

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**AUTOMATICKÉ SKLADOVACÍ
SYSTÉMY V LOGISTICE**

(Diplomová práce)

Přerov 2021

Bc. David Vrána, DiS.



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student **Bc. David Vrána, DiS.**

studijní program Logistika
obor Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Automatické skladovací systémy v logistice**

Cíl práce:

Na základě nejnovějších trendů ve skladovacích systémech navrhnout plně automatický sklad. Návrh realizovat pro různé typové příklady a ověřit na simulačním modelu.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Automatizace a digitalizace v logistice
2. Návrh chytrého automatického skladu
3. Tvorba simulačního modelu
4. Vyhodnocení návrhu

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.

RICHARDS, Gwynne. Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Third edition. London: Kogan Page, 2018. ISBN 978-0-7494-7977-0.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Libor Kavka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

30. 10. 2020

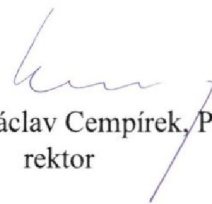
Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020



Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení


Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 13. 5. 2021


.....
podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Liboru Kavkovi, Ph.D. za poskytnuté rady a odborné vedení diplomové práce. Rád bych ocenil coaching mé Oriflame direktorky Evy Grégrové (rozené Ludvové). Také chci vzdát hold britskému zpěváku a hudebním skladbám, jež brilantně interpretuje Sir Roderick David Stewart, CBE, při nichž jsem napsal většinu této práce. A hlavně děkuji mé rodině, která mě po celou dobu studia aktivně podporovala.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na objasnění problematiky logistických a výrobních procesů, systémů pro výrobu a technických prostředků, dále na podrobný rozbor jednotlivých typů a jejich využití v logistice. Praktická část obsahuje rozhodovací i řídicí algoritmy a návrhy automatických skladovacích systémů v podniku, jež se zaměřují na využívání technických prostředků v oblastech vnitropodnikové logistiky. Tato práce zahrnuje i hodnocení těchto návrhů s možnostmi implementace navržených řešení do podnikových systémů.

Klíčová slova

Skladovací systém, automatický sklad, robotika

Annotation

The diploma thesis is focused on clarifying the issues of logistics and production processes, production systems and technical devices with detailed analysis of individual types and their use in logistics. The practical part contains decision-making and control algorithms and automatic storing system designs for the company, which focus on use of technical devices in the areas of in-house logistics. The thesis includes the evaluation of these proposals with the possibilities of implementing the proposed solutions into business systems.

Keywords

Storage system, automatic storage, robotics

Obsah

Úvod.....	11
1 Automatizace a digitalizace v logistice	13
1.1 Podstata logistiky	13
1.1.1 Definice logistiky.....	14
1.1.2 Logistický cíl	15
1.1.3 Logistický systém	15
1.1.4 Logistický řetězec	15
1.1.5 Logistická síť	16
1.1.6 Informační systém.....	16
1.1.7 Dodavatelský systém	16
1.1.8 Dodavatelský řetězec	16
1.1.9 Logistické činnosti	17
1.1.10 Logistické náklady	18
1.1.11 Princip tlaku a tahu, bod rozpojení	19
1.1.12 Problematika zásobování v podniku	22
1.1.13 Princip Just-in-Time, Just-in-Sequence	25
1.1.14 Metody FIFO, LIFO, FEFO, HIFO, LOFO	25
1.1.15 Dekompozice logistického systému.....	26
1.1.16 Teorie omezení	26
1.1.17 Systém rychlé odezvy	26
1.1.18 Systém efektivní odezvy	27
1.1.19 CRM, SRM.....	27
1.2 Výrobní logistika	27
1.2.1 Definice výroby	29
1.2.2 Definice výrobního systému	31
1.2.3 Dekompozice výrobního procesu	32
1.2.4 Klasifikace výrobních procesů.....	32
1.2.5 Časový průběh výrobních procesů.....	33
1.2.6 Automatizace logistických činností	34
1.2.7 Problematické oblasti automatizace.....	35
1.2.8 Trendy v logistice, dopravě a skladovacích systémech	35
1.2.9 Obalová technika	36

1.3	Řízení dodavatelských systémů	38
1.4	Koncept štíhlé výroby	39
1.4.1	Toyota (Japonsko).....	39
1.4.2	Průmyslová výroba	40
1.4.3	Zaměření na konečného spotřebitele	41
1.4.4	Pohotová a pružná logistika.....	42
1.4.5	Modulové plánování výroby	42
1.4.6	Výrobní čas, ekonomie času	43
1.4.7	Problematika zatížení pracovníků.....	44
1.4.8	Standardizace a univerzálnost štíhlé výroby.....	45
1.4.9	Zakázka	45
1.5	Aplikace štíhlé výroby	46
1.5.1	Tendence současných společností	47
1.5.2	Zavedení štíhlé výroby.....	47
1.5.3	Azimut spotřeby.....	48
1.5.4	Fraktálová výroba	49
1.6	Využití outsourcingu.....	49
1.6.1	Výhody outsourcingu.....	49
1.6.2	Nevýhody outsourcingu	49
1.6.3	Příklad outsourcingu v praxi	50
1.7	Praktický význam standardizace.....	50
1.8	Distribuce.....	51
1.9	Automatizace v logistice.....	52
1.9.1	Automatizace skladových procesů.....	53
1.9.2	Inteligentní intralogistika	54
1.10	Digitalizace v logistice.....	55
1.10.1	Autonomní roboty.....	55
1.10.2	Internet věcí, senzory	55
1.10.3	Rozšířená realita	56
1.10.4	Kybernetika.....	56
1.10.5	Umělá inteligence	56
2	Návrh chytrého automatického skladu	57
2.1	Systémové pojetí skladu	58
2.1.1	Operace a činnosti ve skladech	58

2.1.2	Druhy skladů.....	58
2.1.3	Zabezpečení skladu a ochrana zdraví	59
2.2	Management skladů	59
2.3	Automatické systémy ve skladech.....	61
2.3.1	Typy používaných pohonů.....	65
2.3.2	Využívání automatizovaných prostředků	71
2.4	Dron (bezpilotní letoun).....	76
2.4.1	Historie dronů	76
2.4.2	Klasifikace a kategorizace dronů	76
2.4.4	Strategická analýza SWOT využívání dronů.....	77
2.5	Fyzikální princip letu dronů.....	78
2.5.1	Vzorec pro výpočet otáček motoru	79
2.5.2	Výška letu, klonění, klopení, otáčení.....	79
2.6	Eulerův-Newtonův model	81
2.7	Zajištění stability dronu	82
2.8	Metoda FMEA	83
2.9	Metoda WHAT-IF	89
2.9.1	Analýza rizik při zavádění automatizace a robotizace.....	91
2.9.2	Analýza rizik – automatizační a robotizační prostředky ve skladech.....	92
2.9.3	Vyhodnocení výsledků metody WHAT-IF.....	93
2.10	Doručování pomocí dronů	94
2.10.1	Služby společnosti Amazon.....	94
2.10.2	Využití dronů v podnikových systémech.....	95
2.11	Algoritmy nabíjení baterií.....	96
2.12	Návrh algoritmu pro využití vnitropodnikových dronů.....	100
2.13	Návrh plně automatického skladu.....	104
2.13.1	Návrh automatického skladu č. 1 (výroba).....	104
2.13.2	Návrh automatického skladu č. 2 (obchodní překladiště 1).....	105
2.13.3	Návrh automatického skladu č. 3 (obchodní překladiště 2).....	106
3	Tvorba simulačního modelu	107
3.1	Model přesunu zásilek pomocí Simul8.....	107
3.2	Model automatického skladu pomocí ExtendSIM.....	110
3.3	Model třídícího systému (Arduino UNO).....	111
3.4	Model třídícího systému (Raspberry Pi).....	113

4	Vyhodnocení návrhu	115
4.1	Zhodnocení možností implementace navrhovaných řešení	115
4.1.1	Varianta automatického skladu č. 1 (výroba)	115
4.1.2	Varianta automatického skladu č. 2 (obchodní překladiště 1).....	115
4.1.3	Varianta automatického skladu č. 3 (obchodní překladiště 2).....	115
	Závěr	116
	Seznam zdrojů.....	117
	Seznam zkratk	119
	Seznam grafických objektů.....	121
	Seznam příloh	123

Úvod

Logistické systémy jsou velmi podstatné pro fungování hospodářských operací v rámci celého světa. Prostřednictvím dodavatelsko-odběratelských vztahů se realizují dodávky s peněžitým protiplněním či barterový (výměnný) obchod. Neustálý tok materiálu, zboží a informací z místa A do místa B při optimálních přepravních nákladech představuje hlavní smysl logistiky, která zabezpečuje chod ve větším množství odvětví. Využívá se při získávání surovin, pracovníků dle jejich kvalifikace a správné začlenění do procesu, zabezpečení výroby, balení, skladování a následnou distribuci a v neposlední řadě i zpětnou logistiku obalových materiálů a obousměrných informačních toků. Pokrok v oblasti výrobních technologií znamenal nutnou změnu v tržním prostředí. Společnosti přestávají klást důraz na snižování nákladů, hromadnou produkci na úkor kvality výrobků a využití co možná nejlevnějších zdrojů materiálu. Hlavními aspekty výroby v klasickém podání jsou zejména rychlost a kvantita. Tedy výkon vyjádřený celkovou produkcí za jednotku času. Nový směr upřednostňuje výrobu na základě požadavků zákazníka. Poznat a předem odhadnout jeho potřeby se stává konkurenční výhodou. Využití výrobních způsobů Just-in-Time a omezení plýtvání materiálem i časem na výrobu přispívá k lepšímu fungování v oblasti průmyslu, zemědělství, a do značné míry se projevilo i ve službách. Důležitým nástrojem se stává i cílené řízení jakosti, jež vede k větší spokojenosti zákazníků i snížení počtu vad a následných reklamací. Navazování a prohlubování vztahů výrobců se zákazníky umožňuje získat zpětnou vazbu, podněty i připomínky, jež zajistí dlouhodobou a oboustrannou spokojenost. Henry Ford dokázal, že je možné snížit náklady i námahu při výrobě. Toyota navázala důrazem na kvalitu, a především potřeby a přání zákazníků. Její způsob řízení znamenal zvýšení efektivity. O to jde především, pokud se jedná o zisk. Spokojený zákazník se rád vrací a co víc, sdílí informace s dalšími potenciálními zákazníky. Úspěch společnosti se dnes tedy neměří jen výkonem, počtem vyrobených kusů, ale stále více začíná o úspěchu a neúspěchu rozhodovat spokojený či nespokojený zákazník, a především uživatel produktu.

Doprava je velice podstatnou částí logistiky. Optimální počet technických prostředků a pracovních sil, jež je schopna řídit prostředky či zabezpečit jejich provoz na základě naprogramovaných vzorců a definovaných tras. Další možnost tvoří autonomní rozhodování na základě algoritmů. Pracovníci v logistice mají na starosti zajištění dodávek materiálu, zboží a informací ve správném množství, čase, kvalitě či jakosti a také s příslušnými

informacemi. Využívání automatizovaných a plně autonomních systémů v logistických činnostech se v posledních letech velmi rozvinulo (automatické dopravníky, autonomní vozítka i automobily). Dnes se rozvíjí též segment dopravy drony pro krátké vzdálenosti, ale v blízké budoucnosti bude možné i větší využití v mezikontinentální a ve spolupráci NASA a SpaceX též meziplanetární přepravě. Elon Musk také vytvořil koncept rychlé a ekologické přepravy mezi městy v podobě podzemních, nadzemních i v budoucnu podmořských vlaků, využívajících magnetickou levitaci (MagLev). Nejde však jen o samotný hardware a technická řešení. Podstatné je i řízení těchto systémů, které stále více zajišťuje tzv. umělá inteligence, jež v pravém slova smyslu zatím neexistuje. Jde spíše o algoritmy, senzory pro sběr dat, vyhodnocování a odpovídající reakce systému na zjištěné podněty. Dle zákonů robotiky musí každý robot jednat tak, aby nebylo ohroženo zdraví ani život osob, což může znamenat i poškození či zničení jeho samotného. Problematické může být poté stanovení odpovědnosti za škodu při poruše tohoto systému. Výhodou robotických systémů je vysoká spolehlivost i výdrž. Robot nepotřebuje odpočívat, nemá speciální požadavky, unese daleko větší břemena než člověk a je též snadno opravitelný. V mnohém tak poráží člověka, který je fyzicky omezen, musí odpočívat a těžce nese stresové situace. Člověk je také tvořivě založený a rutinní mechanické operace jako jsou nakládka, vykládka, přesun z jednoho místa na druhé jej mohou vyčerpávat fyzicky i psychicky. Proto tyto činnosti stále častěji vykonávají stroje. Mohlo by se zdát, že roboti časem přeberou pracovní místa lidským pracovníkům. Zejména v automobilovém průmyslu se tento trend ukazuje. Automatické lisy, robotické vozíky pro přesun komponent, automatické sklady. Člověk pak jen koordinuje procesy, kontroluje správnost a zadává příkazy např. parametry pro objednávku zákazník při výrobě na zakázku. Vznikají však nová pracovní místa při výrobě a zavádění těchto robotických či automatických systémů. Nutné jsou také kontroly zařízení, zda pracují tak, jak mají. Vyhodnocování dat, optimalizace a možné technické vylepšení stávajících systémů. I tyto systémy vyžadují pravidelný servis, výměnu opotřebovaných komponent a další činnosti.

Podstatou této diplomové práce je návrh plně automatického skladu, který využívá nejnovější dostupné technologie automatizace a digitalizace i trendy ve skladovacích systémech. Cílem této práce je realizace návrhů pro různé typové příklady (včetně tvorby algoritmů pro řízení a fungování automatických skladovacích systémů v rámci zejména podnikové logistiky), jejich ověření pomocí simulačních modelů a návrh možných vylepšení těchto systémů.

1 Automatizace a digitalizace v logistice

Podnik ani podnikání se v dnešní době, kdy je ekonomika postavena na svobodách a pouze jsou ustanovena pravidla v podobě obecně závazných norem (zákonů), bez logistiky neobejde. Dodavatelsko-odběratelské dohody, řízení vztahů se zákazníky ani vnitropodnikové systémy by nemohly fungovat. [1]

1.1 Podstata logistiky

Pojem logistika pochází z řeckého slova *logistikon* (v překladu rozum, důmysl), po-
tažmo také z výrazu *logos* (v překladu: myšlenka, slovo, řeč, zákon). Logistika je zalo-
žena na fyzických tocích, s nimiž jsou spojeny příslušné informační a také peněžní toky.
Uskutečňují se pro uspokojování potřeb a požadavků po výrobcích i službách. Tyto pro-
dukty jsou poskytovány na trhu spotřebních produktů obvykle za protihodnotu v rámci
peněžní směny. Fyzické toky vyjadřují změnu v prostoru v určitém čase zahrnující taktéž
stav klidu (přerušeni pohybu). Oproti tomu informační toky vyvolávají, doprovází či do-
kumentují proces fyzických toků a doplňují jej možnostmi poskytnout zpětnou vazbu od zá-
kazníků. Podniky mohou také shromažďovat informace, zejména se jedná právě o poža-
davky zákazníků na samotný produkt či s ním spojené služby. Dále rozeznáváme řídicí
informace, informace o průběhu a výsledcích hmotných toků i o případných reakcích
od samotných zákazníků. Toky vytvářejí navzájem závislé procesy. Finanční tok je vy-
jádřen peněžními příjmy, a také příslušnými výdaji na samotné uskutečnění fyzických
či informačních toků. Veškeré toky (materiální i nemateriální) musí být vzájemně sla-
děny, abych nedocházelo k prodlevám, zbytečnému čekání či vzniku ztrát. [2]

Logistika původně vznikla pro zajištění činnosti armády: zásobování vojsk technikou
i municí, vydávání rozkazů z velitelství i poskytování služeb vzdělávání, výcviku, pořá-
dání cvičení a výkon vojenské zdravotní péče. Logistika z dnešního pohledu představuje
ucelený systém řízení dodavatelského řetězce, jež plánuje, efektivně řídí dopředné
a zpětné toky produktů i příslušných dopředných i zpětných toků informací od místa pů-
vodu, přes skladování, manipulaci, plnění objednávek, tvorbu návrhu logistické sítě a ří-
zení zásob, do místa spotřeby na základě požadavků konkrétního zákazníka. Mezi logis-
tické funkce patří vyhledávání zdrojů, nákup, plánování a rozvrhování výroby, obalová
technika, kompletace a služby zákazníkům. Logistika je součástí všech úrovní plánování

od taktického řízení, přes operativní až ke strategickému řízení. Podstatou logistiky je snaha o koordinaci a optimalizaci všech logistických činností ve spojení s výrobou, financováním, informačními technologiemi, managementem i marketingem. [2]

1.1.1 Definice logistiky

Logistika představuje tu část managementu dodavatelského řetězce, jež se věnuje plánování, realizaci a řízení dopředných i zpětných toků výrobků, služeb i vázaných informací od místa vzniku (vytvoření produktu), přes skladování až po místo konečné spotřeby na základě požadavků konkrétního zákazníka. Příkladem těchto operací jsou: doprava, spravování vozového parku, skladování a manipulace, plnění podaných objednávek, navrhování logistické sítě, řízení zásob, plánování nabídky i předpovídání budoucí poptávky. S tím souvisí též vyhledávání zdrojů, nákup, rozvrhování výroby, metodika balení a kompletace i další služby pro zákazníky. Logistika je též využita ve strategickém, operativním i taktickém plánování a realizaci. V logistice záleží zejména na koordinaci a optimalizaci všech logistických činností i ve spojení s marketingem, výrobou, prodejem, financováním a informačními technologiemi. [1]

Podstatu současné logistiky tvoří fyzické a s nimi spojené informační i peněžní toky. Ty jsou uskutečňovány při uspokojování požadavků po výrobcích i službách. Toky (neboli posloupnosti pohybů a stavů klidu) představují navzájem se ovlivňující procesy. Logistické toky jsou charakterizovány věcnou podstatou, objemem, směrem, vzdáleností, rychlostí, dobou trvání, spotřebou zdrojů, mírou užitečnosti, popř. shodou se zadanými požadavky. Dopředná logistika zahrnuje procesy tvorby a dodání nových produktů. Oproti tomu zpětná logistika se zabývá zajištěním toku odpadu, neprodaných výrobků, reklamacemi, vratnými obaly i manipulačními jednotkami. Logistika však také řeší problematiku poskytování služeb všech druhů. Zahrnuje řízení toků práce při plnění požadavků po veškerých produktech. [2]

Definice logistiky dle normy ČSN EN 14943 zní: Logistika znamená efektivně plánovat, uskutečňovat a kontrolovat pohyb i umístění osob i zboží společně s doprovodnými činnostmi, jež se k tomuto pohybu vztahují, při dosahování stanovených cílů. Logistika představuje v dnešním světě nepostradatelné nástroje, techniky a prostředky pro efektivní zajištění potřebných zdrojů pro výrobu (suroviny, materiál, polotovary a díly, pracovní sílu, informace, know-how), odbyt, dopravu k zákazníkovi na základě jeho požadavků.

1.1.2 Logistický cíl

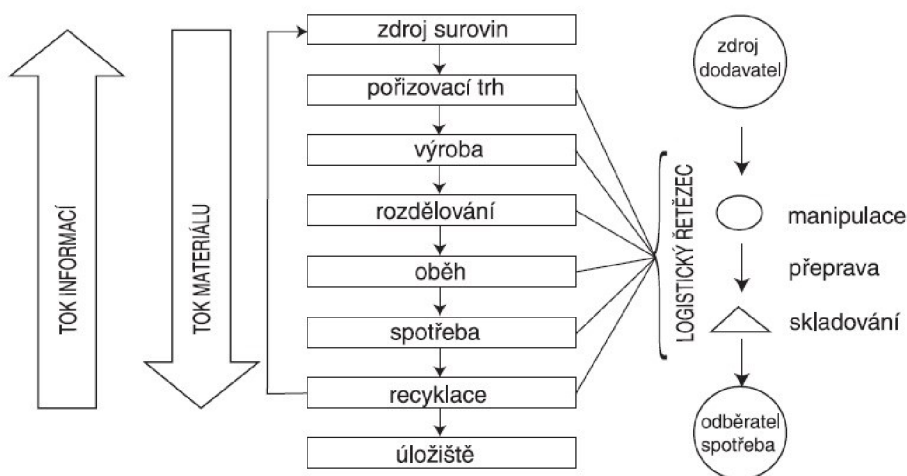
Cílem v logistické praxi je efektivní překonávání prostoru i času při uspokojování konkrétních požadavků jednotlivých zákazníků. Dle metodiky 7S logistika usiluje o dodání správných výrobků (či materiálu, služeb) na správné místo, ve správném čase a správné kvalitě, ve správném množství a za správnou cenu hospodárným způsobem, s přijatelnými celkovými náklady. [2]

1.1.3 Logistický systém

Tento systém tvoří záměrně seskupená fyzická i řídicí struktura, umožňující aktivovat, zabezpečovat, hodnotit a zlepšovat fungování toků v logistických řetězcích. [2]

1.1.4 Logistický řetězec

Logistickým řetězcem je myšlena lineární struktura, jež vzniká vzájemnou návazností procesů, které jsou nutné k plnění požadavků zákazníků (poskytování produktů a služeb). Tento logistický řetězec vystupuje v rámci logistického systému. Skládá se z procesů s jejich účastníky, jenž bývají přímo či nepřímo zapojeni při plnění přání koncových zákazníků. Tento řetězec obsahuje dva subsystémy: technický – tvoří jej výrobní zařízení, vybavení skladů, dopravní prostředky včetně obsluhy; a řídicí – slouží ke zprostředkování logistického řízení prostřednictvím pracovníků a řídicích útvarů. Logistický řetězec má nejčastěji tyto vrstvy: dodavatelé, výrobci, distributoři a prodejci, koncoví zákazníci. Procesy v tomto řetězci se často odehrávají u různých podniků (organizací). [2]



Obr. 1.1 Schéma logistického řetězce

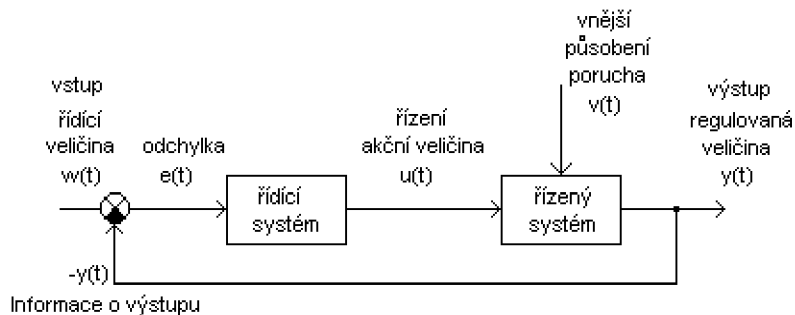
Zdroj: [6]

1.1.5 Logistická síť

Jedná se o složitější strukturu, která se velmi podobá dodavatelské síti. Tyto pojmy se někdy považují za synonyma. [2]

1.1.6 Informační systém

Jde o soustavu složenou z orgware (soubor lidí), hardware (technické prostředky), software (aplikace a programy) a příslušných metod k zabezpečení sběru, přenosu a uchování, dalšímu možnému vyhledávání a zpracovávání těchto dat. Účelem těchto systémů je poté poskytování informací uživatelům, jež se věnují administraci a zejména řídicím činnostem. Pojem je úzce spjatý s informačními technologiemi, bez kterých by informační systém nemohl fungovat. [2]



Obr. 1.2 Schéma řídicí činnosti

Zdroj: [6]

1.1.7 Dodavatelský systém

Dodavatelský systém představuje posloupnost činností v rámci navzájem propojených logistických řetězců. Zahnuje rovněž aktivity, umožňující realizaci zpětných toků s cílem splnění požadavků zákazníka s ohledem na správné množství, kvalitu i místo v požadovaném čase. [1]

1.1.8 Dodavatelský řetězec

Propojený systém procesů v rámci společností se označuje jako dodavatelský řetězec (anglicky Supply chain). Tvoří mezičlánek mezi základní surovinou a zákazníkem, který je uživatelem výrobku či služby. Je složen z řady provázaných procesů včetně těch logistických. Složitost a délka dodavatelského řetězce je závislá na počtu společností, které jsou do něj zapojeny. [8]

Dodavatelský řetězec zahrnuje zpracovatele surovin, výrobce, distributory a dopravce, sklady velkoobchodů, sklady maloobchodů a prodejní místa. Specifickým příkladem

může být internetový obchod (e-shop), kdy jsou výrobky (i některé služby) nabízeny online. Zákazníci jsou součástí tohoto řetězce, stojí až v jeho závěru, avšak jsou důležití pro vznik jeho samého. Veškeré činnosti spojené s výrobkem (suroviny, technologie, výroba, dodání, servis) jsou zahrnuty do cen pro konečné zákazníky, popř. spotřebitele. Hodnotovým tokem (anglicky volute-chain) poté bývá označován proces dodání zákazníkům přesně toho, co potřebují a chtějí. [8]

Moderní společnosti usilují o uplatňování principu Just-in-Time, který je velice efektivní, nevytváří zbytečné náklady (zejména skladovací a manipulační), a přitom je schopen uspokojit poptávku zákazníků v požadovaném čase za přijatelnou cenu. Dalším stupněm je poté výroba Just-in-Sequence. [8]

1.1.9 Logistické činnosti

Logistické činnosti zahrnují aktivity a funkce, jež vykonávají obchodní partneři pro uspokojení požadavků konečných zákazníků. Mezi hlavní logistické činnosti patří předpověď a plánování budoucí poptávky, nákup a řízení zásob podniku, manipulace se zásobami, komunikace podniku s podstatným okolím v rámci logistiky, přijímání objednávek, zapracování do systému, skladování, balení, doprava i zpětná logistika. K řízení a plánování těchto činností je vyžadována strategická úroveň managementu. Obsahují například rozhodování o potřebě zdrojů a jejich množství. Dalšími stupni jsou: dispoziční (pořízení zdrojů v krátkém časovém horizontu), administrativní (uskutečňování informačních toků), operativní (realizace hmotných toků). Správným mixem (kombinací) těchto činností jsou realizovány logistické funkce, mezi které patří zejména plánování na úrovni strategické a operativní, získávání zdrojů nákupem materiálu a surovin, dílů i komponent, energií, zařízení, hotových výrobků včetně investování. Takto získané zdroje poté slouží k přeměně ve vlastní výrobky či k využití při poskytování služeb, k dodávkám při distribuci těchto výrobků k zákazníkům či k zabezpečení návratu výrobků, obalů a odpadů v rámci zpětné logistiky. Nutná je i přesná fakturace a zpracování příslušné dokumentace (např. záruční listy, které však bývají nahrazovány samotnou fakturou). [1]

Dalšími činnostmi, jež jsou uskutečňovány v rámci logistických funkcí, mohou být manipulační operace ve výrobě: implementace surovin do reaktorů, fixace dílů do strojů a zařízení, uložení do obalů pro manipulaci a mezioperační dopravu, kontrola a seřizování výrobních linek, jejich čištění a přemístování. Následně též ložné operace při dopravě, nakládání zboží, jeho fixace, následná vykládka na předem určeném místě,

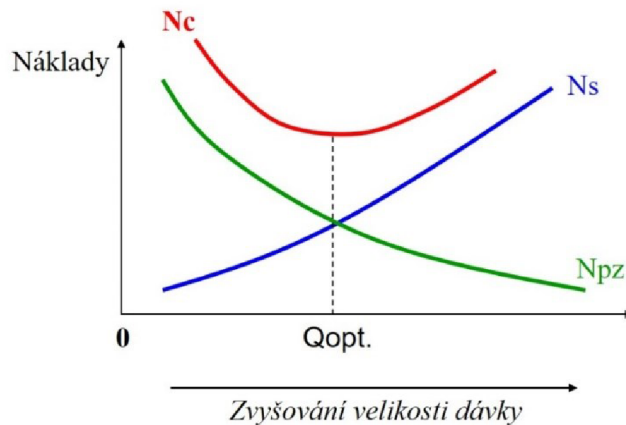
vyprazdňování obalů pro manipulaci, balení hotové produkce výrobků do obalů k tomu určených (tzv. zákaznických obalů), případně do hromadných, tedy skupinových obalů, příprava objednaného zboží pro přepravu a manipulaci využitím příslušných ochranných prostředků. Dalším krokem zpravidla bývá označení identifikačními prvky, které umožňují rychlou kontrolu a načtení informací, zejména se dnes využívají čárové kódy (EAN) či tagy pro radiofrekvenční identifikaci (RFID). Nezbytností jsou dnes požadavky na informace o složení, nakládání s produkty při instalaci, použití a likvidaci. Pomocnými operacemi poté mohou být: manipulace s obaly, které jsou vratné, jejich třídění, čištění, popř. opravy a úpravy k dalšímu využití nebo zpracování obalů nevratných. [1]

1.1.10 Logistické náklady

Součástí celkových nákladů podniků jsou také logistické náklady, někdy také označovány jako součást celkových nákladů logistických řetězců. Zahrnují všechny náklady, které jsou spojené se způsobem organizování a řízení hmotných toků i jejich průběhem v jednotlivých člancích logistického řetězce. Z pohledu ekonomiky se do logistických nákladů řadí i náklady ušlých příležitostí. Logistické náklady je možné členit dle různých kritérií. Prvním z nich může být dle návaznosti procesů, takové náklady jsou: náklady na správu a řízení objednávek dle požadavku zákazníka; na nákup materiálu, zahrnující skladování v rámci průchodu logistickým řetězcem; náklady na manipulaci s položkami v rámci procesu výroby; náklady na označení výrobku, balení a expedici; náklady spojené s dopravou a kompletací; náklady na distribuci apod. [2]

Dalším hlediskem pro členění logistických nákladů je podle charakteru a účelnosti toků. V tomto případě rozeznáváme náklady na organizování a řízení těchto toků i jejich uskutečňování, náklady spojené s držením zásob a náklady z nedostatečné úrovně logistických služeb. Organizace a řízení toků ovšem v sobě zahrnuje náklady na poskytování informací, přijetí, správu a vystavování objednávek zákazníkům, plánování výroby i její řízení i management zásob. Držení zásob v sobě ukrývá též náklady ušlých příležitostí, skladovací náklady, rizikovost neprodejnosti či nemožnosti zásoby využít a s tím spojené náklady. Ušlé příležitosti znamenají dodatečné náklady způsobené vázaným kapitálem v zásobách a nemožnost jej využít pro činnosti vykazující zisk, popřípadě úrok z jejich uložení na bankovním účtu. Tyto náklady se vyjadřují pomocí reálné úrokové míry či míry zisku (tzv. rentabilita). Do skladovacích nákladů lze počítat i údržbu skladových prostorů, správu zásob, odpisy budov skladů, manipulační techniky a skladovacích zařízení,

počítačové systémy, odměňování práce zaměstnanců skladu, nájem, údržbu, zabezpečení, pojištění a opravy. Průběh celkových pořizovacích nákladů a stanovení optimálního množství znázorňuje následující graf. [2]



Obr. 1.3 Graf průběhu nákladové funkce a Q_{opt}

Zdroj: [1]

1.1.11 Princip tlaku a tahu, bod rozpojení

Podle způsobu zahájení výroby a jednotlivých dílčích procesů se v logistice rozlišují dva typy: princip tlaku a princip tahu. První zmiňovaný typ označovaný anglickým termínem PUSH (česky tlak) je založen na vysokém využití výrobních kapacit. Na počátku je stanoveno co nejvíce požadavků a rozpracovaná výroba vyvíjí tlak na další operace. Výroby probíhá ve velkých dávkách a výrobky jsou umisťovány do skladů. Pro tento typ výroby jsou prováděny nákladné průzkumy trhu, a především odhady budoucí poptávky po produktech, na jejíž základě je pak výroba i uskutečňována. Velké výrobní dávky jsou však rizikové z hlediska neprodejnosti, rovněž je zde dlouhá průběžná doba. [2]

Druhý princip – tah (anglicky PULL), oproti tomu je daleko pružnější a dokáže reagovat na požadavky zákazníků s nízkým časem odezvy. Výroba se v tomto případě zahajuje v množství a čase dle aktuálních požadavků a netvoří se žádné nadbytečné zásoby, které by nesloužily k plnění těchto objednávek. Lze vyhovět zákazníkovi i v jeho individuálních požadavcích. Společné výrobní dávky se v tomto případě většinou netvoří. [2]

Kombinace principů tlaku a tahu se označuje jako bod rozpojení (anglicky Decoupling point). Tento bod představuje místo, kam (jak hluboko do logistického řetězce) zasahuje objednávka zákazníka. Zásoby vznikají s cílem vyrovnat výkyvy v poptávce prostřed-

nictvím pojistných zásob. Poloha bodu rozpojení v rámci logistického řetězce udává, jak hluboko do řetězce proniká poptávka zákazníka. Může být umístěn v distribučním skladu, skladu hotových výrobků, skladu podsestav, skladu surovin nebo mimo podnik. Bod rozpojení prostřednictvím objednávky zákazníka se odvíjí od systému PUSH nebo PULL v logistickém řetězci. Výroba na základě objednávky zákazníků se označuje jako PULL (tažný systém) a systém, založený na odhadu budoucí poptávky, PUSH (tlačný systém). Bod rozpojení pak představuje místo, jež logistický řetězec rozděluje na dvě části. První část je řízena na základě přijatých objednávek (po proudu), druhá část poté řízena predikcí poptávky (proti proudu). V případě objednávek zákazníka by neměly být na skladě žádné volné zásoby, ale jen potřebná úroveň pro splnění jeho požadavků. V té části logistického řetězce s tlačným systémem jsou zásoby, jež souvisejí s plánováním výroby a rozvrhem dle předpovědi poptávky v budoucím období. [3]

Nalezení bodu rozpojení zákaznickou objednávkou je nezbytné pro efektivní řízení dodavatelského systému a tvoří základní strategické rozhodnutí managementu společnosti. Vztahuje se též k řízení času pro realizaci činností logistiky v rámci dodávek zákazníkovi. Na umístění tohoto bodu závisí poté na jedné straně délka výroby, včetně získávání surovin a příslušných logistických operací (označováno P-Time), a na zákazníkovi a jeho vztah k délce dodání – ochota zákazníka počkat na vyřízení svého požadavku či dodání produktu (označováno D-Time). Poměr těchto veličin udává možné čtyři typy situací. Buď se jedná o výrobu na sklad, montáž na zakázku, výrobu na zakázku či nákup a výrobu na zakázku. [1]

Poměry P-Time/D-Time

Vztah celkového času produkce a doručení zboží k zákazníkovi a ochota zákazníka čekat na daný produkt v logistickém řetězci udává poměr P-Time/D-Time. Pokud je ukazatel poměru mnohem větší než jedna, pak se jedná o výrobu na sklad. Je-li poměr P a D-Time větší než hodnota jedna, pak se jedná o montáž na zakázku. Poměr roven číslu jedna znamená, že se provádí výroba na zakázku. V případě rovnosti P a D-Time, jde o nákup i výrobu na zakázku. Aby společnost snižovala množství kapitálu vázaného v zásobách, usiluje o umístění bodu rozpojení co možná nejdále od zákazníka. Naopak snaha zákazníka je, aby od momentu podání své objednávky čekal co možná nejkratší čas na svůj produkt (výrobek), proto by nejraději posunul bod rozpojení opačným směrem, tedy blíže k sobě. Tyto snahy vedou ke kompromisnímu umístění, výhodném pro obě strany. [1]

Vliv poměru P-Time/D-time na hmotné toky

Ovlivnění hmotných toků dle poměru P-Time a D-Time zobrazuje Obr. 1.2 s údaji v tabulce. V prvních dvou případech je udržována větší zásoba, aby byl zajištěn kontinuální proces výroby. Ve dvou následujících případech je udržována pojistná zásoba, případně k objednání zdrojů dochází až po zákaznickově objednavce. To do jisté míry podstatně ovlivňuje dobu čekání zákazníka na svůj produkt. Zde je poté nutnost brát v úvahu a případně i předem zákazníka upozornit, že dodání může být opožděno nebo zboží k němu dojde v předběžně propočteném časovém rozmezí. [1]

výroba na sklad MTS	montáž na zakázku ATS	výroba na zakázku MTO	nákup a výroba na zakázku ETO
$P/D \gg 1$	$P/D > 1$	$P/D = 1$	$P/D < 1$

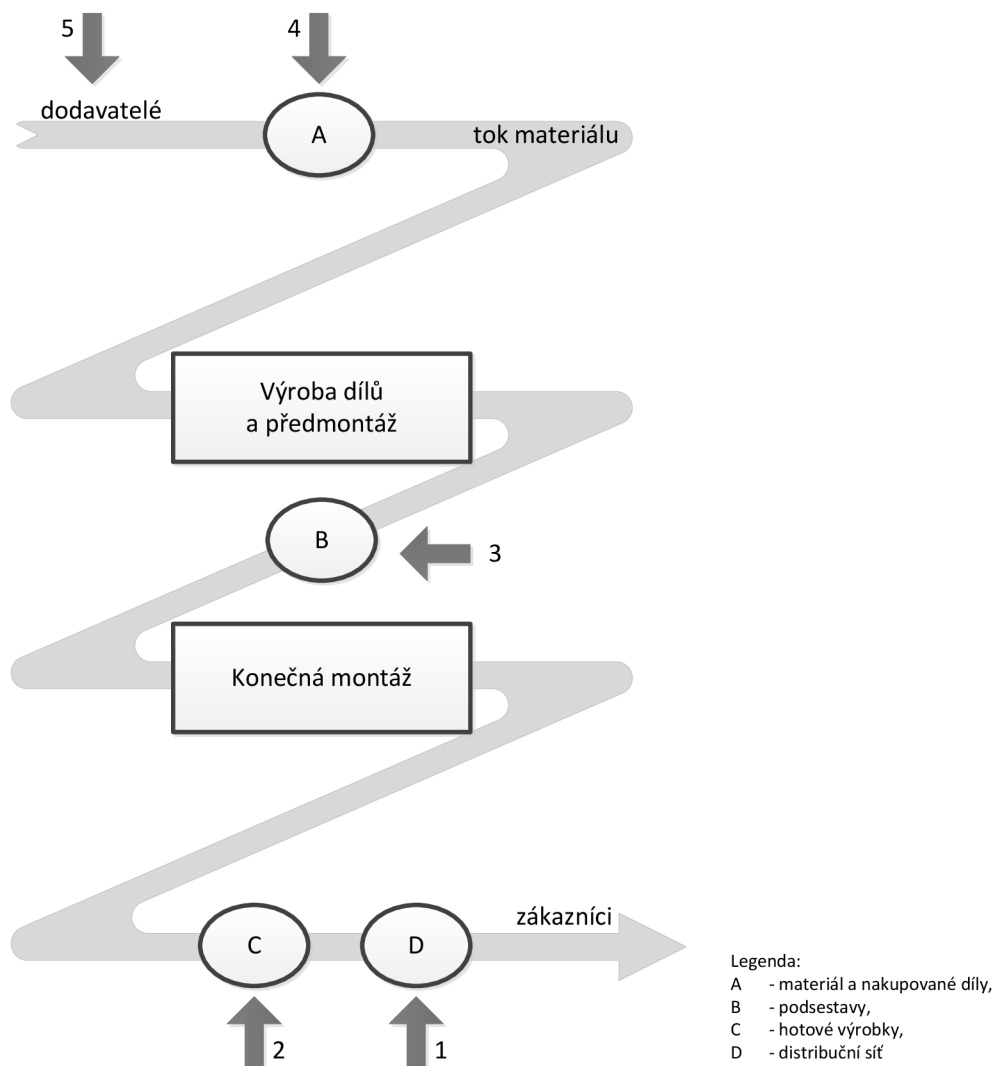
Obr. 1.4 Poměr P-Time ku D-time

Zdroj: [3]

Teorie řízení hmotných toků v systému

System představuje soustavu prvků a vazeb mezi nimi s možnými vazbami s podstatným okolím systému. S podstatným okolím systém interaguje, ovlivňuje jej a je jím sám ovlivňován. Dle množství vazeb s okolím se dělí systémy na uzavřené (bez vnějších vazeb), polouzavřené/polootevřené (s několika málo vazbami s okolím) a otevřené (s větším počtem vazeb s okolím systému). [4]

Řízení hmotných toků ve výrobní společnosti by mělo být závislé na typu poskytovaných produktů, délce výrobního cyklu a množství reálně podaných objednávek i případné sezónnosti či aktuálních trendech. Dále se odvíjí od typu poptávky, která do systému přichází. Může se jednat o poptávku nezávislou (nahodilou), u níž není zajištěna opětovná koupě a zákazník na základě okamžité potřeby či nápadu nákup provede. Nelze ji spolehlivě předpovědět, pouze odhadovat z předchozích obvyklých nákupů. Oproti tomu závislá poptávka se odvozuje od poptávky po jiném zboží ze strany dodavatele či odběratele. Lze tak usuzovat v případě objednávky výrobků a odhad množství poptávaných komponent či komplementárního zboží, a sestavit plánovaný počet kusů pro danou výrobu. [4]



Obr. 1.5 Schéma možných umístění bodu rozpojení

Zdroj: [3]

1.1.12 Problematika zásobování v podniku

Nákup běžných zásob má za cíl zabezpečit výrobu během dodacího cyklu (interval mezi dvěma následujícími dodávkami). Aby nevznikaly zbytečné náklady na skladování a udržování zásob je sestaven průběh obrátových zásob a stanoven bod B_0 , značící signální stav zásob (hranice pod polovinou spotřebovaných zásob) a potřebu podání nové objednávky na doplnění těchto zásob. Tento systém zabezpečí nové zdroje dříve, než se vyčerpají ty stávající. Je tak zajištěna kontinuita výroby. Někdy ani není třeba vystavovat novou objednávku, buď ji odešle systém automaticky, nebo dostane zprávu dodavatel a sám dodávku zajistí a připraví ve smluvený čas na předem určené místo. [4]

