-04-03], Dostupné z: <https://www.alza.cz/creality-ender-3-pro-d5522742.htm>.
- An, T., Zhu, X., Zhu, M., Ma, B., a Dong, B. (2023). Fuzzy logic nonzero-sum game-based distributed approximated optimal control of modular robot manipulators with human-robot collaboration. *Neurocomputing*, 543:126276.
- Arduino (2024). About Arduino. [online]. [cit. 2022-23-03], Dostupné z: <https://www.arduino.cc>.
- Babos, D. V., Tadini, A. M., De Moraes, C. P., Barreto, B. B., Carvalho, M. A., Bernardi, A. C., Oliveira, P. P., Pezzopane, J. R., Milori, D. M., a Martin-Neto, L. (2024). Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) as an analytical tool in precision agriculture: Evaluation of spatial variability of soil fertility in integrated agricultural production systems. *CATENA*, 239:107914.
- Bagheri, A., Taghvaeian, S., a Delen, D. (2023). A text analytics model for agricultural knowledge discovery and sustainable food production: A case study from Oklahoma Panhandle. *Decision Analytics Journal*, 9:100350.
- Bezai, N. E., Medjdoub, B., Al-Habaibeh, A., Chalal, M. L., a Fadli, F. (2021). Future cities and autonomous vehicles: analysis of the barriers to full adoption. *Energy and Built Environment*, 2(1):65–81.
- Cascetta, E., Carteni, A., a Di Francesco, L. (2022). Do autonomous vehicles drive like humans? A Turing approach and an application to SAE automation Level 2 cars. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 134:103499.

- Chen, J.-K. (2012). The assessment of vision re-creation indices for the automotive industry in Taiwan: A hybrid fuzzy model approach. *Measurement*, 45(5):909–917.
- Chen, S.-L., Hsieh, S.-M., a Ta, T.-Q. (2023). Iterative learning contouring control for five-axis machine tools and industrial robots. *Mechatronics*, 94:103030.
- Choi, J. D. a Kim, M. Y. (2023). A sensor fusion system with thermal infrared camera and LiDAR for autonomous vehicles and deep learning based object detection. *ICT Express*, 9(2):222–227.
- da Silveira, F., da Silva, S. L. C., Machado, F. M., Barbedo, J. G. A., a Amaral, F. G. (2023). Farmers' perception of the barriers that hinder the implementation of agriculture 4.0. *Agricultural Systems*, 208:103656.
- Dai, J., Wang, X. C., Ma, W., a Li, R. (2023). Future transport vision propensity segments: A latent class analysis of autonomous taxi market. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 173:103699.
- Deng, W., Liu, Q., Zhao, F., Pham, D. T., Hu, J., Wang, Y., a Zhou, Z. (2024). Learning by doing: A dual-loop implementation architecture of deep active learning and human-machine collaboration for smart robot vision. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 86:102673.
- Ercan, T., Onat, N. C., Keya, N., Tatari, O., Eluru, N., a Kucukvar, M. (2022). Autonomous electric vehicles can reduce carbon emissions and air pollution in cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 112:103472.
- Eswaran, M., Gulivindala, A. K., Inkulu, A. K., a Raju Bahubalendruni, M. (2023). Augmented reality-based guidance in product assembly and maintenance/repair perspective: A state of the art review on challenges and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 213:118983.
- FreeCAD (2024). FreeCAD. [online]. [cit. 2022-20-03], Dostupné z: <https://www.freecad.org/>.
- Freepik.com (2023). A futuristic city with train or train tracks.
- Frąckiewicz, M. (2023). Cloudová robotika pro zemědělství a zemědělství.
- Gao, L., Xia, X., Zheng, Z., a Ma, J. (2023). GNSS/IMU/LiDAR fusion for vehicle localization in urban driving environments within a consensus framework. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 205:110862.
- Gopinath, K. a Narayanamurthy, G. (2022). Early bird catches the worm! Meta-analysis of autonomous vehicles adoption – Moderating role of automation level, ownership and culture. *International Journal of Information Management*, 66:102536.
- Hamadneh, J. a Esztergár-Kiss, D. (2023). The preferences of transport mode of certain travelers in the age of autonomous vehicle. *Journal of Urban Mobility*, 3:100054.
- Heaven, D. (2018). Robot laws. *New Scientist*, 239(3189):38–41.

