

Návrh průzkumného vozidla a implementace senzorického systému pro monitorování prostředí v krizových situacích

Bc. Nikola Musialková

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Nikola Musialková
Osobní číslo:	A22485
Studijní program:	N1032A020003 Bezpečnostní technologie, systémy a management
Specializace:	Bezpečnostní management
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh průzkumného vozidla a implementace senzorického systému pro monitorování prostředí v krizových situacích
Téma práce anglicky:	Design of a Reconnaissance Vehicle and Implementation of a Sensor System for Environmental Monitoring in Crisis Situations

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši na téma ochrana obyvatelstva.
2. Seznamte se se softwarovými nástroji, jež budou použity v praktické části.
3. Navrhněte průzkumné vozidlo a jeho vhodný způsob ovládání.
4. Navrhněte a naprogramujte senzorický systém pro průzkumné vozidlo.
5. Otestujte funkčnost průzkumného vozidla a jeho senzorický systém v reálném prostředí.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.
2. BLÁŽKOVÁ, Kateřina et al. *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
3. ŘEHÁK, David; MARTÍNEK, Bohumír a LEGIERSKÁ, Petra. *Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb*. 2. rozšířené vydání. SPBI Spektrum. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2019. ISBN 978-80-7385-220-7.
4. BANZI, Massimo. *Getting started with Arduino*. 2nd ed. Farnham: Reilly, 2011. ISBN 9781449309879.
5. BOXALL, John. *Arduino workshop: a hands-on introduction with 65 projects*. San Francisco: No Starch Press, 2013. ISBN 978-1-59327-448-1.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Mach, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce: **20. listopadu 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2024**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. prosince 2023

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem práce je návrh průzkumného vozidla s vhodným sensorickým systémem, jež bude schopen snímat, zobrazovat a zaznamenávat různé veličiny společně s obrazem v daném prostředí pro zpětnou analýzu dat. Vozidlo bude ovládáno dálkově pomocí pákového vysílače a mobilního zařízení, pomocí kterého bude zobrazován obraz z kamerového systému vozidla v reálném čase. Jednotlivé senzory a pohybový systém budou naprogramovány prostřednictvím vývojové platformy Arduino. Vytvořené průzkumné vozidlo bude následně testováno v reálném prostředí.

Klíčová slova: průzkumné vozidlo, sensorický systém, krizové situace, Arduino

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis is to design a reconnaissance vehicle with a suitable sensor system that will be able to sense, display and record various variables along with the image in a given environment for subsequent data analysis. The vehicle will be remotely controlled using a lever transmitter and mobile device, which will be used to display the real-time image from the vehicle's camera system. The individual sensors and the motion system will be programmed via the Arduino development platform. The developed reconnaissance vehicle will then be tested in a real environment.

Keywords: reconnaissance vehicle, sensor system, crisis situations, Arduino

Touto cestou bych ráda poděkovala své rodině a všem svým blízkým, kteří mě v průběhu psaní diplomové práce neustále podporovali, povzbuzovali a především motivovali.

Nejvíce bych však chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Václavu Machovi, PhD. za věnovaný čas, ochotu a také trpělivost. Rovněž bych mu chtěla velice poděkovat za všechny poskytnuté cenné rady a zkušenosti, které mi byly obrovskou pomocí při zpracovávání této diplomové práce.

„Vzdělání je to, co nám zůstane, když zapomeneme všechno, co jsme se naučili ve škole.“

— Karel Čapek

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 OCHRANA OBYVATELSTVA	10
1.1 MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST, KRIZOVÁ SITUACE A KRIZOVÝ STAV	11
1.1.1 Mimořádná událost.....	11
1.1.2 Krizová situace.....	11
1.1.3 Krizový stav	12
1.2 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM.....	14
1.2.1 Rozdělení integrovaného záchranného systému	14
1.3 PRŮZKUMNÉ PROSTŘEDKY A JEJICH POUŽITÍ V KRIZOVÝCH SITUACÍCH	15
1.3.1 Vzdušné bezpilotní prostředky.....	16
1.3.2 Pozemní bezpilotní průzkum.....	16
2 TECHNICKE VYBAVENÍ PRŮZKUMNÉHO VOZIDLA	18
2.1 PODVOZEK	18
2.2 ZDROJ ENERGIE	19
2.3 SENZORY	20
2.3.1 Senzory vzdálenosti a detekce překážek	21
2.3.2 Senzory měření teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku	21
2.3.3 Senzory kvality vzduchu	22
2.4 PŘENOS VIDEA.....	23
2.4.1 Pohyblivost/otáčivost kamery	23
3 MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ A KOMUNIKACE	24
3.1 OVLÁDÁNÍ POMOCÍ DÁLKOVÉHO OVLADAČE.....	24
3.2 OVLÁDÁNÍ POMOCÍ MOBILNÍHO TELEFONU	24
3.2.1 Wi-Fi	25
3.2.2 GPRS/GSM (SIM karta)	26
3.2.3 GPS	26
4 VÝVOJOVÁ PLATFORMA ARDUINO	28
4.1 HARDWARE	28
4.2 PROGRAMOVÁNÍ.....	29
4.3 KOMUNIKACE.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 VÝBĚR VHODNÉHO TYPU VOZIDLA A JEHO SOUČÁSTÍ	33
5.1 PODVOZEK	33
5.2 ZÁKLADNÍ DESKA.....	34
5.3 POHON.....	35
5.4 ZDROJ ENERGIE	36
5.5 KAMERA.....	37
5.6 SENZORY	38
5.7 OSTATNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ	39
6 KOMUNIKAČNÍ ROZHŘANÍ	42

6.1	OVLÁDÁNÍ MOTORŮ	42
6.2	OVLÁDÁNÍ KAMERY	44
6.3	KOMUNIKACE SE SENZORY	45
6.4	KOMUNIKACE POMOCÍ WI-FI	47
7	SESTAVENÍ NAVRŽENÉHO MODELU VOZIDLA	50
8	MOŽNOSTI PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ	54
8.1	PODPORA INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU	54
8.1.1	Výpomoc během živelních pohrom	54
8.1.2	Záchranné mise	55
8.1.3	Kontrola oblastí pro HZS	55
8.1.4	Detekce seismických otřesů	56
8.2	SKLADOVÁNÍ A MONITOROVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK	56
8.2.1	Monitorování průmyslových oblastí	57
8.2.2	Detekce plynů/látek nebezpečných pro člověka	58
8.2.3	Rutinní prohlídky a kontrola skladovaných tlakových lahví	59
8.2.4	Lokální dlouhodobé měření nebezpečných látek	59
8.3	MOBILNÍ MONITOROVÁNÍ PROSTOR	60
8.3.1	Monitorování přehrad, vojenských komplexů a soukromých prostor	60
8.3.2	Monitorování těžce dostupného terénu	61
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK	72

ÚVOD

V dnešní době se mimořádné události, jako jsou přírodní katastrofy, nehody nebo místní havárie, stávají stále častějšími a nebezpečnějšími situacemi, které vyžadují rychlé a efektivní řešení. V těchto kritických situacích je klíčové disponovat vhodnými prostředky a technologiemi umožňující rychlou a přesnou analýzu zasažené oblasti a poskytnutí nezbytné pomoci.

Diplomová práce je zaměřena na návrh a implementaci průzkumného vozidla s využitím senzorického systému a dálkového ovládání pro efektivní využití během mimořádných událostí. Tato vozidla se stávají nedílnou součástí moderních intervenčních strategií a pomáhají zvyšovat efektivitu a bezpečnost záchranných operací.

Hlavním cílem této práce je navrhnout průzkumné vozidlo vybavené širokou škálou senzorů, které umožní sběr důležitých dat a informací ze zasažené oblasti. Tato data budou následně zpracována a analyzována, což poskytne záchranářům důležité informace pro koordinaci a plánování záchranných akcí.

Základem teoretické části je objasnění pojmů týkajících se ochrany obyvatelstva (Kapitola 1), tj. definování odborných pojmů, jako jsou mimořádná událost, krizová situace a krizový stav. V Kapitole 2 jsou následně popsány komponenty a součásti, které je vhodné při návrhu průzkumného vozidla využít. Zde se jedná především o vhodný podvozek společně s motory, zdroj energie, přenos videa a samozřejmě senzory, jejichž cílem je snímat hodnoty v monitorované oblasti. V Kapitole 3 je pozornost věnována především způsobu komunikace a možnostem ovládání vozidla pro docílení co nejjednodušší manipulace s průzkumným vozidlem. Poslední kapitola v teoretické části (Kapitola 4) je zaměřena na vývojovou platformu Arduino a jeho hardware.

Praktická část je již zaměřena na samotný návrh průzkumného vozidla a možnosti jeho využití. Kapitola 5 popisuje veškeré komponenty, které jsou na průzkumném vozidle implementovány. V následující kapitole (Kapitola 6) je již podrobně popsána komunikace mezi jednotlivými komponenty doplněna o podrobné schémata jejich zapojení. Kapitola 7 poté popisuje podrobný popis jednotlivých kroků sestavení vozidla do finální podoby. Jelikož se jedná o průzkumné vozidlo, je Kapitola 8 věnována situacím, ve kterých je možno vozidlo využít a zefektivnit tak záchranné či rutinní práce.

Tato práce je především zaměřena na možnosti využití průzkumného vozidla při mimořádných událostech a jeho schopnosti pomáhat záchranným týmům při rychlém a efektivním zjišťování stavu postižených oblastí, identifikaci potenciálního nebezpečí a detekci osob v monitorované oblasti. Navržené průzkumné vozidlo má potenciál stát se důležitým nástrojem během vzniku mimořádných událostí a záchranných operací, přispívající k ochraně lidských životů a minimalizaci škod na majetku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OCHRANA OBYVATELSTVA

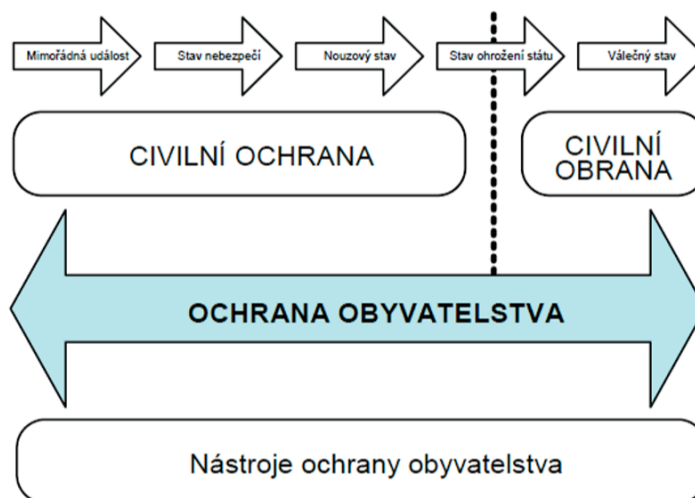
Ochranu obyvatelstva je možné chápat jako souhrn činností, které jsou potřeba podniknout pro minimalizaci negativních dopadů vyvolaných mimořádnou událostí či krizovou situací, jež mohou mít dopad na život a zdraví osob, majetek či životní prostředí. [1], [2]

Jedná se především o multioborovou disciplínu zabývající se nejen úkoly civilní ochrany, jako je například evakuace obyvatelstva, varování obyvatelstva či zajištění jejich nouzového ukrytí a přežití. Úkol ochrany obyvatelstva je mnohonásobně větší. Jde o „*soubor činností a úkolů odpovědných orgánů veřejné správy, PaPFO a také občanů, které vedou k zabezpečení ochrany života, zdraví, majetku a životního prostředí, v souladu s platnými právními předpisy*“ [3].

Ochranu obyvatelstva je úzce spjata i s pojmy **civilní ochrana** a **civilní obrana**. Na obrázku (Obr. 1) je možné vidět jejich vzájemné vazby.

Civilní ochrana znázorňuje „*souhrn činností a postupů věcně příslušných orgánů a dalších zainteresovaných orgánů, organizací, složek a obyvatelstva, prováděných s cílem minimalizace negativních dopadů možných mimořádných událostí a krizových situací na zdraví a životy lidí a jejich životní podmínky*“ [3].

Na druhou stranu, **civilní obrana** zahrnuje vykonávání humanitárních činností a úkonů, jejichž cílem je chránit civilní obyvatelstvo před možnými hrozbami a nebezpečím, pomáhat obyvatelstvu překonat následky potenciálních nepřátelských akcí či pohrom a vytvářet podmínky, které jsou nezbytné pro jejich přežití. [2], [3]



Obrázek 1. Vztah ochrany obyvatelstva, civilní ochrany a civilní obrany [3]

1.1 Mimořádná událost, krizová situace a krizový stav

Jak je již zmíněno v kapitole výše, pojmy krizová situace a mimořádná událost jsou nedílnou součástí ochrany obyvatelstva.

1.1.1 Mimořádná událost

V případě **mimořádné události** (dále MU) se dle Zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů [4], pojem definuje jako „*škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací*“.

Na základě rozsahu působení MU se vyhláší 4 stupně poplachu:

- *První stupeň poplachu* bývá vyhlášován v případě, kdy jsou díky MU ohroženy jednotky osob, konkrétní objekt, popř. jeho část, s výjimkou případné komplikace pro zásah, jednotlivé dopravní prostředky nebo oblast o rozloze do 500 m².
- *Druhý stupeň poplachu* vzniká tehdy, když je ohroženo maximálně 100 osob, více než jeden objekt, kde jsou komplikované podmínky pro zásah, jednotlivé dopravní prostředky, cenný chov zvířat nebo oblast o rozloze do 10 000 m².
- *Třetí stupeň poplachu* je vyhlášen v případě, kdy MU představuje hrozbu pro více než 1 000 osob, část obce nebo areál podniku, soupravy železniční dopravy, několik chovů hospodářských zvířat, plochy území do 1 km², povodí řek, produktovou, jde o hromadnou havárii v silniční dopravě nebo o havárii v letecké dopravě.
- *Zvláštní stupeň poplachu* je vyhlášován v případě, kdy MU ohrožuje více než 1 000 osob, celé obce, popř. území přesahující 1 km². [3]

1.1.2 Krizová situace

Krizovou situaci (dále jako KS) následně definuje Zákon č. 240/2000, o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). Právě díky krizové situaci se následně vyhláší jeden ze čtyř krizových stavů. Proto je krizová situace definována jako „*mimořádná událost podle zákona o IZS, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu (dále jen „krizový stav“)*“ [5].

V dnešní době existuje 23 krizových situací, které projednala a schválila bezpečnostní rada státu. Ke každé krizové situaci BRS následně přidělila kompetence jednotlivým ministerstvům, jež byly a stále jsou zodpovědné za zpracování, popřípadě aktualizaci typových plánů. Mezi příklady krizových situací patří například [3]:

1. Povodně velkého rozsahu
2. Jiné živelní pohromy velkého rozsahu, mimo typu krizové situace č. 1–3, jako např. rozsáhlé lesní požáry, sněhové kalamity, vichřice, sesuvy půdy, zemětřesení apod.
3. Radiační havárie
4. Havárie velkého rozsahu způsobená vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky
5. Jiné technické a technologické havárie velkého rozsahu – požáry, exploze, destrukce nadzemních a podzemních částí staveb
6. Narušení dodávek léčiv a zdravotnického materiálu velkého rozsahu
7. Migrační vlny velkého rozsahu
8. Hromadné postižení osob mimo epidemií – řešení následků včetně hygienických a dalších režimů

Pro potřeby této práce jsou však důležité především krizové situace *Jiné živelní pohromy velkého rozsahu, mimo typu krizové situace č. 1–3, jako např. rozsáhlé lesní požáry, sněhové kalamity, vichřice, sesuvy půdy, zemětřesení apod. a radiační havárie* z důvodu možnosti využití a monitorování prostředí pomocí průzkumného vozidla.

Je nutno mít na paměti, že mimořádnou událost lze odvrátit prostřednictvím běžné činnosti orgánů veřejné moci, ozbrojených sil a popřípadě pomocí ozbrojených bezpečnostních zdrojů, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb, PaPFO, kdy jejich pravomoci vymezuje stanovený zákon [6]. V případě, že mimořádnou událost nelze odvrátit výše uvedenými složkami a je potřeba využití mimořádných pravomocí, jedná se o krizovou situaci, pomocí které je následně vyhlášen jeden z krizových stavů [6].

1.1.3 Krizový stav

Co se týče **krizového stavu**, jedná se o právní kategorii. KS je vyhlášen v případě hrozby vzniku krizové situace a v přímé závislosti na jejím charakteru a rozsahu. KS je vyhlášen buď parlamentem ČR, hejtmanem nebo primátorem, případně vládou ČR. [7]

K vyhlášení krizového stavu slouží následující zákony:

- zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon),
- ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky,
- ústavní zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky. [8]

Právě výše zmíněné zákony rozhodují o tom, jaký krizový stav bude vyhlášen, a to na základě parametrů, které jsou uvedené v Tabulce 1.