Nákupní strategie se liší dle druhu nákupu. Pokud se jedná o zcela nový nákup od neznámého dodavatele, pak bude nezbytné, projít celým rozhodovacím procesem a sestavit pro tyto účely tým odborníků. Tento typ nákupu je náročný z pohledu potřebných informací a proces rozhodování je velmi složitý. Vyžaduje zapojení hladiny řízení na nejvyšší úrovni. Prodejce i zákazník (v tomto případě výrobní společnost) usilují o minimalizaci rizik při výběru nového obchodního partnera. Oba také podnikají určité kroky k dosažení svého cíle. U prodejce se jedná o aktivní účast na výběrovém řízení organizovaném zákazníkem, nabídku výrobků a technologií na průmyslovém trhu. Zákazník tvoří účelovou organizaci, sestavuje nákupní tým a má širokou výběrovou základnu. [4]

Při modifikovaném nákupu rozhodují vedoucí útvarů a tento proces je složitější. Zasahuje i výzkumné a vývojové oddělení, řízení jakosti a výrobní útvary. Většinou je třeba projít všemi osmi kroky nákupního procesu. [4]

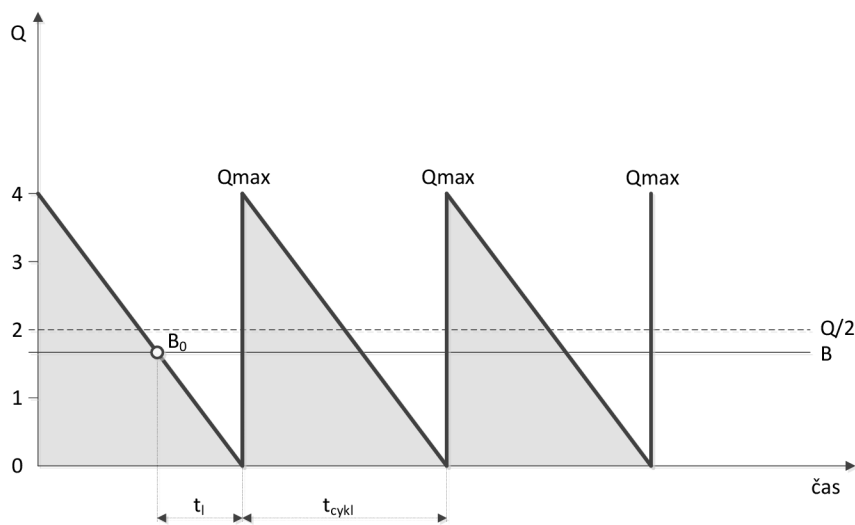
Tyto kroky tvoří:

1. přehled aktuálního stavu,
2. určení významnosti partnerů pro nákupní proces,
3. popsání toků informací a dokumentů,
4. soupis podnětů vůči interním klientům,
5. definice obvyklých situací s interními klienty a jejich řešení,
6. zpětná vazba od interních klientů,
7. srovnání pohledu interních partnerů a nákupu,
8. vyhodnocení a aplikace změn. [4]

Nejjednodušším typem nákupu je běžný, opakovaný nákup. V tomto případě není třeba vybírat nové dodavatele, často je uzavřena smlouva o dlouhodobé spolupráci a dodávkách s již stávajícími dodavateli. Výrobní společnost nemění požadavky na nákup zboží a služeb, využívají osvědčené distributory a realizace nákupu může být delegována na nižší hladinu řízení (nákupní oddělení) s příslušnými pravomocemi i odpovědností. Využívají se automatizované systémy pro dodávky, lze optimalizovat materiálový tok a snižovat celkový stav zásob. Jsou zde minimální požadavky na informace, jen se hodnotí výkony dodavatele. Ten se v procesu snaží udržet své zákazníky, aby u něj pravidelně nakupovali, navazuje užší spolupráci a navrhuje lepší technická řešení dodávek. Z pohledu

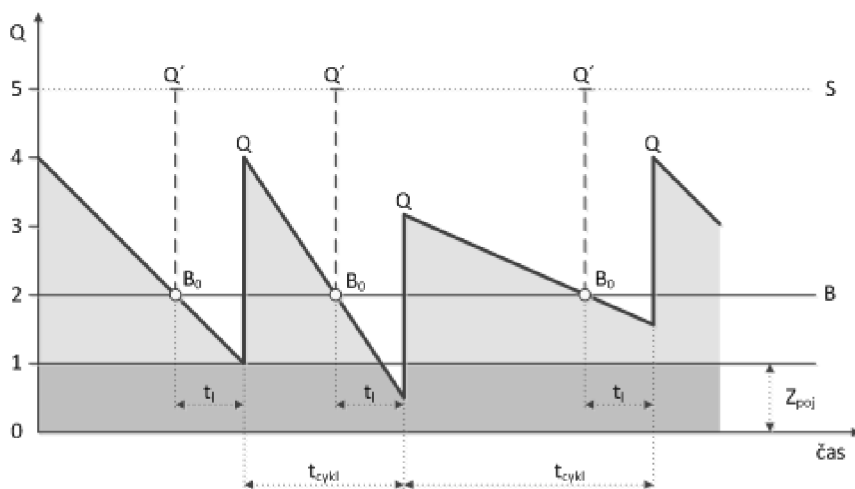
zákazníka je vyvíjen tlak na minimalizaci nákladů na nákup. Tento typ nákupu se využívá hlavně v oblastech dodávek dílů pro výrobu a komponent. [4]

Řízení zásob při nezávislé poptávce se odlišuje od klasických modelů, kdy na základě objednávek lze stanovit a případně upravovat postupem času a vývojem trhu i poptávky po produktech množství udržovaných zásob. Jsou zde čtyři varianty systému objednávání a zajištění potřebného množství zásob. Jedná se o výběr mezi pevnou a proměnnou velikostí objednávek, pevným či proměnlivým termínem s možností jejich kombinace. Systémy s proměnlivým objednacím množstvím i délkou cyklu jsou znázorněny na následujících schématech. [4]



Obr. 1.6 Průběh obrátových zásob a podání objednávky

Zdroj: [8]



Obr. 1.7 Grafický průběh zásob a objednávky s proměnl. parametry

Zdroj: [8]

1.1.13 Princip Just-in-Time, Just-in-Sequence

Metoda řízení logistiky Just-in-Time (JIT) minimalizuje dopravní a skladovací náklady tím, že lépe organizuje toky materiálu a zboží. Subdodávky přicházejí do systému tak, aby byly k dispozici ve správný čas a ve správném množství pro využití ve výrobě. Tím se snižují náklady na skladování a případné riziko neprodejnosti či nemožnosti využití těchto skladových zásob. Rovněž se minimalizují pohyby materiálů v podniku. Uspořádání výrobních linek je sestaveno tak, aby se položky co nejméně přesunovaly v rámci celého areálu. Tento princip založila japonská společnost Toyota v roce 1926. Rozvoj tohoto systému zásobování „*právě včas*“ se však více rozvinul a využíval v 80. letech 20. století zejména v Japonsku a Spojených státech amerických. [8]

Just-in-Sequence (JIS) povyšuje předchozí systém výroby a zásobování. Využívá se zejména v automobilových závodech, kde je výroba uskutečňována po sekvencích na základě požadavků konkrétního zákazníka. Ten si také může vlastními požadavky upravovat objednávku, v případě automobilů například počet dveří, střešní okno, barvu a podobně. V těchto případech jsou však dodací lhůty okolo jednoho roku. [5]

1.1.14 Metody FIFO, LIFO, FEFO, HIFO, LOFO

Systém řízení zásob FIFO (First in, First out – v překladu První dovnitř, První ven) zajišťuje, že zásoby jsou pravidelně obměňovány a nezůstávají dlouho na skladě. Druhý systém – LIFO (Last in, First out – v překladu Poslední dovnitř, První ven) naopak využívá posledních příchozích zásob před těmi, které jsou umístěny ve skladech déle. Tato metoda však v rámci České republiky není oficiálně pro účetnictví dovolena. [8]

Dalšími variantami těchto metod jsou FEFO a HIFO. První zmiňovaná metoda řízení zásob (anglicky First Expired, First Out – v překladu První expiruje, První ven) se využívá k organizaci, manipulaci a přesunu materiálu v pořadí dle jejich data spotřeby, kdy se nezohledňuje datum vstupu či jejich pořízení. Využití této metody je hlavně v logistice a dopravě, v managementu skladů, řízení zásob a jejich toků i ve výrobní logistice. Důvodem zavedení tohoto způsobu je, aby nedocházelo ke snížení kvality a spokojenosti zákazníka. Druhá metoda (složenina anglických slov Highest In, First Out – v překladu Nejdražší dovnitř, První ven) představuje všeobecně použitelný způsob řízení zásob (organizaci, manipulaci, prioritizaci), zejména materiálu a dalších komodit. V rámci logistiky

se zde na prvním místě vyskladňuje nejdražší materiál, aby se snížila rizika spojená s jejich neprodejností, ztrátou požadovaných vlastností a hlavně financí. [8]

Poslední z hlavních metod řízení zásob se označuje LOFO (anglicky Lowest In, First Out), v překladu označovaná jako Nejnižší cena, První ven. Je tedy opakem předchozí metody a ve skladech zůstávají zásoby (polotovary, díly, podsestavy, sestavy, hotové výrobky) s nejvyšší hodnotou (kupní cenou), platí zejména u trvanlivého zboží. [8]

1.1.15 Dekompozice logistického systému

Všechny jednotlivé prvky v logistickém systému je možné brát jako samostatný systém, složený z dílčích prvků. Rozkladem na menší a podrobnější části je možné systém zkoumat i z hlediska propojení celku a částí i vazeb v systému či vazbami s okolím. Výkon systému je možné zvýšit působením na dílčí procesy. [1]

1.1.16 Teorie omezení

Tato teorie, označovaná dle normy EN 14943, poukazuje na fakt, že každý systém obsahuje úzká místa, jež omezují výkon celého systému. Autorem této teorie je E. M. Goldratt. Příklad, který právě Goldratt v 60. letech 20. století využil pro plánování výroby, řešil problematiku limitů kapacity pro sušení, případně plánovat další směny či pozměnit program výroby. [1]

1.1.17 Systém rychlé odezvy

V angličtině označován jako Quick Response System (česky systém rychlé odezvy) slouží pro větší propojení partnerů v dodavatelských systémech. Je založen na rychlém přenosu aktuálních informací o stavu zásob, aktivních objednávkách a provedených transakcích v systému jako celku, zahrnující výrobce, distributory i maloobchodní prodejny. Informovanost umožňuje pružně reagovat na změny v poptávce zákazníků, kteří jsou konečnými spotřebiteli produktů. Systém využívá prostředky elektronické identifikace lokalizace pohybu zboží s využitím EAN kódů v síti EDI o vysokých frekvencích přenosu dat v krátkých časových intervalech. Doba odezvy mezi partnery a doba nutná pro vyřízení objednávek se zkrátila na 48 až 24 hodin. Dochází také ke značnému snižování stavu udržovaných zásob. Nevyužitě a dlouhodobě udržované (neměněné) zásoby ve skladech zastarávají, což může mít vliv i na kvalitu výsledné produkce, proto je vhodná jejich pravidelná obměna. [1]

1.1.18 Systém efektivní odezvy

ECR (Efficient Customer Response) neboli systém efektivní odezvy na požadavky zákazníků se zaměřuje především na distribuci potravin a byl vyvinut ve Spojených státech amerických. Z důvodu zvyšování distribučních nákladů bez zjevné přidané hodnoty pro zákazníka se začala navazovat užší spolupráce partnerů v dodavatelském systému. Efektivita je zajištěna prostřednictvím segmentace výrobků a služeb dle zákaznických požadavků a odpovídající distribuční systémy pro jednotlivé segmenty (soulad úrovně služeb a nákladů), dále efektivní řízení promočních akcí (společné plánování, určení termínu zahájení, doby trvání, míst uskutečnění včetně logistického zabezpečení, velikosti prodeje, dárkového sortimentu) a koordinace aktivit při uvádění nových produktů na trh (omezení ztrát v případě neúspěchu výrobků, výzkum a vývoj, spolupráce s dodavateli v rámci zpětné logistiky, správné nastavení cenové politiky, odhady budoucí poptávky, vlivy reklamy a propagace, zajištění výrobních, skladovacích a přepravních kapacit. [1]

1.1.19 CRM, SRM

Informační a řídicí systémy mají v současných korporacích nezastupitelné místo. V případě CRM (Customer Relationship Management), tedy řízení vztahů se zákazníky, je zde snaha získat ty nejlepší zákazníky, vytvářet pro ně nejlepší a konkurenceschopné hodnoty správným řízením systémů a procesů, motivací zaměstnanců i trvalým monitoringem. Co se týče SRM (Supplier Relationship Management), v překladu řízení vztahů s dodavateli, je kladen důraz zejména na vymezení aktuálních i budoucích požadavků na vstupy zdrojů a jejich financování, výběr co možná nejlepších dodavatelů na základě hodnocení podle určitých kritérií, uzavírání dlouhodobých kontraktů s nimi, zabezpečení prostředí pro harmonizaci zájmů dodavatelů a zákazníků, neustálý monitoring vzájemné spolupráce a jejich efektů. [1]

1.2 Výrobní logistika

Podstatou výroby je přeměna vstupů (materiálu, polotovarů) za použití určitých postupů a technik ve výstupy, které mají určitou užitnou (přidanou) hodnotu. Výrobní proces samotný je složen z jednotlivých částí a dílčích kroků. Výsledkem poté bývá již hotový produkt, popřípadě jeho část. Tento produkt a jeho výroba by měla být podložena přáním zákazníků a uživatelů, jejichž potřeby uspokojuje. Produkt samotný může mít fyzickou podobu, může být nehmotný (příklad různých druhů služeb) či v podobě informací. Informace jsou dnes velmi ceněnou komoditou. Při výrobě produktu je požadavek

na management, aby byly provedené činnosti v souladu s podnikovými cíli, k nimž náleží zejména zisk. Je tak třeba brát v úvahu celkový obrat ale i náklady (variabilní i fixní). [1]

K výrobě konkurenceschopných produktů jsou zapotřebí znalosti o potřebách zákazníků (stálých i potenciálních), které se získávají často velmi nákladnými průzkumy trhu, které zpracovávají k tomu určené subjekty. Nepřetržitý výzkum a vývoj produktu a investice do nových technologií mohou ovlivnit pozici na trhu a přinést též konkurenční výhodu. Dostatečné kapacity či kooperace s dalšími subjekty (outsourcing) v logistických procesech může v konečném důsledku přispět i ke snížení celkových nákladů a uvolnění vlastních pracovníků pro zásadnější činnosti. Výrobní faktory nutně musí dosahovat patřičné úrovně, což se týká i pracovníků samotných a jejich kvalifikace. Produktivita je ukazatelem výroby a její efektivnosti. Chování zákazníka poté může ovlivnit i nabízený sortiment s ohledem na jeho šíři a poskytování dalších služeb (prodejní, poprodejní), které zahrnují zejména servis. Parametry mohou být následující: zda je možné produkt opravit, jak dlouhou dobu budou vyráběny náhradní díly i délka poskytované záruční doby a možnosti výměny zboží. S ohledem na šíři produktu je také možné vytvořit vlastní ekosystém, do kterého zákazník vstupuje, a nabídku veškerého souvisejícího zboží. Výhodou tohoto systému je vzájemná kompatibilita zařízení, software a jeho dlouholetá podpora. [1]

Výroba je řízena managementem, zejména management produktu má za úkol koordinaci činností v horizontálních i vertikálních vztazích. Hlavně těch vertikálních, které se týkají práva určovat základní směry pro rozhodování podřízeným úrovním, závislosti na úspěchu vyšších rozhodnutí na splnění úkolů nižších stupňů a kontinuální oboustranné komunikaci nadřízených a podřízených stupňů řízení. Z tohoto hlediska rozeznáváme úroveň řízení na strategický, taktický a operativní management. Každá s těchto tři složek odpovídá za určitou oblast, kterou má ve své pravomoci a na kterou působí. V případě strategického managementu se jedná o rozhodování, které produkty se budou vyrábět a jaké zdroje se při výrobě mají použít, o základní cenové strategii, důsledcích ekonomických a sociálních této zvolené strategie. Strategické řízení stanovuje cíle s dlouhodobým horizontem několika let. Taktické řízení se týká rozhodování o určitých výrobních programech, které společnost bude využívat, řešení výzkumu a vývoje se střednědobým horizontem (zpravidla se jedná o jeden až dva roky), upřesňuje požadavky na pořizování zdrojů, vybavení a know-how, definuje úzká místa a řeší případné problémy i z hlediska ochrany přírody a ekologických opatření. Třetí složkou a úrovní je operativní řízení. To se zabývá přípravou a samotnou výrobou konkrétních produktů, rozhoduje o ní,

o využití kapacit (lidských, výrobních), dále řeší nákup, termíny dodávek z hlediska dodavatelů i odběratelů, zajišťují dodací pohotovost i servisní výkony. [1]

1.2.1 Definice výroby

Výroba představuje proces vytváření věcných statků a umožňuje poskytování služeb k uspokojování potřeb zákazníka (uživatele). [1]

Výrobní neboli transformační proces se skládá z dílčích činností a je výsledkem cílevědomé lidské činnosti. Tento hodnototvorný proces vyžívá vstupních faktorů (energie, materiál, výrobní prostředky, pracovní síla, informace), přetváří je v co možná nejhodnotnější výstup (výrobky, služby) v rámci výrobního systému podniku. Výrobní proces je složen z několika částí. První tvoří výroba dílů, kdy z prvotních materiálů jsou vytvářeny dílčí složky výrobků. Druhou fází je tvorba sestav a podsestav z těchto dílů a jejich následná kompletace vytváří samotný hotový produkt (finální výrobek). Výrobní proces lze také členit na jednotlivé fáze. První z nich je před-zhotovující (konstrukce, technologie, příprava), druhá představuje zhotovování (předmontáž) a poslední tvoří dohotovující, tedy samotnou montáž. V poslední fázi často už může být na základě požadavku zákazníka produkt dotvářen dle jeho představ. [1]

Stanovení velikosti výrobní dávky

Pro větší pružnost výroby jsou zvoleny co možná nejnižší výrobní dávky s ohledem na kapacitu úzkého místa. Je sestavena bilance nároků na kapacitu úzkého místa, když splňuje kapacitní požadavky, dalším krokem je výpočet časové rezervy na přechod z jednoho výrobku na druhý. Vypočtená velikost výrobní dávky pak odpovídá podílu požadovaného objemu produkce počtem změn zvýšeným o jednotku. Optimální určení výrobní dávky je nutné k zajištění prosperity a zejména kladného hospodářského výsledku (zisku), jež plyne z rozdílu veškerých výnosů a veškerých nákladů podniku v daném účetním období a představuje měřitelný faktor pro srovnání úspěšnosti obchodních společností mezi sebou i z hlediska dlouhodobého srovnání. [1]

Vzorec pro výpočet Q_{opt} (optimální dávky)

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot n_{pz}}{n_s \cdot N_j \cdot t}} \quad (1.1)$$

Řízení výroby a výrobních procesů

Výroba představuje zásadní činnost výrobního podniku, tvoří jádro podnikových funkcí a je součástí logistického řetězce. V průběhu výroby vzniká nová hodnota a rozhoduje se zde o kvalitě produktů a podíl času výroby (délky výrobního cyklu) vytváří značnou část P-time (čas výroby, kontroly, balení, dodání výrobku). [1]

Do oblasti řízení výroby lze zařadit její plánování společně s plánováním výrobního programu – výrobků, jejich množství, termín dokončení/dodání. Dále je zde nutné stanovit potřeby dílů, sestav výrobků, materiálu a jejich dodání, kapacity, uvolňování do výroby včetně příslušného dohledu nad celou zakázkou. [1]

Výroba je taktéž chápána jako systém nástrojů výrobního managementu i pojmů výrobního procesu, rozpracovávání úkolů fyzickými systémy a tvorba výkonů řídicí veličiny. Zejména se jedná o vyrobené množství, termíny zadávání dávek a operací a jejich následné odvádění. [1]

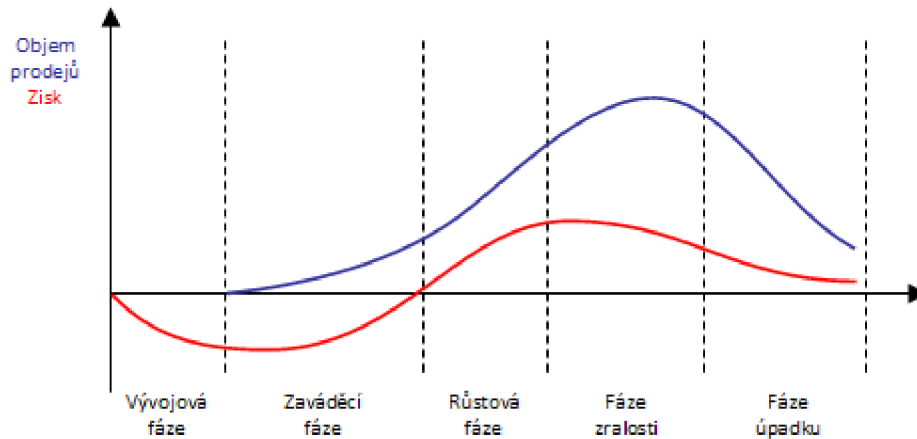
V praxi se využívá pravidlo šesti W, jež vytvořili japonští manažeři pro úspěšné řízení výroby. Jde o správnou formulaci odpovědí na šest otázek, v angličtině začínajících na písmeno W, a jejich propojení. Hlavní otázkou je, jestli je výroba či poskytování konkrétních produktů (výrobků a služeb) smysluplná a je o ně na trhu zájem. Tato otázka souvisí s problematikou zaměření hlavní činnosti podniku aneb Proč? (Why?) by měl podnik vyrábět. Dalšími otázkami, které je předem nutné zodpovědět jsou: co je třeba vyrábět (What?), jakým způsobem to bude vyrobeno (Which method?), kdo to bude vyrábět (Who?), kde to budeme vyrábět (Where?) a kdy bude produkt vyráběn (When?). [1]

Výroba samotná je uskutečňována v prostředí výrobních procesů. Výrobní procesy tvoří soubor technologických a logistických operací, které jsou při výrobě nepostradatelné z hlediska množství, kvality, stanovených termínů a požadavků na jejich náklady. [1]

Životní cyklus produktu

Každý produkt prochází různými fázemi od svého vývoje a vzniku, přes zavádění, růst, zralost až po úpadek. Většinou se po fázi zralosti zavádí inovace produktu, aby bylo navázáno dalším cyklem a nevznikaly ztráty. Každý produkt je zpočátku prodělečný, jelikož jsou vysoké vstupní investice na vývoj a zavádění. To bývá spojeno i s určitou formou propagace, což jsou opět nákladové položky. Ušetřit čas na vývoj i případné náklady na prototypy, slepé uličky vývoje a podobně je možné pořízením prověřeného know-how

od jiné společnosti. Případný následný vývoj by mohl znamenat i konkurenční výhodu a nárůst v dalším období. Není třeba tak vynalézat objevené a směřovat vývoj dál. [1]



Obr. 1.8 Grafické znázornění životního cyklu produktu

Zdroj: [8]

1.2.2 Definice výrobního systému

Výrobní systém je složen z částí a vazeb mezi nimi i vazbami s dalšími prvky okolí. Výroba představuje proces, sestávající z jednotlivých činností (manipulační, transformační), který přeměňuje vstupy na výstupy s určitou (měřitelnou) přidanou hodnotou pro zákazníka (spotřebitele, kterým může být konečný zákazník – uživatel, nebo následující stupeň výroby, balení a příprava k distribuci). Výrobní systém lze charakterizovat z hlediska kapacity a elasticity. Kapacita představuje schopnost systému (výrobní jednotky) v daném časovém okamžiku vyrábět, jež je závislá na speciálních úkolech, jež má řešit vedení výroby. Určení kapacity se využívají kvalitativní a kvantitativní komponenty. Maximální rozmezí výkonu kapacitní jednotky je definováno faktory maximální intenzity výroby (I_{\max}), jež udává nejvyšší rychlost výroby, maximem množství odváděné práce. Dalším faktorem je maximální užitečný kapacitní průřez (W_{\max}), který je dán počtem pracovních systémů jedné kapacitní jednotky. Stanovení maximálního možného počtu časových jednotek za období určité kapacitní jednotky je třetím faktorem (T_{\max}). [6]

Elasticita výrobního systému (výrobní jednotky) udává schopnost tohoto systému se přizpůsobovat, přestavovat a pohybovat v rámci změny pracovních úkonů. Opět i v tomto případě ji lze hodnotit z hlediska kvalitativních (možnosti dalších druhů použití k jiným činnostem i úkolům) i kvantitativních charakteristik. Rozeznáváme tedy jednoúčelová (speciální) výrobní zařízení a víceúčelová zařízení, takzvané univerzální stroje.

Kvantitativní elasticitou je poté vlastnost nebo také schopnost výrobního systému reagovat na množstevní změny ve spojitosti s objemem výroby. [6]

1.2.3 Dekompozice výrobního procesu

Výrobní proces zpravidla začíná v tom okamžiku, kdy materiál či polotovary vstupuje do první operace. Konec výrobního procesu je po procesu schválení v rámci výstupní kontroly předání do skladu hotových výrobků. Součástí tohoto procesu v některých případech mohou být i operace zahrnující též skladování surovin s hotových výrobků, závěrečné technologické úpravy dle požadavků konkrétních zákazníků v souvislosti s jejich objednávkou (individuální požadavky). Výrobní proces tak může začínat prvním výrobním stupněm a končit kontrolou jakosti. Druhou možností je zahrnutí i skladu surovin a třetí situací výrobní proces začíná prvním výrobním stupněm a končí skladem hotových výrobků. [1]

1.2.4 Klasifikace výrobních procesů

Typy výrobních procesů mají vliv na složení materiálových toků a způsoby jejich řízení. Jejich klasifikace je možná až podle osmnácti hledisek. Nejvýznamnější z nich je rozdělení na procesy mechanicko-technologické, chemicko-technologické, biochemické a energetické. První zmiňované procesy využívají fyzikální operace a jejich aplikací dochází ke změně tvaru materiálů (lisování, obrábění, montáž) a v některých případech také získávají nové vlastnosti. Příkladem mohou být nanomateriály, vyvinuté a zdokonalené Českou republikou, celosvětově uznávanou v této oblasti. [6]

Další hledisko, dle kterého je možné procesy ve výrobě rozdělovat tvoří struktura materiálových toků, na něž má významný vliv použitá technologie výroby. Jedná se o takzvanou AVT analýzu, tedy rozdělení procesů výroby do jednotlivých typů dle písmen A, V, T, které symbolizují a připomínají strukturu, jak výrobky vznikají, z kolika druhů surovin a polotovarů. První typ (Typ A) značí výrobu z většího množství dílů (komponent) ze vstupních surovin. Následně se tyto díly seskupují (místa označována jako konvergenční body) do montážních skupin několika úrovní (tvorba polotovarů), až vznikne jeden finální výrobek. Zejména se jedná o mechanickou strojírenskou výrobu (výroba automobilů a dalších dopravních a přepravních prostředků) a potravinářský průmysl. Výrobní linky jsou univerzální, avšak vyrobené polotovary, díly a sestavy mají omezené využití. Typ V představuje výrobní procesy, kde se postupně rozdělují přes divergenční

body materiálové toky a z jedné vstupní suroviny v konečném bodě výroby (finalizace produktů) vzniká velké množství různých výrobků s mnohdy odlišným určením a profílací. Velké množství produkce v chemicko-technologických procesech zahrnuje zpracování surové ropy, uhlí, směsných rudných surovin. V potravinářství se jedná zpravidla o výrobu mléčných produktů (smetana, jogurty, sýry), masných výrobků a podobně. Vstupních surovin je malé množství, ale výstupních produktů naopak mnoho. Výrobní linky jsou specializované a přímo určené k výrobě určitého druhu včetně vysoce finančně náročné technologie výroby. [1]

Posledním typem procesů jsou procesy typu T, které mají skoro lineární sktrukturu materiálových toků a v posledním stupni je výstupem výroby široká škála variant stejného materiálového základu. Výrobní proces má minimum konvergenčních i divergenčních bodů, lze jej operativně přizpůsobovat pro výrobu dle individuálních potřeb konečných zákazníků a využívají se při něm jednoduché výrobní linky. Produkty mají omezený počet typů, ale velké množství výstupů, zejména se jedná o výrobu kancelářského nábytku, kde hlavním vstupem je dřevo (ať už masivní či lepené), které je využíváno prakticky pro všechny typy výstupů (skříně, stoly, židle, policové systémy a podobně). Z pohledu logistiky je to ideální struktura plánování a řízení výroby ovšem v praxi se využívá zpravidla kombinace s předchozími typy. [1]

1.2.5 Časový průběh výrobních procesů

Součástí dodací lhůty produktu je každopádně časový průběh výroby. Průběžná doba představuje časový ukazatel pro její hodnocení. Jedná se o kombinaci dílčích technologických a netechnologických časů i přerušení, jež se uskuteční na výrobku či dávce od momentu provedení první operace na vstupním materiálu. Časový průběh výrobních procesů končí v okamžiku předání produktu na sklad hotových výrobků. [1]

Z jiného hlediska jde o průběžnou dobu, nutnou pro realizaci výrobní dávky, jež potřebuje dávka od svého vstupu do procesu výroby až do okamžiku, kdy je produkt zakoupen zákazníkem. Je vyjádřením délky trvání všech výrobních procesů ve výrobě od zahájení první operace po expedici hotového výrobku. [1]

1.2.6 Automatizace logistických činností

Proces automatizace se zejména týká identifikace položek, které jsou přepravovány, popřípadě techniky, která přepravu umožňuje. Automatická identifikace je disciplína s dlouhým historickým vývojem. V aktuální formě realizace se využívá především radiofrekvenční identifikace (RFID) pomocí aktivních čipů (obsahují vlastní zdroj energie a mohou vysílat zprávu, jež zaznamenají automatické čtečky signálů) a pasivních čipů (dočasně je čtečka nabíje elektrickým proudem a zaznamená odpověď tohoto čipu s příslušnou informací o výrobku či technickém zařízení). Aktuálně platná doporučení v této oblasti jsou normy, vydávané Českou republikou a označované jako ČSN EN ISO 10374, ČSB ISO 18185-5, ČSN ISO 18186 (týkající se manipulačních jednotek vyššího řádu), dále norma ČSN ISO 17363, zabývající se problematikou dodavatelského řetězce, vratných přepravních a obalových prostředků, předpis ČSN ISO 17 366, o obalech výrobků v dodavatelském řetězci a v neposlední řadě i ČSN ISO 17 367, o výrobcích v dodavatelském řetězci. V rámci průmyslové revoluce 4.0 i IoT jsou stanoveny nové způsoby řešení identifikace logistických prvků. Klasické štítky EAN (anglicky European Article Number) jsou postupně nahrazovány horizontálními i vertikálními kódy (QR kódy) a stále častěji právě zmiňovaným RFID. Kódy EAN se začaly používat v polovině 20. století a dodnes je to nejpoužívanější technologie značení a snímání informací. O vývoj se zasloužil B. Silver a N. J. Woodland. Postupem času se jedno-dimenzionální kódy označené EAN 8 a EAN 13 dle délky informace začaly nahrazovat dvoj-dimenzionálními QR kódy, schopnými pojmout až 7089 numerických znaků nebo text s cca 4300 znaky či zhruba 2900 bajtů binárních dat, potažmo 1800 japonských Kanji znaků (znakový systém používaný pro zápis japonštiny). Jejich technologie umožňuje elektronickou ochranu zboží v maloobchodě a v knihovnách, sledování výrobního toku nebo řízení skladu, polohy osob, majetku a zboží v reálném čase v rámci jednoúčelové bezdrátové, popřípadě standardizované infrastruktury (příkladem může být lokální síť Wi-Fi). [4]

Technologie dnes dostupné a v mnoha případech hojně využívané znamenají zrychlení logistických procesů (zejména příjem, výdej, inventarizace), zvýšení přesnosti logistických procesů a eliminaci chyb i úsporu mzdových nákladů. [4]

Proces digitální transformace logistických procesů probíhá na základě sběru dat, horizontální a vertikální integrace podnikových procesů i transformací, auto-optimalizací zařízení a systémů. Zejména se jedná také o inovační řešení v oblasti řízení a správy skladů, intralogistiky a outbound logistiky (distribuce produktů). [16]

1.2.7 Problematické oblasti automatizace

Nevýhodou a překážkou pro zavádění prvků automatizace může být fakt, že náklady na pokrytí celého areálu společnosti kvalitním Wi-Fi signálem jsou vysoké. Dále je náročná také implementace softwaru pro správu, filtraci a analýzu dat (*middleware*) a propojení s informačním systémem podniku. Možným úzkým místem může být i standardizace technologie RFID, např. EPC (Electronic Product Code – elektronický kód produktu), i mechanické a elektronické vlastnosti (soustava norem ISO třídy 78xy). Základem úspěšného operativního řízení v rámci logistiky je flexibilita, viditelnost, sdílení a kvalita sdílených informací, dále bezpečnost, interoperabilita informačních systémů a počítačové techniky, způsob zpracování dat (zejména tzv. Big data), popřípadě také využití cloud computingu. [4]

1.2.8 Trendy v logistice, dopravě a skladovacích systémech

Logistika má za cíl správné řízení všech dostupných zdrojů, zajistit jejich dostupnost ve správném čase, množství, jakosti a při optimálních nákladech. Základem úspěchu je zajištění relevantních dat o stavech či událostech, zejména o disponibilním stavu zásob na skladě, aktuálním množství, poloze, umístění či pozice zásob na cestě, termínu dodání, přesnosti a úplnosti dodávek. Velikost zásob, způsob nakupování a objednávací množství ovlivňují hospodaření podniku z hlediska objednávacích nákladů, nákladů na držení zásob i nákladů z deficitu (nedostatku zdrojů a případného zastavení výroby). Kapacitní údaje a získaná data jsou využita při sestavování plánu výroby. [4]

Dnešní směr vývoje v dopravě a skladovacích systémech je zcela zřejmý. Je zde snaha, automatizovat všechny činnosti, zvýšit výkon, omezit personální náklady (lidská síla bývá často příčinou chyb), hlavně v případě rutinních činností u technických a výrobních operací. Tento fenomén se označuje jako Průmysl 4.0, popřípadě Industrie 4.0. Jedná se o systémový pohled na logistické činnosti a procesy manipulace, přepravy, skladování a jejich automatizace, vyžadující rozklad všech činností na základní prvky (pohybové operace) každého manipulačního procesu. [4]

V případě transportních systémů a prostředků logistika tíhne ke snižování emisí a environmentální zátěže prostřednictvím využívání alternativních paliv (např. CNG) i hybridních technologií pro interní a externí přepravu. Velký rozmach zažívá automatizace manipulačních a skladovacích procesů (vychystávání, kontrola zboží). [4]

1.2.9 Obalová technika

Obal je výrobkem, který chrání jiný výrobek před působením vnějších vlivů (fyzikální chemické), může mít funkce: sdružování (balení více kusů), informační (obsahuje data o složení, dni a čase vyrobení, expirační době, způsobu nakládání a manipulace, stohování či likvidace těchto balení). Obaly sdružují výrobky do manipulačních a přepravních jednotek. Typy obalů jsou: prodejní (slouží k prezentaci výrobku zákazníkovi, informování spotřebitele o vlastnostech, složení, postupu užití), druhým typem je skupinový obal (zabezpečuje možnost umístění do regálů v místě prodeje, může být odstraněn bez vlivu na samotný výrobek a jeho vlastnosti) a třetím je přepravní obal (usnadňuje manipulaci s přesně daným množstvím prodejních jednotek či skupinových obalů a umožňuje jejich snazší přepravu či stohování). [1]

Dle jiných definic je obalem nádoba, ve které uložen samotný produkt; sekundární obal, jež zlikviduje zákazník při prvním použití produktu, ale také skupinový, přepravní obal, sloužící ke skladování, rozeznávání (identifikaci) a přemísťování produktu v prostoru. [1]

Funkce obalů jsou následující: ochranná (vůči mechanickému poškození, vlivu teploty vlhkosti, krádeži), manipulační (hmotnost pro ruční přesun do 15 kilogramů, snadné otevírání obalu či volný přístup k výrobku z jedné strany obalu, přední strana obalu je zároveň tou nejužší, rozměry manipulačních balení jsou standardizovány v rámci norem ISO, požadavek na vyšší pevnost obalů), informační funkce (označení balení pomocí prvků automatizované/automatické identifikace, např. EAN, QR, RFID, prezentace výrobku, vyznačení trvanlivost produktu, popřípadě data výroby), ekologické požadavky (v dnešní době stále více kladen důraz a recyklovatelnost obalů či v lepším případě na jejich opakované použití). [1]

Obaly výrobků vytvářejí takzvané manipulační jednotky v případě jejich sdružování (seskupování prodejních obalů). Manipulační jednotky jsou I., II., III. a IV. řádu dle jejich vlastností a počtu jednotek nižšího řádu. První typ manipulační jednotky tvoří logistické prvky, uzpůsobené k ruční manipulaci. Může se jednat o násobky množství výrobků, jež obsahuje jednotka prvního řádu, spojená smrštitelnou fólií, umístěna v sudu, demižonu, tlakové láhvi, kartonové krabici, přepravce a tak dále. Manipulační jednotky druhého řádu jsou tvořeny seskupením šestnácti až dvaceti čtyř jednotek prvního řádu pro jejich snadnou manipulaci a efektivní nakládání zejména ve skladech a ve výrobě. Hmotnost těchto sdružených balení výrobků je od 250 do 1 000 kilogramů (někdy až 5 000 kg).