- Hossain, M. S. a Fatmi, M. R. (2022). Modelling the adoption of autonomous vehicle: How historical experience inform the future preference. *Travel Behaviour and Society*, 26:57–66.
- IEEE.org (2023). Autonomous Vehicles for Today and for the Future.
- Igliński, H. a Babiak, M. (2017). Analysis of the Potential of Autonomous Vehicles in Reducing the Emissions of Greenhouse Gases in Road Transport. *Procedia Engineering*, 192:353–358. 12th international scientific conference of young scientists on sustainable, modern and safe transport.
- Ignatious, H. A., Hesham-El-Sayed, a Khan, M. (2022). An overview of sensors in Autonomous Vehicles. *Procedia Computer Science*, 198:736–741. 12th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks / 11th International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare.
- Ikome, J. M., Laseinde, O. T., a Kanakana Katumba, M. G. (2022). The Future of the Automotive Manufacturing Industry in Developing Nations: A Case Study of its Sustainability Based on South Africa's Paradigm. *Procedia Computer Science*, 200:1165–1173. 3rd International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing.
- Jaber, M. M., Ali, M. H., Abd, S. K., Jassim, M. M., Alkhayyat, A., Aziz, H. W., a Alkhuwaylde, A. R. (2022). Predicting climate factors based on big data analytics based agricultural disaster management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 128:103243.
- Kassens-Noor, E., Dake, D., Decaminada, T., Kotval-K, Z., Qu, T., Wilson, M., a Pentland, B. (2020). Sociomobility of the 21st century: Autonomous vehicles, planning, and the future city. *Transport Policy*, 99:329–335.
- Kumar, A., Raj, R., Kumar, A., a Verma, B. (2023). Design of a novel mixed interval type-2 fuzzy logic controller for 2-DOF robot manipulator with payload. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123:106329.
- Luo, F., Huang, R., a Xie, Y. (2024). Hybrid blockchain-based many-to-many cross-domain authentication scheme for smart agriculture IoT networks. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 36(2):101946.
- Lynda, D., Brahim, F., Hamid, S., a Hamadoun, C. (2023). Towards a Semantic Structure for Classifying IoT Agriculture Sensor Datasets : An Approach based on Machine Learning and Web Semantic Technologies. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, page 101700.
- Machała, S., Chamier-Gliszczyński, N., a Królikowski, T. (2022). Application of AR/VR Technology in Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 207:2990–2998. Knowledge-Based and Intelligent Information Engineering Systems: Proceedings of the 26th International Conference KES2022.

- Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., a Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: A systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 142:102998.
- Mahmoud, S., Billing, E., Svensson, H., a Thill, S. (2022). Where to from here? On the future development of autonomous vehicles from a cognitive systems perspective. *Cognitive Systems Research*, 76:63–77.
- Martina, K. (2019). Rozšířená realita.
- Martinho, A., Herber, N., Kroesen, M., a Chorus, C. (2021). Ethical issues in focus by the autonomous vehicles industry. *Transport Reviews*, 41(5):556–577.
- Merfeld, K., Wilhelms, M.-P., Henkel, S., a Kreutzer, K. (2019). Carsharing with shared autonomous vehicles: Uncovering drivers, barriers and future developments – A four-stage Delphi study. *Technological Forecasting and Social Change*, 144:66–81.
- Monios, J. a Bergqvist, R. (2019). The transport geography of electric and autonomous vehicles in road freight networks. *Journal of Transport Geography*, 80:102500.
- Nahavandi, S., Alizadehsani, R., Nahavandi, D., Lim, C. P., Kelly, K., a Bello, F. (2024). Machine learning meets advanced robotic manipulation. *Information Fusion*, 105:102221.
- Nutonen, K., Kuts, V., a Otto, T. (2023). Industrial Robot Training in the Simulation Using the Machine Learning Agent. *Procedia Computer Science*, 217:446–455. 4th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing.
- Paetzel-Prüsmann, M., Perugia, G., a Castellano, G. (2021). The Influence of robot personality on the development of uncanny feelings. *Computers in Human Behavior*, 120:106756.
- Pereira, M., Silva, D., Santos, V., a Dias, P. (2016). Self calibration of multiple LIDARs and cameras on autonomous vehicles. *Robotics and Autonomous Systems*, 83:326–337.
- Pettigrew, S. a Cronin, S. L. (2019). Stakeholder views on the social issues relating to the introduction of autonomous vehicles. *Transport Policy*, 81:64–67.
- Piepoli, A., Arcidiacono, F., Basile, L. J., Pellegrino, R., Schupp, F., a Zuehlke, T. (2024). The Impact of Industry 4.0 on Business Performance: A Multiple Case Study in the Automotive Sector. *Procedia Computer Science*, 232:2117–2126. 5th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2023).
- Pigeon, C., Alauzet, A., a Paire-Ficout, L. (2021). Factors of acceptability, acceptance and usage for non-rail autonomous public transport vehicles: A systematic literature review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 81:251–270.
- Piramuthu, S. (2022). IoT, Environmental Sustainability, Agricultural Supply Chains. *Procedia Computer Science*, 204:811–816. International Conference on Industry Sciences and Computer Science Innovation.

- Poinsignon, F., Chen, L., Jiang, S., Gao, K., Badia, H., a Jenelius, E. (2022). Autonomous vehicle fleets for public transport: scenarios and comparisons. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 1(3):100019.
- Prasetio, E. A. a Nurliyana, C. (2023). Evaluating perceived safety of autonomous vehicle: The influence of privacy and cybersecurity to cognitive and emotional safety. *IATSS Research*, 47(2):160–170.
- Press, P. (2008). Geografické informační systémy.
- Prusa, J. (2023). *Prusa 3D manual MK4*. Prusa Research a.s., Praha.
- Ranjbar, P., Krishnakumari, P. K., Andersson, J., a Klingegård, M. (2022). Vibrotactile guidance for trips with autonomous vehicles for persons with blindness, deafblindness, and deafness. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15:100630.
- Rudrakar, S. a Rughani, P. (2023). IoT based Agriculture (Ag-IoT): A detailed study on Architecture, Security and Forensics. *Information Processing in Agriculture*.
- Sabu, K. M. a Kumar, T. M. (2020). Predictive analytics in Agriculture: Forecasting prices of Arecanuts in Kerala. *Procedia Computer Science*, 171:699–708. Third International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet'19).
- Shan, A., Hoang, N. H., An, K., a Vu, H. L. (2021). A framework for railway transit network design with first-mile shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 130:103223.
- Shen, Z., Wang, J., Pang, C., Lan, Z., a Fang, Z. (2024). A LiDAR-IMU-GNSS fused mapping method for large-scale and high-speed scenarios. *Measurement*, 225:113961.
- SolidWorks (2024). SolidWorks. [online]. [cit. 2022-20-03], Dostupné z: <https://www.solidworks.com/>.
- Sotirov, S. (2023). When Machines Learn to Learn: The Revolution of Robotics Through Deep Learning. [online]. [cit. 2022-04-03], Dostupné z: <https://medium.com/@stansotirov-ai/when-machines-learn-to-learn-the-revolution-of-robotics-through-deep-learning-a75e067a1653>.
- Sun, S. a Wong, Y. D. (2023). Drivers' attention economy and adoption to autonomous vehicle. *Transport Policy*, 138:108–118.
- T-led (2024). OYO LED STAR 12V. [online]. [cit. 2022-20-03], Dostupné z: <https://www.t-led.cz/p/oyo-led-star-12v-10615>.
- Trappey, A. J., Lin, G.-B., Chen, H.-K., a Chen, M.-C. (2023). A comprehensive analysis of global patent landscape for recent RD in agricultural drone technologies. *World Patent Information*, 74:102216.
- Tyagi, A. K. a Aswathy, S. U. (2021). Autonomous Intelligent Vehicles (AIV): Research statements, open issues, challenges and road for future. *International Journal of Intelligent Networks*, 2:83–102.