Tabulka 1. Popis krizových stavů [vlastní zpracování dle [8]]

Stav nebezpečí	
Právní předpis	§ 3 zákona č. 240/2000 Sb.
Důvod	Jsou-li ohroženy životy, zdraví, majetek či životní prostředí, a intenzita ohrožení nedosahuje značného rozsahu a není možné ji odvrátit běžnou činností správních orgánů, orgánů kraje a obcí, pomocí složek IZS, popř. subjektů kritické infrastruktury.
Vyhlašující orgán	Hejtman kraje (primátor hl. m.)
Území	Celé území kraje nebo jeho část
Doba trvání	Nejvýše 30 dnů (prodloužení se souhlasem vlády)
Nouzový stav	
Právní předpis	čl. 5 ústavního zákona č. 110/1998 Sb.
Důvod	Jsou-li značně ohroženy životy, zdraví, majetek, životní prostředí anebo vnitřní pořádek a bezpečnost, a to prostřednictvím živelních pohrom, ekologických nebo průmyslových havárií, popřípadě jiného nebezpečí.
Vyhlašující orgán	Vláda ČR
Území	Celý stát, omezené území státu
Doba trvání	Nejvýše 30 dnů (prodloužení se souhlasem Poslanecké sněmovny)
Stav ohrožení státu	
Právní předpis	čl. 7 ústavního zákona č. 110/1998 Sb.
Důvod	Je-li bezprostředně ohrožena svrchovanost nebo územní celistvost státu anebo jeho demokratické základy.
Vyhlašující orgán	Parlament na návrh vlády
Území	Celý stát, omezené území státu
Doba trvání	Není omezena
Válečný stav	
Právní předpis	čl. 43 ústavního zákona č. 1/1993 Sb.

Důvod	Je-li napadena ČR nebo je-li třeba plnit mezinárodní smluvní závazky o společné obraně proti napadení.
Vyhlašující orgán	Parlament
Území	Celý stát
Doba trvání	Není omezena

1.2 Integrovaný záchranný systém

Integrovaný záchranný systém (dále jako IZS) je definován zákonem č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. Dle zákona se jedná o „*koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací*“ [9]. Jednoduše lze říci, že se jedná o koordinovaný systém při záchranných a likvidačních pracích a stanovení působnosti jednotlivých složek IZS. IZS se využije, jakmile MU nabyde takového rozsahu, že je potřeba zapojení záchranných a likvidačních prací s využitím alespoň dvou a více složek. [2], [10]

1.2.1 Rozdělení integrovaného záchranného systému

Integrovaný záchranný systém je možné rozdělit na dvě složky, a to na základní složky IZS a ostatní složky IZS.

Mezi základní složky IZS patří:

- hasičský záchranný sbor ČR – hlavní složka IZS,
- jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany,
- zdravotnická záchranná služba,
- policie České republiky. [10], [11]

Základní složky IZS jsou k dispozici nepřetržitě. Pokud je nahlášena mimořádná událost, dochází k rozmístění jednotlivých složek dle potřeby – na území České republiky. Z řad základních složek IZS, většinou z HZS, je zvolen velitel zásahu, který je zodpovědný za koordinaci jednotlivých složek IZS. [11]

Ostatní složky IZS jsou:

- vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil,
- obecní policie,
- orgány ochrany veřejného zdraví,

- ostatní bezpečnostní sbory,
- orgány ochrany veřejného zdraví,
- havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby,
- nařízení civilní ochrany,
- neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím. [10], [11]

V případě ostatních složek se jedná o dodatečnou pomoc, kterou si základní složky IZS vyžadají dle potřeby a závažnosti MU. Může se jednat především o pomoc během likvidačních či záchranných prací. [11]

Postup zasažení složek IZS při záchranných či likvidačních prací je stanoven na základě jednotlivých typových činností. Ty jsou zpracovány dle vyhlášky č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému [12]. Příklady typových činností jsou:

- STČ 01/IZS Špinavá bomba,
- STČ 02/IZS Demonstrování úmyslu sebevraždy,
- STČ 03/IZS Hrozba použití NVS nebo nález NVS, podezřelého předmětu, munice, výbušnin a výbušných předmětů,
- STČ 04/IZS Zásah složek IZS u mimořádné události Letecká nehoda,
- STČ 05/IZS Nález předmětu s podezřením na přítomnost B-agens nebo toxinů,
- STČ 07/IZS Záchrana pohřešovaných osob-pátrací akce v terénu,
- STČ 08/IZS Dopravní nehoda,
- STČ 13/IZS Reakce na chemický útok v metru,
- STČ 17B/IZS Nález nelegálního skladu nebezpečných látek a odpadů,
- aj. [12]

1.3 Průzkumné prostředky a jejich použití v krizových situacích

V případě vzniku krizové situace a v oblastech, kde není možné nasazení základních a ostatních složek IZS, je možné využít průzkumných prostředků, ať už vzdušného bezpilotního průzkumného vozidla, nebo za pomoci pozemního průzkumného vozidla.

1.3.1 Vzdušné bezpilotní prostředky

Jelikož se jedná o bezpilotní prostředky, je jejich ovládání realizováno dálkově nebo automaticky. V případě vzdušného prostředku se jedná o integrovaný systém, kde jsou propojeny různé letové vlastnosti společně se snímacími senzory a jinými prostředky zabezpečení. Aby byly vzdušné prostředky efektivní, je potřeba dbát na několik základních požadavků:

- zajištění dostatečné doby letu, aby měl prostředek k dispozici dostatečné množství času k hlídkování a prozkoumávání okolí,
- efektivně rozpoznávat a klasifikovat nalezené cíle,
- přesnost při určování polohy, přibližně 20-50 metrů,
- nízká hlučnost,
- vysoká spolehlivost. [13]

V praxi je možné se setkat s bezpilotními prostředky POINTER, HUNTER, MAE, OUTRIDER, SAGEM, CRECERELLE, CL-327 a dalšími. [13]

1.3.2 Pozemní bezpilotní průzkum

U pozemních průzkumných prostředků se taktéž jedná o bezpilotní prostředky, které jsou ovládány pomocí dálkového zařízení, popřípadě automaticky. Zde se však jedná o prostředky bez letových vlastností, takže se mohou pohybovat pouze po zemském povrchu. Z tohoto důvodu se velmi často využívají terénní vozidla, která zvládnou i náročnější terény, například jízdu v lese, bahně nebo například po sněhu. Tato vozidla mají velmi často k dispozici různé bezpečnostní senzory a využívají se především ve vojenské sféře.

V případě pozemního průzkumu se velmi často používají především pilotní průzkumné obrněné vojenské prostředky, jako je například PANDUR nebo Sněžka-M. [14]

Mezi pozemní bezpilotní průzkumná vozidla však lze zařadit i automatizovaný bezosádkový průzkumný pozemní prostředek UGV-Pz nebo mobilní monitorovací box MMBS. [14]

Samotné dálkově ovládané prostředky, ať už letecké nebo pozemní, mohou být v praxi použity v několika situacích. Může se jednat o monitorování či průzkum prostor a oblastí, kde aktuálně není možnost přístupu osob (jedná se o potenciálně nebezpečné prostředí). Ve většině případů musí mít ale prostředky k dispozici bezbariérový přístup – prostor by například neměl obsahovat uzamykatelné dveře bez možnosti vzdáleného otevření. Dále je možné

průzkumné prostředky použít v případě válečného stavu, kdy je díky leteckým prostředkům, např. dronům, nebo průzkumným pozemním vozidlům, monitorována daná oblast a případné vyhodnocení míry nebezpečí. Nicméně, tato průzkumná zařízení mohou být využita i k jednoduchým činnostem, jako je například snímání ovzduší, jež může být narušeno plyny či jinými toxickými látkami a může tak dojít ke znečištění, popřípadě ohrožení životního prostředí.

2 TECHNICKÉ VYBAVENÍ PRŮZKUMNÉHO VOZIDLA

Malé průzkumné vozidlo, jehož hlavním účelem je průzkum prostředí v krizových situacích, by mělo mít k dispozici robustní a odolný podvozek, a to především z důvodu pohybu v různých a složitých terénech. Právě i kvůli složitosti terénu by mělo vozidlo disponovat vhodně optimalizovaným zdrojem energie a jeho dlouhou výdrží. Jelikož je vozidlo primárně určeno pro monitorování a sbírání dat v různých prostředích, je nutno vozidlo vybavit různými druhy senzorů. Vždy je však potřeba mít na paměti primární využití průzkumného vozidla a zbytečně jej nepřehlcovat senzory, které by ve finále nebyly využity. Vhodnými senzory ke sbírání dat tak mohou být například senzory teploty, vlhkosti, plynu nebo tlaku. Nesmí se však zapomenout ani na efektivní komunikační systém zajišťující přenos nasbíraných dat mezi vozidlem a operátorem na velké vzdálenosti a v různých podmínkách. Důležitou součástí systému by měl být i přenos živého videa při vzdáleném ovládní vozidla v terénu. V tomto případě by měla být využita kamera s nízkou latencí umožňující živý přenos na různých zařízeních, např. telefonu, laptopu či tabletu.

2.1 Podvozek

Nedílnou součástí technického vybavení průzkumného vozidla je právě podvozek, kterých je k dispozici opravdu mnoho. Je však potřeba dbát na výběr vhodného podvozku, který bude splňovat všechna důležitá kritéria. Může se jednat například o velikost podvozku, potřebné množství motorů, počet kol, ovládací funkce, otáčivost osy aj.

Hlavním úkolem podvozku je udržování strukturální integrity, což znamená schopnost podvozku zachovávat svou pevnost, stabilitu a odolnost během provozu při zátěži. Pevnost podvozku je důležitá především pro zvládní vibrací, popř. jiných sil, které mohou při provozu nastat. Je potřeba dbát i na lehkost podvozku, která zajišťuje plynulost ovládní a jeho optimální rychlost. [15]

Mezi jedny z nejčastějších typů podvozků u dálkově ovládaných vozidel patří především podvozky s žebříkovým rámem, monokokové podvozky a vanové podvozky. Typy podvozků se liší především jejich konstrukcí a funkcemi zajišťující základní vlastnosti vozidel, jako je např. tuhost, lehkost nebo rychlost. [15]

- **Podvozek s žebříkovým rámem** – Jedná se o klasický model podvozku, který je vyroben z kovových nosníků spojených dohromady. Podvozek má pevnou kostru, což může zapříčinit vyšší hmotnost.

- **Monokokový podvozek** – Konstrukce podvozku je jednodílná, což zajišťuje nižší hmotnost a vyšší tuhost.
- **Vanový podvozek** – Tento typ podvozku disponuje plochou základnou s vyvýšenými boky. Vnitřní součástky jsou chráněny před vnějšími vlivy. [15]

Aby podvozek splňoval jednotlivá kritéria, je potřeba dbát i na materiál, ze kterého je případný podvozek vyroben. Ve většině případů se jedná o následující materiály:

- **Plast** – V případě plastového podvozku se jedná o cenově dostupné řešení. Plastový materiál činí konstrukci podvozku lehkou, avšak méně odolnou vůči vnějším vlivům.
- **Kov (hliník, ocel, titan)** – Tento typ materiálu se používá především pro závodní či terénní vozidla, kde je potřeba vyšší odolnosti podvozku. Konstrukce je však těžší, což může mít za následek nižší rychlost a horší ovladatelnost.
- **Uhlíková vlákna** – Jelikož uhlíková vlákna přinášejí mnoho pozitivních vlastností pro vozidlo, jako jsou například lehkost a pevnost vozidla, jedná se o cenově dražší variantu. Podvozek z uhlíkových vláken zajišťuje vysokou výkonost vozidel. [15]

V praxi je možné se velmi často setkat se čtyřkolovým podvozkem, který má k dispozici dvě možnosti otáčivosti osy. Může se tak jednat o čtyřkolový podvozek disponující jedním párem kol bez pevné osy otáčení, nebo se může jednat o čtyřkolový podvozek, kde všechna čtyři kola mají pevnou osu otáčení, což znamená, že se vozidlo může otáčet na místě. Existují však i podvozky se šesti nebo více koly, která jsou určena především pro speciální účely nebo náročnější terén, jako jsou bažiny, skalnaté svahy nebo také písek. [16]

2.2 Zdroj energie

V případě dálkově ovládaných vozidel se nejčastěji jako zdroj energie využívá baterie NiMH nebo LiPol. Jelikož každá z baterií disponuje jinými vlastnostmi, je potřeba vždy zvážit, k čemu bude baterie použita a která se jeví jako vhodnější varianta.

NiMH (nikl-metal hydridové baterie) je dobíjecí baterie s kladnou elektrodou z hydroxidu niklu a zápornou elektrodou z hydridu kovu. Je často využívána u elektrických zařízení vyžadující velké množství energie. NiMH baterie byly vyrobeny jako vylepšená a ekologická přívětivější varianta baterií NiCd (nikl-kadmiových). Hlavní výhodou těchto baterií je jejich vysoký životní cyklus, čímž se stávají šetrnějšími k životnímu prostředí. Jejich životnost však činí přibližně 5 let. U NiMH baterií je možné se setkat s tzv. paměťovým efektem. To

znamená, že pokud není baterie zcela vybitá před jejím dalším nabíjením, ztrácí svou kapacitu. [17], [18], [19]

LiPol (lithium-polymerové baterie) baterie se využívají v různých odvětvích. Může se jednat například o spotřební elektroniku, drony, nebo i dálkově ovládané RC modely (vozidla, letadla), popřípadě elektrická vozidla. Jako výše uvedené NiMH baterie, jsou i LiPol baterie dobíjecí. Tyto baterie jsou známy jejich vysokou hustotou energie, což znamená, že jsou schopny dlouhodobého provozu a uchovávat větší množství energie. Oproti NiMH bateriím mají LiPol baterie o dost menší životnost. K těmto bateriím se také pojí vyšší riziko požáru, popř. jiného nebezpečí, a to především v případě, kdy není s baterií vhodně zacházeno. Je tedy potřeba věnovat LiPol bateriím zvláštní péči při nabíjení, vybití a skladování. [17]

Hlavní rozdíly a základní parametry baterií NiMH a LiPol je možné vyčíst z tabulky (Tabulka 2) níže:

Tabulka 2. Základní rozdíly mezi NiMH a LiPol bateriemi [17]

Kritéria	NiMH baterie	LiPol baterie
Energetická hustota	Nižší hustota energie	Vyšší hustota energie
Napětí	Jmenovité napětí 1,2 V na jeden článek	Jmenovité napětí 3,7 V na jeden článek
Rychlost vybíjení	Nižší rychlost vybíjení	Vyšší rychlost vybíjení
Nabíjecí cykly	500-1000 cyklů	200-300 cyklů
Samovybíjení	Vyšší míra samovybíjení	Nižší míra samovybíjení
Paměťový efekt	Vyšší náchylnost k paměťovému efektu	Bez paměťového efektu
Bezpečnost	Méně citlivé na nesprávné zacházení	Citlivější, vyžaduje opatrnost

2.3 Senzory

Jak je již zmíněno v Kapitole 2, průzkumné vozidlo by mělo být vybaveno širokou škálou senzorů umožňujících sběr důležitých dat. Je však potřeba mít na paměti, že průzkumné vozidlo by mělo disponovat pouze takovými senzory, které najdou v případě krizových situací reálného využití. Senzory, které se mohou na průzkumném vozidle objevovat, jsou například senzory měření nebezpečných látek a plynů v ovzduší. Kromě těchto senzorů by měly být na vozidle nainstalovány i jednodušší senzory, mezi které spadají například senzory měření

teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku, jež poskytnou důležité údaje pro analýzu aktuální situace v daném prostředí a případnou reakci. Tyto senzory by měly být navrženy tak, aby při monitorování prostředí a sbírání samotných dat docházelo k co možná nejspolehlivějším a nejpřesnějším výsledkům, a aby byly schopny pracovat v různých podmínkách a prostředích, která mohou být při krizových situacích často extrémní.

2.3.1 Senzory vzdálenosti a detekce překážek

Jelikož se vozidlo velmi často pohybuje v prostředí disponujícím různými překážkami, například kameny, klacky, popadanými stromy, pařezy, není v silách průzkumného vozidla všechny tyto překážky bez problému přejet. Proto je v případě malého průzkumného vozidla vhodné využít kombinaci různých typů senzorů, které jsou schopny měřit vzdálenost a detekovat překážky. Právě pro tyto účely se často využívají ultrazvukové senzory.

Ultrazvukové senzory jsou vhodnou variantou pro měření vzdálenosti objektů od senzoru v blízkém rozsahu a jsou účinné pro detekci překážek a různých předmětů v okolí vozidla. Jsou ideální pro detekci překážek ve statických prostředích nebo ve stabilních situacích. [21]

Ultrazvukový senzor kompatibilní s platformou Arduino je zařízení vysílající krátké vysokofrekvenční zvukové impulzy šířící se vzduchem pomocí ultrazvukového přijímače a vysílače. Pomocí vysílaných krátkých zvukových impulzů dochází k měření doby signálu odraženého od v prostoru umístěného tělesa. Naměřená doba je následně převedena na odhadovanou vzdálenost k objektu. Dosah ultrazvukového senzoru činí přibližně 4 metry. [20], [21]

2.3.2 Senzory měření teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku

Senzory měření teploty, vlhkosti vzduchu a tlaku jsou klíčovými prvky vybavení průzkumného vozidla určeného pro monitorování prostředí v případě krizových situací. Právě tyto senzory umožňují uživatelům vozidla včas detekovat různé anomálie v prostředí a připravit se tak na případný zásah. Například senzory měření teploty mohou detekovat náhlé zvýšení teploty, čímž je možné detekovat případný požár, popřípadě extrémní teploty. Díky senzorům měření teploty je možné předejít šíření požáru a zamezit tak případným škodám.