Jsou tvořeny pomocí manipulačních plošin, palet, menších druhů kontejnerů či skupinou jednotek I. řádu, jež je zabezpečena fixačním prostředkem (fixační fólie a pásy). Jednotky určené k manipulaci označené jako III. řádu sdružují 10 až 44 jednotek II. řádu a hmotnost celého balení může dosahovat až 40 tun. V tomto případě se využívají kontejnery (větší či letecké) a výměnné nástavby. Manipulační jednotky IV. řádu slouží pro dálkovou kombinovanou vodní vnitrozemskou a námořní přepravu. K jejich přemísťování (nakládka, vykládka) je nutná příslušná mechanizovaná manipulace. [1]

Typy balicí fólie

Balicí fólie (někdy také označována jako strečová folie) je produkt (výrobek), který chrání výrobky či skupiny výrobků při manipulaci a přemísťování, aby nedocházelo k jejich ztrátám v důsledku působení fyzikálních jevů či neodbornou manipulací. Může také chránit obaly a výrobky před vyzrazením obchodního tajemství v případě přepravy například prototypu nového výrobku. [1]

Zajímavostí je, že tato balicí (laicky bublinková) fólie byla původně vyrobena a zamýšlena jako tapeta pro využití v interiérech domů a bytů. Speciální typ balicí fólie vytvořené panem Fredem Holdenem, jež byl třídním kolegou pana Arnolda J. Rimmera, se nazývá „*Tension Sheet*“, ve volném překladu označována jako „*Relaxační fólie*“. Jde o balicí folii, jež je nabarvena červenou barvou a využívá se ke snížení celkového napětí. [3]

Zelená logistika

Je třeba brát v úvahu i hledisko, že průmyslová výroba, doprava a logistika jako celek musí vykazovat zisk, aby byla dlouhodobě udržitelná. Efektivita a proces neustálého snižování nákladů může mít ovšem negativní vliv na okolní prostředí. Celosvětově známé mezinárodní organizace pro ochranu životního prostředí a zdraví osob dlouhodobě sledují množství produkce CO₂ v rámci nákladní a osobní dopravy a její vliv na zdraví i rozšiřování míst s nízkou ochranou před škodlivých kosmickým zářením (tzv. ozonové díry). Proto se stále častěji využívají prostředky, jež jsou opakovatelně využitelné či plně recyklovatelné, paliva přírodních základů a principy štlhlé logistiky. [4]

1.3 Řízení dodavatelských systémů

Metodami pro řízení dodavatelských systémů, většinou označované anglickým termínem Supply Chain Management (SCM), jsou v první řadě koncepty standardizace výroby automobilových díků v továrnách Henryho Forda, které umožnili hromadnou výrobu a plnění požadavků zákazníků. V dalších obdobích tyto systémy ovlivnil vznik a rozvoj počítačové a informační techniky a internet, jež změnily dodavatelský řetězec v komplexní soubor nesourodých sítí, ke kterým je možný přístup prakticky v jakémkoliv čase. [4]

Požadavky zákazníků se mění s velmi vysokou frekvencí a dodavatelské i výrobní systémy na ně musí umět pružně reagovat a nejlépe je předpovídat a činit patřičná opatření již s předstihem. Skladovací systémy jsou nedílnou součástí systémů dodavatelských. Jejich hlavním cílem je zabezpečení požadované úrovně služeb v rámci navazujících operací dodavatelského systému a kontinuity výrobních procesů. [4]

Průmysl 4.0 neboli čtvrtá průmyslová revoluce ve vztahu k řízení dodavatelských systémů znamená transformaci a využití technologií umělé inteligence, strojového učení, internetu věcí, automatizace a senzorů. Jde tedy o aplikaci technologií na dodavatelský řetězec. Například lze již nyní předpovídat možná selhání a zabránit jim, než vzniknou škody a zachovat tak kontinuitu dodavatelského řetězce. Výhodou Industrie 4.0 je také možnost sladění plánování a realizace vedoucí ke snižování nákladů a výroba dle poptávky i konkrétních požadavků zákazníků včetně předcházení vzniku nadměrných zásob. [4]

Dodatelský řetězec se v čase neustále vyvíjí a pro zajištění jeho efektivity je nutná agilita (pružnost), která přispívá k lepšímu vyhovění požadavků zákazníka, který i v rámci nabídky jednoho výrobce může vybrat variantu, která nejlépe odpovídá jeho preferencím a nemusí tak přecházet ke konkurenci. Pružnost výrobce by měla být i ve vztahu k získávaným zdrojům (suroviny, materiál, polotovary, díly). Inteligentní systém SCM může pomoci snížit náklady a zároveň ctít neustále se měnící legislativní rámeček. [4]

V rámci řízení dodavatelských systémů se využívá blockchain, aneb výměna dat mezi subjekty a jejich zabezpečení, které řeší například problém kontroly původu zboží, paděláním výrobků a podobně. Sledovatelnost, přehled a integrita hmotných i finančních toků napomáhá k užší spolupráci a větší důvěře mezi subjekty trhu. Transparentnost a konektivita v dnešní informační společnosti je klíčová a inteligentní systémy pronikají do stále více oblastí. Přínosy jsou v užším sladění plánování a realizace podnikových činností. [4]

1.4 Koncept štíhlé výroby

Štíhlá výroba vychází z amerického pojmu „*Lean*“, co lze doslovně přeložit jako libový či hubený. Pojem štíhlá výroba by odpovídal spíše spojení „*Slim Manufacturing*“ než „*Lean Manufacturing*“. Vznik tohoto druhu produkce se připisuje japonským průmyslovým experimentům, kdy sousloví „*přímá výroba*“ označovalo zkrácení cesty od výrobce k zákazníkovi i pružné dodání produktu. [5]

1.4.1 Toyota (Japonsko)

Japonská automobilová společnost Toyota začala měnit trh svým novým přístupem, když se soustředila na vysoké standardy, přizpůsobivost zákazníkovi, nadprůměrnou jakost, nízkou spotřebu a k tomu všemu navíc ještě i přijatelnou cenu. Začala tedy propagovat zcela nový výrobní způsob se soustředěnou orientací na zákazníka. Snažili se poznat jeho potřeby a zájmy, vyhovět jeho očekávání a získat si jeho loajalitu. Vznikl tak oboustranně výhodný vztah a přímý kontakt výrobců a konečných spotřebitelů. [5]

Ve výrobním procesu japonští inženýři usilovali o zkrácení technologického času a zrušení přestávek. Využívali také při řízení výroby štítky (tzv. Kanban), jež sloužily k informovanosti pracovišť, kdy se součást předá k opracování a ve stejném okamžiku se provedení list pošle k následujícímu stanovišti. Pracovníci tak měli časový prostor k přípravě dokumentace, materiálu i pracovních nástrojů. Toto zásobování bylo prováděno v režimu „*just-in-time*“, tedy přesně ve chvíli, kdy je potřeba. Začalo se vyrábět bez nutnosti udržovat velké množství skladových zásob. Tím došlo k výraznému zrychlení výroby a snížení nákladů na skladování. Bratři Toyodové rovněž přispěli k rozvoji velkosériové výroby. První model, který tímto způsobem vyráběli, byl označen jako typ AA. [5]

Dále byla zavedena tzv. „*Totální kontrola jakosti*“ (později „*Totální řízení jakosti*“). K zajištění jednosměrného toku materiálu a rozpracované výroby jej zavedla právě Toyota. Došlo tak k eliminaci návratu nedodělků a součástek k opravě. Tím se zajistil i nižší počet vad už při samotné výrobě, posunu od regulace k řízení. Kontrola byla prováděna průběžně, zdokonalovaly se produktivní, obchodní i řídicí činnosti. Toyota tak dosáhla snížení počtu vad při výrobě a předčila i americký Ford. [5]

Výrobní systém Toyoty poté označoval soubor opatření a postup obrácení výroby směrem k zákazníkovi a dále také ke zvýšení produkce, zlevnění i zrychlení celého procesu

výroby. Společnost později začala využívat i marketingové nástroje k prodeji a zejména oslovení potenciálních zákazníků a orientace na cílové skupiny. [5]

1.4.2 Průmyslová výroba

Průmyslová výroba zahrnuje dvě spojitě funkce. Tou první je funkce co nejkratší průběžné doby výrobku, druhou co nejvyšší využití výrobních zdrojů jako jsou pracovníci, technika, materiál a další. Tržní ekonomika bere v potaz i třetí aspekt, tedy co nejlepší využití pojítka trhu. V kapitalistickém uskupení státu ovšem převládá funkce zvyšování hodnoty výrobního aparátu (kapitál). Společnost Toyota našla způsob, jak nejlépe těžit produktivní zdroj výrobního času. Jednalo se o převedení krátkých dílčích operací ke kompaktnímu kontinuálnímu toku. Nový výrobní systém zahrnoval přímý kontakt mezi výrobcem a konečným spotřebitelem prostřednictvím oslovení spotřebitele. Také se zaměřoval na využití postupného plánování výroby (modulové plánování) i adaptivní logistiku (pružné dodávky). [5]

Nový výrobní systém řešil problematiku prostřednictvím vyřizování hromadných zakázek, plným uspokojením konečného spotřebitele, zkrácením prodlev mezi výrobou a spotřebou, vysokou výrobní rychlostí a nízkými výrobními vstupy, vyvážeností v zatížení zdrojů a vysokou mírou zhodnocení (přidaná hodnota). V celkovém důsledku se jednalo o promyšlený a propracovaný soubor změn. [5]

Zavedení těchto opatření znamenalo:

- *„hlubší propojení a kontakt výrobce a spotřebitele,*
- *zavedení nového způsobu organizace výroby a zkrácení seřizovacích časů,*
- *odstranění mezioperačních přestávek a zpětných pohybů (předělavky, dodělavky) prostřednictvím totálního řízení a kontroly jakosti,*
- *vyloučení ztrátového času v důsledku poruch (TIM: Totální integrovaná údržba),*
- *zajištění spolehlivosti zařízení, odstranění části rizika způsobených lidským faktorem a jeho možností omylů,*
- *propojení a dlouhodobá spolupráci se subdodavateli,*
- *logistiku s použitím nulových zásob,*

- *postupné zavádění fraktálové výroby (tzv. firma ve firmě, seskupení pracovníků, týmový princip, orientace na člověka, pro hlavní strategie firmy),*
- *rovnoměrné zatížení pracovních sil, sdílení znalostí a informací,*
- *učení se z vývoje i pomocí stálého výcviku (learning organization),*
- *využití skupinové práce, vzájemné soutěživosti,*
- *zakázkové řízení výroby,*
- *metody stálého zlepšování (inkrementální vývoj),*
- *postupné uvolnění překážek byrokracie,*
- *zavedení podnikových rituálů.“ [5, s. 55]*

Tato opatření vedla k orientaci výroby na potřeby zákazníků, což mělo za následek zamezení hromadění výrobků na skladech, odstranění nerentabilní výroby, rychlejší odbavení zakázek a vyřizování objednávek. Tím docházelo i ke zvýšení kvality, a také to vedlo ke spokojenějším zákazníkům.

1.4.3 Zaměření na konečného spotřebitele

Úloha spotřebitele naznačila velké významnosti a jeho potřeby se staly hybateli směru vývoje dle hesla: „*Náš zákazník, náš pán*“. Eliminována se tím výroba, která byla buď nekvalitní, nebo přebytková a velké zásoby zůstávaly ve skladech bez využití. Tento systém využíval právě i Tomáš Baťa. V důsledku se tak jedná o výrobu pouze produktů, o které je zájem a prodají se dle akutní poptávky nebo předpokladu poptávky budoucí. Pro kontakt se zákazníky a potenciálními budoucími spotřebiteli se využívají marketingové nástroje, jejichž rozvoj se připisuje americkým a japonským společnostem na trzích automobilů, spotřební elektroniky a popřípadě také oceli. Z marketingového hlediska lze specifikovat různé skupiny zákazníků a sestavit každé z nich specifický marketingový mix dle jejich potřeb, zájmů, přání, druhů chování i rozhodování, a taktéž z hlediska potenciálu pro dodavatele (výrobce). Dále je možné určit hlavní tržní články, segmenty, mezery na trhu či tržní výklenky (tzv. *niche*). [7]

Zákazníka rovněž mimo samotný prodejní proces ovlivňují i další služby (benefity), které koupí produktu získá. Může se jednat o rozšířenou záruku (záruční doba, oprava

hlavních i dílčích komponent, bezplatná výměna, tzv. šrotovné a tak dále), bezplatný pozáruční servis, sleva na další zakoupený produkt, množstevní a věrnostní slevy či jiné formy zvýhodnění. V dnešní době je nepsaným standardem odložení splátek, bezúročný úvěr či možnost předčasného splacení produktu bez finančních postihů. Tyto služby ocení zejména podnikatelské subjekty, jimž to umožní optimálně rozložit náklady, popřípadě využít období nižších výnosů k dobudování infrastruktury, modernizaci strojů a zařízení, vozového parku a podobně. Zákazníkem totiž nemusí být jen spotřebitel v úzkém slova smyslu, často se jím stane i podnikatelský subjekt, který zařízení využije pro další výrobu či poskytování služeb. Je to pro ně výhodné z hlediska odpočtu na dani a možnosti započítat opotřebení do nákladů společnosti. Následný odprodej či převedení do osobního užívání představuje výhodu i stimul k neustálé modernizaci strojů, zařízení i užívaných vozů. [8]

V případě situace na trhu, kdy dlouhodobě převažuje nabídka nad poptávkou (trh blahobytu), se podniky snaží udržet si své kmenové zákazníky. Prostředkem v tomto snažení se stal tzv. „*Silný výrobek*“, který má vysokou užitnou hodnotu, vzhled, jakost, přiměřenou cenu, nízkou spotřebu, je doprovázen dalšími službami a přichází včas na trh. [5]

1.4.4 Pohotová a pružná logistika

Japonský systém řešil úlohy k zajištění výroby, pohotovému vyřizování objednávek i prodejní logistiku s cílem co nejrychlejší obsluhy zákazníka a s co nejnižší úrovní celkových zásob. Bylo nutné stanovit optimální rozmístění výrobků, doplňkového zboží i náhradních součástí, dále zajistit pohotovou dopravu, materiálové i kapacitní rezervy, zásoby polovýrobků pro rychlé dokončení. Japonští inženýři začali rozlišovat skupiny zákazníků. Toyota zavedla systém kroniky vyrobených vozů i zákazníků, začala provádět statistické vyhodnocení silných a slabých stránek i připomínek zákazníků. Tím bylo proveditelné, připravit se na požadavky možných budoucích spotřebitelů. Výroba a prodej jsou chápány jako tožný cyklus, jehož hlavní faktory představují rychlost dodávky a rozumné omezení výrobních i prodejních vstupů (navenek působí jako omezení zásob). [5]

1.4.5 Modulové plánování výroby

Dodávka hotového automobilu zákazníkovi do 4 dnů od objednávky je uskutečnitelná zatím jen v japonské Toyotě. Promyšlený systém i výroba z tisíců součástek od různých dodavatelů je přesně plánovaná a do detailu připravená. Plány se připravují od poloviny týdne, přes měsíc, čtvrtletí i na celý rok dopředu. [5]

Modulové plánování umožňuje přípravu na montážním pracovišti dle požadavků zákazníka a jeho individuální zakázky. Je nutné, aby veškeré komponenty (součásti) byly ve správný čas na správném pracovišti. Zároveň se dbá na udržování co nejnižších nutných zásob. [5]

1.4.6 Výrobní čas, ekonomie času

Plynutí času znamená neustálý tok a pohyb informací, materiálu, zboží i pracovníků. S postupem času a zaváděním nových technologií dochází ke zkracování doby mezi jednotlivými činnostmi. Čas určuje množství vyrobených výrobků, jejich cenu, zhodnocení investic vložených do inovací, strategie, výzkumu, přípravy osob a dalších. Just-in-time princip se rozšiřuje takřka do všech oblastí. Ve spojitosti s náklady se čas přepočítává na transakční náklady, náklady na agendu, logistické náklady a prostředky na přípravu. Čas výroby včetně logistických operací se označuje jako „*Production time*“. [5]

Jednací čas

Tento typ času je určen k jednání, vyjednávání, navrhování, sjednávání a posuzování, nabízení a poptávání, dohadování a sblížování stanovisek. Tento čas se vyčleňuje z režijních časů a nabývá větších rozměrů z důvodu konkurence. Harmonizací mnoha činností lze dosáhnout synergického efektu (zvýšení celkového přínosu). [5]

Zastupitelský čas

Význam zastupitelského (neboli agenčního) času je pozorován po přechodu k outsourcingu (vnějším zdrojům zásobování). Jde tedy o zvážení, zda součásti vyrábět vlastními pracovníky a zařízením, nebo je výhodnější tyto činnosti přenést na vnější subjekty (např. specializované společnosti). V mnoha případech je výhodnější jednoduché a technicky méně náročné úkony přenechat jiné společnosti a zaměřit se na vlastní know-how. Je zde ovšem odlišný přístup k nákladům. Zajištění výroby vně společnosti je spojeno s agenčními náklady, jež zahrnují i plánování dodávek, předávání podkladů, kontrola dodávek, účtování, skladování, úrok, výpočetní práce apod. Je tedy důležité zvážit, kolik by stála vlastní výroba, případně výroba s využitím outsourcingu. [5]

Logistický čas

Logistickým časem se rozumí čas potřebný k manipulaci, dopravě, skladování a dalšími úkoly s nimi bezprostředně spjatými. K úspoře dochází většinou prostorovým

soustředěním. Proudový způsob výroby, jež se využíval při válečném období, zajistil rychlejší a do značné míry kontrolovatelnější i produktivnější výrobu. [5]

Automatizace výroby umožnila spojení po sobě následujících operací v jeden celek. Jako příklad lze uvést proces obrábění a jeho rozměrovou kontrolu. Řídící akty se staly součástí vnitřní logiky samotného stroje a celý pracovní proces se stal objektově orientovaným. Postupný přechod automatických strojů k vyšším stupňům kombinovaných automatů, následně ke strojním centrům až po kompletně automatické výrobní systémy. [5]

Doprava, manipulace a skladování materiálu stojí mnoho času, který by bylo možné využít produktivnějším způsobem a zabraný prostor např. zmíněným skládáním také. Využití metody just-in-time by přineslo značné úspory. [5]

1.4.7 Problematika zatížení pracovníků

Správné zatížení pracovníků je klíčové pro výrobu v závodech Toyoty, ale také pro všechny výrobní podniky světa. Na základě požadavků zákazníka (spotřebitele) se snaží reagovat pohotově. Sestavují se kapacitní propočty, řadí společně souběžně zhotovované výrobky, sledují výrobní kapacity s ohledem na náklady i cashflow a vytváří tak vyvážený výrobní mix. Zatížení u pracovních strojů lze ovlivnit jejich správným naprogramováním a přizpůsobením na danou situaci. Rovnoměrně zatížit lidskou pracovní sílu je obtížnější. Problémem bývá provozní slepota, kdy se daný pracovník soustředí na své úkoly a nemá celkový přehled o kompletním výrobním procesu. Z tohoto důvodu bývá problematické, když z vážných důvodů nemůže jeden pracovník vykonávat svoji činnost, nahradit jej operativně někým jiným. V Toyotě tento problém vyřešili multiprofesní přípravou pracovníků. Tvorba týmů pracovníků pak zajistí poznávání a zdokonalování výrobního procesu prostřednictvím přidělování a sdílení práce. [5]

Tyto týmy se tvoří dle zásad 3 S: sebeorganizace, sebeřízení a sebekontrola. Pracovníci jsou též schopni se učit ze zkušeností druhých, z vlastních chyb i v zájmu budoucího pokroku. Také dovedou sdílet své zkušenosti s dalšími pracovníky a pozvedat tak personál celé organizace. Technologický „*precedens*“ lze využít k rozvoji a využití v budoucnu. Odborníci z Ameriky v této souvislosti a s ohledem na sledování fungujících zvyklostí japonských podniků vytvořili přístup Learning Enterprise, tedy podnik, který je v neustálém procesu učení se na základě zkušeností a strategických záměrů společnosti. Vedoucí pracovníci se stávají učiteli svých zaměstnanců, instruují je a stávají se jejich průvodci. [5]

Výběr a zařazení

Najít schopné, odpovědné a loajální zaměstnance na trhu práce je důležité v každém podniku. Jen tak lze dosáhnout správného fungování a rozvoje společnosti. Být pracovníkem ve správnou dobu na správním místě určuje efektivitu a umožňuje posun kupředu. [5]

Učební a výcvikový čas

Určení minimálního rozsahu pravidelného proškolení zaměstnanců zahrnuje čas na školení nových i stávajících zaměstnanců i jejich výcvik a náklady s tím spojené. Ke snadnějšímu začlenění a výcviku zaměstnanců napomáhá i standardizace a normalizace výrobních procesů, unifikace, stavebnicové systémy, dědičnost a přejímání. V japonských společnostech je vyžadováno důsledné dodržování norem a odchylky jsou vyloučeny. [5]

1.4.8 Standardizace a univerzálnost štíhlé výroby

Stanovování platných standardů zajišťuje sjednocování kvality výroby, snižuje množství chyb, nedodělků i zmetkovost výroby a může napomoci i prodejm. Všeobecně platné standardy značí zaručované vlastnosti výrobku (např. IP68 – Stupeň krytí, odolnost zařízení vůči proniknutí vody) mohou stimulovat zákazníky. Na druhou stranu se jedná o certifikaci, takže v případě nefunkčnosti může být důvodem o uznání reklamace – vrácení peněz či výměnu zařízení. [5]

Štíhlou výrobu lze využít při výrobě automobilů, zejména ze začátku se skladebnou konstrukcí a množstvím velko-objemných skladových subdodávek od jiných závodů. Využívá vysokého zhodnocení kapitálu, práce i ekonomie času. Zejména klade důraz na určení ceny času samotného, tempa i ceny rychlosti. [5]

Z hlediska času existují dva způsoby výroby. Prvním typem je snaha o práci, produkci a prodej v tempu, jelikož obrátka znásobuje síly a prostředky. Druhý typ vychází z práce, produkce a prodeje dle zásad just-in-time, aby bylo zajištěno, že vše se stihne včas, z důvodu, že meškání znehodnocuje síly a prostředky pro výrobu a prodej. [5]

1.4.9 Zakázka

Kusová výroba vyžadovala postup od zakázky k zakázce, jelikož každý kus byl unikátní. Proces byl složen z více operací, úzce kvalifikovaných pracovníků, mezi činnostmi bylo značné množství přestávek a celková produktivita byla nízká. Změnou přístupu Toyota

zvýšila produkci, když spojila zakázky s velkovýrobou. Hromadná zakázkovost znamenala, že lze v průběhu výroby měnit materiál, stroje i pracovní sílu. Zákazník si mohl volit z různých typů motorů, převodovky, velikostí ložné plochy, úpravy i vybavení. Hromadné zakázky našly využití zejména v těchto odvětvích: automobilová výroba, stavební stroje, počítače, obráběcí a tvářecí stroje, optika, léčiva a podobně. Stanovení správných výrobních postupů, odpovídajícího výrobního mixu a komunikačních nástrojů s potenciálním zákazníkem řeší algoritmus, tedy přesně definovaná soustava navazujících činností a vazeb s požadavkem na efektivitu i splnění požadovaných cílů. [5]

Odvětví s hromadnou zakázkovostí:

- *„automobilová výroba (zejména osobní automobily, motocykly),*
- *traktory,*
- *stavební stroje,*
- *počítače,*
- *zemědělské přestavitelné mechanismy,*
- *nábytek stavebnicové konstrukce,*
- *konfekční prádlo a oděvy,*
- *obráběcí, tvářecí a stavebnicové stroje,*
- *optika,*
- *léčiva,*
- *rychlé občerstvení,*
- *míchané nápoje,*
- *hračky.“ [5, s. 99]*

1.5 Aplikace štihlé výroby

Štihlá výroba se stává současným trendem a mnoho předních společností ji zavádí. I nejhodnotnější společnost světa (americký Apple Inc.) přestává vyrábět široké pole produktů i variant a soustředí se na nosné pilíře, jež vedou ke globálně vyšším ziskům, nižším

nákladům na výrobu, požadavků na zařízení i personál a je v tom úspěšný. Především díky konceptu nabízet produkty formou služby. Není tak vždy nutné zaplatit celou částku ihned, ale je možné produkt pronajmout a splácet postupně. S ohledem na placené aplikace a další spojené služby je tato forma výhodná pro výrobce i spotřebitele. [5]

1.5.1 Tendence současných společností

Úspěch japonské výroby automobilů inspiroval americký automobilový průmysl. Společnosti General Motors, Ford a Chrysler založily Mezinárodní program motorových vozidel a zavedly opatření (méně zdrojů vázaných ve výrobě, rychlejší pohyb výroby). Využily zeštíhlení výroby i podniku, v praxi omezily zásoby formou principu just-in-time. [5]

Podniky využívají principy štíhlé výroby zejména z důvodů požadavků trhu na rychlost, vysokou kvalitu a přijatelnou cenu. Využívají je k maximalizaci přidané hodnoty a užítku, který zákazník očekává a je ochotný za něj zaplatit. Principem štíhlosti je identifikace a eliminace ztrát. Uplatňují se opatření, jež vedou k provádění jen potřebných činností, které jsou už napoprvé provedeny správně a rychleji než v případě konkurence při použití méně zdrojů. Štíhlé myšlení směřuje k principu tahu, k jednoduchosti, přímocarosti a synchronizaci, vyváženosti toku práce a redukci činností, jež nepřidávají hodnotu. Toyota definovala tyto typy: ztráty z nadprodukce a předčasné produkce, ztráty z čekání, ztráty ze zásob, ztráty z manipulace a dopravy, ztráty ze zbytečného pohybu, z neúčelných postupů a ztráty z nekvality i ztráty z nevyužívání talentu pracovníků. [8]

1.5.2 Zavedení štíhlé výroby

Štíhlá výroba by sama o sobě bez štíhlého podniku byla neefektivní. Byl by to pouze odklad ekonomického úspěchu. Podniky v Japonsku jako první přešly od operačního k procesnímu přístupu. Tento posun se stal široce uznávaným principem hlavně s ohledem na časovou ekonomii. Nově zvolený způsob výroby tihne k překonávání ztrát sloučením operací, plochým systémem řízení s příkazy shora a hlášeními zdola, vede k nepřetržitosti a k řízení zepředu (rozvrhuje, hlídá a provádí kompletaci, směřuje ke konečné montáži). Stává se univerzální formou industrialismu. [12]

Problematické může být využití této metody z důvodu zjednodušené formy. To platilo zejména v případě implementace do amerických společností. Dalším hlediskem může být i pomalý náběh či odložené projevy provedených změn. [12]

Metoda 5 S (Štíhlé pracoviště)

Štíhlé pracoviště, jež bývá interpretováno metodou 5 S, je účinné, a přitom levné řešení, využívané ve výrobě ale i v kancelářských činnostech. Principem této metody je zachování čistého, přehledného a bezpečného pracovního místa tak, aby mohl pracovník svoji činnost vykonávat s maximálním výkonem a minimální námahou. Výhody této metody lze nalézt v možnostech vizualizace plýtvání (odstranění nevyužitých či překážejících předmětů z pracoviště), omezením plýtvání (nadbytečné pohyby, hledání pomůcek), zvýšení bezpečnosti pracovníků a zefektivnění výrobního procesu pomocí správného rozmístění nástrojů, pomůcek a dílů. [11]

Zmenšování velikosti dávek

Velikost dávek ovlivňuje rychlost reakce na požadavky zákazníků. Menší dávky vedou ke zrychlení a ke snížení zásob rozpracovanosti. Je tak možné odhalit problémy a snížit ztráty z neshod. Označuje se tokem jednoho kusu (anglicky one-piece flow). [8]

1.5.3 Azimut spotřeby

Jakost produktu se plně projeví až při spotřebě. Výrobek či služba, jsou-li ve shodě se spotřebou, mají odpovídající vlastnosti a plní účel, k němuž byly vytvořeny či poskytnuty. Tato shoda se spotřebním procesem odpovídá užitečnosti produktu. Univerzální (všeobecné) výrobky dobře plní více účelů, ale znamenitě neplní ani jeden z nich. Zaznamenaly širší uplatnění, avšak s nižším spotřebním efektem, např. neustálé vylepšování stálého produktu a odstraňování tak jejich nedostatků, nebo naopak vytvoření nového produktu pro určitý spotřební proces, důvod i způsob spotřeby. [5]

Příkladem tohoto řešení může být Henry Ford se svým vozem Mustang, který využíval služeb konstruktéra a designéra L. Iacocca (později známý jako generální ředitel automobilové společnosti Chrysler, jež společnost zachránil před její likvidací). Mustang byl navrhnut pro mladé řidiče jako symbol nového směru. Měl vyjadřovat zejména sílu i rychlost. Dále měl být široce dostupný díky horní hranici ceny. Byly možné další volitelné úpravy, výbava i různé doplňky. Japonský přístup k výrobnímu procesu spočíval ve zkrácení vzdálenosti mezi výrobcem a spotřebitelem. Čím blíže je konečný spotřebitel producentovi, tím je rychlejší odezva na jeho požadavky, informace mohou putovat přímo a nebude tak často docházet ke zpoždění či nesrovnalostem. Tento vztah je oboustranně výhodný jak pro výrobce, tak pro konečného zákazníka, který získá svůj produkt dle požadavků ve stanovený čas. [5]

1.5.4 Fraktálová výroba

Japonští automobiloví výrobci integrovali mezipodnikovou montáž, ale ke zdokonalení dospěli až v české společnosti Škoda (Volkswagen Group). Vytvořili fraktál (výraz převzatý z matematiky pro výklad složitých jevů turbulentní povahy, např. mořských vln, tvaru stromu, eroze mořského břehu), který zobrazuje pokračování průmyslového jevu (zejména montáže) v další jevy (submontáž apod.). Lze ji označit jako „*montáž s dalšími montážemi*“. Dílčí montáže (tzv. předmontáže) předcházejí konečné montáži dílů a komponentů. Nový způsob využívá subdodavatele (podniky v podniku) v prostoru konečné montáže. Vzniklé časoprostorové uspořádání výrobních materiálových vztahů je spojeno s důsledkem pro organizaci, ekonomiku, sociální poměry v podniku i geografii ve výrobních procesech. [5]

Pro správné fungování fraktálové montáže v podniku je nutná hluboká analýza a stanovení komplexních čísel (vyjadřující fraktálové poměry). Poté jsou navrženy změny a následné úpravy konstrukce a zhromadňování výroby dílů i součástí. [5]

1.6 Využití outsourcingu

Stále více společností se věnuje své obchodní činnosti a záležitosti, které nemají takovou prioritu, svěřuje jinému subjektu. Může se jednat například o služby v oblasti účetnictví, financí, personalistiky, právních služeb, marketingu, IT podpory, administrativních činností či právě logistiky. [1]

1.6.1 Výhody outsourcingu

Příkladem výhod mohou být finanční úspory v podobě snížení nákladů na provoz podniku i výrobu samotnou či distribuci. Sníží se nároky na provozní i personální kapacity, možnost více se zaměřit na činnosti úzce související s předmětem podnikání. Dále zpravidla dojde ke zvýšení efektivity a současně i kvality odvedené práce u zaměstnanců. Lze vybírat z množství odborníků ve svém oboru s vysokou specializací. Dojde také k rozložení odpovědnosti a zejména přesunu části rizika na jiný subjekt. [1]

1.6.2 Nevýhody outsourcingu

Nevýhodou může být skutečnost, že outsourcované činnosti vykonávají pro podnik neznámí pracovníci, není si tak podnik jist jejich kvalifikací, schopnostmi a pečlivostí

k provádění zadaných činností. Kapitál společnosti je vyčleněn a nevrací se do ní v podobě např. benefitů loajálních vlastních zaměstnanců. Podnik ztrácí kontrolu nad outsourcovanými procesy a stává se závislým. Je tak nutná zvýšená opatrnost a provádění vlastní kontroly kvality. [1]

1.6.3 Příklad outsourcingu v praxi

Příkladem outsourcovaných činností může být již zmíněná logistika. Logistické činnosti v oblasti subdodávek, dopravy i skladování. Podnik tak nemusí vlastnit ani si pronajímat vozidla či řidiče pro převoz produktů, stačí mu objednat si kompletní službu od externího subjektu. Toto řešení je i méně časově, a hlavně finančně náročné. [1]

1.7 Praktický význam standardizace

Standardizací se rozumí systematický výběr, vedoucí ke sjednocení a účelné stabilizaci možných variant řešení, šíře faktorů, jež ovlivňují rozvoj produktů, použitých materiálů, strojů a zařízení, technologií, změny ve využití různých forem energie, a také rozvoj zkušeností, zručnosti samotných vykonavatelů výrobního procesu. [6]

Pojem standardizace označuje prostředek k integraci výrobního procesu, který zajistí schopnost firmy z hlediska kompetentnosti, technické vyspělosti, flexibility, a hlavně plnění časových, kvalitativních a kvantitativních potřeb trhu. Je prvním pilířem při integrovaném řízení výrobního procesu. [6]

Proces standardizace musí být trvale poznáván, směřuje k omezení neúčelné rozmanitosti v rámci podniku a je protikladem flexibility a tvůrčího přístupu. Podporovatelem standardizace může být kontinuita a proces je žádoucí zejména při spolupráci dodavatele a společnosti jako takové ve vztahu k zákazníkovi. Unifikace palet, vozíků, přepravních boxů, identifikačních prostředků (ať už ručně či strojově snímaných kódů, tagů) vede ke zrychlení a zefektivnění logistických operací včetně dodávky finálního produktu zákazníkovi. Ten může být průběžně informován, kde se jeho objednaný produkt nachází, kdy bude odbaven, předán dopravci a předběžně informován o termínu dodání. [6]

Požadavky na standardizaci jsou propojeny s procesy certifikace firmy dle všeobecně uznávaných norem (např. normy ISO), týkajících se zejména bezpečnosti, šetrnosti použitých technologií k životnímu prostředí i živým organismům. [6]

1.8 Distribuce

Distribuce tvoří část dodavatelského systému, jež představuje rozhraní mezi výrobcem a konečným zákazníkem (spotřebitelem, uživatelem výrobku či služby). Přesněji je označována jako kritické rozhraní, jelikož až po provedení všech nezbytných operací (výzkum, vývoj, výroba, prodej, dodání) výrobce (poskytovatel) zjistí, zda výrobek či služba splnila očekávání zákazníka a bude za ně ochoten zaplatit. V souvislosti s dodávkou produktu se užívají pojmy: distribuce, fyzická distribuce, distribuční kanál, distribuční cesta, distribuční logistika či distribuční řetězec. [1]

Podstatou distribuce je přidělení zdrojů (alokace) a doprava (fyzický přesun) různým stranám. Také tvoří část logistického řetězce, jež je zodpovědná za pohyb zboží od dodavatele k zákazníkovi. Distribučním kanálem je poté obchodní trasa, po níž se zboží pohybuje při dodávce zákazníkovi. [1]

Distribuční systém je možné chápat jako proces, v němž se rozhoduje o tom, komu, jak a kdy výrobky a služby dodávat v rámci logistického systému. Jejich znaky tvoří tři skupiny nákladů: na dopravu, spojené s existencí zásob, na požadovaný tok informací. Distribuční systémy se dělí dle distribuční oblasti (prostor přepravy, lokalizace hraničních prvků, vzájemné polohy a vazeb mezi prvky) na strukturu bodovou, kdy jsou výrobky vytvářeny v místě jejich finální spotřeby a není nutná jejich doprava k zákazníkovi (např. lokální pekárna), přímou distribuční sítí, ve které výrobce své výrobky dle přímých požadavků (objednávek) konečných zákazníků vytváří a dopravuje k jednomu zákazníkovi. V tomto případě se jedná o výrobu na zakázku, včetně vztahů B2B (Business to Business), tedy vzájemnou spolupráci v rámci obchodních společností. Dále je možná postupná distribuční síť, v níž dopravce rozváží výrobky dodavatele ve zvoleném pořadí do jednotlivých míst spotřeby, či naopak sváží potřebné díly, polotovary, výrobky a suroviny od dodavatelů k výrobcí/zpracovateli. Distribuční síť typu hvězda značí rozvoz či svoz výrobků od zdroje individuálně každému zákazníkovi a soustřeďuje se zpět pro další cestu, přičemž většinou sváží vratné obaly (přepravky, sudy apod.). Síť typu okruh znamená přesun výrobků od výrobce/distributora postupně dle plánovaných tras několika zákazníkům v jednom konkrétním (uzavřeném) okruhu. Tím se šetří čas i pohonné hmoty, jelikož se po jedné dodávce zboží nemusí vracet do výchozího bodu. Distribuční sítě typu strom jsou charakteristické postupným větvením nebo souběhem distribučních cest. V tomto případě se jedná zejména o zásobování vodou (v rámci obce; distribuci pitné vody, odvod a čištění odtokových vod), sběrné sítě plynu a podobně.

V případě distribuce výrobků je možná i kombinace – dodávky do distribučních center (typ hvězda) a následný rozvoz do prodejen v rámci distribuce typu okruh. V následující tabulce je uvedeno rozdělení distribuce dle základních charakteristik. [1]

Tab. 1.1 Distribuce dle exkluzivity produktu

	DISTRIBUCE:		
	extenzivní	výběrová	exkluzivní
Počet subjektů:	velké množství;	omezený počet;	jeden nebo několik;
Oblasti použití:	zboží hromadné spotřeby;	výrobky se specializovaným použitím;	exkluzivní výrobky, drahé, zákazkové; pro omezené skupiny zákazníků;
Úroveň služeb:	omezená;	vysoká;	velmi vysoká;
Výhody:	oslovení velké skupiny zákazníků, nízké distribuční náklady, vysoký obrát;	kvalifikovaný personál, specializovaní distributoři;	individualizace služeb, vysoké marže;
Nevýhody:	omezená úroveň služeb, ztráta přímé kontroly nad prodejem.	vyšší náklady.	velmi vysoké distribuční náklady.

Zdroj: [1]

1.9 Automatizace v logistice

Zmíněná standardizace prostředků a procesů dovoluje zapojení automatizovaných systémů, jelikož prvky a manipulační zařízení mají normované rozměry, technologie, komunikační standardy a jsou vzájemně kompatibilní. Standardizace palet (europaleta má rozměry 1 200 × 800 × 100 mm), ručních vozíků, vysokozdvíhových vozíků a dalších zařízení pak umožňuje jejich bezproblémovou nakládku, přepravu i vykládku na požadovaném místě. Tyto procesy bývají často spojeny s digitalizací a přenosem dat. Zejména automatizované načítání EAN kódů, QR kódů, RFID tagů a zápis zboží do databáze s dobou příchodu a případným datem ideální spotřeby. To by však nebylo možné bez normovaných standardů, které zabezpečují zjednodušení, optimalizaci, komplexnost a exaktnost prováděných logistických operací. [6]

1.9.1 Automatizace skladových procesů

Směr vývoje, integrace a koncepční přístup k logice uspořádání výrobních a logistických procesů je v České republice stále na svém počátku. Prozatím se využívá jen omezené sdílení dat mezi podniky, která jsou nezbytným předpokladem pro vytvoření integrovaných modelů pro vzájemnou spolupráci. Český statistický úřad provedl šetření a zjistil, že méně než 30 % velkých podniků, 15 % středních podniků a 10 % malých podniků při svých činnostech realizuje komunikaci EDI (anglicky Electronic Data Interchange, v překladu elektronická výměna dat), podobně jako ERP (anglicky Enterprise Resource Planning, v překladu podnikové plánování zdrojů), které využívá pouze necelých 20 % malých podniků a 80 % velkých. Systémy řízení vztahů se zákazníky (CRM – Customer Relationship Management) začlenilo jen 15 % malých společností oproti 42 % velkých korporací. To může znamenat problematické zavedení automatizace (i digitalizace) v dodavatelsko-odběratelských řetězcích. [9]

Pro správné řízení hmotných toků v rámci logistických činností a zpracování velkého množství dat (Big Data – analýza velkých dat), jejichž zdrojem je provoz podniků, konkrétněji výrobních systémů, inteligentních senzorů a měřících sítí, CRM systémy, teleskopy, satelitní a bezpečnostní kamerové systémy. Zpracování těchto dat v průmyslu slouží k optimalizaci výroby, souvisejících služeb, podpůrných činností a distribuce. V současnosti je kladen důraz na využití Big Data ke snadnějšímu přizpůsobování, inovacím a propojení výrobního procesu a procesy obchodními. [9]

Hlavními procesy v rámci řízení skladů a skladového hospodářství jsou předběžné potvrzení, příjem, odkládání, skladování, vychystávání, doplňování, služby s přidanou hodnotou a odeslání. Do všech těchto činností se ve větší či menší míře začleňují prvky automatizace, a to zejména z důvodu zrychlení logistických operací, snížení množství chyb, redukce personálních nákladů a zvýšení celkové efektivity. Prostřednictvím automatického vychystávání je dosahováno právě zvýšení rychlosti, přesnosti a produktivity, jež umožňuje denně odeslání až 3 000 zásilek. Nespornou výhodou těchto systémů je možnost jejich provozu 24 hodin denně 7 dní v týdnu, tedy prakticky neomezeně. Systém rovněž zahrnuje různé druhy zabezpečení, kterým je zejména automatické zastavení při zjištění problému, sledování pohybu palet v rámci skladů, pokročilé možnosti kontroly a ovládání, skladování do výšky až 40 metrů, postupné odstranění nutnosti lidských pracovníků a tím i redukce možných nehod i v rámci případných chyb systému. Stále častěji se můžeme setkat s robotickými systémy v podnicích, které slouží ke zcela

autonomnímu ukládání či vychystávání zásilek, jež jsou podpořeny informačními systémy, automatickou identifikací a databázemi s výrobky, daty jejich příchodu, uskladnění, použitelnosti (trvanlivosti) a nutnosti užití či likvidace. Propojení všech systémů v rámci podniku jako celku vytváří prostředí inteligentní intralogistiky. Dnešní systémy umožňují efektivně využívat dostupné technické prostředky a například pásové dopravníky, které jsou v provozu jen tehdy, když je třeba přemístit položky. K tomuto účelu slouží specifické sensory, které v případě položení objektů na pás (automaticky či manuálně) jej spustí a dojde k přesunu zboží. [10]

1.9.2 Inteligentní intralogistika

Intralogistika představuje činnosti v souvislosti s prováděním, správou, monitorováním i optimalizací materiálových a informačních toků v rámci konkrétního podniku. Právě materiálové a příslušné informační toky tvoří základ logistiky. V současnosti se využívají prostředky schopné vzájemné spolupráce (kooperace), komunikace a výměny dat v reálném čase, ať už to jsou chytré autonomní vozíky, automatizované pásové dopravníky s robotickými rameny pro nakládku a vykládku přepravovaných položek či strojově snímané jednodimenzionálních, dvoudimenzionálních i radiofrekvenčních kódů pro jejich skladování či správné vychystávání dle různých metod (FIFO a podobně). Každý prvek v logistice podniku může mít své digitální dvojče v informačním systému, je možné využít prostředky pro modelování procesů, prognózování a optimalizaci různých typů skladovacích, vychystávacích a přepravních činností s ohledem na časovou náročnost, finanční stránku a zejména efektivitu. [10]

S logistikou skladů, zásobováním a správným řízením výroby souvisejí i nové technologie. Nutnost být flexibilní a rychle reagovat na měnící se prostředí, preference zákazníků či obchodních partnerů. Přístup Průmyslu 4.0 umožňuje sdílení znalostí a zkušeností mezi podniky a výzkumnými organizacemi, za předpokladu existence a dostupnosti relevantního technologického zázemí (hardware, software). Jedná se o komplexní a interdisciplinární řízení, jež zahrnuje pochopení podstaty nových či průlomových technologií, jejich kreativní kombinování se znalostmi v oblasti humanitních věd, jelikož je nutná interakce člověka s novými technologiemi, aby je byl schopen pochopit, ovládat (řídit), servisovat a případně navrhovat nové postupy, jak tyto procesy neustále zlepšovat, urychlovat a zefektivňovat. K tomuto účelu byly vytvořeny i analýzy, založené na brainstormingu, například metoda FMEA, WHAT-IF, SWOT analýza a další. [9]

1.10 Digitalizace v logistice

Logistika v současnosti směřuje stále více k informační propojenosti a zejména digitalizaci. Neustálý tlak na zrychlování doručovacích operací při stejných nákladech vede právě k tomuto procesu. Navyšující se objem přepravovaných položek předurčuje a vyvolává vznik systémů pro hromadné vyřizování požadavků, on-line sledování systémů a procesů v rámci internetu věcí, rozšířené reality, kybernetiky a umělé inteligence. [6]

1.10.1 Autonomní roboty

Uplatnění robotů je dnes velmi široké. Označení „*robot*“ se poprvé objevilo v díle Karla Čapka R. U. R., pojem však odvodil jeho bratr Josef ze slova „*robotá*“. V hromadné výrobě představují roboty významný prostředek pro zvýšení produktivity. V České republice se jedná zejména o roboty, navržené k provádění specifických úkonů v rámci výrobního procesu. Nejsou univerzální a zatím mají pouze omezenou inteligenci. V některých zemích je však schopnost rozhodování v reálném čase více rozvinuta, znamená úsporu pracovních sil a zkvalitnění výroby se využívá především v automobilovém průmyslu. I vesmírný program společností NASA ve spolupráci se SpaceX zaznamenal posun, když dopravili autonomní vozítka Opportunity, Curiosity a Perseverance na povrch planety Mars. Vozítka slouží ke zdokumentování povrchu, zkoumání složení planety a stop případných živých organismů. Právě tato vozítka zjistila, že pod prašnou vrstvou Marsu se nachází silná vrstva ledového masivu a pod ním i tekoucí voda, která může být právě zdrojem případného života, pod povrchem by se mohly nacházet zdroje tekoucí vody. V rámci výroby jsou kladeny požadavky na flexibilitu výrobních programů pomocí univerzálních, přeprogramovatelných a vzájemně nahraditelných robotů. [9], [21]

1.10.2 Internet věcí, senzory

Prostředky internetu věcí (IoT – anglicky Internet of Things) jsou v logistice velmi užitečné. Obecně se jedná o technologii, která, zajišťuje, že jednotlivá zařízení mezi sebou mohou komunikovat bez zásahu člověka. Využívají se pro sledování a správu velkého množství objektů na rozsáhlé ploše. Tímto způsobem lze hlídat množství zboží ve skladech, sledovat teplotu, vlhkost, poškození při převozu a tak dále, prostřednictvím speciálních senzorů. Sensorika je obor, zajišťující automatické funkce různých strojů, včetně výrobních linek a dopravních systémů. V České republice se vývojem senzorů a měřicí techniky zabývá Akademie věd ČR ve spolupráci s vysokými školami. Aplikovaný výzkum se zaměřuje na detekci, snímání, měření a další činnosti spojené s predikcí, údržbou a tvorbou sítí inteligentních senzorů. [9]

1.10.3 Rozšířená realita

Strmý nárůst výkonu výpočetní techniky v posledních letech dovolil nástup rozšířené (anglicky augmented) a virtuální reality. V případě rozšířené reality pomohl i vývoj mobilních zařízení (chytré telefony a tablety, brýle pro virtuální realitu), jež slouží ke generování a vkládání vizuálních objektů do videosignálu. Augmentace je vizuálně přesnější, avšak může dojít k latenci (zpoždění). Skrze brýle pro rozšířenou realitu vizuální informace vstupují přímo do obrazu reálného světa a tím i do očí uživatele. Ten má volné ruce, může objekty přemisťovat dle softwarových labelů, avšak při rychlých pohybech může docházet k rušivým chybám vizuální synchronizace. [9]

1.10.4 Kybernetika

Kybernetika (z řeckého pojmu kybernētikós, v překladu: týkající se kormidla, řízení) se zabývá principy řízení a přenosu informací. Nejnižší úroveň řízení v reálném čase je kombinací automatického řízení s agentními přístupy. Agenti uplatňují jednoduché principy rozhodování a opírají se rozsáhlé soubory znalostí. Jejich činnosti jsou řízeny algoritmy dynamického plánování, které jsou velmi flexibilní s možnostmi permanentně upravovat plán a rozvrhy podle často se měnící situace. [9]

1.10.5 Umělá inteligence

Co se týče umělé inteligence, její rozvoj je sice velmi žádaný, avšak ve skutečnosti se zatím jedná o pokročilé strojové učení, rozhodovací algoritmy a vyhodnocování dat ze senzorů a kamer, spíše než pravou umělou identitu a osobnost robota. Každopádně dnešní technologie umožňují kooperaci a interakci člověk-stroj, komunikaci v přirozeném jazyce (podpora autonomní robotiky). Předpokladem je získávání dat, jejich analýza, využití datových uložišť a cloudových výpočtů. Koncept označený jako Průmysl 4.0 v sobě integruje internet věcí, internet služeb, internet dat a internet lidí, výsledkem čehož je chytrá továrna (včetně chytré logistiky, mobility, budov) vytvářející jeden funkční celek. Důležitou roli v něm hrají data, respektive informace, které je možné z dat získat. Stále více se rozvíjí segment autonomního doručování zásilek přímo výrobcem až ke konečnému zákazníkovi (spotřebiteli). Již několik společností využívá ve svých areálech drony. Ty zejména slouží pro inventuru skladů, která tak může být plně automatizovaná. V budoucnu se předpokládá využití dronů právě i pro zasilatelské služby. [9]

2 Návrh chytrého automatického skladu

Průmysl 4.0 je proces kontinuálních změn, využívání aplikovaného výzkumu, informačních a komunikačních technologií (ICT), elektroniky, robotiky a prvků umělé inteligence. Pro zefektivnění činností ve výrobě a celém průmyslu jsou klíčovými oblastmi: automatika a robotika, kyberneticko-fyzikální systémy, vývoj software pro počítačovou bezpečnost, simulace, monitorování, práci s velkými daty (anglicky Big Data Analysis), 3D tisk a prostředky systémové integrace. Spojení s mezi-obory typu výroba elektronických mikroskopů a optických přístrojů, mikro-mechanických a nano-mechanických měřících zařízení, specializovaných senzorů, mechatroniky a logistických systémů pro optimalizaci výrobních a dodavatelských systémů zejména ve spojení s výzkumem v rámci vysokých škol bude zřejmě znamenat kýžený průlom v této oblasti. [9]

Informační technologie v průběhu posledních 30 let zaznamenaly obrovský skok v navýšení hrubého výkonu a zejména také rozšíření oblastí, kde jsou využívány. Týká se to zpracování informací, přepravy materiálu, zboží i osob na velké vzdálenosti. Dnes již není problém, doručit zásilku či přepravit sebe sama na kterékoliv místo na světě do 24 hodin, zejména za pomoci letecké dopravy.