- Ureña, J., Mazo, M., García, J. J., Bueno, E., a García, J. C. (1998). Ultrasonic Sensor Module for an Autonomous Industrial Vehicle. *IFAC Proceedings Volumes*, 31(3):441–446. 3rd IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles 1998 (IAV'98), Madrid, Spain, 25-27 March.
- Verginis, C. K., Kantaros, Y., a Dimarogonas, D. V. (2024). Planning and control of multi-robot-object systems under temporal logic tasks and uncertain dynamics. *Robotics and Autonomous Systems*, 174:104646.
- Vladislav, F. (2019). Zemědělství 4.0 – co to vlastně je?
- Wang, J., Yi, W., Yang, M., Ma, J., Zhang, S., a Hao, S. (2023). Enhance the trust between IoT devices, mobile apps, and the cloud based on blockchain. *Journal of Network and Computer Applications*, 218:103718.
- Warwick, K. (1999). Asimovovy zákony robotiky.
- Windy.com (2023). Windy.
- WinFAS (2023). Moduly pro obchodníky.
- Xia, X., Xiong, L., Huang, Y., Lu, Y., Gao, L., Xu, N., a Yu, Z. (2022). Estimation on IMU yaw misalignment by fusing information of automotive onboard sensors. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 162:107993.
- Zaarane, A., Slimani, I., Okaishi, W. A., Atouf, I., a Hamdoun, A. (2020). Distance measurement system for autonomous vehicles using stereo camera. *Array*, 5:100016.
- Zhadan, A. (2022). Are you scared of a robotic future? You might have robophobia.
- Öncü, A., Akdoğan, A., a Polat, M. Y. (2024). Remote sensor measurement system for sub-centimeter structural change detection. *Measurement*, 228:114350.
- Đorđe Petrović, Mijailović, R. M., a Pešić, D. (2022). Persons with physical disabilities and autonomous vehicles: The perspective of the driving status. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 164:98–110.

Seznam obrázků

2.1	Strojové učení robotů (Sotirov, 2023)	14
2.2	Robot (Zhadan, 2022)	15
3.1	Autonomní vozidlo (IEEE.org, 2023)	17
3.2	Vize autonomní budoucnosti (Freepik.com, 2023)	19
6.1	Nerezový plech	26
6.2	Středový díl	27
6.3	Přední uložení náprav	28
6.4	Zadní uložení náprav	28
6.5	Přední spojovací díl	28
6.6	Zadní spojovací díl	29
6.7	Disk	30
6.8	Pneumatika	30
6.9	Náprava	31
6.10	Spodní díl tlumičů	32
6.11	Vrchní díl tlumičů	32
6.12	Uložení tlumičů	33
6.13	Korunka	33
6.14	Přední nárazník vozidla	34
6.15	Přední světlomet vozidla	34
6.16	Boční chlazení vnitřního prostoru	35
6.17	Boční spojovací díl	35
6.18	Kapota vozidla	36
6.19	Levý zadní boční díl	36
6.20	Pravý zadní boční díl	36
6.21	Levý zadní nárazník	37
6.22	Zadní středový nárazník	37
6.23	Pravý zadní nárazník	37
6.24	Zadní světlomet	38
6.25	Zadní kryt světlometů	38
6.26	OYO Led Star 12V (T-led, 2024)	39
6.27	Creality Ender 3 Pro (Alza, 2024)	41
6.28	Prusa Mk4 (Prusa, 2023)	41
6.29	Stupnice tvrdosti ()	42
6.30	PrusaSlicer - Tisk kabiny	43
6.31	Postup 3D vizualizace modelu	45

6.32	3D vizualizace finálního modelu vozidla	46
6.33	Arduino Uno R3 (Arduino, 2024)	48

Seznam tabulek

6.1	Doba tisku jednotlivých dílů	44
-----	--	----