V případě využití senzorů měření vlhkosti vzduchu dochází k analýze a identifikaci hrozeb spojených se zvýšeným či sníženým indexem vlhkosti vzduchu. U zvýšené vlhkosti vzduchu velmi často dochází k vyššímu výskytu plísní, což má negativní vliv nejen na zdraví člověka, ale i životní prostředí [22]. Nízká vlhkost může taktéž způsobit závažné problémy z hlediska lidského zdraví [23]. Senzory vlhkosti vzduchu se tak využívají právě pro signalizaci

přítomnosti vody nebo páry, čímž může dojít ke včasné prevenci v případě povodní či výbuchu par.

Senzorické měření tlaku může pomoci při detekci změn v atmosférickém tlaku. Díky senzoru tlaku je možné získávat informace o změnách počasí (např. bouřky, extrémní větrné podmínky, ...).

Integrovaní těchto senzorů do průzkumného vozidla umožňuje real-time monitorování prostředí a přispívá k lepšímu porozumění situaci v krizových oblastech, což zvyšuje efektivitu a bezpečnost průzkumných operací.

Pro měření teploty a vlhkosti vzduchu jsou velmi často používané senzory DHT11 a DHT22. V případě měření atmosférického tlaku je možné se na trhu setkat se senzory BMP180 a BMP280. Zmíněné typy senzorů lze jednoduše propojit s platformou Arduino a využít je pro sběr a zpracování dat o monitorovaném prostředí. [24]

2.3.3 Senzory kvality vzduchu

Senzor kvality ovzduší je cenným nástrojem pro průzkumné vozidlo, a to především z hlediska monitorování vnějšího ovzduší, které může negativně ovlivnit jak lidské zdraví, tak i životní prostředí. [25]

Tento senzor je schopen detekovat a měřit úroveň různých nebezpečných látek, jako je například oxid uhelnatý (CO), oxid dusičitý (NO₂), oxid siřičitý (SO), a látky organických sloučenin (tzv. TVOC) ve vzduchu [25]. Senzor kvality ovzduší dokáže poskytnout důležité informace o situaci v daném prostředí, jeho bezpečnosti a případných hrozeb, jež budou vycházet z analyzovaných dat.

Na trhu se vyskytuje několik senzorů kvality ovzduší, které lze integrovat s průzkumným vozidlem. Mezi nejčastěji využívaný senzor patří CCS811 umožňující monitorovat vzduch v reálném čase a identifikovat tak potenciálně nebezpečné situace, jako jsou požáry, úniky plynu nebo chemické znečištění. Tento senzor je často doplněn o senzor teploty, tlaku a vlhkosti, čímž umožňuje efektivní monitorování prostředí v případě krizové situace a přispívá tak ke zvyšování bezpečnosti. [26], [27]

2.4 Přenos videa

Pro průzkumné vozidlo je důležitým prvkem přenos videa umožňující operátorům v reálném čase monitorovat prostředí z bezpečné vzdálenosti. Video taktéž slouží pro pohodlné dálkové ovládání vozidla. Pro tento účel mohou být využity vývojové desky ESP32-CAM poskytující živý obraz [28]. Jedná se o kamerový modul OV2640 s rozlišením 2MP [28]. Tyto kamery jsou obvykle malé, lehké a cenově dostupné, což umožňuje snadnou integraci do průzkumných systémů s omezenými zdroji. Modul dále podporuje přenos dat a komunikaci přes Wi-Fi nebo Bluetooth a kompatibilitu s paměťovou kartou MicroSD [29].

Termokamery jsou dalším užitečným prvkem pro průzkumné vozidlo, především při průzkumu v noci nebo v prostředí s omezenou viditelností. Pomocí termálního senzoru (termokamery) se detekuje přítomnost tepla a jeho rozdíly v daném prostředí [30]. Termokamera následně poskytne obraz, který je založen na infračerveném záření. Mezi nejčastější termokameru – relativně malou a levně dostupnou variantu patří Panasonic AMG8833 8x8 GridEYE senzor, který je kompatibilní i s platformou Arduino [30]. Díky termokamerám je možné identifikovat potenciální ohniska požáru nebo například osoby v monitorované oblasti.

2.4.1 Pohyblivost/otáčivost kamery

Pro zajištění vysoké efektivity a zvýšení flexibility při monitorování prostředí průzkumným vozidlem je důležité zajistit otáčivost kamery. Schopnost otáčení kamery umožňuje uživatelům získat obraz z různých úhlů pohledu, což umožňuje snadněji monitorovat prostředí a případné překážky. Právě díky otáčivosti kamery lze průzkumné vozidlo jednoduše ovládat vzdáleně přes mobilní zařízení (např. obrazovka mobilního telefonu, tabletu, počítače), čímž je možné jednoduše reagovat na různé situace v reálném čase [31].

Otáčivost kamery je docílena pomocí servomotorů umístěných na otočné základně, které jsou ovládány prostřednictvím platformy Arduino. Servomotory poskytují možnost přesného ovládání polohy kamery dle programových instrukcí, jež jsou uvedeny právě v Arduinu [31].

3 MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ A KOMUNIKACE

Ovládání průzkumného vozidla je možné řešit mnoha způsoby. Mezi nejčastější a nejnadanější řešení se řadí využití dálkového ovladače pracujícího na frekvenci 2,4 GHz [32]. Tato frekvence umožňuje dlouhý dosah signálu a stabilní ovládání vozidla i v prostředí s vyšším množstvím rádiových signálů, což je zásadní pro spolehlivou komunikaci mezi ovladačem a průzkumným vozidlem.

Aby bylo ovládání co nejpohodlnější, je vhodné využít i ovládání prostřednictvím mobilního telefonu, na kterém je možné zobrazovat živý přenos kamery, popřípadě další možné funkce, jako je zobrazování naměřených hodnot. V tomto případě se často využívá k propojení mobilní síť, která umožňuje ovládání vozidla na větší vzdálenosti.

Kombinaci ovládání vozidla pomocí pákového ovladače a mobilního telefonu lze nazývat jako „hybridní způsob ovládání“. V případě hybridního způsobu dochází k pohodlnějšímu ovládání průzkumného vozidla a maximálního využití funkcí, které má průzkumné vozidlo k dispozici.

3.1 Ovládání pomocí dálkového ovladače

V případě průzkumných vozidel je možné se setkat s RC (radio control) technologií umožňující dálkové ovládání pomocí rádiových signálů. V případě RC vozidel se pro dálkové ovládání vozidel často využívá právě Fly Sky FS-i6. Jedná se o pákový ovladač, který disponuje jednoduchým ovládáním. Fly Sky FS-i6 funguje a komunikuje s přijímačem FS-iA6 pomocí bezdrátového signálu na frekvenci 2,4 GHz s průměrným dosahem v rozmezí 700-900 m [32]. Dálkový ovladač disponuje ergonomickými ovládacími prvky, jako jsou páčky, tlačítka a přepínače, díky kterým lze snadno a pohodlně průzkumné vozidlo ovládat a případně měnit rychlost jízdy vozidla [32]. Díky vlastnostem, kterými pákový ovladač disponuje a jeho relativně nízkou cenou, je pro řízení průzkumného vozidla vhodnou volbou.

3.2 Ovládání pomocí mobilního telefonu

K ovládání průzkumného vozidla je možné využít i mobilní telefon (chytrý/dotykový telefon). Díky ovládání pomocí mobilního telefonu je možné na obrazovce zobrazovat jednotlivé funkce průzkumného vozidla, mezi které patří například živý přenos z kamery, zobrazování hodnot naměřených pomocí senzorů (např. teplota v dané oblasti, vlhkost vzduchu, popřípadě naměřené plyny), rozsvěcování a zhasínání světel, zvukové či vizuální signalizace

atd. Dotykový telefon je možné využít i na řízení samotného vozidla, a to pomocí jeho displeje. Zde se jedná především o možnost pohybu do různých stran a měnit rychlost pohybu [33]. V případě ovládání pomocí mobilního telefonu je možné řízení a jiné zobrazovací funkce dále rozvíjet a přizpůsobit tak manipulaci s průzkumným vozidlem dle potřeb uživatele.

3.2.1 Wi-Fi

U komunikace přes Wi-Fi existuje mnoho možností, jak efektivně přenášet data mezi průzkumným vozidlem a uživatelem, který vozidlo řídí a ovládá. Nejjednodušším způsobem je vytvoření vlastního webového serveru, pomocí kterého lze sledovat živý přenos z kamery, čímž je možné zjednodušit ovládání vozidla, a také sledovat naměřené hodnoty ze senzorů umístěných na vozidle.

V případě Wi-Fi se jedná o bezdrátovou rádiovou komunikaci, pomocí které je možné se skrz bezdrátové zařízení připojit k internetové síti a oboustranně tak mezi zařízeními komunikovat [34], [35]. Zařízení vysílá rádiové signály na frekvenci 2,4 GHz a 5 GHz [35]. Šířka pásma 2,4 GHz je schopná pokrýt větší oblast pro šíření signálu, přibližně pár set metrů, bohužel kvůli nižší frekvenci je snížena rychlost internetu. U šířky pásma 5 GHz je pokrytí značně nižší, přibližně 60 metrů, ale díky vyšší frekvenci je rychlost internetu velmi vysoká [34].

Komunikace pomocí Wi-Fi je možné aplikovat mnoha způsoby. Díky Wi-Fi je možné bezdrátově přistupovat k internetu pomocí zařízení podporující Wi-Fi. Také je možné přenášet bezdrátově obraz či zvuk, popřípadě různá data, což je v případě využití průzkumného vozidla vhodné pro streamování živého videa z připojené kamery a zobrazování naměřených dat z jednotlivých senzorů [34]. Arduino nabízí vývojové desky, které dokážou vytvořit bezdrátovou Wi-Fi síť. Mezi tyto vývojové desky patří například **Wemos D1 mini s mikrokontrolerem ESP8266** [36].

V případě, že dosah Wi-Fi sítě není dostačující, je možné využít Wi-Fi zesilovače neboli bezdrátové antény. Zesilovač přijímá Wi-Fi signál, který jej následně posílá dál do prostoru s větší silou, čímž je dosaženo zlepšení dosahu a vyšší spolehlivosti signálu [37]. To znamená, že dosah Wi-Fi signálu je možné mnohonásobně zesílit, což je vhodné právě při využití Wi-Fi komunikace u průzkumného vozidla. V tomto případě je vhodné použít **WeMos D1 Mini Pro**, který má k dispozici konektor na externí anténu [36].

3.2.2 GPRS/GSM (SIM karta)

Pro komunikaci s průzkumným vozidlem je možno využít GPRS/GSM, které jsou založeny na technologii rádiové komunikace [38]. V případě této komunikace jsou data přenášena prostřednictvím mobilní sítě daného operátora.

GSM je známa jako digitální mobilní síť, kterou je možné využít téměř po celém světě pracující ve frekvenčním pásmu 900 MHz nebo 1800 MHz [39]. Pro využití mobilní sítě se využívá karta SIM. Díky SIM kartě je možné identifikovat uživatele, ověřovat informace, směřovat hovory a krátké textové zprávy (SMS) a využívat tak i mezinárodní síť operátorů [39]. Není zde však možné připojení k internetu. Proto se GSM používá v kombinaci GPRS.

GPRS je síť s přepojováním paketů a umožňuje tak přímé připojení k internetu. Jedná se o rozšíření GSM sloužící k přijímání a odesílání dat pomocí mobilní sítě [39]. Dochází zde k rychlejšímu přenosu dat než u GSM. GPRS se často používá pro komunikaci mezi různými zařízeními (M2M), jako jsou senzory, či jiná zařízení komunikující prostřednictvím mobilní sítě. Díky této komunikaci je možné vzdáleně ovládat a monitorovat zařízení v reálném čase a sbírat data ze senzorů [38].

Pro výše uvedenou komunikaci se využívá Arduino shield, který se připojuje k desce Arduino. Tento shield obvykle poskytuje GSM/GPRS modul, který umožňuje zařízení připojit se k mobilní síti prostřednictvím mobilního operátora.

3.2.3 GPS

GPS (Global Positioning System) je satelitní radionavigační systém umožňující nepřetržitě určovat polohu, rychlost a čas na libovolném místě na Zemi. Poloha je určována s přesností na metr a čas na 10 nanosekund [40]. Systém využívá družic umístěných ve vesmíru, které vysílají v pravidelných intervalech informace o své poloze a času. Přijímač na Zemi zachytává signály od těchto satelitů a vypočítává tak přesnou polohu uživatele [40].

GPS technologii je možné využít mnoha způsoby. Mezi ty nejčastější využití patří navigace, kterou je možné využívat především v automobilech. Také je možné GPS navigaci využít při outdoorových aktivitách, jako je cyklistika nebo turistika. GPS se často využívá i pro sledování majetku, jako je například vozidlo, kontejnery, sledování osob či dokonce domácích mazlíčků. [41]

S GPS technologií je možné se nejčastěji setkat právě v armádě, pro kterou byl tento systém původně vyvinut. Slouží zde například k určování polohy vojáků, monitorování vozidel

a letadel, dokáže odhalovat případná nebezpečí a vypočítat nejlepší trasu pro cestování [41]. V případě automobilového průmyslu je možné GPS technologii využít pro vypočítání trasy z bodu A do bodu B, určování polohy vozidla a vystopování vozidla v případě jeho odcizení. Také je možné díky GPS sledovat aktuální dopravní situaci na určené trase a případné využití lepších a rychlejších cest [41]. Na stejném principu fungují GPS technologie i v mobilních telefonech/smartphonech, které obsahují přijímače GPS určující polohu telefonu. Při aktivaci této funkce v mobilním telefonu je možné využívat různé mapové a navigační aplikace [41].

Pro průzkumná vozidla je aplikace GPS technologie důležitou součástí, a to z důvodu možnosti určovat polohu vozidla a navigovat jej po cílených trasách. Pokud má vozidlo integrovaný GPS systém, je možné využívat autonomnosti a posílat průzkumné vozidlo po předem určené trase bez potřeby ovládní uživatelem.

4 VÝVOJOVÁ PLATFORMA ARDUINO

Platforma Arduino, založená na open-source neboli otevřeném zdroji, představuje pro mnoho vývojářů uživatelsky jednoduché rozhraní, které je možné využít jak pro osobní využití – pouze pro zábavu, tak i v mnoha výrobních sférách pro implementaci různých senzorních systémů, propojování elektroniky, či pro samotné programování.

Arduino tak představuje open-source platformu, používanou především pro elektroniku, využívající jednoduchou I/O desku. Platforma Arduino je známa pro svou komplexnost. Lze ji tak využít na jakémkoliv operačním systému – Windows, Linux nebo Macintosh. [42]

Arduino je složeno ze dvou hlavních částí, a to ze základní hardwarové desky Arduino a softwaru zvaného Arduino IDE, kde se vytváří návrh programu, který se následně nahrává do základní desky Arduino. [42]

4.1 Hardware

Za hardware Arduina je považována mikrokontrolérová deska, která může být známa i pod názvem obvodová deska, popř. vývojová deska. Jedná se o desku obsahující celý počítač na malém čipu, tzv. mikrokontrolér. [42]

Jako základní deska se velmi často používají Arduino Uno, Mega nebo Nano. Jednotlivé vývojové desky se liší jejich velikostí či počtem pinů. Většina základních desek se skládá z 8bitových mikrokontrolerů AVR od značky Atmel. [43]

Nejčastěji používanou vývojovou deskou je Arduino UNO R3 obsahující ATmega328P mikroprocesor. Deska se skládá ze 14 digitálních I/O pinů a 6 analogových vstupních pinů. [44]

Dále je možné se setkat s vývojovou deskou Arduino Nano disponující mikroprocesorem ATmega328. Tato deska obsahuje o 2 analogové vstupy více než mikroprocesor ATmega328P. [44]

V případě, že je potřeba využít většího počtu pinů, je možné použít vývojovou desku Arduino Mega/Mega2560, která obsahuje procesor ATmega1280/2560. Arduino Mega má k dispozici 54 digitálních pinů a 16 analogových vstupů. [44]

Je možné se však setkat i s jinými typy desek Arduino, jako je například Arduino Leonardo, Arduino Due nebo například Arduino Yun. [45]

4.2 Programování

Aby bylo možné s vývojovou deskou pracovat, je potřeba využití vývojového prostředí Arduino IDE (Integrated Development Environment), pomocí kterého lze funkčnost vývojové desky naprogramovat. [42]

Vývojové prostředí Arduino IDE se skládá především z textového editoru, kde je možné psát kód a následně jej nahrávat do hardware pomocí kabelového propojení, nejčastěji pomocí USB portu [42]. Dále také obsahuje funkce, jako je zvýrazňování syntaxe, hledání závorek a jejich automatické dosazování a mechanismus, kdy pomocí jednoho kliku lze nahrát vytvoření program na vývojovou desku Arduino. Vytvořený program se následně nazývá „sketch“ [45].