Přehled průmyslových revolucí a jejich přínosu pro podnikovou výrobu:

1. průmyslová revoluce – využívání parního stroje pro výrobu,
2. průmyslová revoluce – vznik pásové výroby a elektrifikace hospodářství,
3. průmyslová revoluce – informační technologie a elektronika,
4. průmyslová revoluce – robotizace a digitalizace, inteligentní propojení do sítě,
5. průmyslová revoluce (prognóza dalšího vývoje) – rozvoj plně autonomních počítačových systémů, pokročilé metody simulace a následné převedení do reálných systémů 1:1, jež budou samořiditelné, samo-opravitelné a propojené společnou celosvětově (i kosmicky) přístupnou sítí. [9]

Výzkum a vývoj neustále posouvá hranice možného a umělá inteligence v pravém slova smyslu během následujících desetiletí může být skutečností. Přispívá k tomu i proces vývoje neuronových sítí, zabezpečení energetických a síťových systémů, se kterým souvisí ochrana osobních dat a identity. S každou výrobou spojen i logistický řetězec nakládání s odpady, který mi mohl být minimalizován a směřovat k využití zdrojů bez vzniku odpadů. [9]

2.1 Systémové pojetí skladu

Systém představuje souhrn částí a vazeb mezi nimi. Je umístěn v určitém prostředí, se kterým vzájemně interaguje. Na základě jeho součástí je předurčen i účel samotného systému, ke kterému byl vytvořen. [10]

Sklad je místem, kde jsou dočasně uloženy položky pro následné využití ve výrobních procesech či přichystané pro expedici zákazníkům nebo obchodním partnerům na základě jejich objednávek. Je tedy systémem, do kterého vstupují prvky, jež jsou přepravovány, evidovány a uloženy pro následné využití ve výrobě nebo určené k prodeji zákazníkům. Z hlediska výrobního systému je zákazníkem další stupeň výrobního procesu, jehož požadavkům na jakost je třeba vyhovět. Ve výrobě je klíčovým faktorem také správné načasování, aby byla zajištěna její kontinuita (nepřetržitost). Sklad tedy tvoří systém, který má své vstupy (materiál, polotovary, zboží), jež jsou na omezenou dobu uloženy a v případě jejich potřeby přesunuty do výroby či vyskladněny k prodeji. Sklady netvoří novou hodnotu na výrobcích, ale umožňují jejich uchovávání, evidenci, třídění a ve správný čas také jejich expedici na příslušné místo (do výroby, obch. partnerům, zákazníkům). [10]

2.1.1 Operace a činnosti ve skladech

Trendem a současně základními technikami jsou profilování, plánování tras, přesnost a načasování obměn zboží/materiálu, výběr správného vybavení (nástrojů) pro řízení skladových zásob a jejich vychystávání. [10]

Výrobní sklady jsou vybaveny automatizovaným systémem dopravníků k pracovním stanicím operátorů. Dokážou manipulovat s přepravními krabicemi, dřevěnými či kovovými bednami i paletami, aniž by byl při jejich přesunu kdokoliv zraněn. Systémy označované ho Mini-load AS/RS (malé automatické systémy uskladňování a vychystávání) pracují s méně rozměrnými kontejnery, jejichž hmotnost činí od 40 do 250 kilogramů a jejich kapacita tvoří 350–1 000 kilogramů. Systém dynamického ukládání umožňuje rychlý přístup i přesun výrobků (zboží) do nejlépe přístupných míst v rámci skladu. [10]

2.1.2 Druhy skladů

Sklady se z hlediska jejich použití dají dělit na sklady v průmyslu, kde se ukládají zejména vstupní suroviny (sklad vstupů), technické díly (sklad součástí, polotovarů) a poté finální výrobky (sklady hotové produkce). S tím souvisí i technická zařízení. [10]

2.1.3 Zabezpečení skladu a ochrana zdraví

Zabránění vzniku nehod, případných škod na majetku a v nejhorším i zdraví osob je úkolem bezpečnostního týmu pracovníků. Manažeři v této oblasti zkoumají, předvídají a také analyzují možné zdroje nebezpečí a navrhují příslušná opatření. Nejčastější zranění jsou zapříčiněna přetížením a špatným zvedáním objektů ve skladech (45 %), kontaktem s vybavením/zařízením skladu (31 %), pády (19 %), zranění v souvislosti s dopravou (3 %), působením škodlivých látek (1 %). Z těchto důvodů jsou vyvíjeny systémy pro identifikaci hrozeb i jejich možného vzniku, aby bylo eliminováno riziko vzniku požáru, sklouznutí materiálu při přepravě, předcházelo se nemocem či zranění z výkonu práce (zejména normy pro zvedání břemen, práce v prašném prostředí, vystavování různým druhům škodlivého záření a podobně). V případech vzniku nenadálých událostí jsou na viditelných místech zařízení pro varování pracovníků, hasicí přístroje příslušného typu, spínače pro zastavení provozu, i symboly pro opuštění prostoru (tzv. únikové východy). [10]

2.2 Management skladů

Správné řízení skladů se zabývá šesti základními zásadami, které zahrnují přesnost, kontrolu nákladů, zajištění čistoty prostředí, účinnost prostředků a použitých řešení, jejich bezpečnost pro přepravovaný materiál/zboží i pracovníky a samozřejmě zabezpečení před možným neoprávněným vstupem cizích osob a vzniku následných škod na majetku ve skladech. S řízením souvisí umístění skladu, metody vychystávání a řízení rizik. Podstatnou záležitostí je také rozložení skladu. Velikost skladovací plochy, typy regálů a rozmezí pro pohyb techniky jsou závislé na zboží, které bude přepravováno a uskladňováno. Každý typ má také své požadavky na uchovávání (teplota, vlhkost, sluneční svit). [10]

Umístění skladů

Strategické umístění skladu je důležitým rozhodnutím vedení společnosti. Týká se hlavně dostupnosti páteřních dopravních sítí (dálnice, rychlostní komunikace), blízkost k zákazníkům a samozřejmě existence poptávky po daném segmentu v určité lokalitě. Do rozhodování zasahuje také cena pozemku (koupě, pronájem a vývoj v čase), přístup k dopravním sítím, přístupnost kvalitní pracovní síly, lokalizace dodavatelských a výrobních uzlů a další. Pro určení polohy a rozmístění jednotlivých skladů je možné využít plánovací techny, výpočty, matice nejkratších vzdáleností mezi uzly (Dijkstra diagram), které zajišťuje nalezení centra sítě (vhodnou lokaci pro výstavbu logistického centra). [10]

Metody vychystávání

Mezi současné metody pro vychystávání patří papírové formuláře, vychystávání pomocí cedulek (anglicky label), dále pomocí hlasových příkazů (anglicky pick by voice), načítáním čárových kódů, radiofrekvenční identifikace, tzv. pick by light nebo pick to light, kdy se pod příslušnou regálovou polici rozsvítí světlo a pracovník tak ví, který výrobek má vzít a také plně automatické vychystávání. [10]

Pick by label (vychystávání dle cedulek)

Systém cedulek (anglicky labels) je založen na popiscích vytištěných na štítcích dle konkrétní objednávky. Každá položka, jež má přidělený štítek určité objednávky, je následně vyskladněna. V případě, kdy zůstanou volné štítky, jedná se o nedostatečné zásoby daného výrobku a požadavek se vrací zpět k nadřízenému pracovníkovi. Tento systém není řízen v reálném čase, jelikož k aktualizaci dochází až na konci výběru. Také je tento systém závislý na operátorech, kteří výběr provádějí. Jde tak o manuální systém s nízkou úrovní produktivity i přesnosti. [10]

Pick by voice (vychystávání hlasovým příkazem)

Hlasové technologie se již nyní využívají i pro vychystávání objednávek. Přechází se tak od klasického způsobu, který využíval listinné seznamy a formuláře. Často se kombinuje tento systém s čárovými kódy, aby byl proces rychlejší a přesnější. Operátoři jsou vybaveni sluchátkem s mikrofonem a malým terminálem na opasku či náramku, díky němuž komunikují se systémem. Převedené hlasové příkazy mohou probíhat oběma směry (od operátora k systému i příkazy, jaká položka má být přesunuta a kam). Výhodou těchto systémů je zvýšení přesnosti, produktivity, snížení obrátek zaměstnanců i listinné dokumentace. [10]

Skenování čárových kódů (EAN), RFID technologie

Čárové kódy jsou značení složená ze svislých čar různé šířky, která odpovídá číselné hodnotě. Dle počtu znaků se dělí na EAN-8 a EAN-13. Skenovací hlava snímá kód světelným paprskem. V případě RFID, tedy identifikace na rádiové frekvenci, se jedná o bezkontaktní výměnu dat mezi transpondérem a zapisovačkou/čtečkou. Velikost uložené informace dosahuje 4 byte až 8 kilo Byte. [10]

2.3 Automatické systémy ve skladech

Využívání automatizovaných a plně autonomních systémů v logistických činnostech se v posledních letech velmi rozvinulo. Automatické dopravníky, autonomní vozítka i automobily. Dnes se rozvíjí též segment dopravy drony pro krátké vzdálenosti, ale v blízké budoucnosti bude možné i větší využití v mezikontinentální a ve spolupráci NASA a SpaceX (Space Exploration Technologies Corporation) též meziplanetární přepravě. Elon Musk také vytvořil koncept rychlé a ekologické přepravy mezi městy v podobě podzemních, nadzemních i v budoucnu podmořských vlaků, využívajících magnetickou levitaci (MagLev). [8]

Nejde však jen o samotný hardware a technická řešení. Podstatné je i řízení těchto systémů, které stále více zajišťuje tzv. umělá inteligence, jež v pravém slova smyslu zatím neexistuje. Jde spíše o algoritmy, sensory pro sběr dat, vyhodnocování a odpovídající reakce systému na zjištěné podněty. Dle prvního zákona robotiky (Isaac Asimov, březen 1942) musí každý robot jednat tak, aby nebylo ohroženo zdraví ani život osob, i za cenu poškození či zničení tohoto robota. Druhý zákon přikazuje robotům uposlechnout příkazy člověka, krom případů, jež by porušoval první zákon. Třetí zákon ukládá povinnost robota chránit sebe sama před poškozením, ovšem opět ve vztahu k prvním dvěma zákonům. Výhodou robotických systémů je vysoká spolehlivost i trvanlivost v čase. Robot nepotřebuje odpočívat, nemá speciální požadavky, unese daleko větší břemena než člověk a je též snadno opravitelný. V mnohém tak poráží člověka, jež je fyzicky omezen, musí odpočívat a těžce nese stresové situace. Člověk je také tvořivě založený a rutinní mechanické operace: nakládka, vykládka, přesun z bodu A do bodu B jej mohou vyčerpávat. Proto tyto činnosti stále častěji vykonávají stroje. Problematické může být poté stanovení odpovědnosti za škodu při poruše tohoto systému. [8]

Mohlo by se zdát, že roboti časem přeberou pracovní místa lidským pracovníkům. Zejména v automobilovém průmyslu se tento trend ukazuje. Automatické lisy, robotické vozíky pro přesun komponent, automatické sklady. Člověk pak jen koordinuje procesy, kontroluje správnost a zadává příkazy např. parametry pro objednávku zákazník při výrobě na zakázku. Vznikají však nová pracovní místa při výrobě a zavádění těchto robotických či automatických systémů. Nutné jsou také kontroly zařízení, zda pracují tak, jak mají. [8]

Vyhodnocování dat, optimalizace a možné technické vylepšení stávajících systémů. I tyto systémy vyžadují pravidelný servis, výměnu opotřebovaných komponent a kontroly všech zařízení a jejich funkcí. Nově jsou zapotřebí programátoři těchto zařízení, osoby, jež kontrolují správnost fungování systémů, opravují, vyměňují opotřebované komponenty a další.

Automatické systémy pro uskladnění, vychystávání, přesun a následnou expedici k zákazníkům či prodejcům mají vysokou účinnost i přesnost, a mohou expedovat až tisíce zásilek každý den. Mezi výhody těchto systémů patří zejména lepší využití prostoru skladů při zmenšení manipulačních uliček, dále využití horních částí skladů, vyšší hustota uložených položek a snížení celkových energetických nároků, lepší kontrola, sledování palet systémy WMS. Také dochází k menšímu zatížení pracovníků a k celkovým úsporám energie. Jsou rovněž menší nároky na dozor a pravidelné kontroly shora. Tyto systémy jsou schopny pracovat nepřetržitě 24 hodin, 7 dní v týdnu a mají pokročilé zabezpečení. Rovněž podporují principy FIFO (First-In, First-Out), omezují či úplně odstraňují nutnost manuálního ovládání či přímého řízení lidskými pracovníky. Dalšími výhodami jsou snižování nutnosti lidských zásahů, neboť systémy vyhodnocují možné nebezpečí a na základě strojového učení se snaží zabránit možným kolizím či škodám. Je zde možná nepřerušovaná kontrola a koordinace s toky produktů i automatické vyhýbání možným překážkám. V současnosti se ve velké míře využívají roboty, tedy spíše automaticky řízená vozítka (AGV) či jejich vyšší stupeň, tzv. AMR (autonomní mobilní roboti), jež jsou schopna po naložení zásilky ji přepravit na místo určení pomocí laserové navigace a zadání či samočinné určení pozice pro uložení (např. vertikální skladovací systémy s kolejnicemi) a zaznamenání příchodu, nebo také data expirace, zboží do databáze. [10]

Vychystávání pomocí automatických systémů se využívá ve výrobních skladech, kde jsou vyhledávány, nakládány a přemísťovány položky prostřednictvím dopravníků na jednotlivá pracoviště k operátorům. Tam dochází k jejich využití při kompletaci výrobků, balení do přepravních boxů (převážně kartonových, ale také plastových či kovových), přepravek či palet pro odbavení. Tento systém dokáže zpracovat až 1 000 položek jedním operátorem za hodinu, a to bez rizika pracovních úrazů. Příkladem skladovacích systémů mohou být ty od společnosti Vanderlander, využívající pokročilé metody automatizace. Systémy též spolupracují s člověkem a usnadňují přesun zboží či materiálu. [10]

Systémy pro automatické ukládání a vychystávání se označují AS/RS (anglicky Automated storage and Retrieval Systems). Náklad tvoří uskladněné položky, jež jsou uloženy

v relativně malých nádobách (např. 650×450×220 mm v případě Exotec Skypod). Hmotnost nákladu se pohybuje v rozmezí od 40 kilogramů až do 250 kilogramů. V tomto systému paralelně pracuje několik robotů a vzájemně spolupracují. Nedochozí k jejich kolizím, jelikož laserová navigace je velice přesná. [10]

V automatizaci se též využívají AGV vozy s jeřábovým mechanismem a pevnou dráhou pohybu k nakládání palet z regálových skladů. Tyto systémy jsou vhodné pro zvyšování efektivity a celkové výnosnosti, neboť šetří čas a snižují počet nutných operací k nakládce a vykládce zboží či materiálu. Vozík se pohybuje uličkou, přemísťuje palety z polic a dokáže též vyzvednout a zařadit další paletu. Zvedací systém jeřábu je schopen horizontálního i vertikálního pohybu ve stejnou chvíli, a tím snižuje celkový čas nakládky a vykládky. Ačkoliv tyto jeřáby většinou slouží pouze k obsluze jen jedné uličky, lze je dalšími prostředky přemísťovat dle požadavků i do dalších uliček. Při plné automatizaci dochází k nakládání palet AGV vozíky a přemístění do expediční oblasti zcela autonomně. [10]

Dnešní pokročilé technologie umožňují simulovat různé varianty řešení a odhadnout, která bude v daném případě nejvhodnější. Může se jednat například o využití robotických systémů pro manipulaci. Příkladem může být robotické rameno (s úchopovým mechanismem), které může být součástí pohybujících se objektů ve skladu (např. vozíků, AGV) či pevně aretováno. Tento systém zvládne přesunout až 40 položek za hodinu, což znamená vychystání až 600 položek během osmihodinové pracovní doby. V rámci modelování se také počítá s nutnou přípravou pro automatizovanou manipulaci. Zejména se jedná o pořízení standardizovaných palet, jež mohou být přístupné ke zdvihu buď ze dvou nebo ze čtyř stran. Druhý typ usnadňuje manipulaci, snižuje náklady i čas. V modelování lze zahrnout i finanční náročnost jednotlivých řešení a potřebné zdroje k uskutečnění plánovaných operací. Poté je možné stanovit celkové náklady a případně je zahrnout i do ceny zboží. V některých případech nebývá dodání do místa, které si určí zákazník, účtováno a hrazeno přímo. Ovšem tyto náklady jsou promítnuty do ceny samotných produktů. [10]

Bezpečnost a ochrana zdraví pracovníků má v dnešním moderním světě velkou pozornost. Je kladen důraz na to, aby manažeři podnikli kroky k odhalování potenciálních rizik ve formě nehod, ke kterým by mohlo dojít a stanovit taková opatření, aby k nehodám nedocházelo. Možným nebezpečím může být újma na zdraví v důsledku uniklých chemikálií, práci ve výškách nebo při manipulaci s poškozenými technickými prostředky. Každé zařízení je potenciálním rizikem. Je třeba zkoumat jejich vážnost, vydat výstrahu a proškolit

pracovníky. V této souvislosti bývají vydávány provozní řády a pravidla pro manipulaci se stroji a zařízeními. [10]

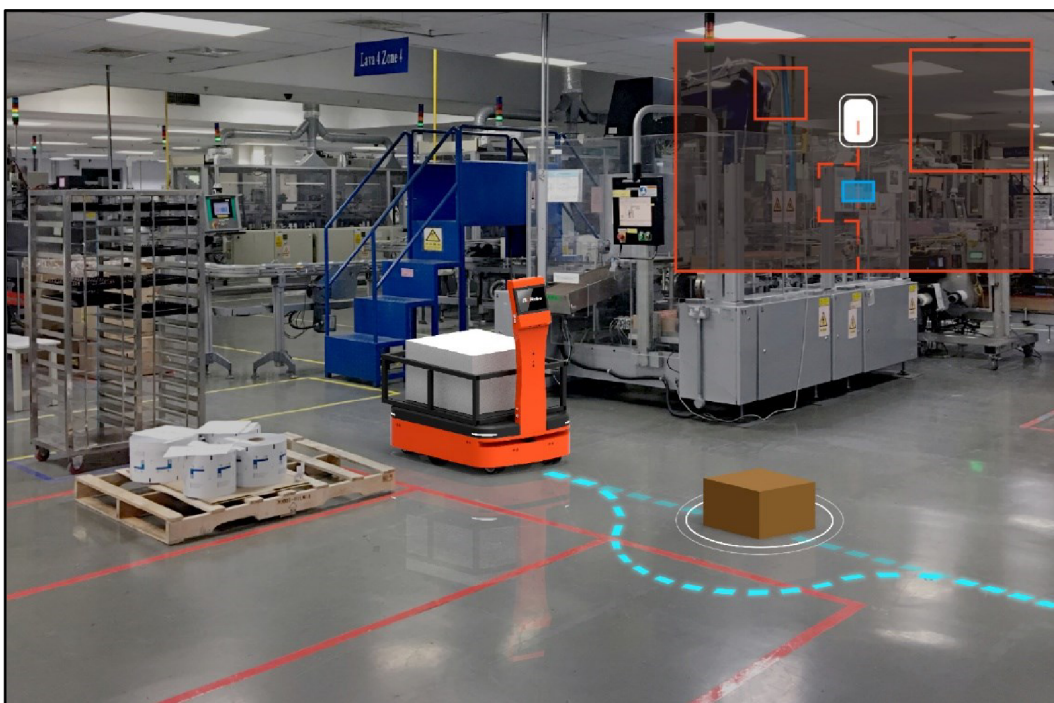
Srovnání technologií AGV a AMR z hlediska principu navádění



Obr. 2.1 Princip navádění AGV (snímání magnetické pásky)

Zdroj: [8]

V porovnání AGV s AMR jsou druhé zmíněné systémy flexibilnější z hlediska pohybu.



Obr. 2.2 Princip navádění AMR (laserové snímání okolí, ident. prvků a jejich pohybu)

Zdroj: [8]

2.3.1 Typy používaných pohonů

V současné době se využívají pro provoz ve venkovních prostorech spalovací motory (zážehové a vznětové); ale stále více se začínají využívat také elektromotory. Každý systém umožňuje využít svá pozitiva, má ale také i negativa, která je třeba brát v potaz. Proto je každý typ vhodný pro využití při jiných činnostech i prostředí. [8]

Docházející zásoby ropy zapříčinily rozvoj a hledání nových technologií a způsobů pohonů. Slibné se zdají být vodíkové pohonné jednotky a také elektromotory, které se využívají již řadu let, avšak v osobní a nákladní dopravě bez traťového vedení ve větší míře až teprve nedávno. Nové objevy však již dnes prodloužily dojezd na úroveň konvenčních jednotek a nový typ baterií, které představil Elon Musk, mohou znamenat kýžený průlom. [8]

Zážehový motor

V současnosti nepoužívanějším typem motoru jsou zážehové. Využívají se buď dvoudobé nebo čtyřdobé agregáty. Klasický čtyřdobý motor pro svůj chod vykonává tyto činnosti: sání pohonné hmoty (benzin, nafta) přes otevřený sací ventil do válce při současném pohybu pístu směrem dolů. Následně se ventil uzavře. Dále dojde k pohybu pístu nahoru, čímž dojde ke stlačení paliva, svíčka vyprodukuje elektrický výboj, který palivo zažehne a dojde k výbuchu. Síla této expanze spolu následně vyprodukované plyny způsobí pohyb pístu směrem dolů (jediná pracovní fáze motoru). Pokračujícím pohybem jde píst opět nahoru a vytlačí plyn přes otevřený výfukový ventil. V tu chvíli dochází k přeměně energie paliva v pohybovou energii pístu směrem dolů. Udávaná účinnost se pohybuje mezi 20 až 33 % a motory se využívají v osobních automobilech. Předchůdcem tohoto motoru byl dvoudobý zážehový motor. [8]

Dvoudobé spalovací motory obsahují komoru, která propojuje prostor komory pro palivo a komoru s hřídélí, ve které se taktéž nachází palivo. Tento systém sdružuje první dvě činnosti do jedné – sání a stlačení; a druhé dvě taktéž v jednu – expanze a výfuk. Rozdílem je, že palivo protéká celým válcem včetně prostoru hříděle. Nevyužívají se zde ventily, jelikož přívod paliva i odvod zajišťuje svým pohybem píst. Tyto motory se stále ještě vyrábějí a používají se například u motocyklů či zahradní techniky. Účinnost tohoto systému je však nižší než u čtyřdobého motoru. [8]

Vznětový motor

Vznětový motor představil Rudolf Diesel a později jej vylepšil Charles Kettering. Chemická energie paliva je přeměňována v mechanickou energii otáčením výstupního hřídele motoru. Palivo je v tomto systému dodáváno odděleně, na rozdíl od zážehových motorů. Využívají se rovněž čtyřdobé (v automobilech) a dvoudobé agregáty (lodní motory). Princip činnosti spočívá v sání vzduchu do válce. Dále se uzavře sací ventil a píst svým pohybem vzduch stlačí a dojde ke zvýšení teploty na 550–800 °C. Následně je přímo vstřikováno palivo (popř. skrze předkomoru) po odměřených dávkách. Dojde k samovznícení v ohřátém vzduchu. V další fázi dojde k expanzi a tlak je převáděn do mechanické práce (adiabatický děj). Poslední fáze zahrnuje výfuk spalin skrze výfukový ventil (izobarický děj). Účinnost tohoto systému je udávána v rozmezí 30 až 42 %. Schéma činnosti je podobná zážehovému motoru, pouze se liší vznícením paliva za vysoké teploty i působícího tlaku. Tento typ motoru má vyšší účinnost než čtyřdobý zážehový motor cca o 10 %. [8]

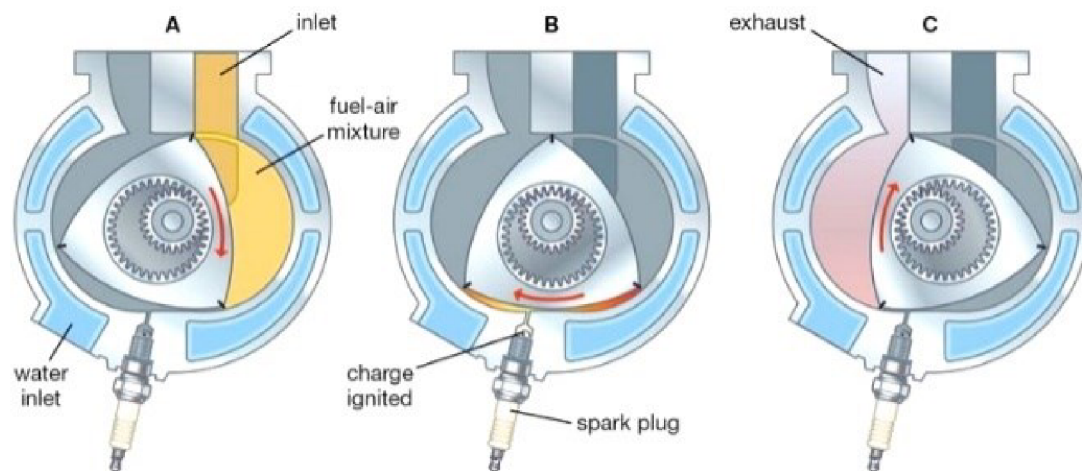
Wankelův zážehový motor

Tento typ motoru vyvinul Felix Wankel v roce 1951. Sériově vyrábět se však začal až v roce 1964. Princip je založen na Ottových cyklech čtyřtaktního motoru, avšak konstrukce dílů (píst a komora) jsou jedinečné. Specifický tvar nádoby i rotoru, jež připomíná vypouklý trojúhelník, má za úkol oddělit od sebe jednotlivé komory tak, aby za jednu otáčku rotoru vykonal tento motor tři pracovní cykly. Rotační stroj je uspořádán tak, aby úsečky, jež vycházejí ze středu kružnice opisují koncovými body shodnou křivku zvanou epitrochoida. Spojnice koncových bodů úseček (nejlépe však obloukové křivky) se plynule cyklicky přibližují a vzdalují vůči této opsané křivce a společně vymezují plochu s proměnnou velikostí. Vnější kružnice je větší a tvoří ji roztečná kružnice kola s vnitřním ozubením, naopak vnitřní kružnice – roztečná kružnice kola s vnějším ozubením. Opsaná křivka plynule přechází od maxima uvnitř křivky do limity s nulovým zakřivením. Na vnější straně křivky náhle přejde do limity s nulovou křivostí a opět klesá a vrací se dovnitř. [8]

Konstrukce bloku z hliníku a ocelového rotoru umožňuje dosahovat velkého množství otáček (až 17 tisíc otáček za minutu), má nižší hmotnost, a lze poté s tímto motorem snáze přejít na vodíkový pohon. Nevýhodami jsou naopak: vyšší spotřeba, menší výdrž, problematické chlazení, vyšší spotřeba maziv. V současnosti jediný výrobce automobilů, jež tento

typ motoru používá, je japonská automobilová společnost Mazda, která si nové řešení v roce 2016 nechala patentovat s cílem prodloužit dojezd elektromobilů. [8]

Parametry hybridních řešení od společnosti Mazda jsou zajímavé z s ohledem na fakt, že tyto motory mohou s drobnými úpravami pro svůj provoz využít benzin, plyny i vodík. Pro tyto vozy se používají kapalinou chlazené Li-Ion akumulátory s prizmatickými články, pracovním napětím 355 V, kapacitou 35,5 kWh. Elektromotor je asynchronní s výkonem 105 kW a točivým momentem 265 Nm. Nabíjet lze pomocí stejnosměrného proudu při použití nabíječky CHAdeMo; nebo střídavým proudem s maximálním výkonem 6,6 kW. [8]



Obr. 2.3 Schéma činností Wankelova motoru

Zdroj: [8]

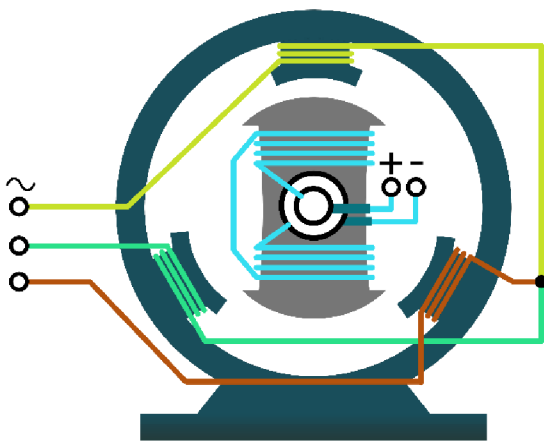
Stirlingův motor

Typ motoru s vnějším spalováním navrhl a v roce 1816 patentoval skotský pastor Robert Stirling. Stirlingův motor patří mezi teplovzdušné motory. Princip tohoto motoru je založen na externím spalování, zdrojem tepla může být i geotermální nebo sluneční energie. Stirlingův motor pracuje na principu roztažnosti plynu. Když se plyn ohřívá, roztahuje se, když se ochlazuje, svůj objem zmenšuje. Skládá ze dvou pístů a jednoho nebo dvou válců, podle toho, o jakou modifikaci se jedná. [8]

Stirling dokáže využít jakýkoli zdroj tepla. Například odpadní teplo, geotermální, solární, fosilní paliva, biomasu. Má velmi tichý chod a vysokou životnost, minimální poruchovost i jednoduchou konstrukci, příznivé emisní hodnoty a vyšší účinnost než solární články. Nevýhodou vysoká pracovní teplota i tlak plynu a nízký výkon na jednotku hmotnosti, vysoké výrobní náklady a obtížná regulace výkonu. [8]

Elektrický motor (elektromotor)

Elektromotor je zařízení, které přeměňuje elektrickou energii na energii mechanickou. Skládá se ze statoru, který je tvořen třemi cívkami, jež vzájemně svírají úhel 120° a rotoru (kotvy), tedy samotného válce z ocelových plechů a drážkami s vinutím. Trojfázový asynchronní elektromotor pracuje na principu kotvy, která se roztočí s odlišnou frekvencí točivého magnetického pole, jež indukuje ve vinutí velké elektrické proudy při malém odporu. Rozměry elektromotoru jsou přibližně 30 centimetrů krychlových [30 cm^3]. Využití je široké: od nástrojů jako jsou např. vrtačky, brusky až po motorizované vozíky, AGV, osobní automobily a elektrobusy. Průběh nabíjení akumulátorů v Přílohách A, B. [8]



Obr. 2.4 Schéma komponent elektromotoru

Zdroj: [8]

V případě trojfázového asynchronního elektromotoru se pro výpočet veličiny: skluz, využívá tento vztah: $s = (f_p - f_r) \cdot f_p^{-1}$. Kde parametry f_p značí frekvenci otáčení točivého magnetického pole, f_r frekvenci otáčení rotoru. Skluz se v praxi obvykle pohybuje v rozmezí 2–5 %. [8]

Každý typ motoru je výhodný v jiném případě. Zejména ve vnitřních (uzavřených) prostorech musí být použity elektromotory, aby nedošlo ke kontaminaci vzduchu škodlivými látkami. Naopak ve vnějším prostředí se využívají zážehové či vznětové motory, jelikož provoz je jejich provoz levnější, i když v rámci ekologie a ochrany životního prostředí budou zřejmě brzy nahrazeny ekologičtějšími variantami (např. CNG, vodíkové pohony a právě elektromotory). Elektromotory mají velmi vysokou účinnost a minimální ztráty. Zatím však získávání elektrické energie probíhá převážně v tepelných elektrárnách, což je značně neekologické. Do budoucna lze však předpokládat rozvoj využívání obnovitelných zdrojů.

Principy navádění přepravních vozíků

Pro správný a bezpečný pohyb je využíváno několik systémů, například optické snímání okolního prostředí, navigace pomocí indukce či odrazu laserového paprsku. První vozíky typu AGV přišly na trh v 60. letech minulého století. Důležité pro jejich provoz je neustále vyhodnocovat, kde se vozík nachází, kam má pokračovat dále, jakým překážkám se musí vyhnout a co udělat pro bezpečnou cestu k cíli. Vozíky mají integrovaný souřadnicový systém pro vlastní orientaci i detekci překážek. Navigace může využívat řídicí prvky na podlaze (optická navigace, indukční navigace pasivní) či přímo v podlaze (indukční navigace aktivní, magnetická navigace), dále laserovou navigaci či využít GPS (satelitní navigace). [10]

Nejjednodušším navigačním prvkem je barevně odlišená páska, jenž je nalepena na povrchu, určeném pro pohyb vozíku. AGV má zavedené algoritmy pro její detekci. Dnešní pokročilé technologie nezastaví ani poškození pásky a jsou schopny v cestě a trasování pokračovat i nadále. [10]

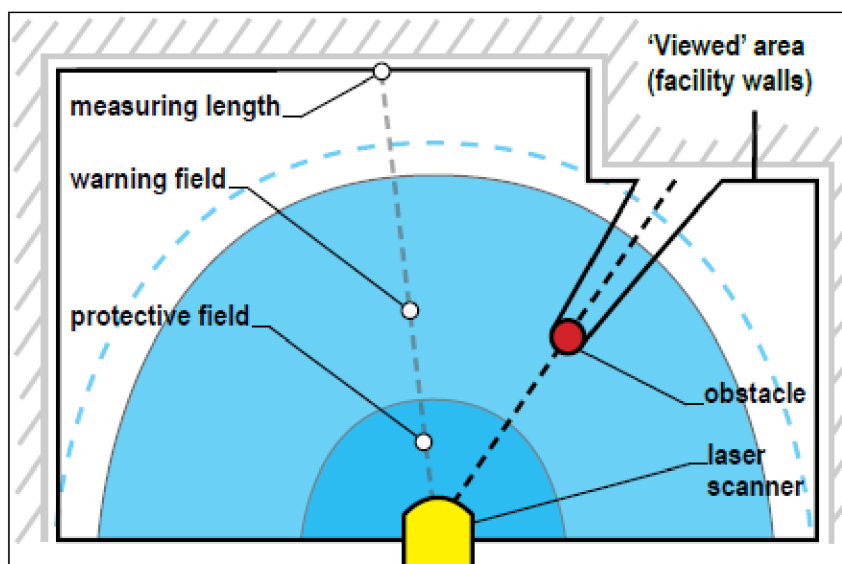
Princip indukční navigace se podobá optické a dělí se na aktivní indukční navigaci a pasivní indukční navigaci. První zmiňovaná je založena na využití vodiče elektrického proudu, jenž je umístěn v podlaze a nedochází tedy k jeho poškozování. Ovšem toto řešení je finančně náročnější než klasické vodící linky a nelze tak snadno případně měnit dráhu jízdy. Cívky přímo na vozíku jsou na zabudované k podlaze kolmé a mají rozdílný elektrický proud, který udává odchylku od vodící linie. Negativní zpětnou vazbou řídicího motoru je tato odchylka vyrovnávána. Vozítka je ovládáno změnou frekvence střídavého elektrického proudu. Při tomto řešení může být napájeno vozítka přímo skrze toto vedení elektromagnetickou indukcí. Pasivní navigace indukcí je realizována kovovým pásem o šířce 50 až 100 mm, jež je připevněn na povrch podlahy. Vozík má nainstalovaný snímač o třech senzorech magnetického pole, s jejichž pomocí řídicí motor reaguje na změnu pole při čtecí vzdálenosti 10 až 30 mm. [10]

Magnetická navigace bývá označována jako navigace volná. Nejsou zde využity vodící linie, ale pouze rozmístěné značky, zabudované v podlaze. Tvoří je permanentní magnety válcového tvaru s průměrem 8 až 20 milimetrů a délce 5 až 30 milimetrů. Slouží k určení polohy vozítka, které má snímací senzory ve spodní části podvozku. Procesor určí polohu a nedochází zde k přerušení, jelikož zde není kontinuální vodící linie. Přesnost je určena

vzdáleností magnetů mezi sebou. To souvisí i s nižšími náklady na celý systém. Mřížkové uspořádání je vhodné i pro exteriéry. [10]

Laserová navigace je hlavním konkurentem magnetické navigace a zároveň tvoří nejvýznamnější druh volné navigace. V tomto případě je nutné rozmístit reflektory nad úroveň výšky lidských pracovníků tak, aby z každé pozice byly viditelné vždy nejméně dva až tři tyto reflektory. Vozík poté vysílá laserové paprsky do okolí, které se od reflektorů odrážejí zpět do laserového snímače. Polohu následně určí počítač vozítka. Jedná se o přesnou navigaci, vozík se postupně učí a zapamatovává si prostor i překážky. Tento systém může mít problémy ve velmi členitých prostorech, proto bývá využíván v kombinaci s magnetickou navigací a tvoří takzvanou multi-navigaci. [10]

LiDAR – technologie pro určování vzdálenosti mezi objekty pomocí impulsů světelných paprsků laserovou diodou a jeho odrazu od objektů a návrat k emitoru, kde je umístěn vedle vysílače také přijímač (detektor). Tento detektor identifikuje odražený signál a pomocí výpočtu časového rozdílu mezi vysláním a přijetím signálu je určena tato vzdálenost. Jelikož LiDAR produkuje signály s určitou periodou, je možné porovnávat délky přijetí odrazů a vytvořit model okolí i s předpovědí následných pohybů. To vše slouží k plynulému pohybu přepravních robotů a jejich bezkoliznímu provozu. Základními komponenty systému jsou: skener, laser a přijímač GPS. Dalšími elementy jsou poté: datové úložiště, fotodetektor a optika. [10]



Obr. 2.5 Schéma laserového snímání, detekce objektů

Zdroj: [8]

2.3.2 Využívání automatizovaných prostředků

Nespornou výhodou těchto systémů je využití řízení počítačem zcela automaticky, zadáním specifických příkazů a také případným ručním ovládním. Tyto vozíky a přepravní systémy mají též vyšší výdrž a mohou přepravovat zásilky mnohem těžší, než je schopen (a dle norem BOZP i dlouhodobě) přenášet člověk. Udává se, že dospělý muž při občasném přenášení může manipulovat s věcmi do hmotnosti 50 kilogramů, při častém přenášení do 30 kilogramů (při práci vsedě pouze 5 kilogramů a během jedné osmi hodinové směny maximální celková hmotnost 10 000 kg). Žena poté při občasném zvedání a přenášení může manipulovat s břemeny do 20 kilogramů, při časté manipulaci pouze 15 kilogramů (vsedě jen 3 kg). V případě autonomních mobilních robotů (AMR) je udávána maximální přípustná hmotnost nákladu ve výši 1 500 kilogramů, což je mnohonásobně více než u lidských pracovníků. Další výhodou je vyšší odolnost AVG, AMR ve vztahu k pracovníkům. Dobře využitelné jsou tyto prostředky na delší vzdálenosti i v případě hustého provozu těchto vozíků, jelikož umí vzájemně spolupracovat a řadit se do front tak, aby nedocházelo k nárazům a poškození či sesunutí přepravovaného nákladu. K tomu slouží sensory, jimiž jsou robotická vozítka vybavena a limitují tím rizika spojená se vznikem škody. Vozíky AGV i AMR jsou tak spolehlivé, bezpečné, důvěryhodné prostředky pro přepravu nejrůznějšího nákladu, popřípadě i nádob s různým obsahem. Také tyto systémy nevytvářejí zbytečné překážky, v případě potřeby mohou rychle reagovat a uvolnit prostor pro jiné dopravní prostředky v rámci skladu. Samozřejmostí je dnes systém, který detekuje přítomnost, polohu a předpovídá množný směr pohybu osob tak, aby zabránil případným zraněním při kolizi s nimi. [10]

Mezi nevýhody těchto automatizovaných a do jisté míry autonomních systémů patří zpočátku vysoké náklady na pořízení a zavedení těchto zařízení do provozu. Nutnost a plná závislost na systému RF (řízení pomocí radiových frekvencí) a potřeba bez překážkových areálů v případě AGV. Systémy AMR jsou schopny tyto překážky rozpoznat a změnit svoji dráhu pohybu tak, aby se kolizi s nimi vyhnuly. [10]

Z hlediska využívaného způsobu pohonu je nutné dbát na to, že v uzavřených prostorech skladů není dovoleno z hlediska bezpečnosti (zejména zabránění vzniku škodlivých spalin v uzavřeném prostoru) používat spalovací a vznětové agregáty. Použití AGV a AMR je tak limitováno na elektrické a případně vodíkové pohonné jednotky. Ekologický aspekt sice splňují, avšak jejich provoz je prozatím dražší. Vývoj však jde stále dopředu.