Arduino IDE je psáno v programovacím jazyce Java. Původně bylo prostředí založeno na projektu Wiring a IDE pro programovací jazyk Processing. Aktuálně Arduino IDE podporuje i programovací jazyky C a C++ využívající speciální pravidla pro organizaci kódu. Následně Arduino IDE dodává i SW knihovnu zvanou Wiring, jenž pochází z projektu Wiring. [45]

Arduino C a C++ se skládá ze dvou hlavních funkcí *setup()* a *loop()*. Tyto funkce jsou zkompileovány a propojeny s programovací funkcí *main()* do spustitelného cyklického výkonného programu:

- funkce *setup()* – je volána tehdy, když sketch začíná, což znamená, že je spouštěna jen na začátku programu,
- funkce *loop()* – volá se opakovaně, dokud není vývojová deska vypnutá. [45]

Aby bylo možné nahrát celkový kód na vývojovou desku Arduino, musí být spustitelný kód převeden do textového souboru v hexadecimálním kódování. Pro tento převod se používá program *avrdude*. [45]

4.3 Komunikace

Existuje mnoho komunikačních protokolů pro Arduino. Nejčastěji je možné se setkat se sériovou komunikací UART/USART, komunikační sběrnici I2C nebo SPI. [46]

Sériová komunikace UART/USART

Pro komunikaci s Arduino může být použita sériová komunikace UART či USART. Rozdíl mezi těmito komunikačními protokoly je v přenosu dat. V případě UART se jedná

o přijímání a vysílání asynchronních sériových dat. Při využívání USART se však jedná o přijímání a vysílání jak synchronních, tak asynchronních sériových dat. [47]

Během využívání sériového protokolu UART dochází ke komunikaci mezi zařízeními pomocí dvou signálových spojů, a to TX (Transmit) a RX (Receive). Tato sériová komunikace se často využívá při komunikaci například s mikrokontrolery, GPS zařízením nebo Bluetooth moduly. Nedochozí zde k synchronizaci pomocí společného hodinového signálu mezi zařízeními, která se snaží komunikovat. To znamená, že není stoprocentně jisté, že přijímací zařízení přijme všechna data od odesílajícího zařízení. V případě komunikační sběrnice UART je přenos dat často pomalejší než v případě USART. [46], [47]

USART je následně brán jako koordinovaný či integrovaný obvod, který je často využíván při propojení komunikace různých specializovaných zařízení. Dochází zde k převodu paralelních dat do sériové struktury. Tento druh komunikace umožňuje vysokorychlostní přenos dat na základě generování synchronizačních signálů či hodinových impulsů. Hodinové signály jsou v USART generovány vysílací periferií a synchronizovány pomocí přijímací periferie, díky čemuž je umožněno zpracování datového proudu bez nutnosti znalosti přesné přenosové rychlosti. [47]

Komunikační sběrnice I2C

Komunikace pomocí I2C, známa také pod zkratkou TWI, je používána pro jednoduchou datovou komunikaci. Využívá se v situacích, kdy není potřeba přenášet velké množství dat. V tomto případě se může jednat například o komunikaci se senzory či jinými zařízeními, kde dochází k přenosu dat pouze na krátkou vzdálenost. [48], [49]

Na této sběrnici je Arduino bráno jako hlavní zařízení (tzv. *master device*), a jakákoliv ostatní zařízení jsou považována za podřízená (tzv. *slave*). Každé podřízené zařízení má svou adresu zapsanou jako hexadecimální číslo. Díky této adrese může Arduino komunikovat s jakýmkoliv zařízením na sběrnici. [49]

I2C v Arduino potřebuje pouze dva signálové spoje, a to SDA (Serial Data) a SCL (Serial Clock). Nevýhodou je pomalejší datový přenos, než je zvykem u komunikačního protokolu SPI. To je zapříčiněno jednosměrným přenosem dat, který je u I2C běžný. Také je zapotřebí připojení pull-up rezistorů ke spojům k docílení spolehlivého přenosu signálu. [48], [49]

SPI

V případě SPI se jedná o synchronní sériový komunikační protokol umožňující vysokorychlostní komunikaci mezi mikrokontrolerem Arduino a ostatními zařízeními. Na rozdíl od I2C má SPI k dispozici 4 signálové spoje: SCK (Serial Clock), MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out) a SS (Slave Select). [46], [49]

Sběrnice SPI umožňuje současně přijímat a posílat data ze zařízení do zařízení v různých rychlostech. Komunikace je založena na principu master-slave, stejně jako u I2C. Jako hlavní zařízení je zde bráno Arduino, které určuje, s jakým podřízeným zařízením bude v určitém čase komunikovat. [49]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 VÝBĚR VHODNÉHO TYPU VOZIDLA A JEHO SOUČÁSTÍ

Aby průzkumné vozidlo splňovalo veškeré potřebné vlastnosti, které jsou důležité k využití vozidla v terénu, je potřeba se zamyslet nad jednotlivými komponenty, kterými bude průzkumné vozidlo disponovat. Je tedy potřeba dbát na možnosti pohybu vozidla v nerovném či vlhkém terénu, ovládání vozidla, pohon a výdrž, způsob komunikace s vozidlem a možnost přenosu dat, senzory monitorující veličiny v daném prostředí a další.

Hlavním cílem této kapitoly je popis vybraných komponentů a součástek splňujících výše uvedené vlastnosti. Vybrané komponenty by měly splňovat všechny důležité požadavky na provoz vozidla v různých situacích.

5.1 Podvozek

Jelikož je podvozek jednou z nejdůležitějších částí vozidla, měl by podvozek splňovat vlastnosti, jako je vysoká odolnost, robustnost, stabilita a ochrana využívaných senzorů a jiného zařízení. Z těchto důvodů byl vybrán podvozek **Dagu Wild Thumper 6WD**.

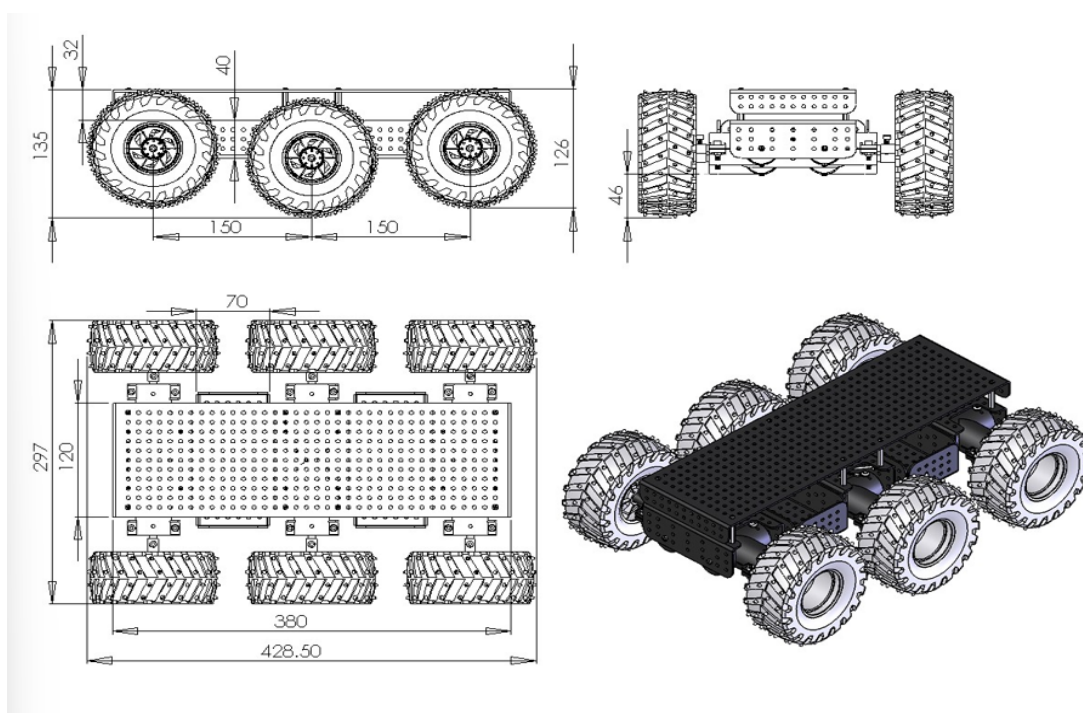
Tento podvozek je vybaven šesti nezávisle řízenými koly o průměru 12 mm (viz Obr. 2), což poskytuje vynikající trakci a schopnost překonávat různorodé terény, včetně nerovností, kamenů, větví a jiných překážek. Jednotlivá kola jsou vybavena odpružením, která pomáhají absorbovat nárazy a vibrace při jízdě po nerovném terénu.

Konstrukce podvozku (Obr. 2) je vyrobena z hliníkových rámu o tloušťce 2 mm, což zajišťuje stabilitu a odolnost v náročných podmínkách. Střed podvozku je vybaven i místem pro montáž různých přídatných komponentů, jako je základní deska, senzory, popřípadě baterie.



Obrázek 2. Dagu Wild Thumper 6WD [50]

V technickém výkresu níže (Obr. 3) je možné vidět celkové parametry vozidla, tedy velikost kol, velikost hliníkového podvozku, rozmezí mezi podvozkem a zemí aj.

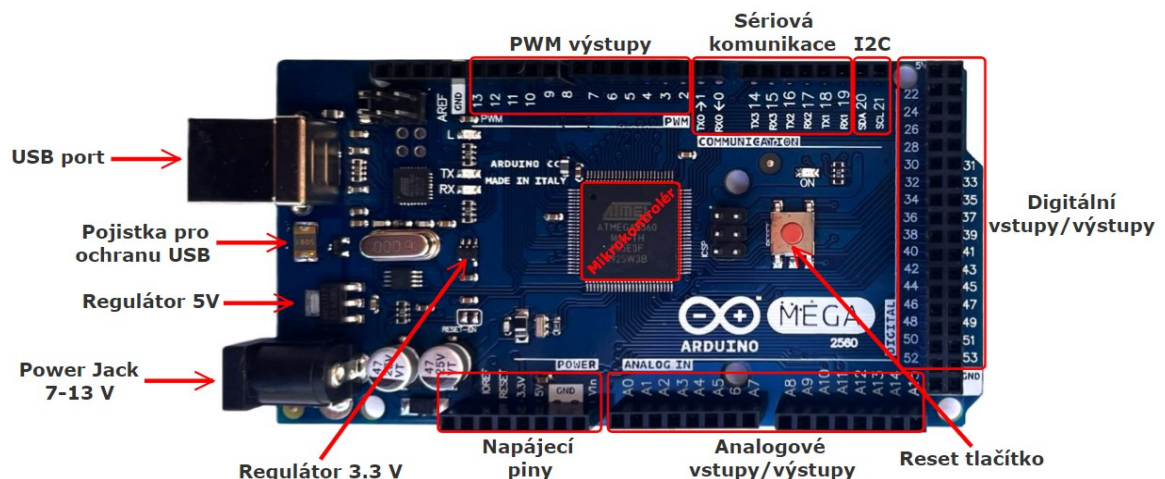


Obrázek 3. Parametry vozidla [50]

5.2 Základní deska

Pro implementaci různých komponent a zajištění jejich funkčnosti byl vybrán mikrokontroler **Arduino Mega 2560** založen na ATmega2560. Klíčovým parametrem při výběru základní desky byla možnost komunikace, zejména podpora rozhraní I2C, která umožňuje snadnou integraci s různými senzory a perifériemi. Důležitou součástí Arduino Mega je také jeho počet pinů, přičemž některé z nich lze použít jako PWM výstupy, jež jsou klíčové právě pro řízení motorů a pro různé pohyblivé části vozidla. Díky rozsáhlému množství pinů pro ovládání a analogových vstupů pro senzory poskytuje Arduino Mega 2560 dostatečnou flexibilitu pro připojení a ovládání široké škály zařízení a senzorů potřebných pro průzkum a monitorování okolního prostředí.

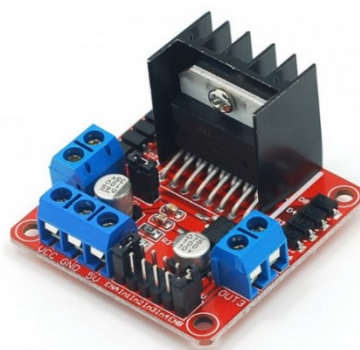
Na Obrázku 4 je možné vidět základní desku Arduino Mega 2560 a popis nejdůležitějších částí desky.



Obrázek 4. Popis Arduino Mega 2560 [vlastní zpracování]

5.3 Pohon

Pro řízení pohybu průzkumného vozidla byl vyhrán **H-můstek L298N** (Obr. 5), který se často používá pro ovládání stejnosměrných motorů. Jedná se o dvojitý H-můstek, což znamená, že umožňuje řídit tok proudu v obou směrech až pro dvě nezávislá zařízení – v tomto případě dva motory. Dále obsahuje několik vstupů pro řízení směru a rychlosti motorů. Pro každý motor jsou k dispozici dva vstupy: jeden pro řízení směru (obvykle označený jako IN1 a IN2) a druhý pro řízení rychlosti (obvykle označený jako ENA). Vstupy IN1 a IN2 umožňují určit směr otáčení motoru (vpřed, vzad) a vstup ENA umožňuje nastavit rychlost otáčení motoru pomocí šířky pulzů (PWM signál).



Obrázek 5. H-můstek L298N [51]

Motory pohánějící průzkumné vozidlo jsou již součástí podvozku Dagu Wild Thumper 6WD. Ten disponuje šesti hnacími stejnosměrnými motory **Dagu 34: 1 DC 6 V 294RPM** (Obr. 6). Ty jsou napojeny právě na výše zmíněný H-můstek L298N.



Obrázek 6. Stejnoseměrný motor Dagu 34: 1 DC 6 V 294RPM [50]

H-můstek L298N je spolehlivým řešením pro řízení motorů Dagu 34: 1 DC 6 V 294RPM. Proto je vhodné tuto kombinaci využít při sestavování průzkumného vozidla. Díky H-můstku L298N je zde dosaženo dostatečné flexibility pro nastavení směru, rychlosti a ovládání motorů pomocí Arduino Mega 2560.

5.4 Zdroj energie

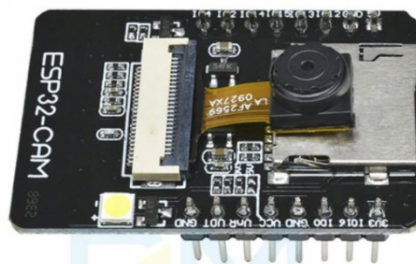
Pro napájení průzkumného vozidla byl zvažován výběr mezi LiPol a NiMH baterií. Kvůli vlastnostem, na které je potřeba u průzkumného vozidla brát zřetel, byla vybrána baterie **LiPol s kapacitou 3400 mAh a napětím 7,4 V** (Obr. 7). Rozhodujícími faktory byla především její vysoká hustota energie na jednotku hmotnosti, čímž je docíleno delší doby provozu vozidla. LiPol baterie disponuje i vysokým výkonem, což se průzkumnému vozidlu hodí v případě, kdy je potřeba zrychlení, popřípadě pro pohyb přes náročný terén. Také se jedná o baterii s relativně malou hmotností, což je pro průzkumné vozidlo žádoucí kvůli omezené hmotnosti a implementaci většího počtu senzorů.



Obrázek 7. Baterie LiPol, 3400 mAh, 7,4 V [52]

5.5 Kamera

Aby bylo možné vzdáleně řídit vozidlo a monitorovat prostředí v reálném čase, je potřeba na vozidlo integrovat kamerový systém. K tomuto účelu byla vybrána vývojová deska **ESP32-CAM** s možností komunikace přes Wi-Fi + Bluetooth a kamerovým modulem OV2640 (Obr. 8). Díky Wi-Fi může průzkumné vozidlo komunikovat s jiným zařízením nebo se připojit k internetu a odesílat tak nasnímaná data ze sensorů. Samotný modul OV2640 poskytuje možnost snímání okolí, což je důležité pro včasnou detekci překážek či navigaci vozidla na dané místo.



Obrázek 8. Vývojová deska ESP32-CAM [28]

Pro efektivní monitorování prostředí bude kamera umístěna na **otočné základně**, která je poháněna pomocí dvou **servomotorů** (Obr. 9). Tyto servomotory a otáčivá základna slouží k otáčení kamery vlevo/vpravo a nahoru/dolů, což je důležité především pro sledování prostředí z různých stran a také pro možnost snadnějšího ovládání vozidla.



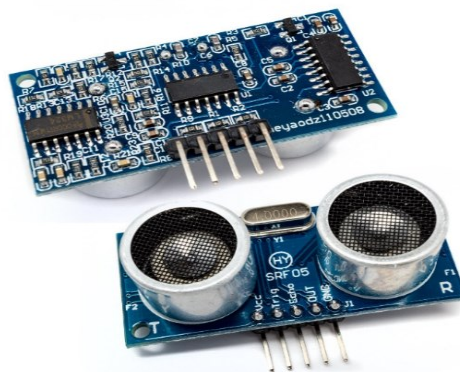
Obrázek 9. Mikro servomotory a otočná základna [53]

Přenos z kamery bude promítán na mobilním zařízení přes HTML aplikaci a propojen s ovladačem FlySky FS-i6, díky kterému bude možné otáčet kamerou a sledovat monitorovaný prostor na různých stranách.

5.6 Senzory

Jelikož se jedná o průzkumné vozidlo určené pro měření různých hodnot v určitém prostředí, je potřeba mít k dispozici vcelku různorodou škálu senzorů, které budou zvyšovat efektivnost využívání vozidla.

Mezi základní senzor, který byl vybrán pro implementaci na průzkumné vozidlo, patří **senzor vzdálenosti a detekce překážek**. Pro měření vzdálenosti a detekci překážek byl vybrán ultrazvukový senzor HC-SR04 (Obr. 10). Senzor je umístěn na přední straně vozidla a je schopen snímat překážky až do vzdálenosti 4 metrů. Právě díky tomuto senzoru je možné rychleji reagovat na různé překážky v případě, kdy tyto překážky nebude možné vidět na kameře, popřípadě tento senzor bude možné použít k větší autonomnosti vozidla.