Úroveň informačních technologií dosáhla takového stupně, že je dnes možné aplikovat autonomní systémy pro využití v mnoha oblastech logistiky. Informační systémy využívají subjekty od automatizované a zcela automatické výroby, pro řízení skladových zásob, přemísťování zboží, materiálu, vychystávání, dopravu a distribuování do velkoobchodů, maloobchodů až po doručení konečnému zákazníkovi. Zákazník může sledovat aktuální polohu zásilek v reálném čase. Při činnostech zásobování (distribuci) je identifikace zboží usnadňována označením specifickými prvky, jako jsou čárové kódy, dvou dimenzionální identifikační štítky, štítky pro radiofrekvenční přenos informací a další. V závislosti na pohybu zboží a technických prostředků umožňuje jejich sledování globální polohový systém. Družice po celém světě dovolují pomocí souřadnic a časového hlediska určit polohu i trajektorii pohybu. Nástup autonomních technologií dnes z velké části ovlivňuje nejen správu skladů, ale také do značné míry soběstačné přepravní prostředky. Jejich pohyb může být usměrňován řídicími algoritmy i vyhodnocováním informací ze senzorů až po řízení umělou inteligencí. Problémy mohou nastat v případě ztráty signálu či nefunkčnosti integrovaných senzorů. Poruchy i možné odcizení třetí osobou zvyšují náklady společnosti a znamenají problém v dodržení časových harmonogramů. Současná legislativa zatím nezahrnuje potřebnou právní záruku a možnou návratnost vynaložených nákladů. Do budoucna by se však mohla situace změnit. [9]

Informační systémy podnik využívá pro činnosti uvnitř podniku, zejména identifikaci zboží, GPS lokalizaci a zabezpečení. Pro výměnu informací s okolím podniku slouží elektronické systémy pro sledování přepravy zásilek. K identifikaci prvků procházejících logistickým řetězcem slouží aktivní a pasivní označení, jež umožňuje identifikaci konkrétních položek hromadnými či unikátními identifikátory. Mezi nejpoužívanější patří EAN, QR kód, RFID tag. Pro lokalizaci prvků se využívá služba GPS. [9]

Čárový kód (EAN)

Označení výrobku číselným kódem (European Article Number), integrovaným do strukturované soustavy svislých pruhů o různé šířce sloužící k automatické identifikaci. Každá svislice svojí šířkou udává číselnou hodnotu (EAN 8: osm hodnot, EAN 13: třináct hodnot). Norman Joseph Woodland a Bernard Silver jej patentovali v roce 1952. Od té doby se stal standardem pro identifikaci položek v rámci logistiky i obchodních (tržních) operací. [10]

QR kód

Pasivní označení, které využívá optickou identifikaci kombinace černých a bílých čtverců se třemi kontrolními sektory. Je schopno pojmout až 4 300 znaků a je možné do něj uložit jakoukoliv informaci. QR kód je možné přečíst pomocí mobilního telefonu vybaveným fotoaparátem a příslušnou aplikací. [10]

RFID tag

Technologie založená na čtení tagů radiofrekvenční bezdrátovou technologií pro bezkontaktní automatickou identifikaci a přenos informace od zdroje k přijímači. Pasivní tag slouží pouze ke čtení, neobsahuje zdroj energie. Čtecí hlava vysílá impulsy, na okamžik nabije tag a přečte jeho informaci. Aktivní tag – vysílač obsahuje čip, který je napájen baterií a periodicky vysílá impulsy, jež jsou přijímány anténami RFID čtečky a následně rozpoznány. [10]

GPS lokalizace

Technologie Global Positioning System je využívána ke sledování polohy objektů v prostoru a čase za pomoci družic na oběžné dráze Země. Umožňuje vytvářet geolokalizační mapy polohy. Využitím GPS systému v mobilních telefonech umožňuje sledovat pohyby osob a jejich koncentraci. [10]

Lokalizace přepravních prostředků

Automatické systémy pro sledování polohy snižují provozní náklady, dovolují tvorbu knihy jízd, optimalizaci distribučních cest s ohledem na provoz ve špičce či zatížení dopravních tepen v dílčích časových intervalech. Dále je lze využít pro ochranu a zabezpečení majetku proti ztrátě či odcizení. Efektivně umožní koordinování provozu vozového parku z kteréhokoliv místa světa prostřednictvím připojení k internetu. Umožňuje kontrolu 24 hodin, 7 dní v týdnu. [10]

Lokalizace odeslaných zásilek

Některé přepravní společnosti nabízejí službu sledování zásilek on-line. Většinou se však jedná pouze o informaci, v jaké fázi distribučního procesu se daná zásilka nachází, zda byla vychystána, převzata do přepravy, přepravována či doručena nebo uložena. Pro systémy přesné lokalizace je dnes využita „*what3words*“ technologie. Ta rozdělila zemský povrch

na sektory 3×3 m a jejich identifikace probíhá pomocí pouhých tří slov a zobrazení na mobilních zařízeních prostřednictvím aplikace What3Words. [8]

Autonomní systémy

Autonomní vozy optimalizují logistické procesy a snižují náklady i celkové emise. Dále zvyšují bezpečnost silniční dopravy a zajišťují téměř nulovou nehodovost. Logistická společnost DHL uvádí, že až 90 % nehod v silniční dopravě způsobují řidiči. Výhodou je neomezený provoz 24 hodin denně, 7 dní v týdnu (nutné odečíst dobu nabíjení akumulátorů, případně jejich výměny). Úspory nákladů činní až 40 % na jeden kilometr. [10]

Automatický pohyb po předem definované dráze

Logistické tahače představují zařízení, která slouží k tažení mobilních přepravníků a dopravníků. Jejich dráha je vytyčena pomocí magnetické pásky a pohyb může probíhat oběma směry. Řídí se standardně pomocí RFID tagů, popřípadě je jejich pohyb ovládan nadřazeným řídicím systémem. Dobíjecí akumulátory představují zdroj energie pro jejich provoz a jejich dobíjení probíhá automaticky v čase zastávek mezi jízdami nebo při manuálním připojení nabíjecího konektoru. Tato zařízení umožňují nepřetržitý provoz na jedno nabití až 16 hodin. Celková nosnost je uváděna nejvýše 650 kilogramů. Bezpečnostní laserový skener s dosahem 3 metry dokáže snímat překážky v rozsahu 270 stupňů a detekovat osoby a překážky. V případě potřeby spustí světelnou i zvukovou signalizaci, případně sám dokáže zabránit kolizi s překážkou. [10]

Automatický pohyb na základě vyhodnocení umělou inteligencí

Plně autonomní jízdu zajišťují čtyři základní prvky. Je to navigace, situační analýza, plánování a řízení trajektorie pohybu. Vozidlo obsahuje systémy rozpoznávání a analýzy svého okolí. K tomuto účelu jsou zde různé druhy senzorů (např. snímání vzdálenosti od objektů), vyspělá elektronika i systémy obousměrné komunikace s dopravní infrastrukturou a účastníky provozu. Využívá se ultrazvukových, radarových, laserových a kamerových čidel. Díky tomu je schopno detekovat a identifikovat objekty, určovat jejich polohu, rychlost a směr pohybu. Autonomně řízená vozidla jsou rovněž příslibem pro další optimalizaci logistických procesů i snižování nákladů a emisí. Zvýší se rovněž bezpečnost silniční dopravy, protože techniku autonomního řízení lze využít k dalšímu velkému pokroku směrem k uskutečnění vize nulové nehodovosti. [10]

Hlasem ovládané terminály

Komplexní systém pro integraci hlasových technologií je ručen k implementaci do všech ERP systémů či Warehouse Management Systems. Tyto systémy dovolují založit hlasové rozhraní k logistickým systémům. Technologie je označována Pick by Voice, popřípadě Voice Picking. Dochází k transformaci dat na hlasové pokyny i obráceně. Informační systém data převádí automaticky do slovních povelů a instrukcí, jež jsou vysílána pracovníkovi do sluchátek. Pracovník následně zadá příkazy do systému svými hlasovými povely. Ty jsou opět převáděny na data a zpracovává systém. Tyto systémy jsou využity pro řízení skladových provozů a jejich výhodou je značná úspora času a nákladů. Pracovníci zadávají příkazy hlasem a mohou současně manipulovat přímo se zbožím. To je hlavní rozdíl v porovnání s mobilními terminály s monitorem a vstupem přes klávesnici. Dochází také ke zvýšení bezpečnosti práce, rychlejšímu zaškolení obsluhy, snížení chybovosti, vyšší variability použití a možnosti informování v reálném čase. [18]

Informační systémy služby E-shop

Informační systémy jsou dnes ve velké míře propojeny. Zejména systémy pro skladovou logistiku a komunikaci se zákazníky. Zákazník tedy přímo z webových stránek internetového obchodu (tzv. e-shop) zjistí, jaké je dostupné množství daného zboží (materiálu, polotovaru, výrobku) na skladě. Případně kdy bude produkt k dispozici a v jakém rozsahu. Informační systém internetového obchodu tedy obsahuje přímé vazby, kdy objednané zboží se ve skladu zarezervuje, aby jej nemohl objednat další zákazník. Následně doručí upozornění na příslušné oddělení společnosti, že zcela došly nebo postupně docházejí skladové zásoby a je nutné pořídit nové. [12]

Digitální dvojče

Digitální dvojče představuje přesnou virtuální repliku skutečných fyzických objektů nebo systémů, zařízení, infrastruktury či procesů. Tento koncept vznikl ve společnosti NASA, ta nahradila přesné makety vesmírných zařízení používaných k zrcadlení, diagnostice a simulaci problémů na oběžné dráze. Digitální dvojče uchovává časová data událostí, sleduje stav objektu dlouhodobě a predikuje pomocí analýz, strojového učení a prvků umělé inteligence či zatím spíše strojového učení budoucí chování. Umožňuje modelovat potenciální stavy při haváriích, extrémních podmínkách a navrhuje včasná opatření. Čerpá data z pokročilých senzorů a predikuje, co by se mohlo stát a co se stane. V budoucnu se předpokládá, že autonomní digitální dvojče bude řídit skutečný systém. [16]

2.4 Dron (bezpilotní letoun)

Bezpilotní letoun (též dron) někdy bývá označován jako UAV (anglicky Unmanned Aerial Vehicle) neboli nepilotovaný letoun. Může být řízen pomocí dálkového ovládní či létat naprosto samostatně na základě předem naprogramovaných letových plánů, případně pomocí propracovaných dynamicky reagujících autonomních systémů. Drony jsou využívány zejména v oblasti průzkumu terénu, hašení požárů, policejního sledování či rekreačního letectví. Úrovně autonomie dronů jsou uvedeny v Příloze G. Problematickým odvětvím bude zejména legislativa, týkající se provozu a oprávnění k řízení dronů. Již dnes existuje on-line zkouška pro piloty dronů, jejíž zdárné složení je nezbytné pro jejich řízení ve veřejných prostorech. I tam však existují jistá omezení. [13]

2.4.1 Historie dronů

Historicky první bezpilotní letoun zkonstruoval profesor Archibald Montgomery Low již v roce 1916. Pojmenoval jej Aerial Target (v překladu Vzdušný cíl). Během první světové války bylo vyrobeno mnoho letadel s dálkovým řízením, např. Hewitt-Sperry Automatic Airplane (USA). V 80. a 90. letech 20. století vzrostl zájem o tato bezpilotní letadla zejména v souvislosti s miniaturizací zejména pro vojenské účely. [13]

2.4.2 Klasifikace a kategorizace dronů

První letouny měly určené jasné oblasti využití, např. jako cíl či návnada, průzkumné letouny, bojové letouny, logistické UAV, výzkumné a vývojové a také civilní a komerční aplikace dronů. Dnes převažují multifunkční drony pro různé oblasti použití. Úřad pro civilní letectví České republiky rozděluje bezpilotní prostředky na bezpilotní letadlo (anglicky UA – Unmanned Aircraft) a bezpilotní systém (anglicky UAS – Unmanned Aircraft System). Obě kategorie mají odlišné vlastnosti i využití. Dále je možné rozdělovat drony dle způsobu jejich využití na drony pro monitoring, sledování procesů, kontrolu areálu či bezpečnostní zabezpečení skladů. Jiným hlediskem může být velikost dronu s ohledem na hmotnost a rozměry jím přepravovaných zásilek, kdy s rostoucí hmotností klesá vzdálenost, kterou je dron schopen překonat. Dalším pohledem může být konstrukce dronu, jelikož existuje mnoho variant dle počtu motorů, rotorů a jejich uspořádání. Klasický dron má čtyři motory, rotory i vrtule, existují však také s počty 3, 6, 8... Dle tohoto hlediska se jedná o trikopty, kvadrokopty, hexakopty, octokopty. To do jisté míry určuje jejich použití i stabilitu při letu. [13]

2.4.4 Strategická analýza SWOT využívání dronů

Následující analýza zkoumá silné a slabé stránky využívání dronů, které doplňuje o možné příležitosti a ohrožení při jejich provozu.

Tab. 2.1 SWOT analýza využití dronů

STRENGTHS (silné stránky):	WEAKNESSES (slabé stránky):
<ul style="list-style-type: none"> • relativně nízké pořizovací náklady na jednotlivé drony, • nízké náklady na provoz i dobíjení, • ekologicky šetrný (bezemisní) chod na baterie při běžném použití, • možnosti rekuperace energie při provozu samotných dronů, • možnost výměny baterií a tím prodloužená doba životnosti, popř. okamžité uvedení znovu do provozu. 	<ul style="list-style-type: none"> • problematická ekologicky šetrná likvidace vyřazených baterií, • energetická náročnost na infrastrukturu při dobíjení většího množství baterií, • proměnlivá doba letu dronů v závislosti na jeho hmotnosti a hmotnosti nákladu, • současné možnosti ochrany dronu.
OPPORTUNITIES (příležitosti):	THREATS (ohrožení):
<ul style="list-style-type: none"> • nové technologie v oblasti ekologicky šetrných baterií s vysokou kapacitou, • snižování energetické náročnosti provozu dronů a rychlé nabíjení jejich baterií, • rozvoj možností dobíjet baterie přímo během provozu dronů, • možná výměna vybitých baterií nabíječnými, zkrácení celkové doby nabíjení, • státní dotace na pořízení dronů. 	<ul style="list-style-type: none"> • nedostatečná kapacita baterií pro provoz dronů, • ztráta signálu a nemožnost návratu dronu (včetně jejich poškození), • legislativní omezení provozu dronů, • možnost poškození a odcizení dronu v průběhu letu (cizí zavinění), • nedostatečná ochrana práv majitele v případě odcizení dronu.

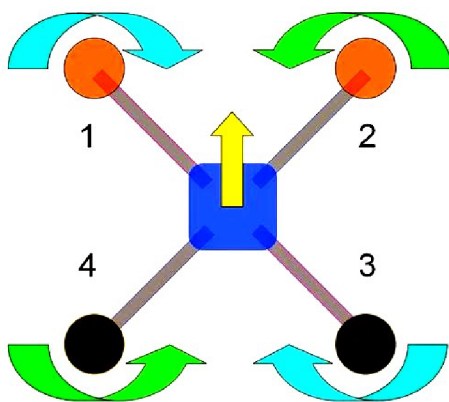
Zdroj: vlastní zpracování podle [14]

Výhodou systému je bezemisní provoz, využití rekuperace energie, efektivní nabíjení skrze dobíjecí stanici, jež umožní připojit více zařízení současně, případně jejich bezpečná výměna za nabité. Problémem může být ekologická likvidace, ztráta celého zařízení při provozu (havárie, odcizení) a ochrana majitele dronu, povolení k provozu.

2.5 Fyzikální princip letu dronů

Základem fungování dronu se čtyřmi vrtulemi se samostatnými motory pro každý z nich je shodný směr rotace dvou protilehlých vrtulí, druhá dvojice rotuje směrem opačným. Stoupání a klesání je dosahováno pomocí zvýšení či snížení rychlosti všech vrtulí současně. Let dopředu a do stran umožňuje zpomalení vrtulí na straně ve směru letu. [13]

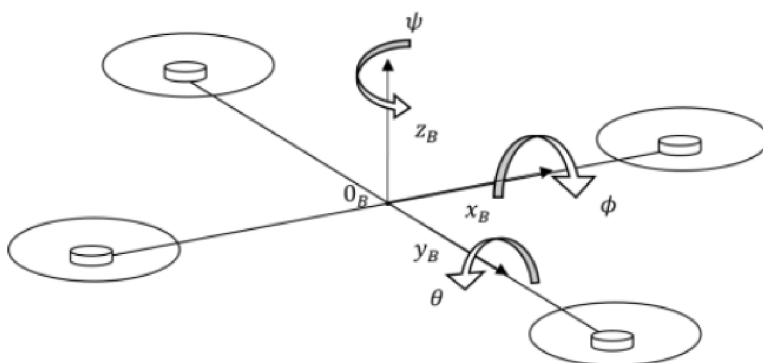
Řídicí jednotka dronu je vybavená gyroskopy a akcelerometry. Integrovaný počítač průběžně sleduje polohu dronu a podle ní upravuje chod motorů. Tento výkonný a současně malý počítač o nízké hmotnosti je pro jeho provoz nezbytný. V Příloze F je graficky znázorněna doba letu v závislosti na celkové hmotnosti dronu. [13]



Obr. 2.6 Princip fungování dronu (směr pohybu a rotace vrtulí 1–4)

Zdroj: [13]

Pro výpočet působících sil se využívá následující souřadnicový systém, na jehož osách leží ramena dronu nesoucí motory (obě ramena mají vzájemně opačné rotace motorů) a příslušně orientované vrtule ve směru otáčení dle svíslé osy. [13]



Obr. 2.7 Schematické zobrazení dronu a jeho rotací

Zdroj: [15]

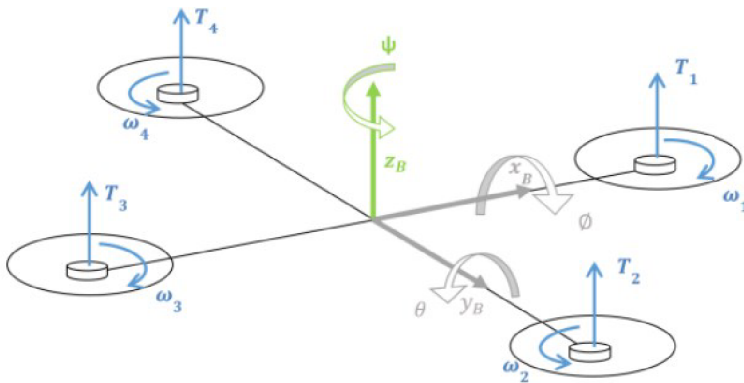
2.5.1 Vzorec pro výpočet otáček motoru

Pokud se všechny rotory otáčejí shodnou úhlovou rychlostí, dron mění pozici v ose Z_B .

Hodnota pro výstup bývá označována U_T . [15]

Výpočet je proveden následovně:

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \omega_4 = \omega_H \rightarrow U_{Th} \quad U_{Th} = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) \cdot m^{-1} \quad (2.1)$$



Obr. 2.8 Schéma silových vazeb s popisem osového systému dronu

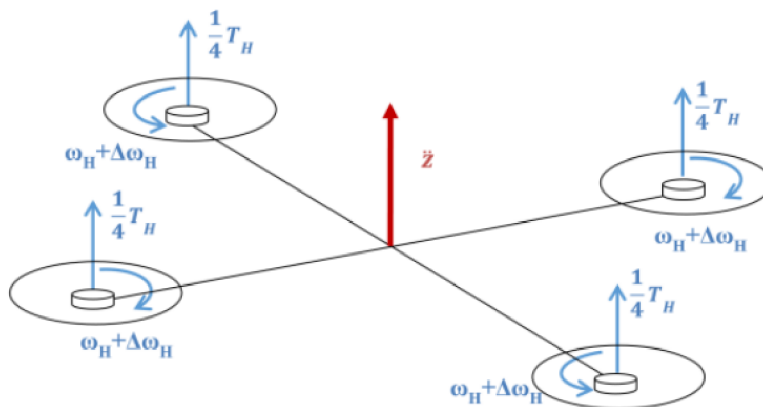
Zdroj: [15]

2.5.2 Výška letu, klonění, klopení, otáčení

Změna výšky letu je dosahována pomocí zvýšení nebo snížení rychlosti rotorů. Rychlost

rotorů vyjadřuje součet $\omega_H + \Delta\omega_H$. Přírůstek úhlové rychlosti ω_H znamená zvýšení

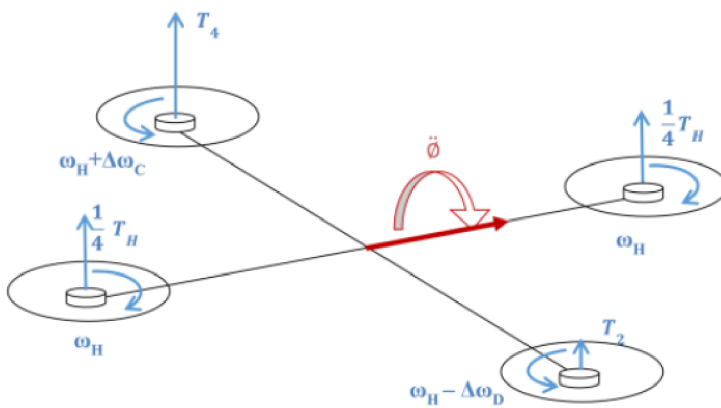
otáček $\Delta\omega_H$. Hodnota výšky letu se označuje U_1 . [15]



Obr. 2.9 Změna výšky letu pomocí otáček všech rotorů

Zdroj: [15]

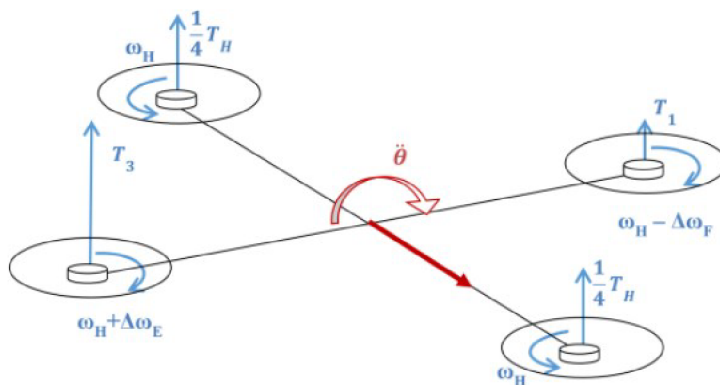
Klonění (U_2) dronu je dosahováno prostřednictvím kladné změny otáček levého rotoru a záporné změny otáček pravého rotoru, popřípadě pro náklon opačným směrem zápornou změnou otáček levého rotoru a kladnou změnou otáček pravého motoru. To vede také ke změně momentu τ_ϕ v ose x_B a k rotaci kolem ní. Celkový tah je konstantní a tyto změny otáček na něj nemají vliv. Změní se pouze zrychlení úhlu rotace kolem osy x_B . Kladné změny hodnot $\Delta\omega_C$ a $\Delta\omega_D$ musí být stejné, aby nedošlo k nerovnováze či vlivu na celkový tah. Platí, že $\Delta\omega_C \approx \Delta\omega_D$. [15]



Obr. 2.10 Změna otáček rotorů pro zajištění náklonu

Zdroj: [15]

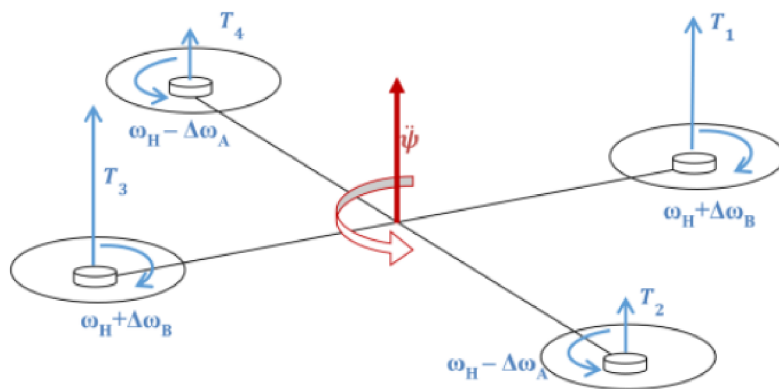
Klopení (U_3) zajišťuje změna otáček předních a zadních rotorů, což vede ke vzniku točivého momentu τ_θ v ose y_B a k následné rotaci okolo této osy. Celkový tah je stále konstantní, změní se rychlost úhlu rotace kolem osy y_B . [15]



Obr. 2.11 Změna otáček rotorů pro zajištění klopení

Zdroj: [15]

Rychlost a směr otáčení ($\dot{\psi}$) je určen změnou rotace všech rotorů ve stejném čase. Když pravý rotor zrychluje, levý naopak zpomaluje, což natáčí dron doleva. Pokud pravý rotor zpomaluje a levý zrychluje, dron se natáčí doprava. To vede k momentu τ_{ψ} v ose z_B . Změny konstant $\Delta\omega_E$ a $\Delta\omega_F$ opět musí být totožné pro zachování celkového tahu dle $\Delta\omega_E \approx \Delta\omega_F$. [15]

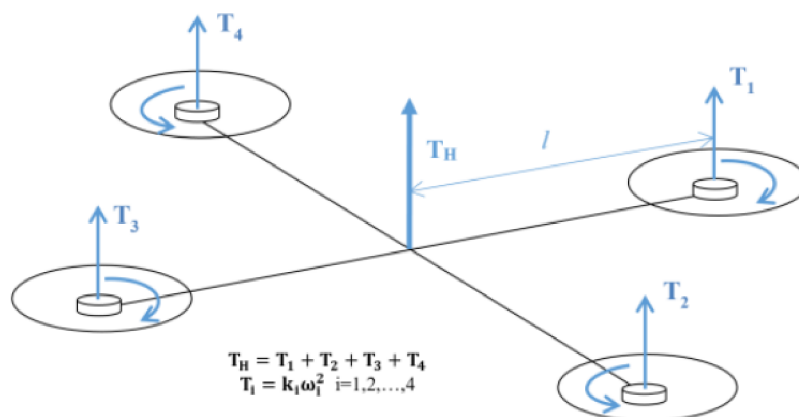


Obr. 2.12 Změna otáček rotorů pro zajištění otáčení podél vertikální osy

Zdroj: [15]

2.6 Eulerův-Newtonův model

Tento dynamický model je často využíván k popisu pohybu letounů. Dynamika tohoto pohybu je závislá zejména na vlastnostech pohonného systému jako celku, jež tvoří ESC (regulátor rychlosti motoru), motor a vrtule. [15]

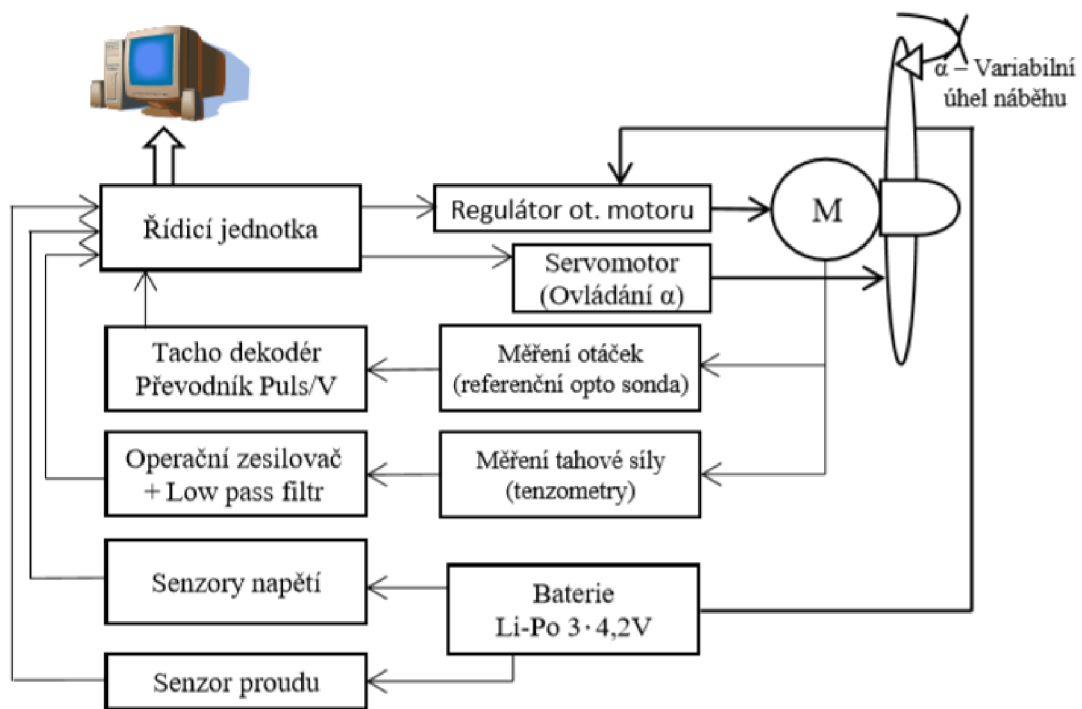


Obr. 2.13 Schéma zobrazující rozložení sil, jež působí na tuhý rám dronu

Zdroj: [15]

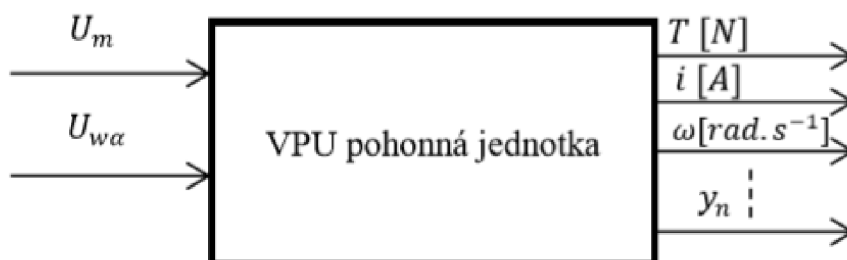
2.7 Zajištění stability dronu

Smyslem regulace rychlosti je stabilizace polohy dronu v prostoru. Této stability je dosaženo správným nastavením úhlové rychlosti u každého z motorů. Jedná se o problematiku inverzní dynamiky a kinematiky. K tomuto účelu je sestaven regulační obvod. V případě dronu se čtyřmi samostatnými vrtulemi je nutné generovat čtyři proměnné v řídicí smyčce. Následující obrázky zobrazují pohonnou jednotku (VPU – Variable pitch unit) a její komponenty. [15]



Obr. 2.14 Schéma komponent modelu dronu

Zdroj: [15]



Obr. 2.15 Vstupy a výstupy pohonného subsystému VPU

Zdroj: [15]

2.8 Metoda FMEA

Tato metoda, jak už její název sám napovídá (anglicky Failure Mode and Effect Analysis, česky Analýza možných selhání a jejich důsledků) slouží k odhalení, předvídání a zabránění vzniku nežádoucích stavů a tím i způsobených škod na majetku a zdraví v rámci činností systému, potažmo podniku. Metoda byla původně vyvinuta společností NASA v 60. letech 20. století pro řízení vesmírného programu APOLLO a hledání závažných rizik, spojených právě s uskutečňováním misí. O 10 let později tuto metodu poprvé v civilním prostředí použila společnost Ford v případě problematického projektu s názvem Ford Pinto. Unifikací metody v 80. letech a zahrnutí do normy QS 9000 se z ní stala v praxi všeobecně použitelná příručka pro řešení rizik a řízení bezpečnosti. Následný rozvoj metody přispěl ke vzniku variant VDA (Validation Discriminant Analysis), DRBFM (Design Review Based on Failure Mode), FMECA (Failure mode, effects, and criticality analysis), jež přidává do výpočtu i hodnotu kritičnosti. [8]

Metoda FMEA (IEC 60812) je založena a systematické identifikaci veškerých možných selhání v procesech, vad výrobků, včetně jejich důsledků, nalezení kroků k odstranění těchto nežádoucích stavů, jejich předcházení či omezení vzniku příčin selhání na přiměřenou úroveň. Lze tento postup využít v oblastech řízení rizik, managementu kvality a zejména bezpečnosti. Různými variantami této analýzy jsou například: DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis), SFMEA (System Failure Mode and Effect analysis), PFMEA (Process Failure Mode and Effect Analysis). Rozšířenou formou je analýza FMECA (Failure Mode and Effect Critical Analysis), tedy analýza možných vad a jejich kritických následků. Postup sestavování FMEA zahrnuje v první fázi analýzu a hodnocení současného stavu, kde jsou uvedeny prvky a funkce, jež mohou být problematické. Stanovují se možné vady včetně důsledků, hodnocení významu, kritičnosti a možných příčin. Dále jsou zaznamenána současná opatření a navrhována opatření k předcházení vzniku těchto vad, jejich význam, výskyt a současně i odhalitelnost. Hodnotí též stav po zavedení těchto opatření do praxe. [8]

Dle předpisu ČSN ISO 31000 (010351) lze rozčlenit význam poruchy do následujících kritérií: zanedbatelný (neovlivňuje schopnost systému/produktu plnit svůj účel), nízký (vyvolá potíže, jsou zachovány funkce výrobku), střední (snížené pohodlí při užívání, ztěžuje ovládání a manipulaci, způsobuje zhoršené vlastnosti výrobku), vysoký (vážné poškození produktu, špatné vlastnosti produktu, nemá však vliv na bezpečnost užívání), velmi vysoký (přímý vliv na bezpečnost, nezpůsobilost k užívání ani provozu

dle zákonných předpisů). Význam vady je uveden dle stupnice 1–10, jež označuje třídy poruch (vad). Následující tabulka přehledně zobrazuje stupeň vad a jejich zařazení do jednotlivých tříd.

Tab. 2.2 Klasifikace významu poruch (vad)

Význam poruchy (vady)	Třída (významnost vady)
<u>Zanedbatelný</u> : podstata vady neovlivňuje schopnosti systému – výrobku, jeho uživatel s velkou pravděpodobností její výskyt ani nezaznamená.	1
<u>Nízký</u> : vada vyvolá potíže uživateli, nejsou pozorovány zhoršené funkce výrobku.	2 3
<u>Střední</u> : vada způsobí uživateli produktu obtíže zhoršením způsobem ovládání, snížením pohodlí při užívání, manipulaci. Uživatel pozoruje a identifikuje zhoršení vlastností tohoto produktu.	4 5 6
<u>Vysoký</u> : vada vyvolává velké obtíže uživateli produktu, způsobí vážné poškození, výrobek má špatné vlastnosti, nemá však vliv na zdraví uživatele.	7 8
<u>Velmi vysoký</u> : vada má vliv na bezpečnost výrobku, výrobek se stává nezpůsobilým k provozu dle zákonných předpisů.	9 10

Zdroj: [8]

Ve vztahu k zabránění vzniku škody (ať už na zařízení, výrobcích, polotovarech a zejména na zdraví osob) se dále zkoumá pravděpodobnost odhalení poruchy a procentuální vyjádření možného ohrožení (případně vlivu) na uživatele. Data jsou opět vyjádřena a začleněna do jednotlivých tříd. [8]

Dle možností detekce poruchy jsou stanoveny následující kategorie: téměř jistá, velmi vysoká, vysoká, mírně zvýšená, střední, nízká, mírná, velice mírná, velice slabá, téměř nemožná. Následně dle závažnosti se poruchy dělí na vady bez důsledků, s velmi nepatrným důsledkem, s nepatrným důsledkem, menším důsledkem, mírným důsledkem,

významným důsledkem, větším důsledkem, krajním důsledkem, závažným důsledkem a nebezpečným důsledkem. Podle tohoto rozdělení jsou pak nezbytné určité kroky, například oprava nezásadní části, výměna subsystému a podobně. [8]

Tab. 2.3 Rozdělení poruch dle závažnosti důsledku

Význam	Druh poruchy dle důsledku	Popis poruchy
10	nebezpečný důsledek	náhlá porucha, ohrožující bezpečnost systému,
9	závažný důsledek	potenciálně nebezpečný důsledek, ohrožení bezpečnosti možné zabránit přerušením provozu,
8	krajní důsledek	neprovozoschopný systém, avšak nebezpečí nehrozí,
7	větší důsledek	subsystém je neprovozoschopný,
6	významný důsledek	nezásadní část je neprovozoschopná,
5	mírný důsledek	nezásadní část potřebuje opravu,
4	menší důsledek	stálá nezásadní porucha,
3	nepatrný důsledek	nezásadní porucha většinu času,
2	velmi nepatrný důsledek	občas nezásadní porucha,
1	žádný důsledek	žádný důsledek na objekt nebo jeho činnost.

Zdroj: [2]

Metoda FMEA (zavádění automatizace)

Následující tabulka obsahuje vypracovanou analýzu FMEA ve vztahu k zavádění automatizace do prostředí skladu a skladového hospodářství podniku. Je zaměřena na možné vady a problematické oblasti v případě nasazení automatizačních prostředků a jejím zabránění. Hodnota RPN (Risk Priority Number) udává míru rizika konkrétní vady. Je součinem číselného vyjádření významu, výskytu, odhalitelnosti, případně i kritičnosti (FMECA).