Obrázek 10. Ultrazvukový měřič vzdálenosti HC-SR04 [54]

Pro měření základních veličin, jako je teplota, vlhkost či tlak v daném prostředí, slouží multifunkční senzor **měření teploty, vlhkosti a tlaku BME688** (Obr. 11). Tento senzor navíc dokáže měřit i VOC plyny, které se snadno odpařují do vzduchu a mohou tak znečistit jak vzduch uvnitř budovy, tak i ve venkovním prostředí.

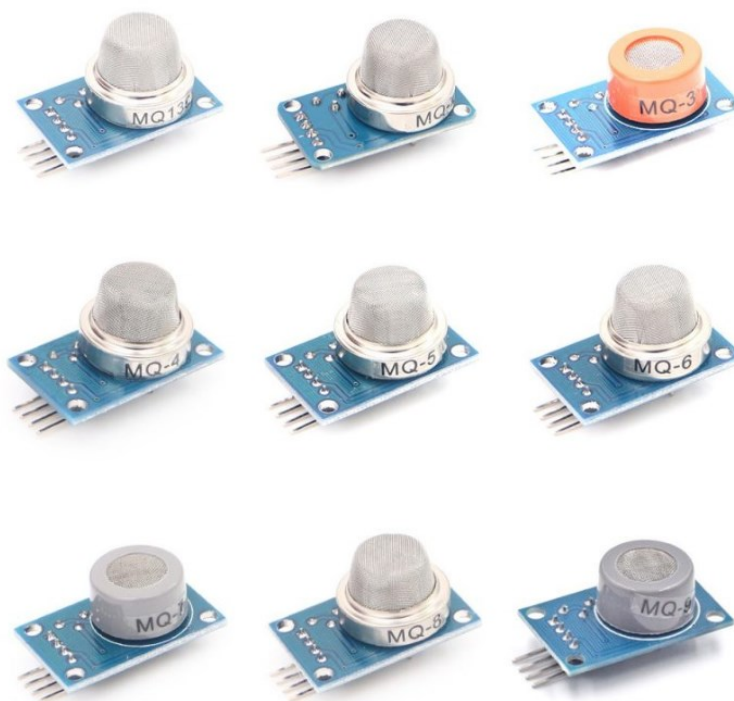


Obrázek 11. Senzor měření teploty, vlhkosti, tlaku a VOC plynů[55]

Velmi důležitou součástí vozidla jsou **senzory plynů a kvality ovzduší** (Obr. 12). Mezi tyto senzory spadají následující senzory:

- MQ-135 – detekce amoniaku, oxidů dusíku, benzenu, kouře, oxidu uhličitého,

- MQ-2 – detekce hořlavých plynů, jako jsou například zemní plyn, metan, butan, alkohol, vodík,
- MQ-3 – detekce ethanolu,
- MQ-4 – detekce methanu a zemního plynu,
- MQ-5 – detekce molekulárního vodíku, zkapalněný ropný plyn (LPG), metan a oxid uhelnatý,
- MQ-6 – detekce LPG, propanu a butanu,
- MQ-7 – detekce oxidu uhelnatého,
- MQ-8 – detekce vodíku,
- MQ-9 – detekce metanu a propanu.



Obrázek 12. Senzory plynů MQ-135 až MQ-9 [56]

5.7 Ostatní příslušenství

Jelikož je průzkumné vozidlo určeno k monitorování prostředí v různých situacích, v nejčastějším případě se bude v daném prostředí pohybovat bez výskytu osob. Pro dálkové ovládní vozidla bude sloužit **pákový ovladač FlySky FS-i6** s přijímačem **FS-iA6** pracujícím na frekvenci 2,4 GHz (Obr. 13).



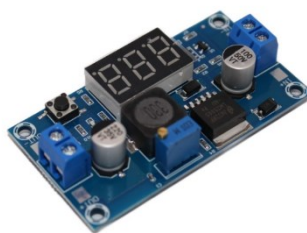
Obrázek 13. Pákový ovladač FlySky FS-i6 s přijímačem FS-iA6 [32]

K pákovému ovladači je připevněn i držák na mobilní telefon (Obr. 14), na kterém lze promítat živý obraz z kamery.



Obrázek 14. Ovladač s držákem na mobilní telefon [vlastní zpracování]

Pro regulaci napětí jednotlivých senzorů a jiných komponentů umístěných na průzkumném vozidle, je použit **Step/Down měnič a napájecí modul s voltmetrem LM2596S** (Obr. 15), díky kterému je možné regulovat a stabilizovat napětí jednotlivých zařízení. Pomocí regulátoru napětí je možné nastavit výstupní napětí na požadovanou hodnotu, což je při využití senzorů na vozidle nezbytné.



Obrázek 15. Regulátor napětí [57]

Aby bylo možné pomocí kamery popsané v Kapitole 5.5 promítat živý přenos na mobilním zařízení a taktéž sbírat naměřená data ze senzorů, je potřeba využití vhodné komunikace. V tomto případě byla vybrána komunikace pomocí **Wi-Fi modulu Wemos D1 mini** (Obr. 16). Ačkoliv je dosah pomocí komunikace Wi-Fi značně omezen, a to na přibližně 10-100 metrů, umožňuje modul Wemos přenos živého videa z kamery na dálku, a taktéž dokáže efektivně komunikovat se sensorickým senzorem a zobrazovat tato data ve webové aplikaci. Dále poskytuje snadnou komunikaci nejen s daným uživatelem řídícím průzkumné vozidlo, ale i jinými uživateli, kteří mohou taktéž sledovat přenos z živé kamery a analyzovat naměřené hodnoty ze senzorů.



Obrázek 16. Wi-Fi Wemos D1 mini [58]

6 KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ

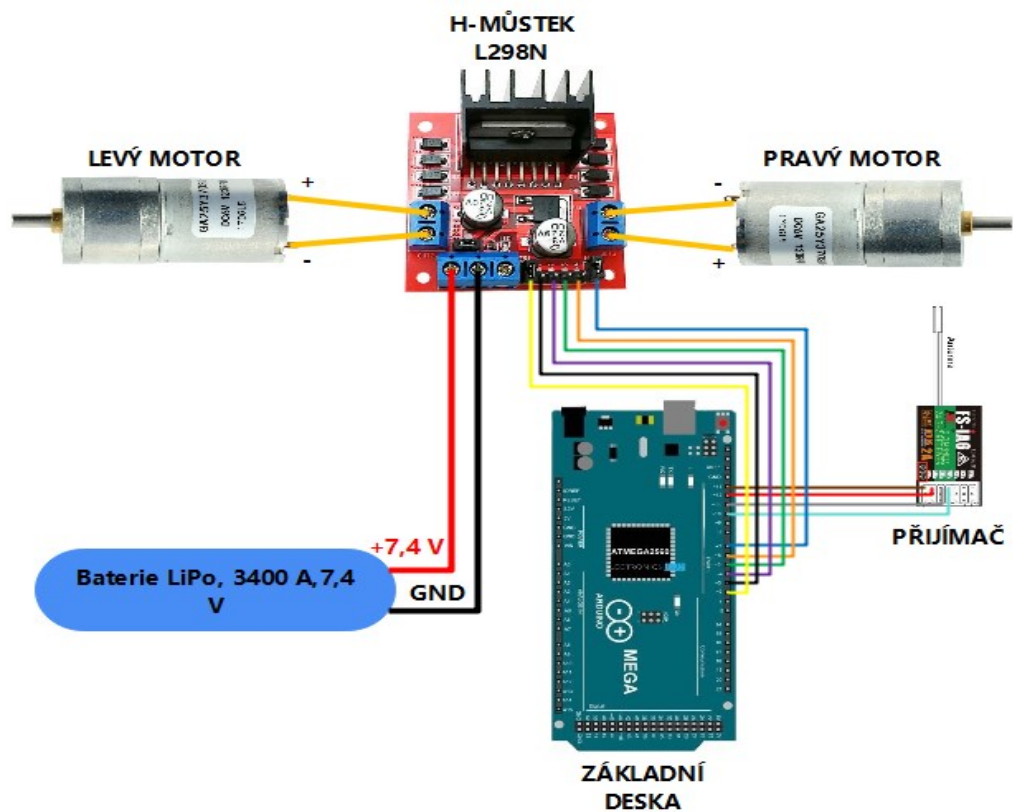
Tato kapitola se zaměřuje na detailní popis implementace a fungování jednotlivých komponent umístěných na průzkumném vozidle. Tyto komponenty tvoří základní strukturu průzkumného vozidla. Hlavním cílem je podrobný popis ovládání motorů, kamerového systému a komunikace s jednotlivými senzory, které jsou klíčové pro monitorování prostředí v reálném čase a sběr dat naměřených pomocí senzorů ve vybrané oblasti.

6.1 Ovládání motorů

Pro správné a efektivní ovládání motorů průzkumného vozidla, které je vybaveno šesti hnačími stejnosměrnými motory Dagu 34:1 DC 6 V 294 RMP, je potřeba použít tři H-můstky L298N. Každý H-můstek je uzpůsoben tak, aby byl schopen řídit a ovládat dva stejnosměrné motory. Tyto motory jsou zapojeny do OUT1-OUT4 (+ a -). Následně jsou pomocí +7,4 V a zemnění zapojeny do baterie LiPol pro provoz všech motorů. Všechny H-můstky jsou následně zapojeny do základní desky Arduino Mega 2560 pomocí PWM vstupů – zde se jedná o PWM vstupy 2-7. PWM vstupy jsou primárně určeny pro zapojování motorů. Základní deska Arduino následně generuje odpovídající PWM signály pro řízení H-můstků, čímž je možné ovládat rychlost a směr jednotlivých motorů.

Aby bylo možné průzkumné vozidlo ovládat, jsou H-můstky dále zapojeny do přijímače FS-iA6 pomocí PWM vstupů 10-13. Na přijímači jsou takto využity čtyři kanály, pomocí kterých je možné na pákovém ovladači ovládat směr jízdy vozidla do všech stran.

Na schématu (Obr. 17) níže je možné vidět podrobné propojení jednotlivých komponent.



Obrázek 17. Schéma zapojení motorů [vlastní zpracování]

Níže je možné vidět část programu sloužící pro řízení motorů na základě vstupních PWM signálů z dálkového ovládání.

```
void loop() {
    int pitch = pulseIn(PWM_PITCH, HIGH);
    int throttle = pulseIn(PWM_THROTTLE, HIGH);

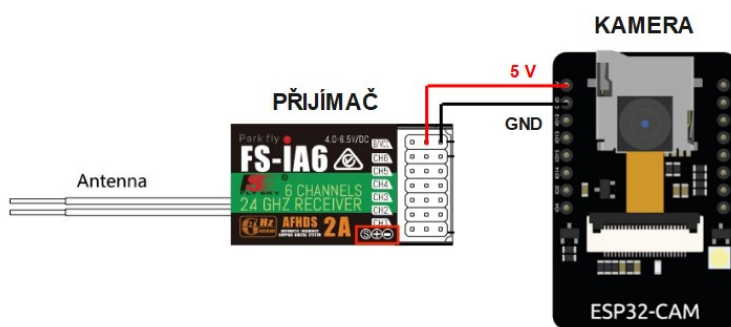
    if (throttle > 1500) {
        z = map(throttle, 1500, 1964, 0, 256);
        x = 1; //dopředu
        if (z < 20) z = 0;
        if (z > 255) z = 255;

        analogWrite(ENB, z);
        digitalWrite(IN_3, HIGH);
        digitalWrite(IN_4, LOW);
    }
}
```

6.2 Ovládání kamery

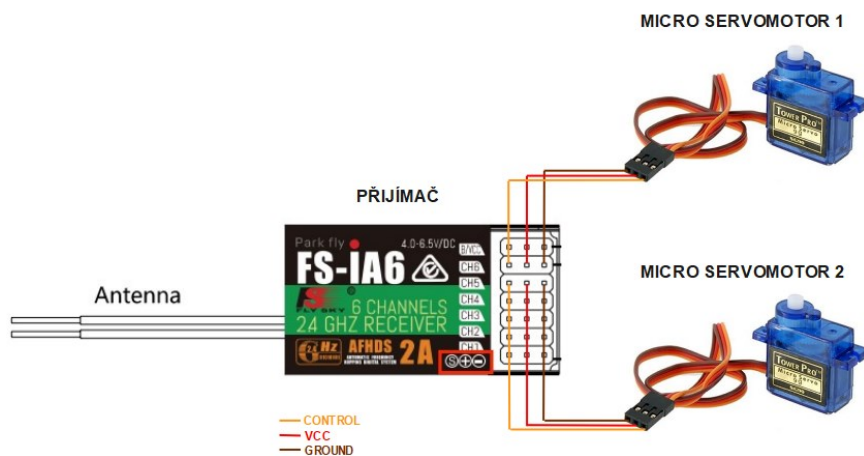
Průzkumné vozidlo disponuje bezdrátovou kamerou ESP32-CAM, která slouží k monitorování prostředí a snadnějšímu způsobu ovládání. Kamera je připevněna na otočné základně poháněné pomocí dvou servomotorů.

Bezdrátová kamera je pomocí kabelů připojena pouze k přijímači FS-iA6, a to přes napájení (5 V) a zemnění (GND) (Obr. 18).



Obrázek 18. Schéma zapojení bezdrátové kamery [vlastní zpracování]

Mikro servomotory, pomocí kterých lze kamerou otáčet, jsou také zapojeny přímo k přijímači FS-iA6 (Obr. 19) od pákového ovladače FlySky FS-i6. Zde byly využity dva kanály CH5 a CH6. Důvodem propojení dvou kanálů na pákovém ovladači je možnost pohybovat otáčivou základnou do všech stran, čímž je dosaženo flexibilnějšímu monitorování okolního prostředí.



Obrázek 19. Schéma zapojení mikro servomotorů [vlastní zpracování]

Aby bylo možné promítat živý obraz z kamery na mobilním telefonu přes webovou stránku, byla využita bezdrátová komunikace pomocí Wi-Fi modulu Wemos D1 mini. Díky

bezdrátové komunikaci, která napomáhá přenosu obrazu na webovou stránku, je docíleno snadnějšímu ovládání průzkumného vozidla bez nutnosti blízkého kontaktu uživatele, a také je možné prostředí monitorovat ze vzdáleného místa, např. z budovy, dodávky atd.

6.3 Komunikace se senzory

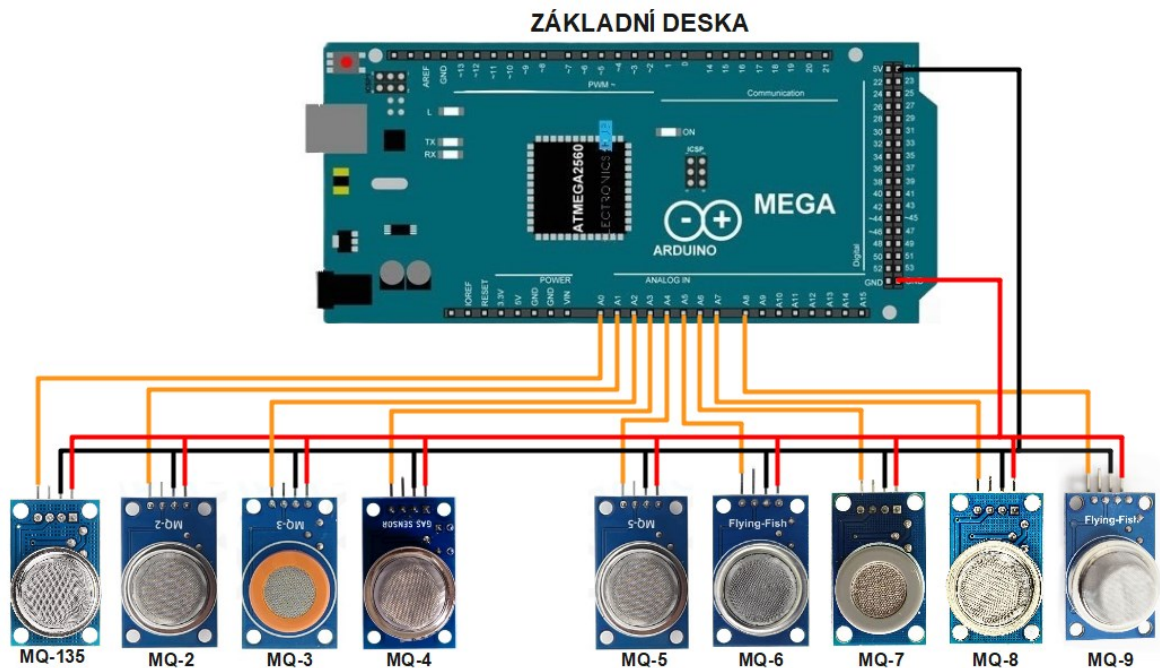
Jednotlivé senzory představují důležitou součást vybavení průzkumného vozidla pro monitorování prostředí a sbírání, popřípadě analýzu dat ze zasažené oblasti. Vybrané senzory (Kapitola 5.6) napomáhají sbírat data o teplotě, vzduchu a kvalitě ovzduší v reálném čase. Ultrazvukový senzor následně slouží pro monitorování překážek ve sledované oblasti.

Pro zapojení senzorů kvality ovzduší (MQ-135 až MQ-9) byla využita základní deska Arduino Mega 2560, kde se k zapojení využily pouze analogové piny A0-A9. Digitální piny zde nebyly využity. Následně byly senzory zapojeny pomocí pinu určeného pro zemnění a napětí. V Tabulce 3 je možné vidět, jaké analogové piny byly u jednotlivých senzorů určených pro měření kvality ovzduší využity.