Tab. 2.4 Analýza rizik při zavádění automatizace (FMEA)

<u>Prvek Funkce</u>	Možná vada	Možné následky vady	V Ý Z N A M	Možné příčiny (mechanismy vady)	V Ý S K Y T	Stávající opatření pro pre- venci	Stávající řízení procesu	O D H A L I T E L N O S T	R P N	Doporu- čená opat- ření	<u>Odpovědnost Termín</u>	Provedená opatření	V Ý Z N A M	V Ý S K Y T	O D H A L I T E L N O S T	R P N
Fy- zický přesun zboží do vý- dej. skladu	Lidská chyba	Možná záměna zboží, přiřazení jinému zákazní- kovi	9	Chybné infor- mace	6	Dvoji kontrola	–	6	324	Kontrolní mecha- nismy	Pracovník 001 12. 12. 2020	System au- tom. identi- fikace	6	4	3	72
				Neznalost po- stupu	8	Vstupní školení	–	5	360	Školení 1× za rok	Pracovník 002 15. 12. 2020	Nařízena pravidelná školení	4	2	2	16
				Úmyslné jed- nání	2	Pojištění	Kontrola další osobou	3	54	Žádné	–	–	–	–	–	
	Chyba v řazení zboží autom. identif. dopravní- ku.	Nedoru- čené zboží do skladu	7	Výpadek z do- pravníku	2	Žádné	–	1	14	Instalace mechanic- kých zá- bran	Pracovník 003 14. 12. 2020	System zá- bran, zá- chytů	5	2	4	40
				Přesměrování na jinou trasu	3	Tracko- vání	Optická kontrola	2	42	Kamerový systém	Pracovník 004 16. 12. 2020	Informační systém pro kontrolu cesty zboží	4	3	4	48

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 2.5 Analýza rizik zavádění automatizace (FMECA)

Prvek Funkce	Možná vada	Možné ná- sledky vady	V Ý Z N A M	K R I T I Č N O S T	Možné pří- činy (me- chanismy vady)	V Ý S K Y T	Stávající opatření pro pre- venci	O D H A L I T E L N O S T	R P N	Doporu- čená opatření	Odpověd- nost Termín	Provedená opatření	V Ý Z N A M	V Ý S K Y T	O D H A L I T E L N O S T	R P N	
Zavádění automati- zace do log. společnosti	Chyba v iden- tifikaci po- ložky	Nedoručení položky (ma- teriálu) na po- žadované místo	9	5	Špatné na- programo- vání AGV/AMR	4	Systém AUTO- STOP	6	216	Kontrolní systém	Pracovník 001 15. 4. 2021	Sledování položky pomocí auto ID	7	3	9	108	
		Záměna po- ložky za jinou	Špatné roz- poznání auto ID	9	5		6	Dvojitá kontrola	5	270	Kontrola čtyř očí	Pracovník 002 (20. 4. 2021)	Školení	6	5	4	120
			Chybné in- formace				2	Dokumen- tace	3	54	Infor- mační systém	Pracovník 003 (20. 4. 2021)	Zavedení systémů kontroly	8	3	9	216
	Ztráta po- ložky cestou	Dohledávání, možné poško- zení	10	5	Chyba v ma- nipulaci, špatné zajiš- tění	3	Fixace po- ložek	4	120	Sledování pohybu v reálném čase	Pracovník 003 (21. 4. 2021)	Důsledné sledování provede- ných čin- ností	10	4	6	240	

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 2.6 Analýza rizik při zavádění robotizace (FMEA)

Prvek Funkce	Možná vada	Možné následky vady	VÝZNAM	Možné příčiny (mechanismy vady)	VÝSKYT	Stávající opatření pro prevenci	Stávající řízení procesu	ODHALITELNOST	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost Termín	Provedená opatření	VÝZNAM	VÝSKYT	ODHALITELNOST	RPN
Fyzický přesun zboží (AVG)	Ztráta zásilky	Nedoručení zásilky na určené místo	9	Ztráta špatným umístěním	6	Kontrola pohybu	Evidence polohy v reálném čase	8	432	Dvojitá kontrola fixace při nakládce	Pracovník 005 10. 1. 2021	Optická kontrola (systém)	6	2	9	108
	Ztráta kontaktu (magnet. páska)			Nečistota na senzoru či pásce	4	Pravidelný úklid	Vizuální kontrola	5	180	Hygienická opatření	Pracovník 006 15. 1. 2021	Pravidelný úklid všech ploch	5	4	8	160
	Poškození magnetické pásky			3	Zabezpeč. prostředky	Vizuální kontrola	5	135	Bezpečnostní pokyny	Pracovník 007 15. 1. 2021	Řád provozovny, školení	7	3	7	147	
Fyzický přesun zboží (AMR)	Porucha systému	Nedoručení zásilky na určené místo	7	Doručení na jiné místo	4	Automatická identifikace	Kontrola systému	3	84	On-line kontrola hmotných toků	Pracovník 008 15. 1. 2021	Detekce pohybu zásilky	8	2	5	80
	Vyhýbání překážce			Zpoždění dodávky	2	Plánování cest	Operativní řízení	2	28	Synchronizace toků	Pracovník 009 15. 1. 2021	Jízdní řády, plánování cest	4	5	3	60

Zdroj: vlastní zpracování

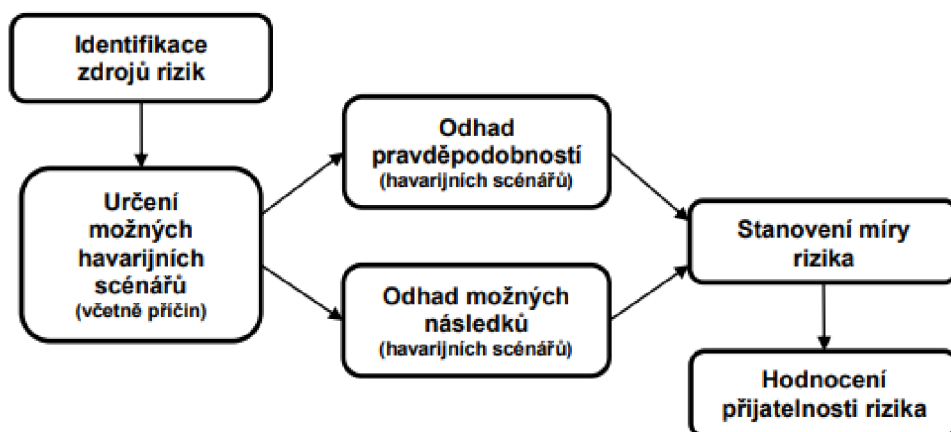
2.9 Metoda WHAT-IF

Analýza WHAT-IF (též WFA či W-I) neboli metoda hodnocení rizik při rozhodování o tom, co se stane, když (Co-Když metoda). Jde o nástroj pro hledání potenciálních problémů, rizik a opatření k jejich eliminaci. Slouží pro stanovení možných dopadů vybraných situací. Nejen, že jsou hledány možné následky jednání a procesů, také tato metoda navrhuje opatření, jež předchází vzniku nežádoucích důsledků. [8]

Na tvorbě analýzy se podílí skupina zkušených pracovníků, jež kladou otázky, určují možné dopady využitím otázek Co-Když. Analýza nemá stanovenou přesnou strukturu, proto je možné ji upravit dle konkrétní situace a účelu. Je tudíž velice flexibilní a cíl její tvorby zahrnuje identifikaci problematických činností či nebezpečné stavy ve sledovaném procesu. Definuje oblasti sledovaných zájmů, cílových zájmů problému (finanční rizika, environmentální oblast rizik, bezpečnost práce, ochrana majetku apod.). Dále generuje otázky (když) a odpovědi (co se stane). Následně jsou stanovena opatření pro situace v podobě rozhodnutí, bezpečnostních opatření a tak dále. [8]

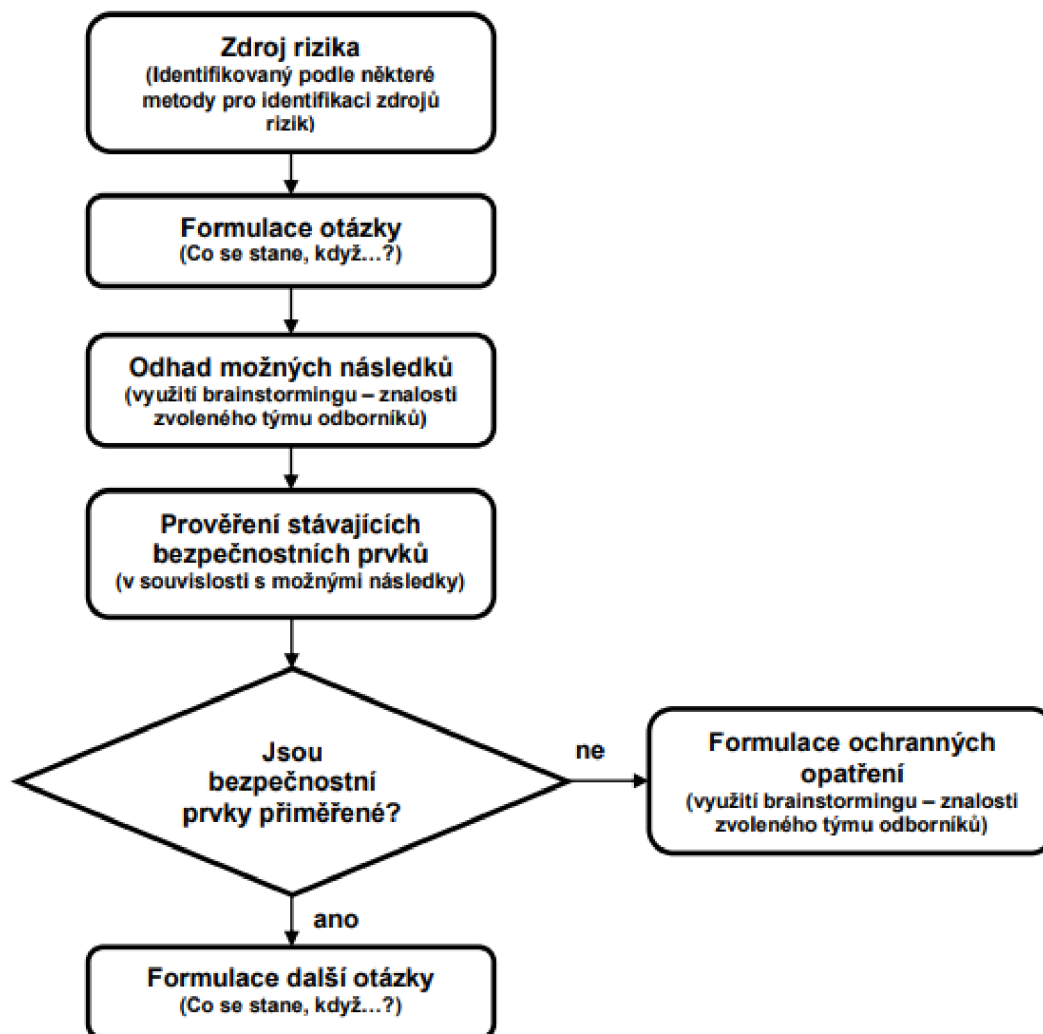
V praxi je tato analýza univerzálně použitelná pro popis a prevenci potenciálních rizik i možných problémů. Umožňuje navrhnout doporučení pro předcházení rizik. [8]

Metoda WHAT-IF představuje výsledek brainstormingu týmu odborníků. Sestává z otázek a opatření pro případ vzniku nebezpečné události, jež může nastat v případě posuzovaného zdroje rizika. Příkladem může být stanovení možných nepříznivých událostí, které mohou nastat s určitou pravděpodobností; následků, které by mohly nastat a hodnocení míry a přijatelnosti rizika. [8]



Obr. 2.16 Postup metody WHAT-IF ve vztahu k havárii

Zdroj: [8]



Obr. 2.17 Schéma činností v rámci metody WHAT-IF

Zdroj: [8]

Tato analýza je vhodná pro určení možných negativních následků při procesech a činnostech. Lze odhadnout také možné důsledky z hlediska bezpečnosti a navrhnout příslušná opatření k jejich zmírnění či v ideálním případě pro jejich eliminaci. Cílem je totiž zabránění vzniku havárií, což vyžaduje značné znalosti celého zkoumaného systému i mnohaleté zkušenosti pracovního týmu, který tuto analýzu provádí. Ovšem při správném použití může znamenat finanční úspory a zajištění bezpečného pracoviště. [8]

V principu se jedná o jednoduchou metodu pro formulaci a návrh ochranných opatření, je časově nenáročná, vysoce efektivní (ovšem v závislosti na zkušenostech týmu odborníků). Negativními aspekty mohou být: opomenutí některých možných scénářů vývoje událostí a velké nároky na znalosti pracovníků. Tento typ metody je též velmi úzce zaměřen. [8]

2.9.1 Analýza rizik při zavádění automatizace a robotizace

Využití analýzy WHAT-IF pro hodnocení procesů skladové logistiky. Pokud by platily Murphyho zákony, tak by se vždy stalo to, co by se stát mohlo. To znamená, že pokud může dojít k poruše, pravděpodobně k ní také dojde. Je třeba na takové situace být připraveni a mít tak možnost včas zasáhnout. [8]

Tab. 2.7 Analýza WHAT-IF (zavádění automatizace ve skladech)

	Zdroje rizik	Odhad následků	Návrh opatření
1	Chybné nastavení parametrů systému, příkazů pro pohyb	Poškození zařízení při manipulaci a pohybu	Automatická detekce překážek, záchranný systém auto-stop. Vyhodnocování údajů z kamer
2	Možnost kolize v důsledku provozních činností.	Poškození zařízení, poškození přeprav. nákladu, nebezpečí zranění osob	Přesná laserová navigace, akustické a optické výstražné signály, systém automatického zastavení
3	Narušení dráhy pohybu AVG/AMR (pracovníky, dalšími vozidly)	Úrazy pracovníků, škody na majetku, škody na zboží	Umístění orientačních prvků pro provoz AVG/AMR
4	Vznik požáru při provozu a dobíjení AVG/AMR	Škody na majetku, zdraví, požár objektu	Volba vhodných baterií, dobíjecích stanic, pravidla pro manipulaci a likvidaci
5	Pohyb pracovníků skrze prostory provozu AVG/AMR	Možnost zranění pracovníků, poškození AGV/AMR, zboží a zařízení	Školení pracovníků, bezpečnostní výstražné systémy, stanovení pravidel pohybu, označení nebezpečných zón, systém auto-stop
6	Problémy při zavádění	Zdržení výroby špatnou manipulací, nastavením systému	Optimalizace a kontinuální kontrola, provedení případných úprav v nastavení
7	Expirace zboží, jež rychle podléhá zkáze	Finanční ztráty, nemožnost uspokojování požadavků zákazníků	Informační systém, zaznamenávání dat příchodu zboží, délky expirace, upozornění, aplikace metody FIFO.

Zdroj: vlastní zpracování

2.9.2 Analýza rizik – automatizační a robotizační prostředky ve skladech

Rizika spojená s provozem automatizovaných a robotizovaných systémů souvisejí s přesností úchopových a pojezdových mechanismů, vyhodnocováním dat ze sensorů a správné naprogramování příkazů pro provoz těchto zařízení.

Tab. 2.8 Analýza WHAT-IF (provoz automat. prostředků ve skladech)

	Zdroje rizik	Odhad následků	Návrh opatření
1	Manipulace se stroji AGV, AMR	Vznik možné nehody při špatné manipulaci/nastavení systému	Vstupní a další pravidelná školení pracovníků. Automatická detekce chyb, zabránění vzniku nebezpečných situací
2	Kolize v důsledku provozních činností	Poškození zařízení, poškození přeprav. nákladu, nebezpečí zranění osob	Přesná laserová navigace, akustické a optické výstražné signály, systém automatického zastavení
3	Manipulace s břemeny	Poškození obalu a obsahu zásilek a manipulačních prostředků	Použití fixačních prostředků, proškolení personálu, ochranné prvky
4	Poškození manipulačního ramene, způsobené vysokou hmotností nákladu	Škoda na dlouhodobém hmotném majetku, zdržení výroby či přepravy, finanční ztráty	Kontrola maximální nosnosti dle technické dokumentace, automatické systémy měření hmotnosti, pojištění provozu, prodloužená záruka
5	Poškození AGV/AMR způsobeno vysokou hmotností nákladu	Vznik škody na zařízení AGV/AMR, pád zboží, jeho poškození	Kontrola maximální nosnosti dle technické dokumentace, automatické systémy měření hmotnosti, prvky zabráňující pádu (ochranné bariéry)
6	Možnost vznícení baterií při chybném provozu dobíjecích stanic	Exploze baterií, možnost vzniku požáru, vznícení zařízení, vzplanutí zboží a okolních strojů a zařízení; možnost popálení zaměstnanců	Kontrolní systémy pro nabíjení AVG/AMR, pravidelná výměna akumulátorů, teplotní čidla, instalace požárních detektorů, pravidelná školení BOZP a požární ochrany
7	Údržba a servis AVG/AMR zařízení	Chybovost, riziko neodborného zásahu a vzniku škod	Pravidelné kontroly, certifikovaný servis výrobcem zařízení.

Zdroj: vlastní zpracování

2.9.3 Vyhodnocení výsledků metody WHAT-IF

Analýza rizik WHAT-IF představuje nástroj k identifikaci rizik, jejich hodnocení a návrh opatření k jejich zmírnění či eliminaci. Slouží k odhalení možných rizik a případných následků, které mohou nastat například při poruše. Analýza hodnotí tato rizika a výsledkem je návrh takových opatření, aby byla zajištěna bezpečnost provozu, osob i zařízení. Důležité je včasné a podrobné školení pracovníků, kteří budou při svých činnostech s těmito systémy v kontaktu. Jejich vzájemná spolupráce je klíčová. Jen tak může být systém efektivní a prospěšný pro společnost. Podstatné je pravidelné a důsledné proškolení všech zainteresovaných pracovníků a zejména kontroly zařízení s ohledem na bezpečný provoz. Tvorba této analýzy vychází z brainstormingu, kdy jsou na poradách vedení společnosti a zkušených pracovníků v oboru navrhovány možné problematické oblasti. Následně se přichází k definování možných nežádoucích vlivů, které by mohly způsobovat nehody, následné škody nebo například i zdržení či úplné zastavení výroby a expedice. Zavedení změn a důsledné dodržování by pak v ideálním případě mělo zajistit kontinuitu výroby, bezpečnost pracovníků i eliminaci škod na majetku. Ovšem těmito kroky rizika nezmizí. S určitou pravděpodobností může docházet k nenadálým událostem, které dosud nebyly v analýze zahrnuty (např. živelné pohromy, jimiž mohou být záplavy, zemětřesení, vládní restrikce apod.). Analýza by proto měla být otevřena vzniku dalších potenciálních rizik.

Další výhodou je, že s postupem času a příchodem nových technologií je možné vytvořit nové hodnocení a případně podrobněji rozebrat důsledky. Následná opatření tak budou korespondovat s novým stavem. Příchod robotů ve větší míře je nevyhnutelný a zároveň znamená příslib zjednodušení práce lidí, kteří by tak nemuseli vykonávat rutinní činnosti a mohli by se zaměřovat na rozvoj, ochranu životního prostředí a zejména tvořit nové věci, které budou prospěšné z globálního hlediska. Vizionář Elon Musk, který byl zmiňován v úvodu této práce měl sen, který převedl do skutečnosti. Vytvořil několik funkčních typů automobilů, jež pohání čistě elektrická energie, vybudoval společnost SpaceX, která vysílá družice na oběžnou dráhu Země nové satelity (zejména pro globální internet StarLink s pomocí 12 000 družic). Už se v horizontu několika následujících roků plánuje v rámci spolupráce se společností NASA uskutečňovat let na planetu Mars i s lidskou posádkou. Prozatím na povrchu Marsu přistála vozítka Opportunity (2004–2018), Curiosity (2012–současnost) a Perseverance (2021–současnost), která objevila přítomnost vody jak v pevném skupenství, tak i sondy zaznamenaly rozsáhlá podzemní jezera. [19]

2.10 Doručování pomocí dronů

Drony lze využít také pro doručování zásilek do logistických center i přímo k obchodním partnerům či zákazníkům. Efektivní systém by zaručil snížený nákladů, redukoval dopady na životní prostředí v podobě snížení emisí i případných poruch či dopravních kolapsů. Klíčovými parametry jsou: kapacita baterií, celkový dolet a též celková nosnost dronu. Příloha E obsahuje základní prvky pro stavbu dronu na platformě Arduino Nano. Následující Příloha F poté graficky znázorňuje délku letu v závislosti na hmotnosti a kapacitě integrované baterie. S rostoucí hmotností nákladu i dronu klesá celkový dolet. V následující Příloze G jsou znázorněny stupně autonomie dronů. Principu efektivního dobíjení baterií a doručování se věnují algoritmy v následující podkapitole (algoritmus = přesný postup řešení, pojem pocházející z latinského výrazu „*algorithmus*“). [23]

2.10.1 Služby společnosti Amazon

Do distribuční sítě a výstavby logistických center v rámci České republiky investoval Amazon již 4 miliardy korun. Zaměstnává v Praze a okolí nad 4 500 pracovníků, jež mají na starosti logistické činnosti. Amazon Prime Air představuje doručovací systém určený k bezpečnému převozu balíčků zákazníkům za 30 minut nebo méně pomocí bezpilotních vzdušných vozidel nazývaných také drony. Společnost Prime Air má velký potenciál pro zlepšení služeb, které poskytuje milionům zákazníků, poskytováním rychlého doručování zásilek, což také zvýší celkovou bezpečnost a efektivitu dopravního systému. K dodávání zásilek využívá společnost Amazon speciální drony, jež pracují autonomně na základě vložených parametrů a vyhodnocování dat ze senzorů přímo na zařízení. Dojde tak ke zefektivnění samotných dodávek jak z hlediska času, tak i vynaložených nákladů pro tuto společnost. [18]



Obr. 2.18 Amazon PrimeAir Drone

Zdroj: [18]

2.10.2 Využití dronů v podnikových systémech

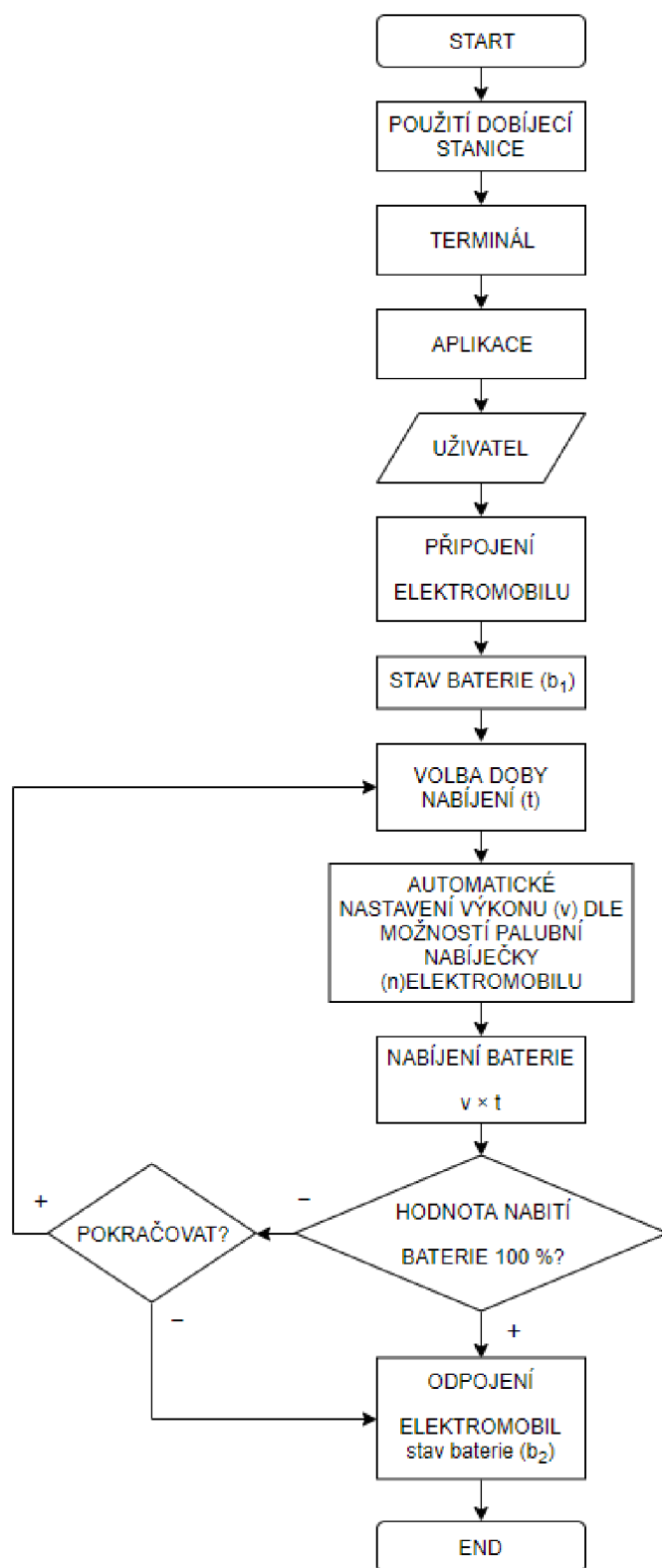
Podnikové využití dronů má několik opodstatnění, buď mohou tvořit roli doručovatelů dokumentů, listin či karet pro zjednodušení a zrychlení podnikových proces, které ještě nebylo možné plně digitalizovat či převést do takzvaného autonomního režimu. Informace se dnes pohybují daleko rychleji než reálné hmotné toky, ať už materiálové, toky dílů či kusů výrobků. Pro menší zásilky by bylo možné drony využít a v prostředí (areálu) podniku tak levně, rychle a efektivně přemísťovat na požadované místo (popřípadě i zpět). Mohly by tyto miniaturizované nástupci helikoptér a kvadrokoptér plnit funkci pošťáka. Zejména by tento způsob dopravy byl užitečný v několikapodlažních areálech, otevřených komplexech, a hlavně bezprašných prostředích. Jejich testování a zkušební provoz již probíhá a bude rozhodně zajímavé směr následujícího vývoje sledovat. Už se tak nebude jednat jen o elektronická zařízení zábavního průmyslu pro rekreační účely, focení zajímavých scén, panoramat, natáčení videí a filmů. Jejich praktické využití bude v následujících letech pravděpodobně narůstat. Již dnes se v dopravě využívají jako monitorovací systémy aktuální situace, stavu vozovek, monitorování statiky mostů a tunelů i jejich konstrukcí. Podniky je mohou nasadit na prohlídky areálů, těžko přístupných míst, nebo třeba v prostředí, kde není zaveden kamerový systém, zdraví nebezpečných provozech či jako pojistka při jejich výpadu a pravidelných odstávkách v důsledku údržby či servisu. Relativně levné náhradní díly a jednoduchý servis z nich činí ideální pomocníky do skladů, kde by mohly čtečkami a kamerami detekovat položky, hrozící nebezpečí a podobně. Jsou to vlastně takové flexibilní kamerové systémy s přidanou hodnotou.

Širší využití podnikových dronů

Drony se stále více začínají využívat k doručování zásilek. Některé přepravní společnosti (například zmíněný Amazon) je již zavedly. Konvenční způsoby doručení pomocí pracovníků, motorových doručovatelů či přes výdejní místa a automaty mohou být doplněny novými typy. Jedním z nich může být třeba podzemní tunel, kde se kapsle se zásilkou mohou pohybovat velmi vysokou rychlostí (návrh tzv. Hyperloop: Elon Musk). Dalším způsobem mohou být právě drony, které by přímo z výrobního závodu v rámci obce doručovaly objednané zásilky zákazníkům. Celý proces by byl automatický, takže by nemusel žádný pracovník drony nakládat, řídit a dbát na to, aby se všechny opět vrátily do areálu podniku k nové nakládce, popřípadě nabíjení v dobíjecí stanici.

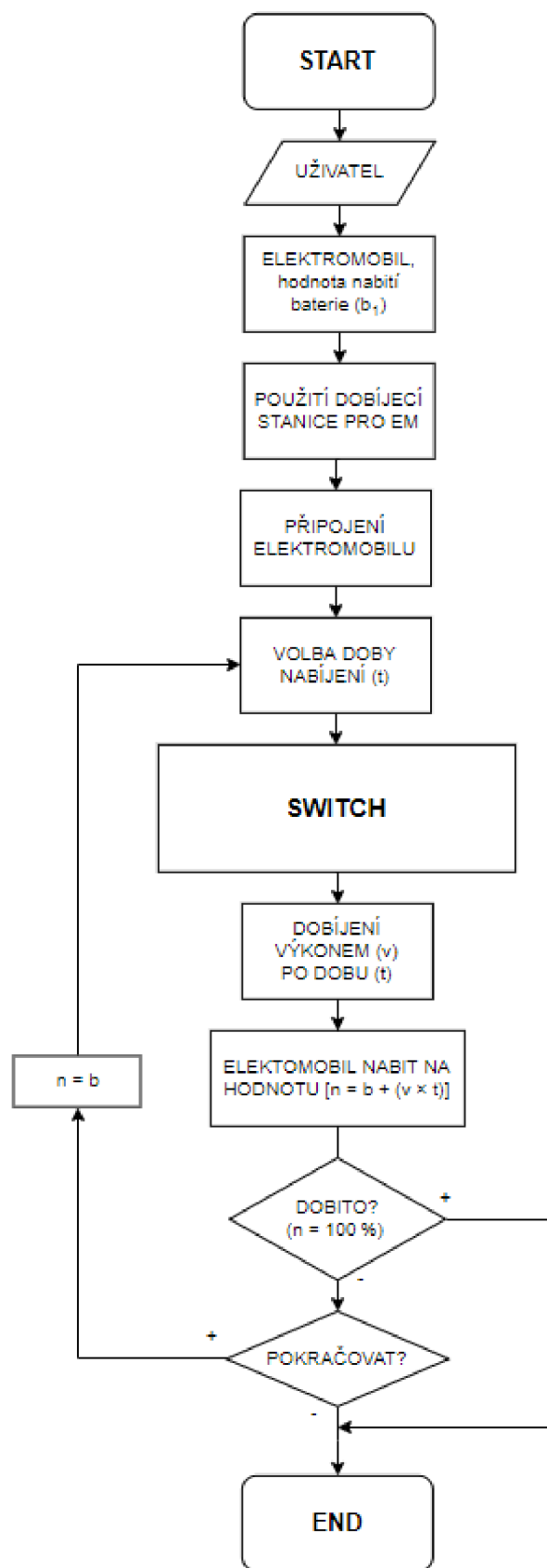
Následující algoritmy zobrazují možnosti efektivního nabíjení akumulátorů. Switch umožňuje připojení více zařízení (baterií/voziků/dronů) k jedné stanici ke zvýšení efektivity dobíjení.

2.11 Algoritmy nabíjení baterií

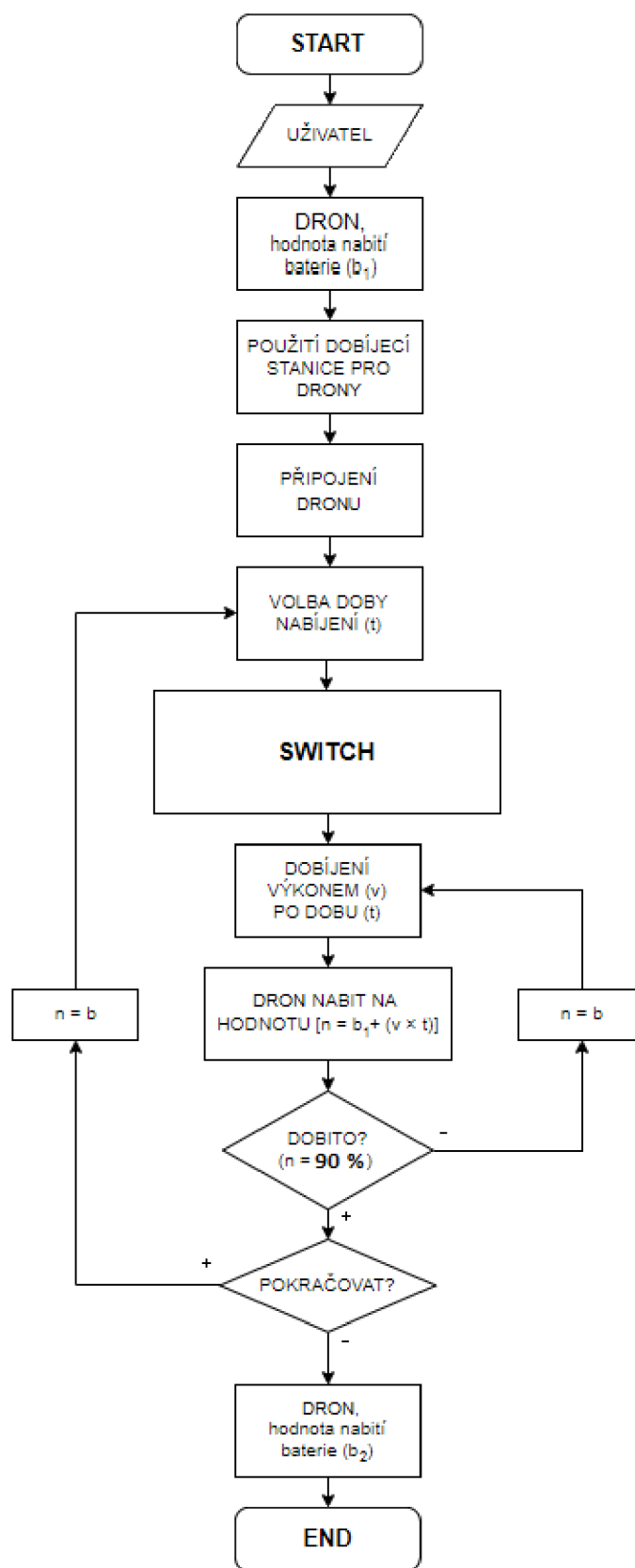


Obr. 2.19 Algoritmus dobíjení baterií elektromobilu

Zdroj: [17]



Obr. 2.20 Algoritmus nabíjení akumulátorů (SWITCH) – elektromobily
Zdroj: [17]



Obr. 2.21 Algoritmus nabíjení akumulátorů (vylepšení) – drony

Zdroj: vlastní zpracování podle [17]

Návrh režimu nabíjení baterií pro AGV, AMR, drony

Model nabíjecí stanice sestavený s využitím Raspberry Pi Model B (viz Příloha C). [17]

Tab. 2.9 Dobíjecí výkon v případě připojení zařízení k dobíjecí stanici (AC)

	Napětí	1.	2.	3.	4.	Celkem	Využití
1 zařízení	3,17 V	0,14 A	–	–	–	0,14 A	7,0 %
2 zařízení	2,63 V	0,59 A	0,83 A	–	–	1,42 A	71,0 %
3 zařízení	2,63 V	0,61 A	0,80 A	0,02 A	–	1,43 A	71,5 %
4 zařízení	2,63 V	0,61 A	0,80 A	0,02 A	0,00 A	1,43 A	71,5 %*

Zdroj: [17]

*čtvrté zařízení není dobíjeno, dokud se nenabije některé z předchozích tří zařízení

Vytvořením reálného modelu bylo prokázáno, že při dobíjení střídavým elektrickým proudem je výhodné a efektivní, dobíjet 2 až 3 zařízení současně z jedné dobíjecí stanice. Maximální elektrický proud při nabíjení činí 2,0 A.

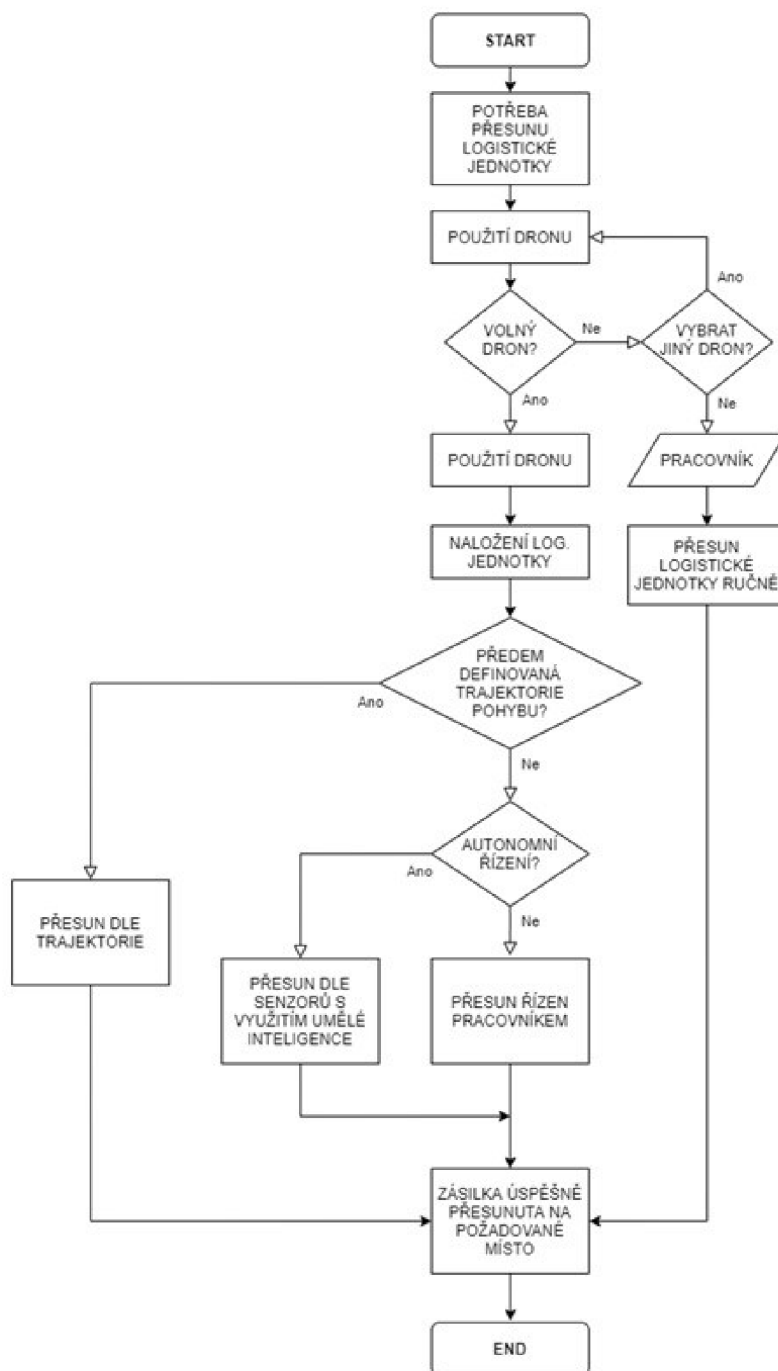
Tab. 2.10 Dobíjecí výkon v případě připojení zařízení k dobíjecí stanici (DC)

	Napětí	1.	2.	3.	4.	Celkem	Využití
1 zařízení	4,93 V	0,19 A	–	–	–	0,19 A	9 %
2 zařízení	4,93 V	0,19 A	0,17 A	–	–	0,36 A	17 %
3 zařízení	4,93 V	0,19 A	0,17 A	0,16 A	–	0,52 A	25 %
4 zařízení	4,93 V	0,19 A	0,17 A	0,16 A	0,13 A	0,65 A	31 %

Zdroj: vlastní zpracování podle [17]

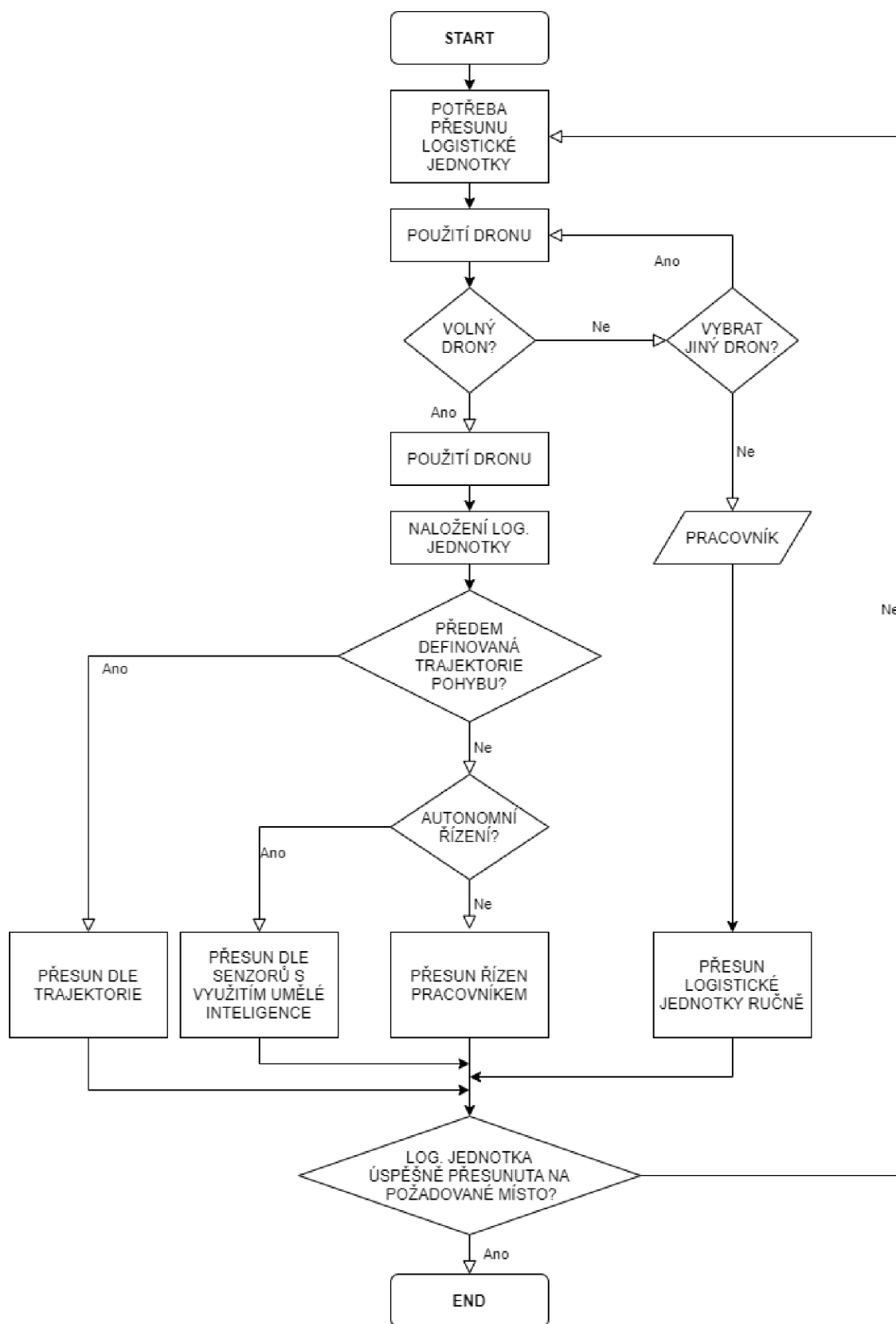
V případě využití stejnosměrného elektrického proudu s rostoucím počtem dobíjených zařízení roste celkové využití dobíjecí stanice. Maximální elektrický proud činí 2,1 A. Nabíjení akumulátorů je efektivní pouze do 90 % (viz Příloha A). Algoritmy v následující podkapitole se týkají využívání dronů v podniku. Mohou být manuálně řízeny pracovníky nebo naprogramované k určitým operacím. Další návrhy pracují i s použitím zařízení typu AGV (ty mohou být zastoupeny vylepšenou variantou AMR), dopravníků, ručních vozíků či pracovníků samotných. Poslední algoritmus bere v úvahu i maximální hmotnost přepravovaného nákladu pracovníky.