Tabulka 3. Zapojení senzorů kvality ovzduší [vlastní zpracování]

Typ senzoru	Analogové piny
MQ-135	A0
MQ-2	A1
MQ-3	A2
MQ-4	A3
MQ-5	A4
MQ-6	A5
MQ-7	A6
MQ-8	A7
MQ-9	A8

Na schématu (Obr. 20) je možné vidět podrobné propojení senzorů kvality ovzduší.



Obrázek 20. Schéma zapojení senzorů kvality ovzduší [vlastní zpracování]

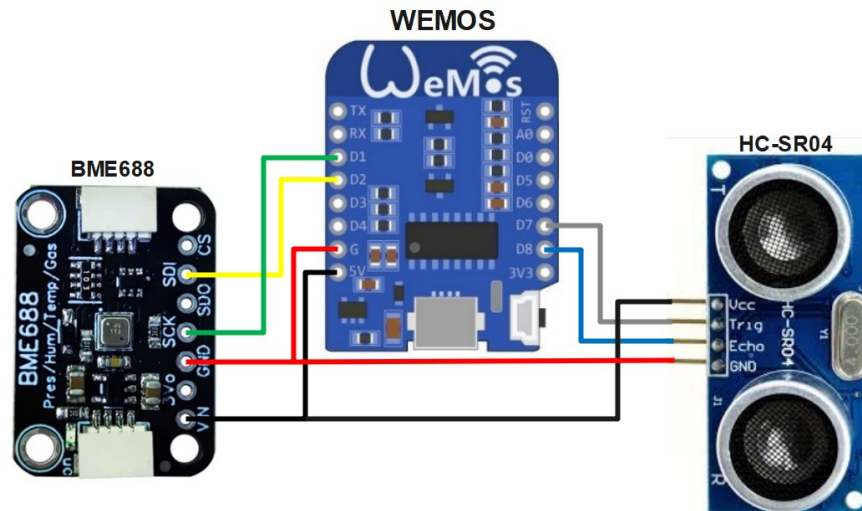
Aby bylo možné ušetřit místo na základní desce Arduino Mega, byla pro zapojení senzoru teploty, vlhkosti, tlaku a ultrazvukového senzoru využita vývojová deska Wemos obsahující potřebné piny pro zapojení těchto senzorů.

Následující kód vypisuje naměřené hodnoty na webové stránce.

```
void handleRoot() {
    String zprava = "<hl>Pruzkumne Vozidlo</hl>";
    zprava += "<br> MQ-135 : %d ppm (detekce NH3, oxidu dusiku (Nox), benzenu)";
    zprava += "<br> MQ-2 : %d ppm (detekce horlavych plynu: zemni plyn, metan)";
    zprava += "<br> MQ-3 : %d ppm (detekce ethanolu)";
    zprava += "<br> MQ-4 : %d ppm (detekce methanu a zemniho plynu)";
    zprava += "<br> MQ-5 : %d ppm (detekce H2, LPG, methan (CH4) a oxidu uhelnateho)";
    zprava += "<br> MQ-6 : %d ppm (detekce LPG, propanu a butanu)";
    zprava += "<br> MQ-7 : %d ppm (detekce oxidu uhelnateho (CO))";
    // vytištění zprávy se statusem 200 - OK
    server.send(200, "text/html", zprava);
}
```

Schéma níže (Obr. 21) podrobně popisuje zapojení výše uvedených senzorů. Pro ultrazvukový senzor byly vybrány pin D7 a D8, které jsou definované i jako PWM vstupy, což je pro tento senzor nezbytné. Do pinů D7 a D8 jsou z ultrazvukového senzoru zapojeny piny

Trig a Echo sloužící pro měření vzdálenosti různých překážek v monitorovaném prostředí. V případě senzorů měření teploty, vlhkosti a tlaku bylo potřeba využít pinů D1 a D2, jejichž funkcí je komunikace a přenos dat pomocí sběrnice.



Obrázek 21. Schéma zapojení BME688 a HC-SR04 [vlastní zpracování]

Vzhledem k omezenému počtu pinů pro napájení a uzemnění senzorů na základní desce bylo nutné zajistit regulaci napětí pro všechny senzory. Pro tento účel byl použit regulátor napětí (Obr. 15), pomocí kterého se u všech senzorů nastavilo výstupní napětí na 5 V.

Naměřené hodnoty ze zapojených senzorů jsou následně přenášeny pomocí bezdrátové komunikace Wi-Fi na vytvořenou webovou stránku. Díky této komunikaci je možné vypisovat naměřené hodnoty na vytvořeném webovém serveru a následně analyzovat případné výkyvy teplot, vlhkosti vzduchu, tlaku či VOC plynů ve sledované oblasti. Naměřené hodnoty jsou aktualizovány a nově zobrazovány na webové stránce každou sekundu.

6.4 Komunikace pomocí Wi-Fi

Komunikace pomocí Wi-Fi hraje klíčovou roli při návrhu průzkumného vozidla, jelikož umožňuje přenášet živé video z implementované kamery, sbírat naměřená data ze senzorů a také ovládat průzkumné vozidlo bez potřeby být v přímé blízkosti vozidla. Právě díky Wi-Fi je výše uvedené možné provádět pomocí mobilního telefonu či jiného zařízení (např. tablet nebo počítač).

Pro bezdrátovou komunikaci mezi průzkumným vozidlem a mobilním telefonem byl využitý Wi-Fi modul Wemos D1 mini. Aby bylo možné takto komunikovat mezi dvěma zařízeními, bylo potřeba vytvořit vlastní Wi-Fi síť, ke které je možné se pomocí mobilního zařízení

připojit. K vytvoření této sítě byla využita vývojová platforma Arduino IDE. Modul Wemos má v sobě již integrovaný web server, pomocí kterého lze přistupovat k datům. Wemos je schopen automaticky vytvářet přístupový bod (tzv. AP), což umožňuje připojení dalších zařízení k vytvořené síti. V tomto případě bylo potřeba vytvořit název sítě a nastavit heslo:

- **Název** – PruzkumneVozidlo
- **Heslo** – Vozidlo12345

Vytvořená Wi-Fi síť obsahuje dvě IP adresy. První IP adresa (192.168.4.1) umožňuje uživatelům prostřednictvím webového prohlížeče zobrazovat aktuální data ze senzorů v naměřených daném prostředí, která se aktualizují každou sekundu. Druhá IP adresa (192.168.4.4) slouží k přenosu živého obrazu z kamery. Tento obraz umožňuje monitorovat okolní prostředí, provádět vyhodnocování škod po případné havárii, a především ovládat průzkumné vozidlo i z větší vzdálenosti.

V této části kódu se vytvářel Wi-Fi AP, aby bylo možné zobrazovat živý přenos z kamery a nasnímané hodnoty na webovém serveru.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>

#define APSSID "PruzkumneVozidlo"
#define APPSK "Vozidlo12345"
#endif

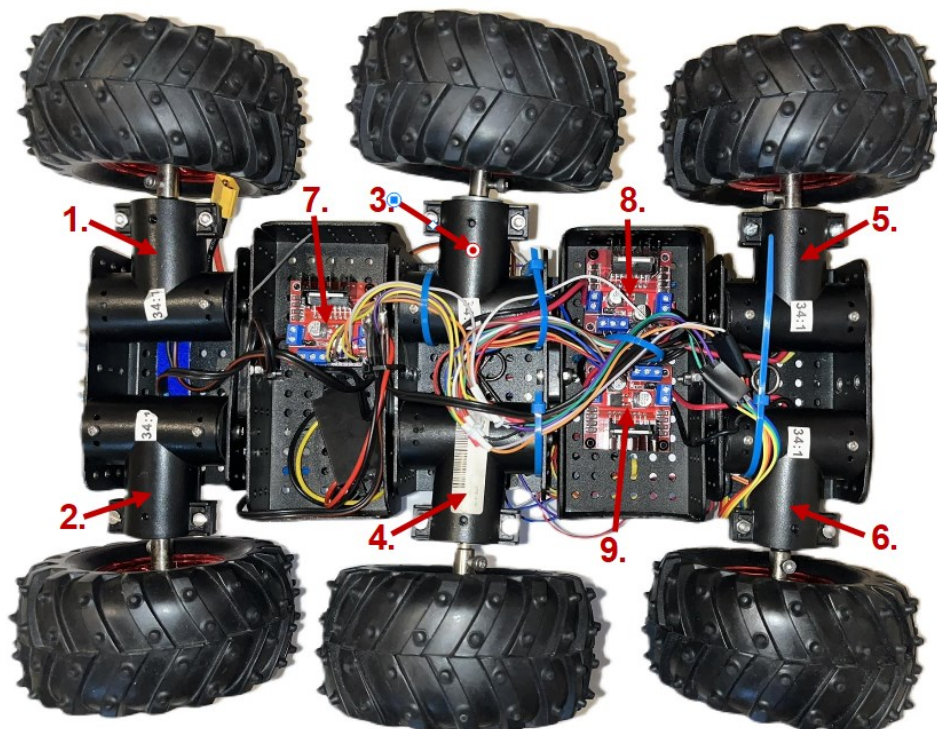
void setup() {
    delay(1000);
    Serial.begin(115200);
    Serial.println();
    Serial.print("Configuring access point...");
    WiFi.softAP(ssid, password);
    //192.168.4.1 in a web browser
    IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
    Serial.print("AP IP address: ");
    Serial.println(myIP);
```

```
server.on("/", handleRoot);  
server.begin();  
Serial.println("HTTP server started");  
}
```

7 SESTAVENÍ NAVRŽENÉHO MODELU VOZIDLA

Následující kapitola je zaměřena na sestavení navrženého modelu vozidla z pohledu procesu konstrukce a montáže. Tato fáze představuje zásadní krok při realizaci sestavování průzkumného vozidla a je nezbytná k praktickému provedení. Kapitola obsahuje postup sestavení jednotlivých částí a komponent vozidla, včetně podvozku, elektroniky, senzorů a dalších důležitých prvků.

V první fázi bylo nejdůležitější smontovat dohromady celý podvozek společně s koly a motory, které jsou umístěny ve spodní části vozidla. Aby mohly být motory funkční a mohly pohánět jednotlivá kola, byly zespod přišroubovány tři H-můstky. Pro úsporu kabeláže a možnost zapojení všech H-můstek do baterie LiPol, byly kabely určené pro napájení a zemnění ze všech tří H-můstek spájeny do jednoho celku pomocí cínu a mikropájky, a následně zakryty pomocí smršťovací bužírky. Na obrázku (Obr. 22) níže je možné vidět aktuální stav podvozku a jeho jednotlivé části.



Obrázek 22. Složení podvozku – spodní strana [vlastní zpracování]

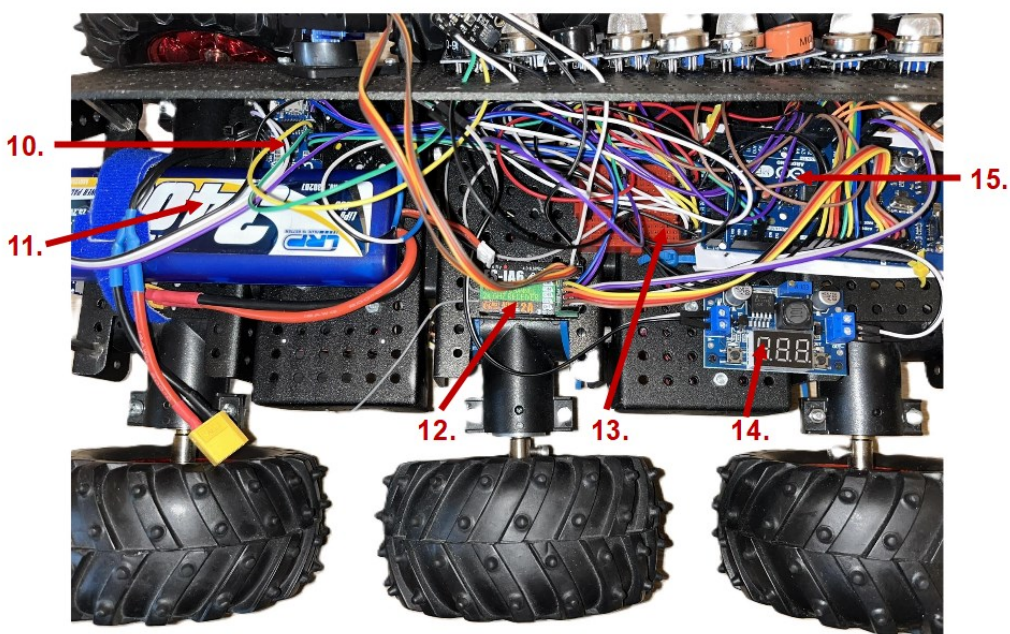
Legenda:

č. 1-6: stejnosměrné motory

č. 7-9: H-můstky L298N

Po sestavení podvozku následovalo zapojování základní desky, regulátoru napětí, nepájivého pole, dalších vývojových desek, jako je například Wemos D1 mini, a především baterie LiPol. Tyto komponenty jsou umístěny v meziprostoru na průzkumném vozidle. Bylo zapotřebí tyto komponenty umístit tak, aby nedocházelo k případnému odpojení kabeláže či jiným závadám.

Obrázek 23 zobrazuje umístění jednotlivých komponent na průzkumném vozidle.



Obrázek 23. Umístění komponent v meziprostoru vozidla [vlastní zpracování]

Legenda:

č. 10: Wemos D1 mini

č. 13: Nepájivé pole

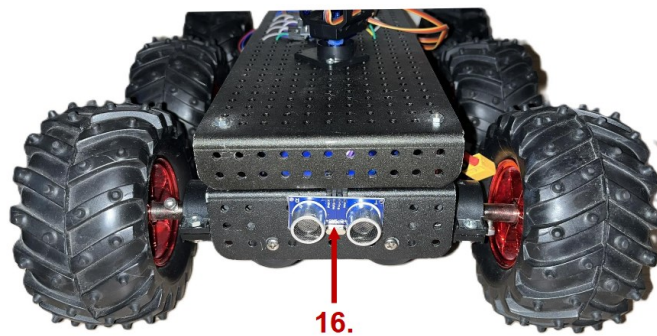
č. 11: Baterie LiPol

č. 14: Regulátor napětí

č. 12: Přijímač FS-iA6

č. 15: Základní deska Arduino Mega 2560

Následně byl na přední stranu umístěn senzor měření překážek (Obr. 24). Jedná se o ultrazvukový senzor s dosahem až 4 metry. Jeho hlavním cílem je snímat překážky v daném prostředí a v přímém směru vozidla pro možnost rychlé reakce v případě nárazu či možného poškození.

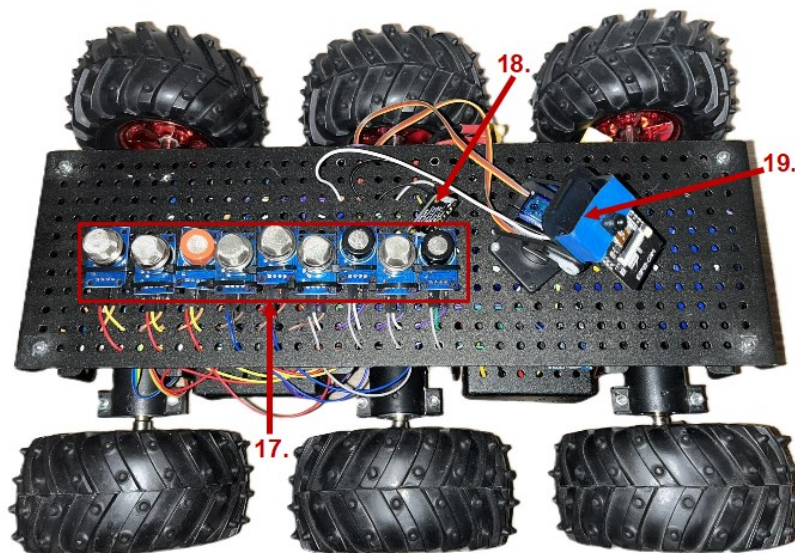


Obrázek 24. Umístění ultrazvukového senzoru [vlastní zpracování]

Legenda:

č. 16: Ultrazvukový senzor

Po všech výše uvedených krocích bylo možné implementovat jednotlivé senzory. V tomto případě se jedná o senzory měření teploty, vlhkosti, tlaku a VOC plynů, a také senzory mající na starost měření kvality ovzduší (Obr. 25). Tyto senzory jsou umístěny na svrchní vrstvě podvozku, jelikož potřebují dostatečné množství prostoru a také schopnost efektivně snímat potřebné hodnoty. Vedle senzorů je umístěna i otáčivá základna, kterou bylo potřeba sestavit a umístit do ní dva mikro servomotory a uchytit zde kameru ESP32-CAM. Kamera je na otáčivé základně pouze provizorně přilepená pomocí oboustrannné lepicí pásky.



Obrázek 25. Umístění senzorů a otáčivé základny [vlastní zpracování]

Legenda:

č. 17: Senzory kvality ovzduší

č. 18: Senzor měření teploty, vlhkosti, tlaku a VOC plynů

č. 19: Otáčivá základna se servomotory a kamerou ESP32-CAM

Celkové vozidlo bylo konstruováno tak, aby zvládlo projet různými typy terénu, např. lesem, přes kameny, bahnitý terén, sutiny aj. Průzkumné vozidlo je však určeno i pro monitorování prostředí uvnitř budovy. Sensory byly vybírány dle možnosti využití v různých situacích a pro případnou rychlou detekci a možnosti zamezení šíření naměřených plynů či minimalizaci škod.

8 MOŽNOSTI PRAKTICKÉHO VYUŽITÍ

Průzkumné vozidlo bylo navrženo nejen za účelem výpomoci integrovanému záchrannému systému v krizových situacích, ale i za účelem preventivního měření různých veličin uvnitř průmyslových areálů a monitorování prostředí. Jelikož průzkumné vozidlo obsahuje různé senzory na měření kvality ovzduší, je schopno monitorovat a sbírat data z obtížně dostupných nebo nebezpečných oblastí. Naměřené hodnoty mohou poskytnout záchranářům důležité informace, díky kterým lze zachránit životy lidí a minimalizovat případné škody na majetku. Právě tato kapitola je zaměřena na různé situace, při kterých lze efektivně využívat průzkumného vozidla a využívat jej jako nástroj pro předcházení možného nebezpečí.

8.1 Podpora integrovaného záchranného systému

Integrovaná záchranná služba hraje neocenitelnou a nenahraditelnou roli během záchranných misí a likvidačních prací. Úloha IZS je při ochraně/záchraně životů a majetku důležitá v situacích, kdy je nejvíce potřeba. S cílem ulehčit, a především posílit tuto důležitou činnost, bylo navrženo průzkumné vozidlo. Jeho výbava je koncipována tak, aby IZS dokázala zajistit efektivní podporu při záchranných operacích v obtížně přístupném a nebezpečném terénu, a to díky senzorickému a kamerovému systému, který je na průzkumném vozidle implementován.

8.1.1 Výpomoc během živelních pohrom

V důsledku různých živelních pohrom, jako je zemětřesení, tornádo, vichřice nebo hurikán, velmi často dochází k rozsáhlým škodám v zasažené oblasti. Záchranářské týmy tedy pracují na vyhodnocování škod a hledání přeživších po zásahu živelní pohromy. Bohužel je terén velmi často obtížně dostupný a může tak být znepríjemněn přístup záchranným složkám do zasažené oblasti.

V tomto případě může být průzkumné vozidlo nasazeno jako monitorovací zařízení, které dokáže poskytovat uživateli důležité informace v reálném čase.

Průzkumné vozidlo je možné využít k celkovému vyhodnocování poškozených budov. Díky otáčivě základně a integrovanému senzorickému systému je vozidlo schopno zaznamenávat rozsahy škod v zasažené oblasti a pomoci identifikovat další místa, ve kterých může dojít k dalšímu zhroucení budov. Také je možné využít senzory pro měření plynů a hledání míst

úniku, ke kterému mohlo během poškození budov dojít. Nasbírané informace je možné využít k plánování evakuace a koordinace zásahu tam, kde je to nejnutnější.

Další funkcí vozidla v této situaci je detekce osob, které mohou být zraněné, popřípadě zaseknuté pod spadenými objekty, jako je například strom. Díky kameře, popřípadě dodatečné instalaci termokamery, může vozidlo identifikovat místa, kde se nacházejí osoby potřebující pomoc. Tím může dojít ke zvýšení šance během záchrany osob.

Živelní pohromy mohou zanechat značné dopady v zasažené oblasti, popřípadě mohou tyto pohromy vést k dalším nebezpečným situacím. Vozidlo tak může monitorovat stabilitu terénu a detekovat případné sesuvy půdy. Díky senzoru měření tlaku může vozidlo poskytnout důležité informace o stavu terénu.

Průzkumné vozidlo je tedy schopno v těžce přístupném terénu efektivně komunikovat s operátorem/uživatelem pomocí bezdrátové komunikace a poskytovat tak informace o zasažené oblasti.

8.1.2 Záchranné mise

Při požáru, havárii nebo například kolapsu budov často dochází k ohrožení životů osob a majetku. Záchranné jednotky jsou okamžitě nasazeny k záchraně osob uvězněných pod sutinami, k hašení požárů a minimalizaci škod. Navržené vozidlo může pomoci při zajišťování bezpečnosti a koordinaci záchranných operací.

Vozidlo může být rychle nasazeno do zasažené oblasti, kde bude následně monitorovat a mapovat rozsah škod. Monitorování bude probíhat pomocí živého přenosu videa z kamery umístěné na vozidle. Díky sensorům může být následně monitorována například změna pohybu kouře po požáru a případné výkyvy teplot, které mohou způsobit další šíření požáru. Kamerový systém, případně budoucí implementace termokamery a akustického senzoru s mikrofonom, může díky průzkumnému vozidlu lokalizovat osoby uvězněné pod sutinami po kolapsu budov a následně zde zaslat záchranné jednotky. Vozidlo také může monitorovat prostředí v okolí požáru nebo havárie, sledovat hladinu nebezpečných plynů a sdílet tyto informace se záchranným týmem.

8.1.3 Kontrola oblastí pro HZS

Před vstupem hasičů do potenciálně nebezpečného prostředí může vozidlo díky dálkovému ovládání a připevněné kameře provést průzkum, zda je oblast pro hasiče bezpečná či nikoliv. Jednotlivé senzory umožňují identifikovat nebezpečné zóny a naměřené hodnoty poskytovat

HZS. HZS může následně naplánovat vstup do nebezpečné oblasti a koordinovat tak jejich pohyb.

V případě požárů v opuštěných budovách, ruinách nebo na staveništích může průzkumné vozidlo poskytnout hasičům důležité informace o struktuře a stabilitě budov. Může například zmonitorovat místa, která cesta je pro vstup do budovy nejbezpečnější. Senzory umístěné na vozidle mohou následně detekovat hrozby, jako je například únik nebezpečných plynů, které mohou vést následně k výbuchu či požáru.

8.1.4 Detekce seismických otřesů

Průzkumné vozidlo je možné vybavit senzorem pro detekci seismických otřesů, tzv. seismografem. Tento senzor je schopen detekovat seismické otřesy, což umožňuje včas odhalit a monitorovat pohyb zemské kůry. Tato zařízení jsou citlivá na vibrace a pohyby, které jsou charakteristické pro seismické otřesy. Jakmile průzkumné vozidlo detekuje otřesy, poskytne informace o místě a naměřené hodnoty složkám IZS.

Detekce seismických otřesů je důležitá pro včasné varování před možným zemětřesením nebo pohybem tektonických desek. Díky včasné detekci lze poskytnout informace integrované záchranné službě, což IZS umožní se připravit na potenciální zemětřesení a včasné zásah.

Seismické otřesy lze často zaznamenat v oblastech se zvýšenou seismickou aktivitou. Detekce těchto otřesů je zvláště důležitá v místech, která jsou náchylnější k zemětřesení. Pokud jsou otřesy včas odhaleny, je možné zvýšit pravděpodobnost záchrany lidských životů díky rychlé evakuaci, a samozřejmě zefektivnit koordinaci a zásah IZS.

8.2 Skladování a monitorování nebezpečných látek

V průmyslových areálech a skladovacích zařízeních mohou být skladovány nebezpečné látky, jako jsou toxické plyny, hořlavé kapaliny nebo výbušné látky. Bezpečnostní opatření a prevence jsou důležitou součástí pro minimalizaci rizika pro zaměstnance v průmyslovém areálu, osoby žijící v blízkosti průmyslového areálu nebo skladovacího zařízení, a životní prostředí. Pravidelné monitorování a kontroly areálů, vnitřních i vnějších prostor, mohou zamezit případným haváriím, stanovit preventivní opatření a zamezit úniku nebezpečných látek, které by mohly způsobit vážné následky.

8.2.1 Monitorování průmyslových oblastí

Průzkumné vozidlo může být využito k pravidelnému/rutinnímu monitorování průmyslových areálů, popřípadě skladovacích prostor, ve kterém se velmi často nacházejí nebezpečné látky. Jelikož vozidlo disponuje senzory na detekci plynů, je možné detekovat různé anomálie uvnitř budovy, jako je například zvýšená koncentrace plynů nebo neočekávaná změna teploty. Tyto anomálie mohou vést k případné havárii, čímž mohou být ohroženy osoby nejen uvnitř budovy, ale potenciálně i mimo budovu. Díky průzkumného vozidla je možné včas najít místo úniku plynu, včas na něj reagovat a zamezit dalšímu šíření. Také je možné průzkumné vozidlo využít na monitorování vnějších prostor průmyslových areálů – např. místa s vyšší pravděpodobnosti vzniku nebezpečí.



Obrázek 26. Využití vozidla ve vnějších prostorech průmyslového areálu [vlastní zpracování]

Vozidlo také umožňuje inspekci těžko přístupných nebo nebezpečných oblastí v průmyslových areálech, kde by mohl být průzkum vykonán pověřenou osobou, rizikový. Průzkumné vozidlo tak může tyto prostory monitorovat, aniž by byl ohrožen život a zdraví pracovníka.

Pokud by bylo průzkumné vozidlo použito k rutinním kontrolám, bylo by vhodné zvážit vyšší autonomnost vozidla. Zde se jedná především o využití ESKV. Pokud by bylo průzkumné vozidlo využíváno uvnitř budov jako zařízení pro rutinní kontroly, je možné na vozidlo integrovat zařízení, pomocí kterého lze otevírat jednotlivé dveře a jednoduše tak v jakékoli místnosti měřit kvalitu vzduchu. V případě potenciálního rizika může vozidlo

okamžitě upozornit pracovníky o problému a umožnit tak rychlou reakci pro odstranění problému.

8.2.2 Detekce plynů/látek nebezpečných pro člověka

Jelikož je průzkumné vozidlo vybaveno senzory určenými pro detekci konkrétních látek či plynů, je možné včas detekovat plyny, které jsou toxické jak pro člověka, tak pro životní prostředí. Navíc vozidlo umožňuje detekovat výbušné látky, jako například únik LPG nebo pohonných hmot na benzinových stanicích. Benzinové stanice také často skladují propanbutanové láhve, které se řadí mezi hořlavé plyny.

V případě úniku propan-butanu i z 10litrové láhve je zapotřebí zkoumat stav koncentrace plynu do vzdálenosti přibližně 170 m. Toxicita pro osoby vyskytující se v blízkosti úniku látky, je okolo 71 metrů. Proto je zapotřebí preventivně evakuovat osoby až do vzdálenosti 170 m.

Průmyslové areály často pracují s chemikáliemi a plyny, jako jsou například methan, alkohol, oxid siřičitý aj. V areálech je zapotřebí sledovat, zda právě u těchto látek nedochází k úniku do ovzduší, jelikož jejich únik může ohrozit zdraví nejen zaměstnanců, ale i místních obyvatel. To platí i pro sklady chemických látek, kdy v případě úniků některých látek může docházet k výbuchu, otravám, popáleninám a dalším zdravotním komplikacím.



Obrázek 27. Využití vozidla na benzinových stanicích [vlastní zpracování]

8.2.3 Rutinní prohlídky a kontrola skladovaných tlakových lahví

Tlakové láhve obsahující různé plyny, jako je například argon nebo oxid uhličitý, se často nacházejí nejen v průmyslových areálech, ale v obytných či komerčních objektech. Jejich skladování a manipulace však může představovat značné riziko pro zdraví osob a životní prostředí. V případě nesprávné manipulace, poškození tlakové láhve nebo úniku plynu může dojít k výbuchu, požáru, otravě a jiným pohromám. Proto je nezbytné zařadit do procesu pravidelné prohlídky a kontroly stavu těchto tlakových lahví.

V případě rutinních prohlídek může být využito navržené průzkumné vozidlo obsahující senzory pro detekci plynu a kvality ovzduší (např. MQ-135, MQ-2 či MQ-4). Tyto senzory jsou schopny včas detekovat možné úniky plynu a informovat uživatele o potenciálním nebezpečí.

Díky dálkovému ovládání a kameře je průzkumné vozidlo schopno se pohybovat po monitorovaném prostoru bez přítomnosti osob. Hodnoty, které jsou naměřené v daném prostředí, jsou následně díky bezdrátové komunikaci zasílány uživateli, který je schopen vyhodnotit, zda je stav ovzduší v normě, nebo se zde vyskytují nečekané výkyvy. Tímto způsobem lze včas nastavit preventivní opatření pro minimalizaci dopadů.

8.2.4 Lokální dlouhodobé měření nebezpečných látek

Průzkumné vozidlo je navrženo pro lokální měření nebezpečných látek. V tomto případě se může jednat o LPG plyn vyskytující se v podzemních garážích. LPG představuje vážné riziko v uzavřených prostorách, jako jsou právě garáže, a to kvůli jeho výbušnosti a případným nežádoucím účinkům na lidské zdraví. I přes zákaz parkování vozidel poháněných LPG v podzemních garážích může dojít k situacím, kdy někdo tento zákaz poruší a vjede s takovýmto vozidlem do podzemní garáže a vozidlo není označeno povinnou nálepkou LPG.

V těchto případech je průzkumné vozidlo schopno monitorovat koncentraci LPG v ovzduší v různých částech podzemní garáže. Vozidlo je následně schopno identifikovat možný zdroj úniku a šíření plynu v garáži. V případě naměření vysokých hodnot LPG je nutná rychlá reakce pro zavedení bezpečnostního opatření – evakuace osob uvnitř garáže, a včasné kontaktování HZS.

Únik LPG v podzemních garážích může mít značné následky na bezpečnost osob vyskytující se uvnitř garáže, ale i mimo garáž. Pokud nebude včas detekován únik LPG v garáži,

může dojít k výbuchu, tím k možnému poškození a následnému zboření garáží. Pokud nebudou osoby uvnitř garáží včas detekovány, může dojít i ke ztrátě lidských životů.



Obrázek 28. Využití vozidla v garážích [vlastní zpracování]

8.3 Mobilní monitorování prostor

V dnešní době je monitorování a zajištění bezpečnosti prostředí důležitým úkolem pro ochranu majetku, životu a zdraví osob, a také životního prostředí. Průzkumné vozidlo na dálkové ovládání se může stát skvělým pomocníkem pro monitorování prostředí v obtížně přístupném terénu. V dnešní době se často stává, že osoby vstupují na soukromé pozemky a do zchátralých budov, kde je přísný zákaz vstupu. V tomto případě může být průzkumné vozidlo využito jako tichý a nenápadný pomocník pro monitorování daného prostředí, a to právě díky zařízení, kterým průzkumné vozidlo disponuje.

8.3.1 Monitorování přehrad, vojenských komplexů a soukromých prostor

Průzkumné vozidlo nemusí být využito pouze pro měření úniku plynů či jiných nebezpečných látek, ale i pro pravidelnou kontrolu stavu přehrad, bezpečnostní kontrolu vojenských komplexů, či monitorování soukromých pozemků.

Vozidlo může být vysláno na kontrolu stavu přehrad nebo tzv. robotickou obchůzku okolo přehrady a hledání možných pytláků či delikventů, kterým je vstup k okolí přehrady zakázán.

Pokud průzkumné vozidlo detekuje osoby vyskytující se za oplocením a v blízkosti pře-hrady, bude okamžitě informována fyzická ostraha a zaslána na místo výskytu neoprávně-ných osob. Dále může být vozidlo využito k monitorování soukromých pozemků, kde je taktéž přístup zakázán.

I vojenské komplexy mohou využít služeb průzkumného vozidla, a to pro průzkum okolí a monitorování hranic svého území, čímž je docíleno zvýšené úrovně bezpečnosti a ochrany skladovaného zařízení.

8.3.2 Monitorování těžce dostupného terénu