2.12 Návrh algoritmu pro využití vnitropodnikových dronů



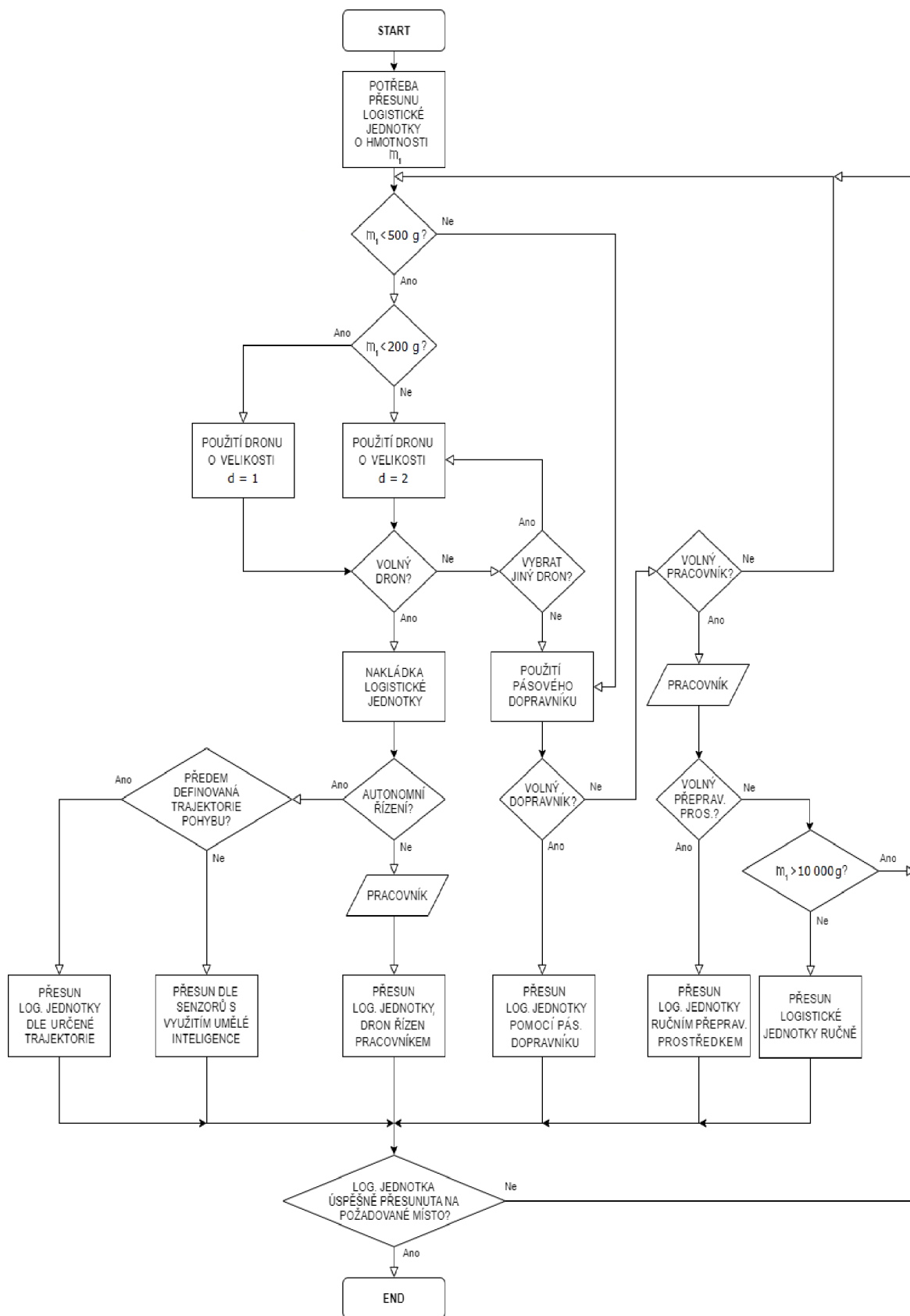
Obr. 2.22 Schéma řídicího algoritmu 1.0 (využití dronů)

Zdroj: vlastní zpracování podle [17]



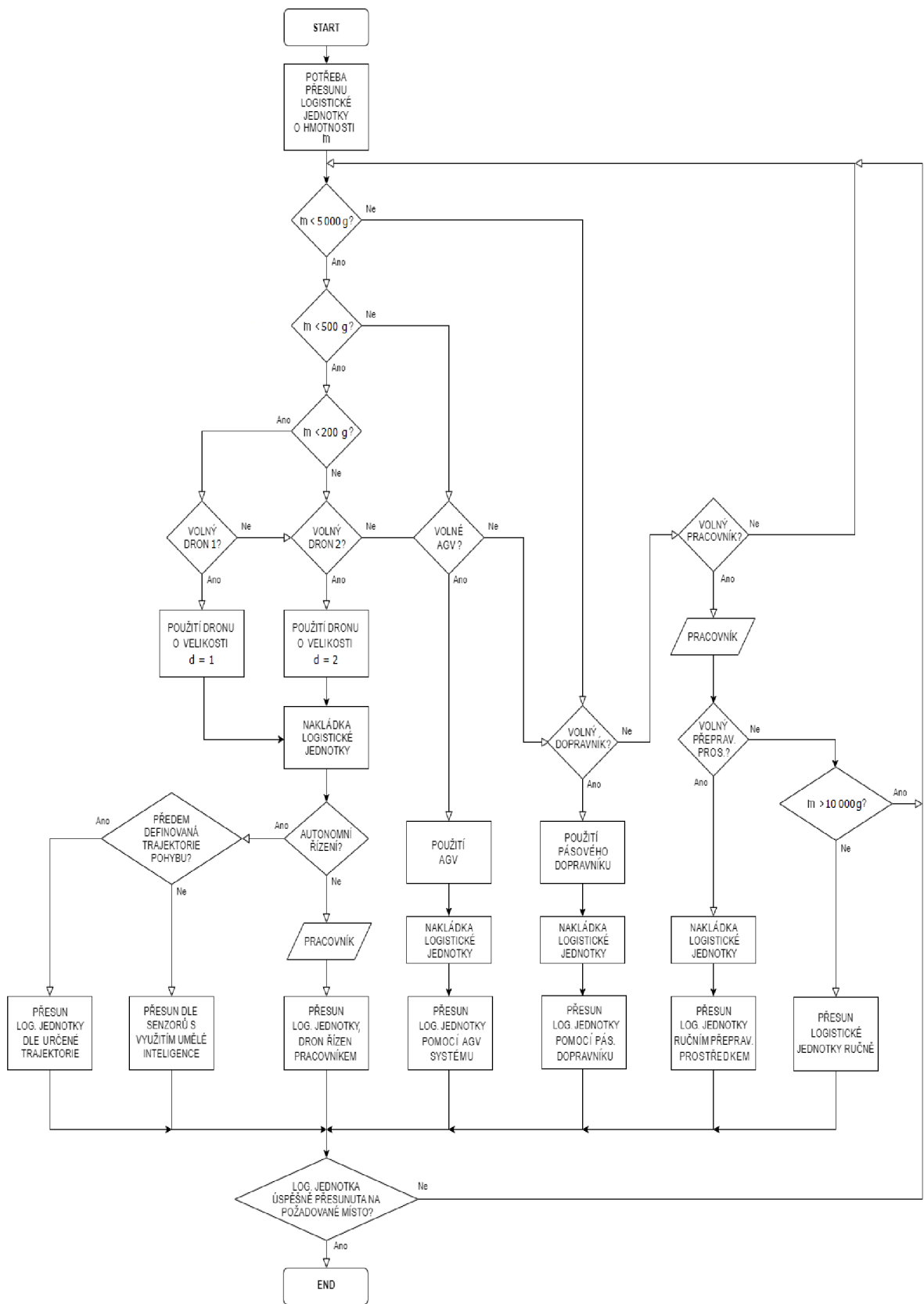
Obr. 2.23 Schéma řídicího algoritmu 1.1 (využití dronů – vylepšení)

Zdroj: vlastní zpracování podle [20]



Obr. 2.24 Schéma řídicího algoritmu 2.1 (přesun zásilky)

Zdroj: vlastní zpracování podle [20]



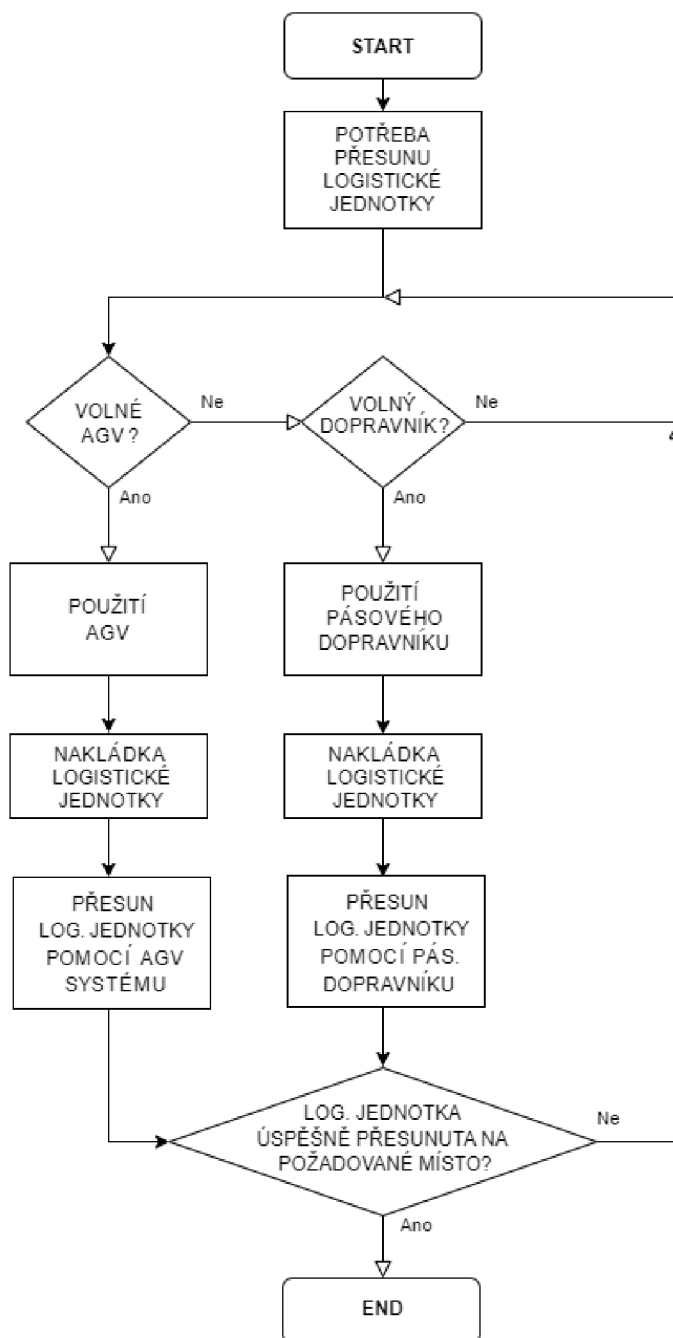
Obr. 2.25 Schéma řídicího algoritmu 2.2 (přesun zásilky – vylepšení)

Zdroj: vlastní zpracování podle [20]

2.13 Návrh plně automatického skladu

Plně automatický sklad představuje místo (budovu, areál), kam samočinně pomocí robotických systémů vstupují položky (zásilky – materiál v přepravních jednotkách, díly, zboží), jsou automaticky identifikovány, zaevidovány v informačním systému a přiděleny do určitého skladu na přesnou pozici. Dopravu zajišťují dopravníky, AGV/AMR či drony.

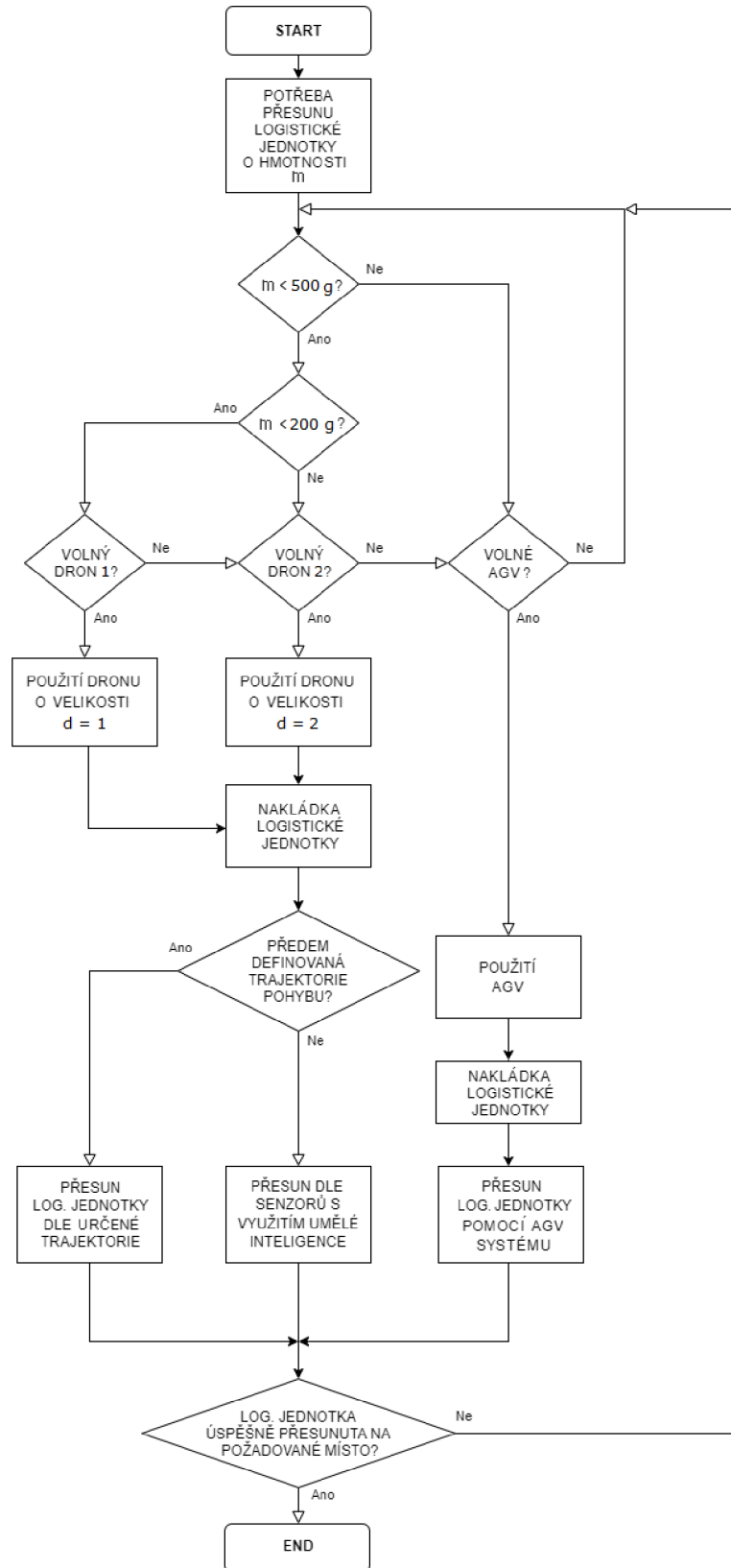
2.13.1 Návrh automatického skladu č. 1 (výroba)



Obr. 2.26 Návrh řídicího algoritmu 1

Zdroj: vlastní zpracování podle [20]

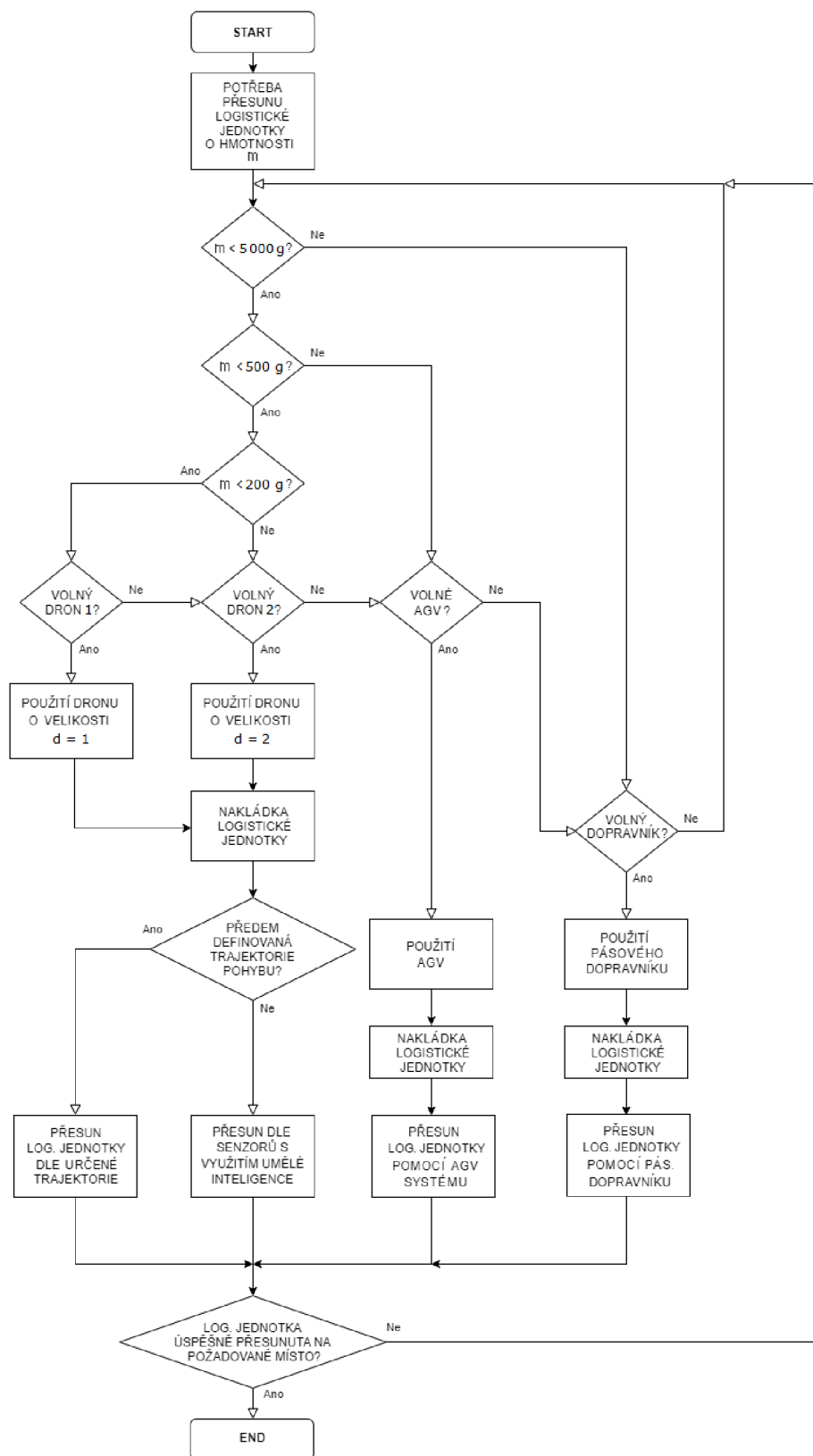
2.13.2 Návrh automatického skladu č. 2 (obchodní překladiště 1)



Obr. 2.27 Návrh řídicího algoritmu 2

Zdroj: vlastní zpracování podle [20]

2.13.3 Návrh automatického skladu č. 3 (obchodní překladiště 2)



Obr. 2.28 Návrh řídicího algoritmu 3

Zdroj: vlastní zpracování podle [20]

3 Tvorba simulačního modelu

Simulační modely byly vytvořené pro potřeby této diplomové práce s využitím specializovan. software Simul8, ExtendSIM a návrhy třídících systémů, založených na platformách mikropočítačů Arduino UNO a Raspberry Pi.

Simul8 představuje simulační software společnosti SIMUL8 Corporation, jež se využívá k simulaci systémů, které zahrnují zpracování diskrétních entit v diskrétních časech. Je nástrojem pro plánování, návrh, optimalizaci a reengineering systémů skutečné výroby, logistiky či poskytování služeb (radikální přetvoření organizačních procesů). [22]

ExtendSIM je počítačový program, vyvinutý společností Imagine That Inc pro simulaci a modelování diskrétních událostí, spojitých procesů, též procesů, jež jsou založeny na agentech, diskrétní rychlosti, a smíšených režimů. [23]

Arduino UNO označuje jednodeskový počítač s mikrokontrolerem ATmega od společnosti Atmel, který je programovatelný a plně kompatibilní s PC skrze vlastní uživatelské rozhraní a programovací jazyk C a C ++ (Arduino IDE – Integrated Development Environment). [24]

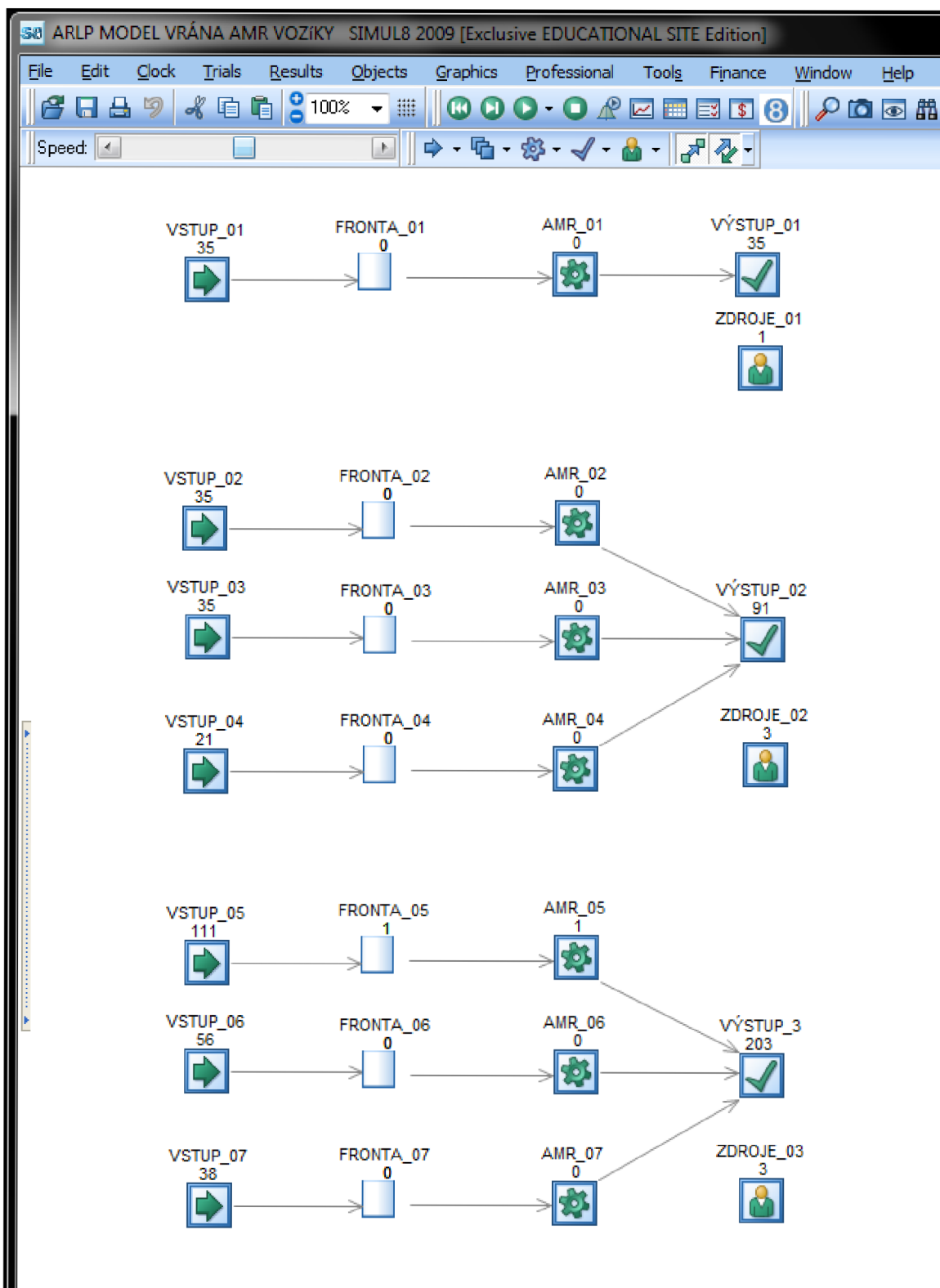
Raspberry Pi, jednodeskový počítač, vyvinutý britskou nadací Raspberry Pi Foundation, podporuje rozvoj výuky informatiky ve školách a umožňuje řídit různá zařízení. Chová se jako klasický počítač se systémem Linux a vývojovými aplikacemi. [25]

3.1 Model přesunu zásilek pomocí Simul8

Modely přesunu zásilek (AMR) při použití software Simul8 (viz obr. 3.1 Model přesunu zásilek Simul8) využívají buď jeden nebo tři zařízení a vstup v prvním případě je využit exponenciální v intervalu příchodu 60 minut. Druhý model má stejné parametry, pouze jsou zde tři vstupy. Třetí typ má určené časy příchodu 20 minut, 40 minut a 60 minut.

Možná vylepšení by se mohla týkat prodloužení doby provozu na jedno nabití využitím nových technologií pro výrobu baterií. Dále efektivnější možnosti dobíjení mohou být krokem kupředu či automatická výměna vybitých baterií za nabité.

Další oblast pro možná zlepšení představuje manipulace se zásilkami. Nyní jsou nutná robotická ramena či manuální nakládká pracovníky. Kdyby měl robot vlastní mechanismus pro naložení zboží či materiálu, bylo by to zajisté efektivnější.



Obr. 3.1 Model přesunu zásilek (Simul8)

Zdroj: vlastní s využitím [22]

Vyhodnocení simulace: z tohoto modelu je patrné, že jeden vozík AMR zvládne za směnu trvající osm hodin přemístit 35 zásilek. V případě využití tří těchto vozíků při zachování doby trvání směn a příchodu zásilek je přesunuto 91 zásilek a v případě proměnlivých časů (20-60 min.) příchodu 203 zásilek, nelinearita nárůstu je způsobena pravděpodobně potřebě vzájemnému vyhýbání si vozíků. [22]

The screenshot shows the 'Results' window in SIMUL8. The window title is 'SIMUL8 Results Summary'. The main content area displays performance metrics for two entities: 'VÝSTUP_01' and 'AMR_01'. The metrics are organized into columns: 'Average Time in System', 'Waiting %', 'Working %', 'Blocked %', 'Stopped %', 'Number Completed Jobs', 'Minimum use', 'Average use', 'Maximum use', 'Current Contents', 'Change Over %', 'Off Shift %', and 'Resource Starved %'. The 'Average Result' column is highlighted in blue. The 'High 95% Range' and 'Low 95% Range' are also indicated at the top of the table.

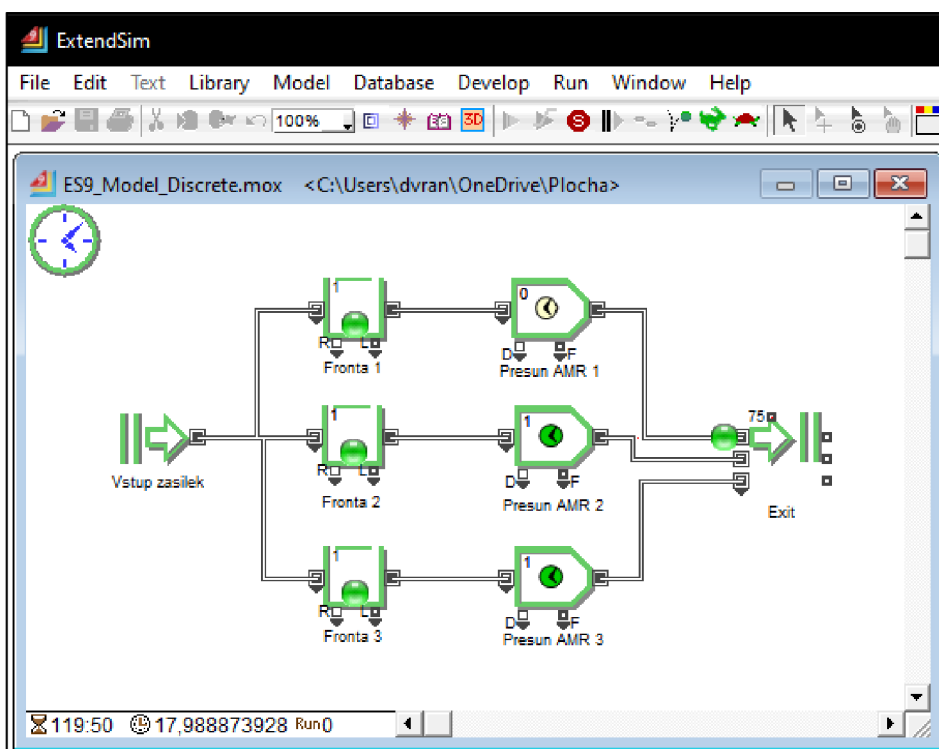
	Low 95% Range	Average Result	High 95% Range
VÝSTUP_01	11.46	12.16	12.85
AMR_01	79.51	83.41	87.31
Average Time in System	12.69	16.59	20.49
Waiting %	0.00	0.00	0.00
Working %	0.00	0.00	0.00
Blocked %	0.00	0.00	0.00
Stopped %	31.23	39.20	47.17
Number Completed Jobs	0.00	0.00	0.00
Minimum use	0.12	0.17	0.22
Average use	1.00	1.00	1.00
Maximum use	0.00	0.20	0.76
Current Contents	0.00	0.00	0.00
Change Over %	0.00	0.00	0.00
Off Shift %	0.00	0.00	0.00
Resource Starved %	0.00	0.00	0.00

Obr. 3.2 Model přesunu zásilek (Simul8)

Zdroj: vlastní s využitím [22]

3.2 Model automatického skladu pomocí ExtendSIM

Simulační model vytvořený pomocí software ExtendSIM zahrnuje využívání AMR zařízení pro přesun zásilek, které vstupují do systému, na přidělené pozice ve skladu. Každé toto zařízení je schopno přesunout vždy jen jednu zásilku o standardizované velikosti (určeno pro tuto modelovou situaci). K přesunu dochází v případě uvolnění trasy pro přepravu, dochází tak ke zdržení, když se cesty přepravních vozíků kříží, kdy jedno zařízení musí vždy zastavit či snížit svoji rychlost, aby nedocházelo ke kolizím.



Obr. 3.3 Model v ExtendSIM

Zdroj: vlastní s využitím [23]

Vyhodnocení simulace: vzhledem ke sdílení společného prostoru skladu je tak provoz ovlivněn čekací dobou uvolnění trasy pohybu. V případě použití tří zařízení se však minimalizují doby, kdy jsou nakládány zásilky a prostor využívá druhé zařízení, které je mezitím naloženo příchozí zásilkou. Nové systémy společnosti EXOTEC se svými AMR s názvem Skypod mají systém pro automatické řazení vozíků za sebou a jejich koordinovaný pohyb pro zvýšení efektivity. Model na předchozím obrázku zachycuje provoz zařízení po dobu 2 hodin a přesun 75 zásilek (počet vstupů zásilek je nastaven na nekonečno, aby byla zjištěna maximální kapacita systému).

3.3 Model třídícího systému (Arduino UNO)

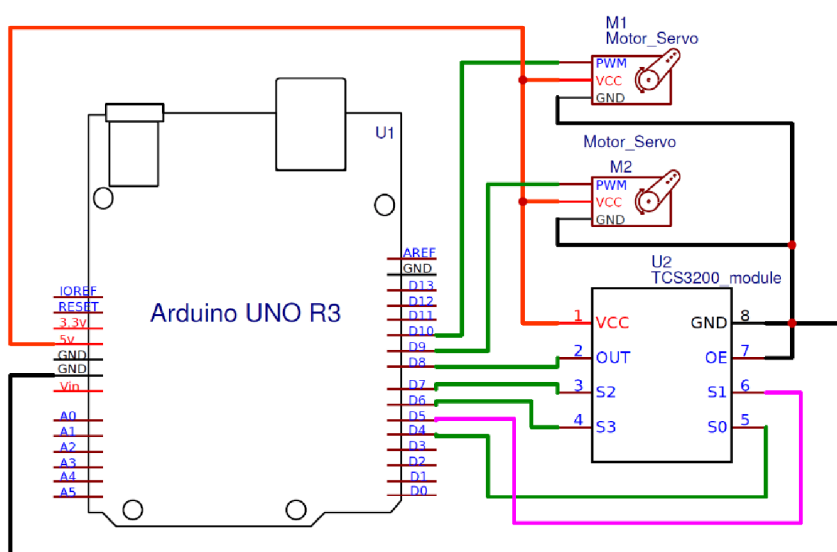
Schéma rozložení vstupních a výstupních komponent Arduino UNO (viz Příloha D). Parametry zařízení jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 3.1 Parametry zařízení Arduino UNO

Microcontroller	ATmega328P – 8-bit AVR family microcontroller
Operating Voltage	5 V
Recommended Input Voltage	7-12 V
Input Voltage Limits	6-20 V
Analog Input Pins	6 (A0 – A5)
Digital I/O Pins	14 (Out of which 6 provide PWM output)
DC Current on I/O Pins	40 mA
DC Current on 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (0.5 KB is used for Bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequency (Clock Speed)	16 MHz

Zdroj: [24]

Spojení s motory a senzorem pro rozpoznání objektů v modelu třídícího systému zobrazuje následující schéma. Využívá Arduino UNO, modul TCS3200, dva servomotory a vodiče.



Obr. 3.4 Schéma zapojení komponent třídícího systému (Arduino UNO)

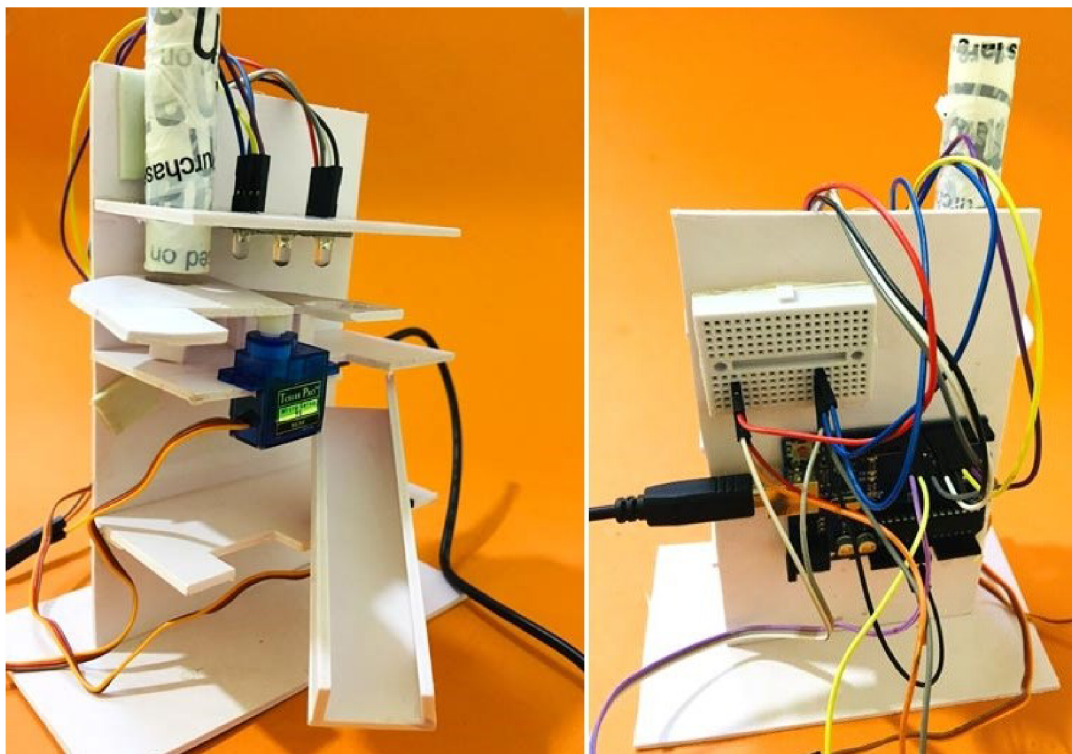
Zdroj: [26]

Tento model s využitím jednodeskového počítače s mikrokontrolery je založen na automatickém rozpoznávání objektů, lépe řečeno snímáním jejich barvy a následném zařazení položky do správné nádoby. Jedná se tedy o samočinnou třídící linku. K její funkci je nutný následující sensor. Jedná se o typ TCS3200, který je vyvinutý k detekci barvy. Případně by tento sensor bylo možné nahradit čtečkou EAN či QR kódů nebo RFID. Technický náčrt s rozměry pro sestavení modelu je uveden v Příloze H.



Obr. 3.5 Sensor pro detekci barev TCS3200

Zdroj: [26]



Obr. 3.6 Model třídícího systému (Arduino UNO)

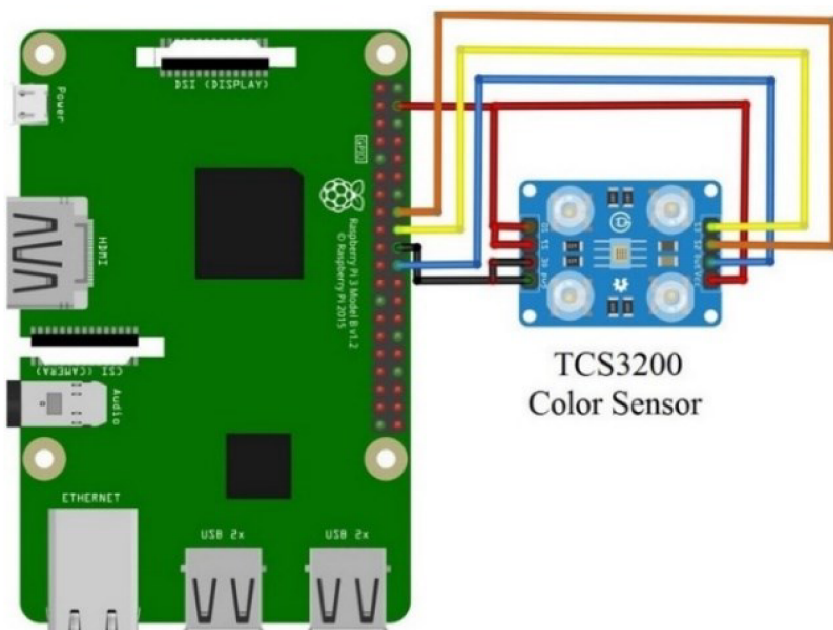
Zdroj: [26]

Model zařízení pro automatické rozpoznávání barvy (potažmo automatická identifikace na základě EAN, QR kódů či RFID) je možné využít při automatizaci skladu u vstupu, kdy položky přicházejí do skladu, jsou identifikovány a následně uloženy na správnou pozici včetně zaevidování dat o příchodu, druhu, popřípadě termínu expirace. Automatizovaný systém uložení by mohl využívat robotická zařízení typu AMR a speciální konstrukci s úložnými pozicemi. Při vyskladňování by dostal chytrý vozík pokyn pro vyzvednutí zásilky, při přesunu na požadované místo a automatickou identifikací by došlo opět (na základě EAN, QR, RFID) k samočinnému odečtu položky z informačního systému a položka by byla dále přemístěna k expedici, například s využitím automatizovaného dopravníku, který by při zjištění položky pro transport zahájil přesun a při dokončení přesunu by pás zastavil a robotické rameno položku vzalo. Zdrojový kód tohoto systému je uveden v Příloze CH.

3.4 Model třídícího systému (Raspberry Pi)

Schéma rozložení vstupních a výstupních komponent platformy Raspberry Pi (Rpi) jednodeskového počítače viz Příloha C, v Přílohách I a J je uveden zdrojový kód tohoto systému. Schéma zapojení je na Obr. 3.7, parametry zařízení jsou zahrnuty v Tab. 3.2.

Obr. 3.7 Schéma zapojení komponent třídícího systému (Raspberry Pi)



Zdroj: [26]

Tab. 3.2 Parametry zařízení Raspberry Pi

Architektura	ARMv8 (64-bit)
SoC	Broadcom BCM2711
Procesor (CPU)	1,5 GHz 64-bit čtyřjádrový Cortex-A72
GPU	Broadcom VideoCore IV, 250 MHz
Paměť (SDRAM)	1 GB / 2 GB / 4 GB / 8 GB (dle varianty)
Jmenovitý výkon	3 A (15 W)
Periférie	17× GPIO
USB 2.0 porty	2
USB 3.0 porty	2
Video vstup	15× pin rozhraní MIPI kamerový (CSI) konektor, který se používá s kamerou Rpi
Video výstup	2× micro-HDMI (rev 1.3), kompozitní video, displej rozhraní MIPI (DSI)
Zvukový výstup	analog přes 3,5 mm jack; digitální přes HDMI
Interní paměť	MicroSDHC, USB Boot Mode
Integrovaná síť	10/100/1000 Mbit/s Ethernet, 2.4/5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE

Zdroj: [25]

4 Vyhodnocení návrhu

Ke zefektivnění činností v rámci logistiky a využití informačních a komunikačních technologií i aplikovaného výzkumu vznikl koncept Průmysl 4.0, který řeší právě zavedení automatizovaných a robotizovaných systémů, software, simulaci, monitoring a práci s Big Data. Integrace všech těchto procesů a zavedení do jednotného systému znamenají zvýšení efektivity, úsporu nákladů, a především zabezpečení kontinuálního provozu. K využívání AVG a AMR zařízení se přiklání stále více společností. Přesnost jejich pohybu a vzájemná kooperace umožňují téměř bezproblémový chod. Obsahují také mechanismus pro uložení zásilky na požadované místo (výsuvná plošina na vrchní straně vozítka pro nakládku a vykládku).

4.1 Zhodnocení možností implementace navrhovaných řešení

Simulační modely prokázaly, že se zvyšujícím se počtem zařízení narůstá i počet přepravených položek, ovšem je nutné brát v potaz, že v rámci jednoho systému a na stejném prostoru se tato robotická vozítka musí vzájemně vyhýbat či spíše čekat, než projíždějící robot uvolní cestu druhému, z tohoto důvodu neplatí přímá úměrnost vzhledem k počtu zařízení. Řešením by bylo nasazení také dronů. Třídící systém může činnost urychlit a zabránit případným chybám v zařazení zásilek roboty.

4.1.1 Varianta automatického skladu č. 1 (výroba)

Návrh počítá s nasazením AGV (AMR) pro přesun položek do výroby, v případě obsazení všech zařízení je využit pásový dopravník a zásilka doručena na požadované místo. V opačném případě vyčká na uvolnění AGV, dokud nebude zásilka doručena na místo.

4.1.2 Varianta automatického skladu č. 2 (obchodní překladiště 1)

Tato varianta počítá s nasazením dronů dvou velikostí (dle hmotnosti zásilky) a rovněž AGV/AMR systému. Přesun zásilky dronem je možný na základě předem naprogramované trajektorie či s využitím vlastních sensorů pro rozpoznávání okolní reality a pokročilých rozhodovacích a řídicích algoritmů (tzv. prvky umělé inteligence).