Jelikož průzkumné vozidlo disponuje robustním podvozkem se šesti hnacími koly, je možné jej vyslat do míst, které jsou pro člověka obtížně přístupné nebo nebezpečné.

Vozidlo může být nasazeno k průzkumu horských oblastí, lesních porostů či bahnitého te-rénu. Díky kamerovému systému a ultrazvukového senzoru lze průzkumné vozidlo ovládat i přes vysoký výskyt překážek, jako jsou například velké kameny, kmeny stromů či popadané větve. Monitorování takového prostředí může poskytnout uživateli informace o náročnosti a nebezpečnosti terénu, popřípadě sledování lesní fauny. Dalším využitím průzkumného vo-zidla v těžce dostupných terénech může být monitorování hranic a území v rámci ochrany přírody a zvířat žijících ve vytyčené oblasti.

Hlavní výhodou využívání průzkumného vozidla pro monitorování terénu je především mi-nimalizace rizika ohrožení osob a získávání podrobných informací o sledované oblasti.



Obrázek 29. Využití vozidla v lesích [vlastní zpracování]

Jelikož má průzkumné vozidlo k dispozici relativně velké množství místa, je možné zvážit dodatečné zařízení dle potřeby uživatele. Implementace dodatečných senzorů či jiného zařízení je relativně jednoduchá a může být nainstalována operativně podle dané situace.

ZÁVĚR

V současnosti je riziko ocitnutí se v krizové situaci vysoké, ať už jde o situace zapříčiněné lidskou činností nebo přírodní katastrofou. Aby bylo možné snížit riziko a rychle reagovat na potenciální nebezpečí, je nezbytné využívat takové prostředky, které umožňují včasnou detekci krizových událostí.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout průzkumné vozidlo vybavené senzorickým systémem pro monitorování prostředí v krizových situacích. V rámci teoretické práce byla popsána důležitá témata důležitá pro pochopení principu využití průzkumného vozidla v krizových situacích, a především seznámení se s komponenty a softwarem, které hráli klíčovou roli při samotné realizaci vozidla.

Praktická část byla následně zaměřena na návržení, sestavení a možnosti využití průzkumného vozidla. Pro praktické využití vozidla byl vybrán vhodný typ podvozku schopný projíždět i náročnějším terénem, a senzory, které lze využít v nebezpečných situacích. Na vozidlo proto byly implementovány senzory měřící teplotu, vlhkost, tlak, VOC plyny a další senzory měřící nebezpečné látky ovlivňující život, zdraví osob a životní prostředí.

Navržené průzkumné vozidlo má široké možnosti využití. Může pomáhat integrovanému záchrannému systému během záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech. Kromě toho může sloužit v průmyslových oblastech a areálech pro rutinní monitorování výskytu nebezpečných látek.

Průzkumné vozidlo může hrát významnou roli v oblasti monitorování krizových situací a přispět tak k ochraně lidského zdraví, životů, majetku a životního prostředí. Vozidlo má obrovský potenciál se rozvíjet a upravovat jej dle potřeby uživatele, např. naprogramovat vozidlo k autonomnímu pohybu a rozšířit jej o další komponenty, jako je termokamera, akustický senzor s mikrofonem aj.

Touto diplomovou prací je tak možné přispět k lepšímu a efektivnímu zvládnutí krizových situací a zlepšení bezpečnosti prostředí v různých oblastech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Civilní ochrana*, c2024. Online. MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/civilni-ochrana.aspx>. [cit. 2024-01-21].
- [2] ŘEHÁK, David; MARTÍNEK, Bohumír a LEGIERSKÁ, Petra. *Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb*. 2. rozšířené vydání. SPBI Spektrum. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2019. ISBN 978-80-7385-220-7.
- [3] BLÁŽKOVÁ, Kateřina et al. *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [4] ČESKO. § 2 písm. b) zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů – znění od 1. 1. 2024. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. ©AION CS 2010–2024 [cit. 19. 1. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239#p2-1-b>.
- [5] ČESKO. § 2 písm. b) zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) - znění od 1. 1. 2024. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. ©AION CS 2010–2024 [cit. 21. 1. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240#p2-1-b>.
- [6] *Mimořádné události a krizové situace*, c2024. Online. MAGISTRÁT HMP. Bezpečnost. Praha. eu. Dostupné z: <https://bezpecnost.praha.eu/clanky/mimoradne-udalosti-a-krizove-situace>. [cit. 2024-01-21].
- [7] *Krizový stav*, c2024. Online. MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/krizovy-stav.aspx>. [cit. 2024-01-21].
- [8] *Krizové stavy*, c2023. Online. PORTÁL KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ JHM. KRIZPORT. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/ostatni/krizove-stavy>. [cit. 2024-01-21].
- [9] ČESKO. § 2 písm. a) zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů – znění od 1. 1. 2024. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. ©AION CS 2010–2024 [cit. 26. 1. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239#p2-1-a>.

- [10] ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.
- [11] *Integrovaný záchranný systém*, c2024. Online. MAGISTRÁT HMP. Bezpečnost. Praha. eu. Dostupné z: <https://bezpecnost.praha.eu/clanky/integrovaný-zachranny-system>. [cit. 2024-01-26].
- [12] *Dokumentace IZS*, c2024. Online. GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. Hasičský záchranný sbor České republiky. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx>. [cit. 2024-01-27].
- [13] *Vzdušný průzkum (60): průzkumné bezpilotní prostředky*, c2024. Online. ARMY.CZ. Ministerstvo obrany. Dostupné z: <https://www.army.cz/scripts/detail.php?id=750>. [cit. 2024-01-27].
- [14] *Automatizovaný bezosádkový průzkumný pozemní prostředek UGV-Pz*, c2024. Online. VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV, S.P. VTÚ. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz/produkty/pruzkumne-a-monitorovaci-systemy/automatizovany-bezosadkovy-pruzkumny-pozemni-prostredok-ugv-pz/>. [cit. 2024-01-29].
- [15] *Exploring the Anatomy of an RC Car: Chassis, Suspension, and Drivetrain*, 2023. Online. BEZGAR. Dostupné z: <https://bezgar.com/blogs/news/exploring-the-anatomy-of-an-rc-car-chassis-suspension-and-drivetrain>. [cit. 2024-02-15].
- [16] ZEMÁNEK, Martin, 2019. *Dálkově ovládané čtyřkolové vozítko využívající platformu Arduino*. Online, Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/88287/F8-BP-2019-Zemanek-Martin-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. [cit. 2024-02-20].
- [17] *NiMH vs. LiPo batteries – Which One Is Better?*, c2024. Online. RC CRUSH. Dostupné z: <https://www.rcrush.com/nimh-vs-lipo-batteries/>. [cit. 2024-02-20].
- [18] ENERGIZER BRANDS, LLC., 2018. *Nickel Metal Hydride (NiMH): Handbook and Application Manual*. Dostupné také z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://data.energizer.com/pdfs/nickelmetalhydride_appman.pdf.

- [19] *Nickel Metal Hydride Battery*, c2024. Online. Electricity – Magnetism. Dostupné z: <https://www.electricity-magnetism.org/electric-battery/nimh-battery/>. [cit. 2024-02-20].
- [20] *Jak vybrat správný senzor pro měření vzdálenosti*, 2023. Online. ElektroPrůmysl.cz. ISSN 2571-0761. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/jak-vybrat-spravny-senzor-pro-mereni-vzdalenosti>. [cit. 2024-02-25].
- [21] *Princip funkce*, c2024. Online. PEPPERL+FUCHS. Dostupné z: https://www.pepperl-fuchs.com/czech_republic/cs/32699.htm. [cit. 2024-02-25].
- [22] *Problematika plísní – stanovisko SZÚ*. Online. Státní zdravotní ústav. Dostupné z: <https://szu.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/zivotni-prostredi/ovzdusi/plisne/problematika-plisni-stanovisko-szu/>. [cit. 2024-02-26].
- [23] *Co je to vlhkost?: Vlhkost v různých podobách a její vliv na lidský organismus*, 2023. Online. Systemair. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cs-cz/expertise/blog/indoor-air-quality-health/what-is-humidity>. [cit. 2024-02-27].
- [24] *Senzory teploty, vlhkosti a tlaku*. Online. DRÁTEK.CZ. Dostupné z: <https://dratek.cz/582-senzory-teploty-vlhkosti-a-tlaku/>. [cit. 2024-02-26].
- [25] JAŠEK, Filip, 2018. *Zařízení pro monitorování kvality vzduchu*. Online, Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgleclefindmkaj/https://theses.cz/id/zo4na4/20501.pdf>. [cit. 2024-02-27].
- [26] MILLER, Dean, 2017. *Adafruit CCS811 Air Quality Sensor*. Online. Adafruit. 2024. Dostupné z: <https://learn.adafruit.com/adafruit-ccs811-air-quality-sensor/overview>. [cit. 2024-02-27].
- [27] *Senzor kvality ovzduší, teploty, tlaku a vlhkosti CCS811+SI7021+BMP280 I2C*, c2024. Online. Laskakit. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/senzor-kvality-ovzdusi--teploty--tlaku-a-vlhkosti-ccs811-si7021-bmp280-i2c/>. [cit. 2024-02-27].
- [28] *Vývojová deska ESP32-CAM*. Online. Drátek návody. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/vyvojova-deska-esp32-cam.html>. [cit. 2024-02-27].
- [29] *Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM*, 2021. Online. In: SALIKHOV ET AL., R. B. Rusko: IOP Publishing. Dostupné z: <https://iop-science.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2096/1/012109/meta>. [cit. 2024-02-27].

- [30] IONESCU, Valeriu Manuel a ENESCU, Florentina Magda, 2020. *Low cost thermal sensor array for wide area monitoring*. Online. Rumunsko. ISBN 978-1-7281-6843-2. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9223193>. [cit. 2024-02-28]. DOI 10.1109/ECAI50035.2020.9223193.
- [31] *A Simple WiFi controlled mobile robot with pan & tilt camera*, 2022. Online. Project Hub. Dostupné z: <https://projecthub.arduino.cc/aadhuniklabs/a-simple-wifi-controlled-mobile-robot-with-pan-tilt-camera-3eb4a9>. [cit. 2024-03-06].
- [32] *FLYSKY FS-I6X AFHDS 2A+ PŘÍJMAČ FS-IA6B*, c2024. Online. HIMOTO. Dostupné z: <https://www.himoto.cz/flysky-fs-i6-afhds-2a--6ch-prijmac/>. [cit. 2024-03-15].
- [33] FITZGERALD, Weston, 2022. *Smartphone Control of RC Cars*. Online. Kalifornie: California Polytechnic State University. Dostupné z: <https://digitalcommons.calpoly.edu/eesp/557/>. [cit. 2024-03-16].
- [34] *What is Wi-Fi?*, 2021. Online. Geeks for Geeks. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-wi-fiwireless-fidelity/>. [cit. 2024-05-06].
- [35] *What is WiFi and How Does it Work?*, 2024. Online. BRAIN, Marshall a HOMER, Talon. HowsStuffWorks. Dostupné z: <https://computer.howstuffworks.com/router.htm>. [cit. 2024-05-06].
- [36] *WEMOS*. Online. DRÁTEK.CZ. Dostupné z: <https://dratek.cz/228-wemos/>. [cit. 2024-05-06].
- [37] PROCHÁZKA, Tomáš, 2023. *Zvýšení výkonu WiFi signálu: Jak a proč používat WiFi zesilovače*. Online. Interval.cz. Dostupné z: <https://www.interval.cz/clanky/zvyseni-vykonu-wifi-signalu-jak-a-proc-pouzivat-wifi-zesilovace/>. [cit. 2024-05-06].
- [38] *Difference between GSM and GPRS*, 2023. Online. Geeks for Geeks. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-gsm-and-gprs/>. [cit. 2024-03-16].
- [39] NDUNGU, Solomon a MIXON, Erica, c2003-2024. *GSM (Global System for Mobile communication)*. Online. TechTarget. 2021. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/GSM>. [cit. 2024-03-16].

- [40] G. MANNING, Catherine, 2023. *GPS*. Online. NASA. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/gps/>. [cit. 2024-03-18].
- [41] *10 Uses and Applications of GPS Technology*, 2023. Online. GISGeography. Dostupné z: <https://gisgeography.com/gps-uses/>. [cit. 2024-03-18].
- [42] BANZI, Massimo, 2011. *Getting Started with Arduino*. Online. 2. edition. O'Reilly Media. ISBN 978-1-449-30987-9. Dostupné z: https://www.academia.edu/15213065/Getting_Started_with_Arduino_2nd_Edition. [cit. 2024-01-30].
- [43] EVANS, Brian, 2011. *Beginning Arduino Programming*. Online. Apress. ISBN 978-1-4302-3778-5. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://mikroh.wz.cz/HakDuino/Beginning_Arduino_Programming.pdf. [cit. 2024-02-02].
- [44] *Vývojové desky*. Online. ECLIPSERA S.R.O. Drátek návody. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/zaciname-s-arduinem/vyvojove-desky.html>. [cit. 2024-02-02].
- [45] ZLATANOV, Nikola. *Arduino and Open Source Computer Hardware and Software*. Online. 7 stran. Dostupné z: https://www.academia.edu/24378448/Arduino_and_Open_Source_Computer_Hardware_and_Software. [cit. 2024-02-06].
- [46] *Mastering Serial Communication With Arduino*, 2023. Online. KARONJI, WAHOME. MAKE USE OF. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/arduino-mastering-serial-communication/>. [cit. 2024-02-08].
- [47] *Difference between USART and UART*, 2019. Online. Geeks for Geeks. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-uart-and-usb-serial/>. [cit. 2024-02-09].
- [48] MARGOLIS, Michael. *Arduino Cookbook*. O'Reilly Media, 2011. ISBN 978-0-596-80247-9.
- [49] BOXALL, John. *Arduino workshop: a hands-on introduction with 65 projects*. San Francisco: No Starch Press, 2013. ISBN 978-1-59327-448-1.
- [50] *Podvozek Dagu Wild Thumper 6WD černý – podvozek 6 kol s pohonem*, c2024. Online. Botland. Dostupné z: <https://botland.cz/podvozek-pro-roboty/2016-podvozek-dagu-wild-thumper-6wd-cerny-podvozek-6-kol-s-pohonem-6952581600176.html>. [cit. 2024-05-14].

- [51] *H-můstek L298N, dvoumotorový modul*, c2024. Online. Laskakit. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/h-mustek-pro-krokovy-motor-l298n--dualni-motorovy-modul/>. [cit. 2024-05-14].
- [52] *HYPER HARDCASE 30C LiPo Power Pack 3400 - 7,4V EHR*, c2024. Online. MojeRC.cz. Dostupné z: <https://www.mojerc.cz/88786/hyper-hardcase-30c-lipo-power-pack-3400-7-4v-ehr>. [cit. 2024-05-14].
- [53] *Otočná základna*, c2024. Online. DRÁTEK.CZ. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/903-otocna-zakladna.html>. [cit. 2024-05-14].
- [54] *Ultrazvukový měřič vzdálenosti pro Arduino – 5Pin HY-SRF05*, c2024. Online. DRÁTEK.CZ. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1735-meric-vzdalenosti-ultrazvukovy-5pin-hy-srf05-pro-arduino.html>. [cit. 2024-05-14].
- [55] *Čidlo teploty, vlhkosti, tlaku a plynu – BME688 – SPI / I2C – STEMMA QT / Qwiic - Adafruit 5046*, c2024. Online. Botland. Dostupné z: <https://botland.cz/multi-funkcni-senzory/19788-cidlo-teploty-vlhkosti-tlaku-a-plynu-bme688-spi-i2c-stemma-qt-qwiic-adafruit-5046-5904422347574.html>. [cit. 2024-05-14].
- [56] *Sada MQ2 – MQ135 senzorů snímačů detekce plynu*, c2024. Online. DRÁTEK.CZ. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1616-sada-mq2-mq135-senzoru-snimacu-detekce-plynu-pro-mini-5v-controller.html>. [cit. 2024-05-14].
- [57] *Step/down měnič a napájecí modul s voltmetrem – LM2596S*, c2024. Online. DRÁTEK.CZ. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/148727-step-down-menic-napajeci-modul-a-voltmetr-s-lm2596s.html>. [cit. 2024-05-14].
- [58] *WeMos D1 Mini ESP8266 WiFi modul*, c2024. Online. Laskakit. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/wemos-d1-mini-esp8266-wifi-modul/>. [cit. 2024-05-14].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PaPFO	Právnícké a podnikající fyzické osoby
MU	Mimořádná událost
KS	Krizový stav
IZS	Integrovaný záchranný systém
BRS	Bezpečnostní rada státu
STČ	Soubor typové činnosti
I/O	Input/Output
RAM	Random Access Memory
IDE	Integrated Development Environment
SW	Software
I2C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Seriál Peripheral Interface
TWI	Two Wire Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile
M2M	Machine to Machine
mAh	Miliampérhodiny
V	Volt
VOC	Volatile Organic Compounds
AP	Access Point

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Vztah ochrany obyvatelstva, civilní ochrany a civilní obrany [3]	10
Obrázek 2. Dagu Wild Thumper 6WD [50]	33
Obrázek 3. Parametry vozidla [50]	34
Obrázek 4. Popis Arduino Mega 2560 [vlastní zpracování].....	35
Obrázek 5. H-můstek L298N [51]	35
Obrázek 6. Stejnoseměrný motor Dagu 34: 1 DC 6 V 294RPM [50]	36
Obrázek 7. Baterie LiPol, 3400 mAh, 7,4 V [52]	36
Obrázek 8. Vývojová deska ESP32-CAM [28]	37
Obrázek 9. Mikro servomotory a otočná základna [53]	37
Obrázek 10. Ultrazvukový měřič vzdálenosti HC-SR04 [54]	38
Obrázek 11. Senzor měření teploty, vlhkosti, tlaku a VOC plynů[55].....	38
Obrázek 12. Senzory plynů MQ-135 až MQ-9 [56]	39
Obrázek 13. Pákový ovladač FlySky FS-i6 s přijímačem FS-iA6 [32].....	40
Obrázek 14. Ovladač s držákem na mobilní telefon [vlastní zpracování]	40
Obrázek 15. Regulátor napětí [57].....	41
Obrázek 16. Wi-Fi Wemos D1 mini [58]	41
Obrázek 17. Schéma zapojení motorů [vlastní zpracování]	43
Obrázek 18. Schéma zapojení bezdrátové kamery [vlastní zpracování]	44
Obrázek 19. Schéma zapojení mikro servomotorů [vlastní zpracování]	44
Obrázek 20. Schéma zapojení senzorů kvality ovzduší [vlastní zpracování].....	46
Obrázek 21. Schéma zapojení BME688 a HC-SR04 [vlastní zpracování].....	47
Obrázek 22. Složení podvozku – spodní strana [vlastní zpracování]	50
Obrázek 23. Umístění komponent v meziprostoru vozidla [vlastní zpracování]	51
Obrázek 24. Umístění ultrazvukového senzoru [vlastní zpracování]	52
Obrázek 25. Umístění senzorů a otáčivé základny [vlastní zpracování]	52
Obrázek 26. Využití vozidla ve vnějších prostorech průmyslového areálu [vlastní zpracování]	57
Obrázek 27. Využití vozidla na benzinových stanicích [vlastní zpracování].....	58
Obrázek 28. Využití vozidla v garážích [vlastní zpracování].....	60
Obrázek 29. Využití vozidla v lesích [vlastní zpracování]	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Popis krizových stavů [vlastní zpracování dle [8]].....	13
Tabulka 2. Základní rozdíly mezi NiMH a LiPol bateriemi [17]	20
Tabulka 3. Zapojení senzorů kvality ovzduší [vlastní zpracování]	45