4.1.3 Varianta automatického skladu č. 3 (obchodní překladiště 2)

Třetí varianta doplňuje předchozí s drony a AGV o pásový dopravník, který je využit v případě vytížení všech dostupných zařízení. Nepochází tedy k čekání a případným prodlevám. Je tak zajištěna kontinuita procesů a rovněž je možné přepravovat i zásilky s vyšší hmotností.

Závěr

Zavádění systémů automatického pohybu, přenosu informací a automatické identifikace představuje zefektivnění všech logistických činností, skladovacích činností a také distribučních činností, kdy jsou uskutečňovány toky zboží od producenta přes prostředníky (velkoobchod, maloobchod) až po konečné zákazníky. Rozvoj nových technologií, zejména se v dnešní době jedná o automatickou identifikaci a autonomní přepravní prostředky, znamená velký posun v rychlosti doručování i snižování provozních nákladů. Hlavně personální náklady jsou snižovány včetně možných rizik. Sestavené analýzy FMEA (FMECA) poukazují na nutnost správného naprogramování cest. Pro zákazníky je výhodné, že si mohou přehledně projít sortiment společností v jejich elektronických obchodech, porovnávat produkty dle parametrů i mezi jednotlivými prodejci. Mají rovněž možnost využít i poprodejních služeb jako jsou rozšířená záruka na produkt, garanci výměny za nové zboží či pozáruční servis. Dodavatelské společnosti začaly nabízet i služby dodání do partnerských prodejen či automatických výdejních systémů, kde je možné vyzvednutí zásilky prakticky v kteroukoliv denní dobu. V rámci provedených analýz vyplynulo, že je výhodné využívat více zařízení současně. Jedná se zejména o autonomní mobilní roboty (AMR), jež jsou schopny kooperovat a efektivně se vyhýbat překážkám. V případě nabíjení jejich akumulátorů je vhodné při využití střídavého elektrického proudu nabíjet současně dvě zařízení z jednoho zdroje (tři v případě, kdy by jedno z nich bylo brzy plně dobito, zbylý výkon by byl využit pro další z nich), v případě stejnosměrného proudu i čtyři tato zařízení, aby byl zdroj adekvátně využit. Ideální je nabíjení akumulátorů kdykoliv zařízení neprovádí přesun položek. Je tedy vhodné nastavit automatický návrat na výchozí pozici – dobíjecí stanici.

Automatizace a digitalizace je rozhodně směr dnešního vývoje a je na ni kladen značný důraz. Jedná se nejen o skladové hospodářství, doručování zásilek, ale čím dál více se rozvíjí také autonomní doprava. První prototypy samoříditelných vozů byly již představeny společností Tesla, která jejich provoz již testuje. Možným směrem budoucího vývoje je také autonomní železniční doprava, zejména se jedná o nákladní přepravu, kde jde o přemístění nákladu z bodu A do bodu B co možná nejefektivněji. Možné je využití autonomních dronů větších rozměrů, které by létaly například mezi státy či kontinenty by taktéž znamenalo zrychlení a zlevnění těchto procesů i snížení možnosti chyb či rizika ztráty nebo poškození nákladu. Drony mají veliký potenciál a jejich využití v rámci areálů podniků k přesunu drobnějších položek je možné již dnes. Bude jistě zajímavé sledovat, jak začnou veškeré systémy kooperovat v rámci zefektivňování všech procesů.

Seznam zdrojů

- [1] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] TVRDOŇ, Leo a kol. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.
- [3] TVRDOŇ, Leo a kol. *Co je logistický řetězec* [online]. 23. 11. 2017 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: www.dlprofi.cz/33/co-je-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EpW525SCOlv7-DhCcyoNb4g/.
- [4] JUROVÁ, Marie a kol. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [5] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Praha: Grada Publishing, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
- [6] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada Publishing, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [7] RYBKA, Zdeněk. *Základní zásady Baťova systému řízení*. Čtvrté vydání. Zlín: Fosfa, 2016. ISBN 978-80-906540-1-3.
- [8] MANAGEMENT MANIA. [online]. 2011-2016 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: managementmania.com/.
- [9] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [10] RICHARDS, Gwynne. *Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Third edition. London: Kogan Page, 2018. ISBN 978-0-7494-7977-0.
- [11] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [12] TALENTICA. *Štíhlá výroba a její principy* [online]. 12. 3. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: www.talentica.cz/lean-stihla-vyroba-a-jeji-principy/.

- [13] DRONEWEB. *Co je to dron*. [online]. © Droneweb.cz 2019 [cit. 2020-11-20].
Dostupné z: www.droneweb.cz/co-je-dron/.
- [14] KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. *Drony*. Brno: Computer Press, 2016.
ISBN 978-80-251-4680-4.
- [15] GEBAUER, Jan. *Optimalizace poměru tah-příkon vrtulové pohonné jednotky*.
Katedra automatizační techniky a řízení, Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava. Školitel:
doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
- [16] SYSTEMONLINE [online]. systemonline.cz [cit. 2021-03-30].
Dostupné z: www.systemonline.cz/.
- [17] VRÁNA, David. *Informační podpora provozu nabíjecích stanic pro elektromobily*. Přerov:
Vysoká škola logistiky, o.p.s. 2019. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Libor Kavka, Ph.D.
- [18] AMAZON [online]. 2019 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: www.amazon.com/.
- [19] INDUSTRIAL OMRON. *Omron HD-1500 – Průmyslová automatizace* [online].
2021. [cit. 2021-04-04]. Dostupné z: <https://industrial.omron.cz/cs/products/hd-1500>
- [20] DRAW.io *Flowchart Maker and Online Diagram Software* [online]. draw.io
[cit. 2021-03-16]. Dostupné z: app.diagrams.net/.
- [21] SCIENCEMAG. *After dramatic landing, Mars rover will probe ancient lake for clues to planet's wet past* [online]. systemonline.cz [cit. 2021-03-31].
Dostupné z: www.sciencemag.org/news/2021/02/after-dramatic-landing-mars-rover-will-probe-ancient-lake-clues-planet-s-wet-past
- [22] SIMUL8 [online]. 2021 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: www.simul8.com/.
- [23] EXTENDSIM. [online]. 2011-2016 [cit. 2021-03-30].
Dostupné z: extendsim.com/.
- [24] ARDUINO [online]. © Arduino 2021 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: arduino.cc/.
- [25] RASPBERRY PI [online]. © Raspberry Pi Foundation 2021 [cit. 2019-11-14].
Dostupné z: raspberrypi.org/.
- [26] CIRCUIT DIGEST [online]. 2021 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: circuitdigest.com/.

Seznam zkratek

Zkratka	Význam zkratky
CMOS	způsob vytváření logických členů vynalezený v 60. letech 20. století a technologie pro výrobu logických integrovaných obvodů a mikro-procesorů
ESC	regulátor rychlosti motoru
FPS	snímková frekvence zobrazování či zachycování, udávaná v jednotkách <i>fps</i> (snímky za sekundu) případně hertzích [Hz]
GPIO	General-purpose input/output (GPIO) – jedná se o vstupně/výstupní piny. Lze na nich nastavit hodnotu 0 V nebo 3,3 V, tedy logickou 0 nebo 1
I2C	Internal-Integrated-Circuit Bus je interní datová sběrnice pro komunikaci a přenos dat mezi integrovanými obvody v rámci jednoho zařízení
LPDDR4	nízkonapěťová varianta DDR4, pracuje s napětím 1,1 V
Px	obrazový prvek (picture element; pixel) je nejmenší (bezrozměrná) jednotka digitální rastrové (bitmapové) grafiky, charakterizovaný jasem a barvou, například ve formátu RGB či CMYK
RAM	Random Access Memory, paměť s proměnlivým přístupem – operační paměť počítače
SPI	sériové periferní rozhraní. Je používán pro komunikaci mezi řídicími mikroprocesory a ostatními integrovanými obvody
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter, počítačová součástka sloužící k asynchronnímu sériovému přenosu, přičemž formát a rychlost tohoto přenosu jsou konfigurovatelné
USB-C	nejnovější standard s menším oboustranným konektorem a širokým využitím, vysoká datová propustnost, možnost přenosu dat i obrazových informací
VPU	vlastní pohonná jednotka
Wiring (C)	programovací jazyk (podoba frameworku v jazyce C++), vytvořený pro programování mikro-kontroléru s využitím zaváděcího programu. Vyvinul jej Hernando Barragán pro potřeby diplomové práce a prototypy v oblasti elektroniky a programování.

Označení	Jednotka	Význam
Q_{opt}	ks	optimální velikost výrobní dávky
T, T_1, T_2, T_3, T_4	$[N]$	tah jednotlivých pohonů
T_H	$[N]$	tah při visení; celkový tah
U_m	$[V]$	budící napětí motoru
U_{wa}	$[^\circ]$	buzení servopohonu
x_B	–	osa x svázaná s trupem dronu
y_B	–	osa y svázaná s trupem dronu
z_B	–	osa z svázaná s trupem dronu
ψ	$[rad]$	úhel natočení kolem osy z_B
ϕ	$[rad]$	úhel natočení kolem osy x_B
$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$	$[rad \cdot s^{-1}]$	otáčky rotorů 1 až 4
ω, ω_H	$[rad \cdot s^{-1}]$	otáčky potřebné pro visení
$\Delta\omega_H$	$[rad \cdot s^{-1}]$	přírůstek otáček pro visení
$\Delta\omega_A, \Delta\omega_B$	$[rad \cdot s^{-1}]$	přírůstek otáček pro otáčení
$\Delta\omega_C, \Delta\omega_D$	$[rad \cdot s^{-1}]$	přírůstek otáček pro klonění
$\Delta\omega_E, \Delta\omega_F$	$[rad \cdot s^{-1}]$	přírůstek otáček pro klopení.

Seznam grafických objektů

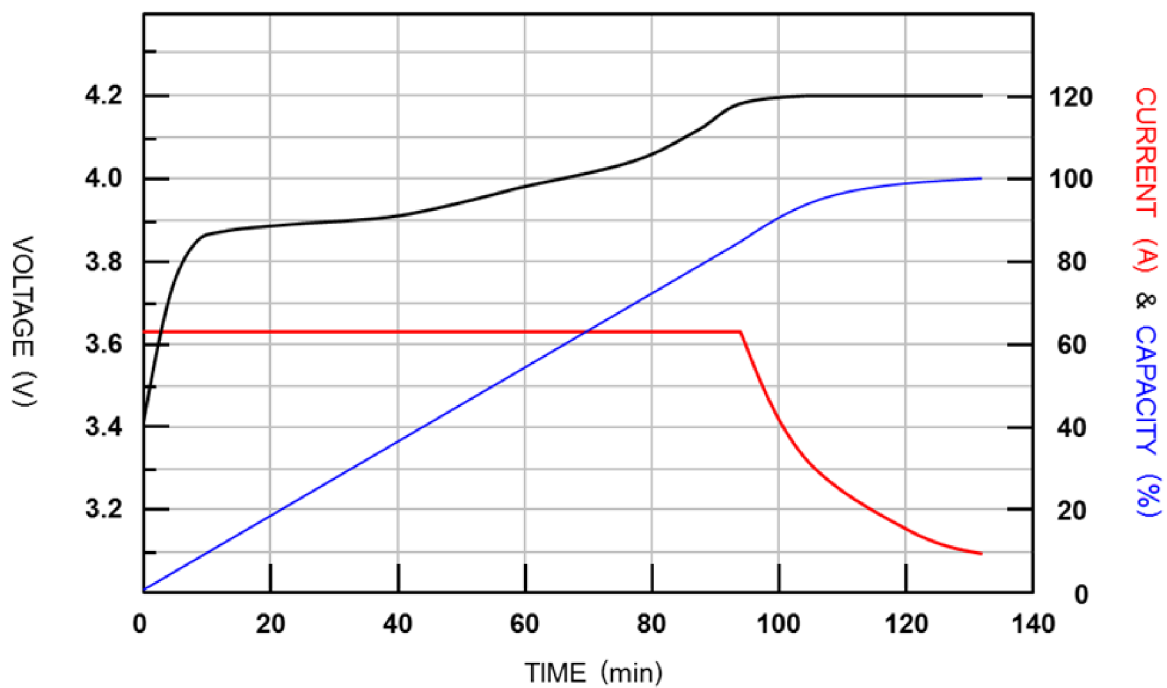
- Obr. 1.1 Schéma logistického řetězce
- Obr. 1.2 Schéma řídicí činnosti
- Obr. 1.3 Graf průběhu nákladové funkce a Q_{opt}
- Obr. 1.4 Poměr P-Time ku D-time
- Obr. 1.5 Schéma možných umístění bodu rozpojení
- Obr. 1.6 Průběh obrátových zásob a podání objednávky
- Obr. 1.7 Grafický průběh zásob a objednávky s proměn. parametry
- Obr. 1.8 Grafické znázornění životního cyklu produktu
- Obr. 2.1 Princip navádění AGV (snímání magnetické pásky)
- Obr. 2.2 Princip navádění AMR (laserové snímání okolí, ident. prvků a jejich pohybu)
- Obr. 2.3 Schéma činností Wankelova motoru
- Obr. 2.4 Schéma komponent elektromotoru
- Obr. 2.5 Schéma laserového snímání, detekce objektů
- Obr. 2.6 Princip fungování dronu (směr pohybu a rotace vrtulí 1–4)
- Obr. 2.7 Schematické zobrazení dronu a jeho rotací
- Obr. 2.8 Schéma silových vazeb s popisy osového systému dronu
- Obr. 2.9 Změna výšky letu pomocí otáček všech rotorů
- Obr. 2.10 Změna otáček rotorů pro zajištění náklonu
- Obr. 2.11 Změna otáček rotorů pro zajištění klopení
- Obr. 2.12 Změna otáček rotorů pro zajištění otáčení podél vertikální osy
- Obr. 2.13 Schéma zobrazující rozložení sil, jež působí na tuhý rám dronu
- Obr. 2.14 Schéma komponent modelu dronu
- Obr. 2.15 Vstupy a výstupy pohonného subsystému VPU
- Obr. 2.16 Postup metody WHAT-IF ve vztahu k havárii
- Obr. 2.17 Schéma činností v rámci metody WHAT-IF
- Obr. 2.18 Amazon PrimeAir Drone
- Obr. 2.19 Algoritmus dobíjení baterií elektromobilu
- Obr. 2.20 Algoritmus nabíjení akumulátorů (SWITCH) – elektromobily
- Obr. 2.21 Algoritmus nabíjení akumulátorů (vylepšení) – drony
- Obr. 2.22 Schéma řídicího algoritmu 1.0 (využití dronů)

Obr. 2.23	Schéma řídicího algoritmu 1.1 (využití dronů – vylepšení)
Obr. 2.24	Schéma řídicího algoritmu 2.1 (přesun zásilky)
Obr. 2.25	Schéma řídicího algoritmu 2.2 (přesun zásilky – vylepšení)
Obr. 2.26	Návrh řídicího algoritmu 1
Obr. 2.27	Návrh řídicího algoritmu 2
Obr. 2.28	Návrh řídicího algoritmu 3
Obr. 3.1	Model přesunu zásilek (Simul8)
Obr. 3.2	Model přesunu zásilek (Simul8)
Obr. 3.3	Model v ExtendSIM
Obr. 3.4	Schéma zapojení komponent třídícího systému (Arduino UNO)
Obr. 3.5	Sensor pro detekci barev TCS3200
Obr. 3.6	Model třídícího systému (Arduino UNO)
Obr. 3.7	Schéma zapojení komponent třídícího systému (Raspberry Pi)
Tab. 1.1	Distribuce dle exkluzivity produktu
Tab. 2.1	SWOT analýza využití dronů
Tab. 2.2	Klasifikace významu poruch (vad)
Tab. 2.3	Rozdělení poruch dle závažnosti důsledku
Tab. 2.4	Analýza rizik při zavádění automatizace (FMEA)
Tab. 2.5	Analýza rizik zavádění automatizace (FMECA)
Tab. 2.6	Analýza rizik při zavádění robotizace (FMEA)
Tab. 2.7	Analýza WHAT-IF (zavádění automatizace ve skladech)
Tab. 2.8	Analýza WHAT-IF (provoz automat. prostředků ve skladech)
Tab. 2.9	Dobíjecí výkon v případě připojení zařízení k dobíjecí stanici (AC)
Tab. 2.10	Dobíjecí výkon v případě připojení zařízení k dobíjecí stanici (DC)
Tab. 3.1	Parametry zařízení Arduino UNO
Tab. 3.2	Parametry zařízení Raspberry Pi

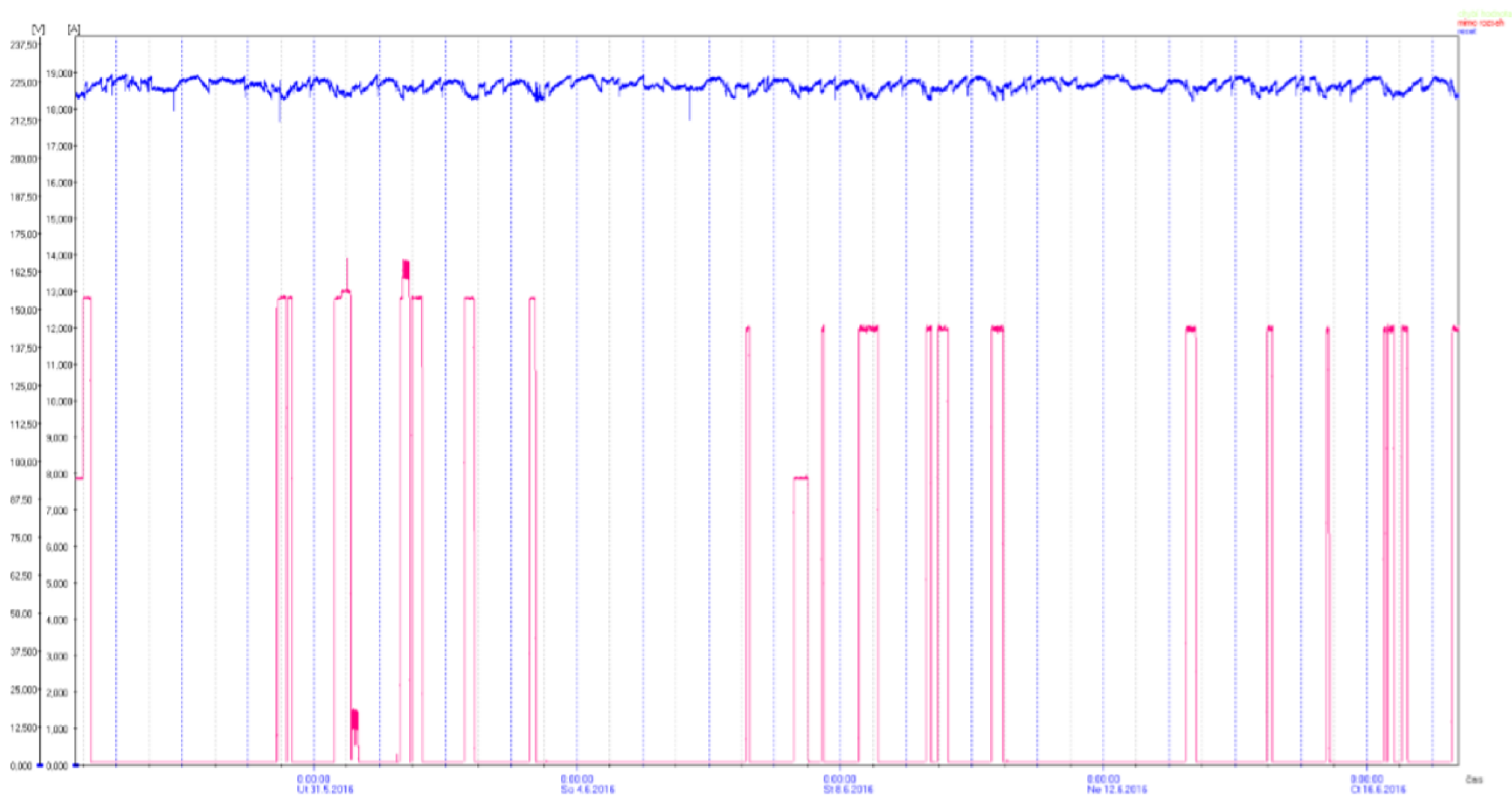
Seznam příloh

Příloha A	Grafické znázornění dobíjení akumulátorů v závislosti na čase
Příloha B	Grafické zobrazení napětí (V) a elektrického proudu (A) při dobíjení baterií
Příloha C	Schematické rozložení vstupních a výstupních komponent Raspberry Pi
Příloha D	Schematické rozložení vstupních a výstupních komponent Arduino UNO
Příloha E	Schéma zapojení komponent dronu – platforma Arduino Nano
Příloha F	Grafické srovnání letové hmotnosti s výkonem a výdrží baterie (Li-pol)
Příloha G	Pět úrovní autonomie dronů
Příloha H	Technický výkres s rozměry třídícího systému (Arduino UNO)
Příloha I	Zdrojový kód pro třídící systém Arduino UNO
Příloha J	Zdrojový kód pro třídící systém Raspberry Pi
Příloha K	Zdrojový kód pro RAW RGB Values

Grafické znázornění dobíjení akumulátorů v závislosti na čase

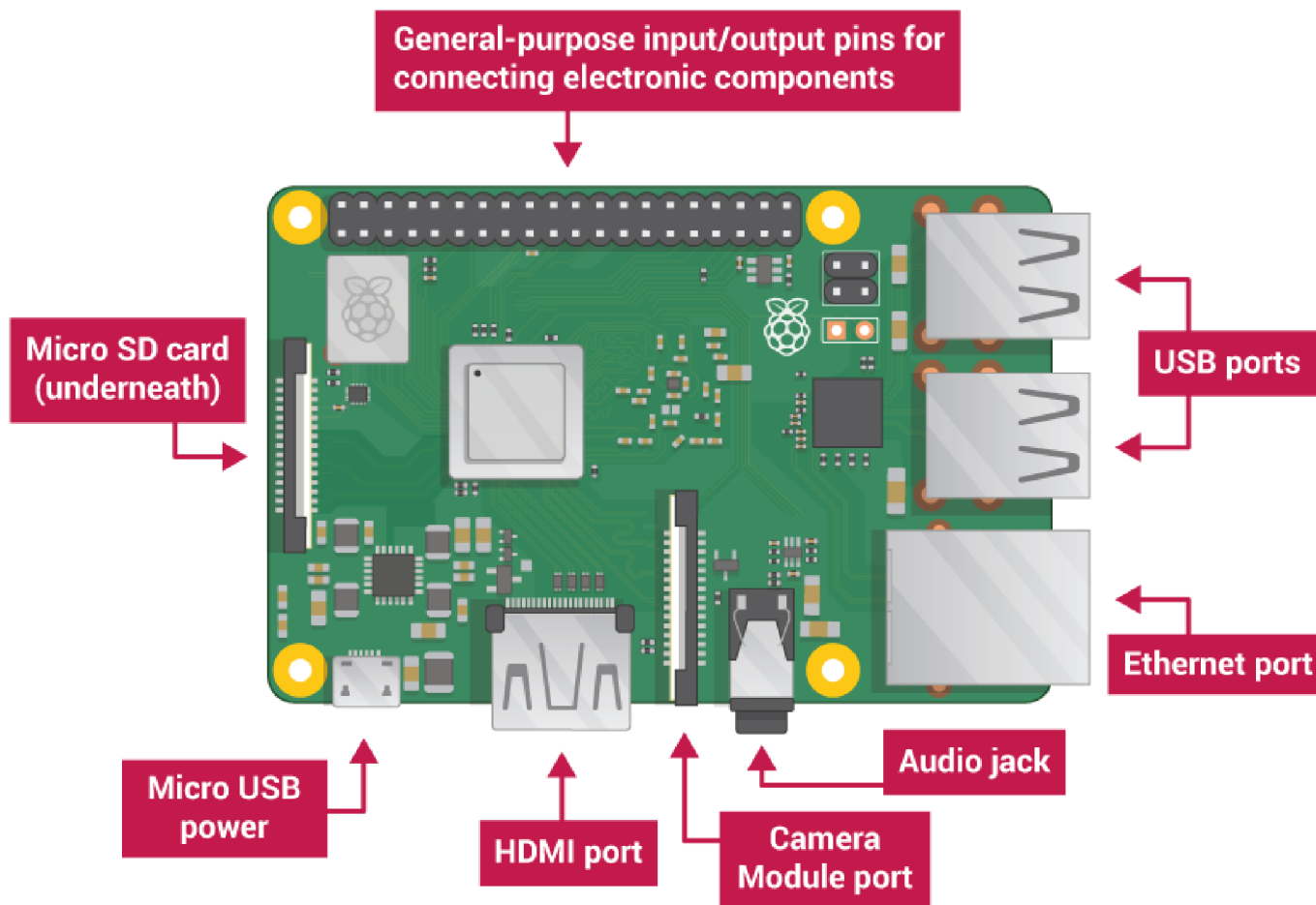
Zdroj: www.richtek.com

Grafické zobrazení napětí (V) a elektrického proudu (A) při dobíjení baterií

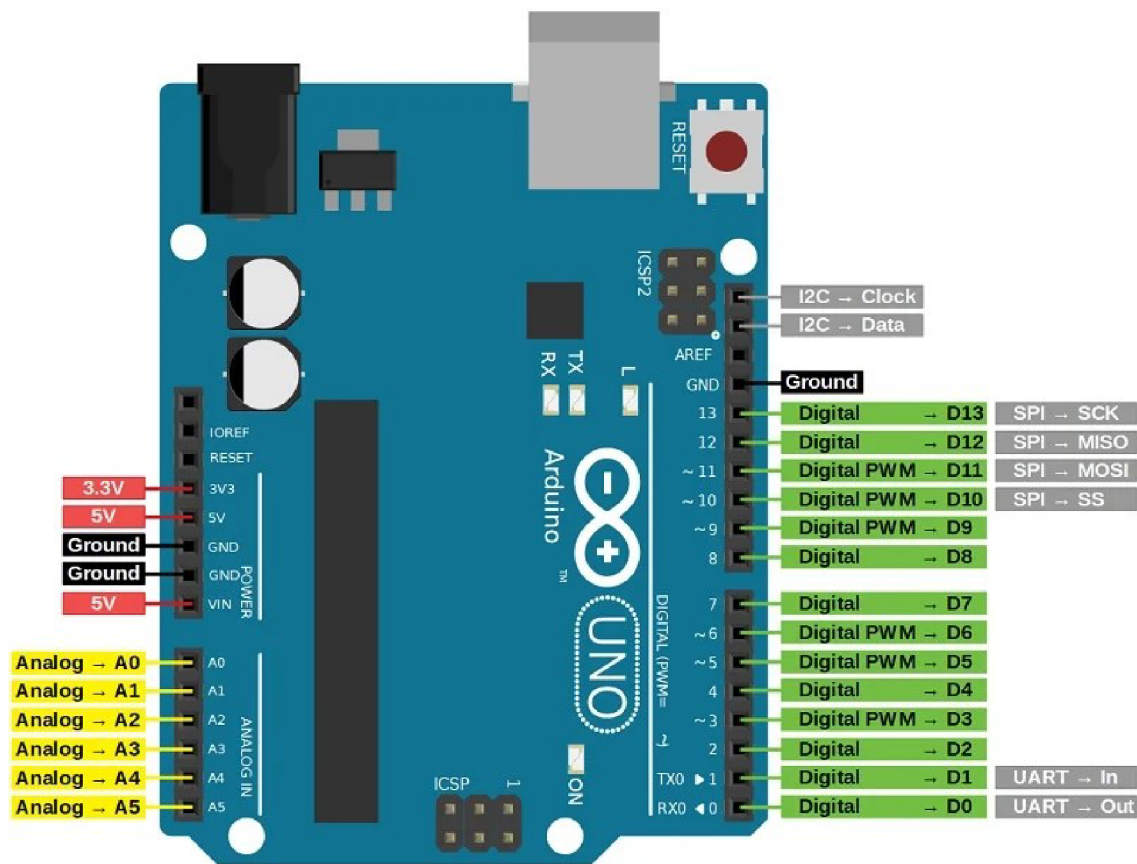


Zdroj: EGÚ Brno, a.s.

Schematické rozložení vstupních a výstupních komponent Raspberry Pi

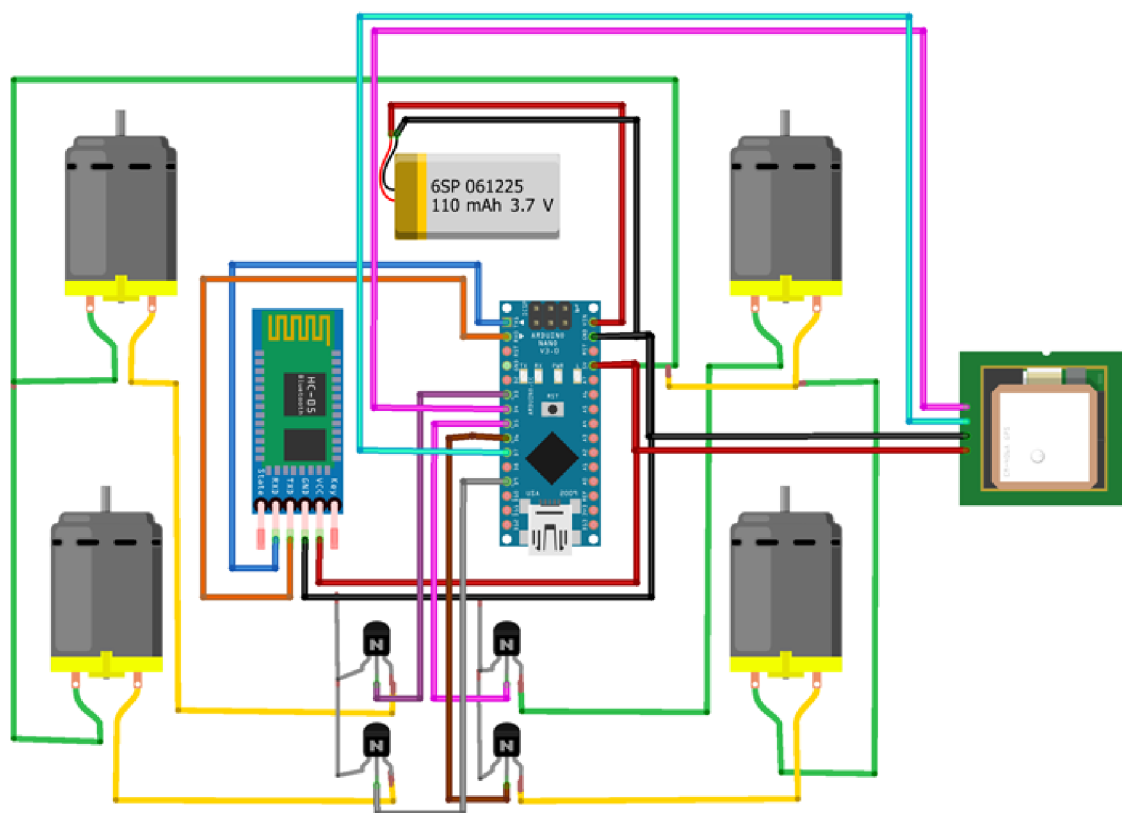


Schematické rozložení vstupních a výstupních komponent Arduino UNO



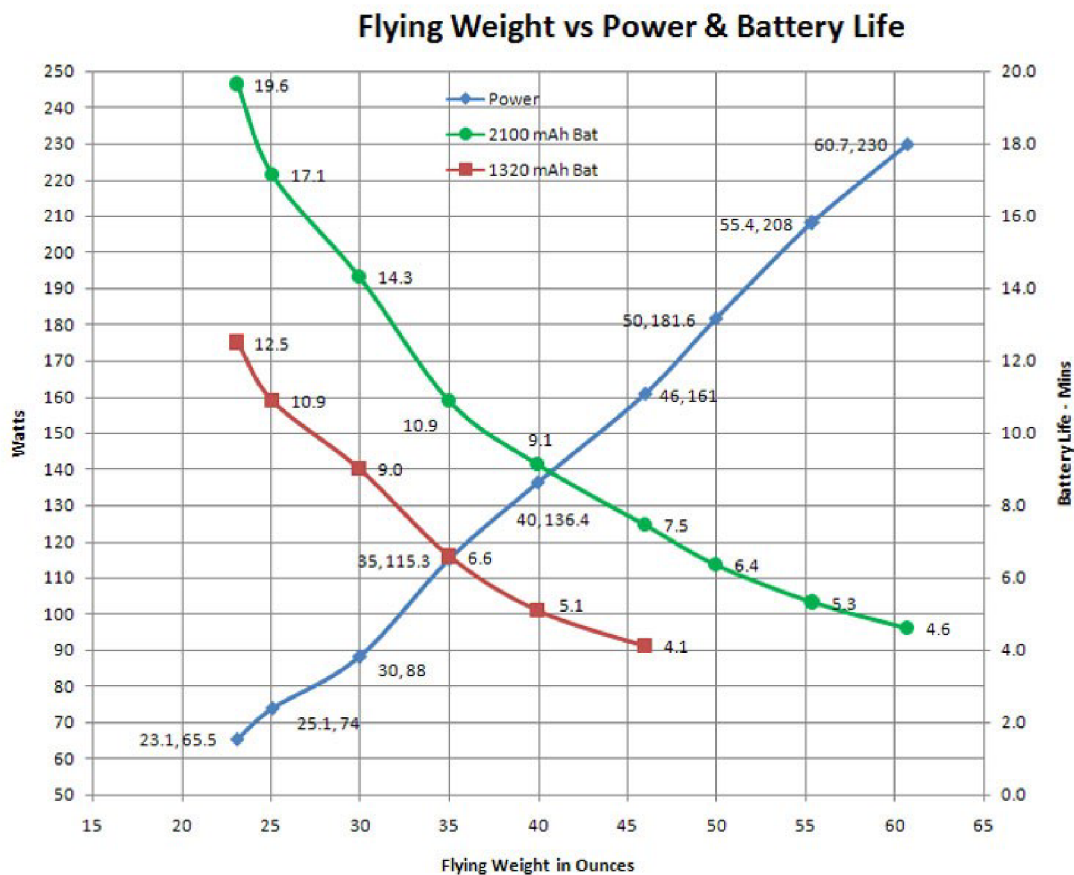
Zdroj: www.arduino.cc

Schéma zapojení komponent dronu – platforma Arduino Nano



Zdroj: www.arduino.cc

Grafické srovnání letové hmotnosti s výkonem a výdrží baterie (Li-pol)



Zdroj: robotics.stackexchange.com

Pět úrovní autonomie dronů

DRONE INDUSTRY INSIGHTS

THE 5 LEVELS OF DRONE AUTONOMY

Autonomy Level	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Human Involvement						
Machine Involvement						
Degree of Automation	No Automation	Low Automation	Partial Automation	Conditional Automation	High Automation	Full Automation
Description	Drone control is 100% manual.	Pilot remains in control. Drone has control of at least one vital function.	Pilot remains responsible for safe operation. Drone can take over heading, altitude under certain conditions.	Pilot acts as fall-back system. Drone can perform all functions 'given certain conditions'.	Pilot is out of the loop. Drone has backup systems so that if one fails, the platform will still be operational.	Drones will be able to use AI tools to plan their flights as autonomous learning systems.
Obstacle Avoidance	NONE	SENSE & ALERT		SENSE & AVOID	SENSE & NAVIGATE	

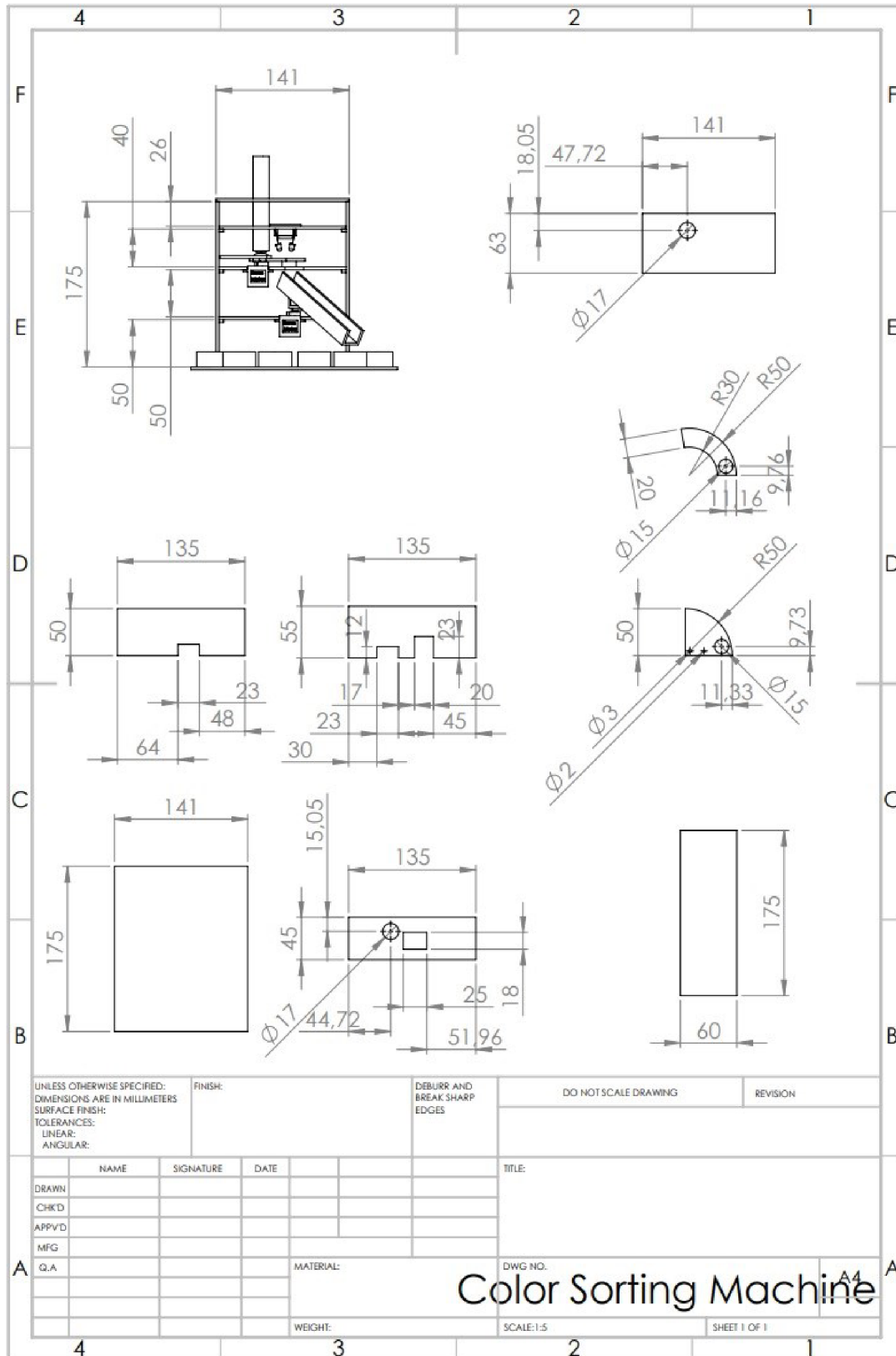
Source: DRONEII.com Date: March 12th 2019

DRONEII.COM
DRONE INDUSTRY INSIGHTS

© 2019 all rights reserved | DRONE INDUSTRY INSIGHTS | Hamburg, Germany | www.droneii.com

Zdroj: droneii.com

Technický výkres s rozměry třídícího systému (Arduino UNO)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES: LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHKD									
APP'VD									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								SCALE:1:5	
								SHEET 1 OF 1	
								A4	

Color Sorting Machine

Zdrojový kód pro třídící systém Arduino UNO

```
#include <Servo.h>
Servo pickServo;
Servo dropServo;

#define S0 4
#define S1 5
#define S2 7
#define S3 6
#define sensorOut 8
int frequency = 0;
int color=0;

int detectColor() {
  digitalWrite(S2, LOW);
  digitalWrite(S3, LOW);
  frequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
  int R = frequency;
  Serial.print("Red = ");
  Serial.print(frequency);//printing RED color frequency
  Serial.print(" ");
  delay(50);

  digitalWrite(S2, LOW);
  digitalWrite(S3, HIGH);
  frequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
  int B = frequency;
  Serial.print("Blue = ");
  Serial.print(frequency);
  Serial.println(" ");

  digitalWrite(S2, HIGH);
  digitalWrite(S3, HIGH);
  frequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
  int G = frequency;
  Serial.print("Green = ");
  Serial.print(frequency);
  Serial.print(" ");
  delay(50);

  delay(50);

  if(R<22 & R>20 & G<29 & G>27){
    color = 1; // Red
    Serial.print("Detected Color is = ");
    Serial.println("RED");
  }
  if(G<25 & G>22 & B<22 & B>19){
    color = 2; // Orange
```

```

    Serial.println("Orange ");
}
if(R<21 & R>20 & G<28 & G>25){
    color = 3; // Green
    Serial.print("Detected Color is = ");
    Serial.println("GREEN");
}
if(R<38 & R>24 & G<44 & G>30){
    color = 4; // Yellow
    Serial.print("Detected Color is = ");
    Serial.println("YELLOW");
}
if (G<29 & G>27 & B<22 & B>19){
    color = 5; // Blue
    Serial.print("Detected Color is = ");
    Serial.println("BLUE");
}
return color;
}

void setup() {
    pinMode(S0, OUTPUT);
    pinMode(S1, OUTPUT);
    pinMode(S2, OUTPUT);
    pinMode(S3, OUTPUT);
    pinMode(sensorOut, INPUT);

    //frequency-scaling to 20% selected
    digitalWrite(S0, LOW);
    digitalWrite(S1, HIGH);

    pickServo.attach(9);
    dropServo.attach(10);

    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    pickServo.write(115);
    delay(600);

    for(int i = 115; i > 65; i--) {
        pickServo.write(i);
        delay(2);
    }
    delay(500);
    color = detectColor();
    delay(1000);

    switch (color) {
        case 1:
            dropServo.write(50);

            break;

```

```
case 2:
dropServo.write(80);
break;

case 3:
dropServo.write(110);
break;

case 4:
dropServo.write(140);
break;

case 5:
dropServo.write(170);
break;

case 0:
break;
}
delay(500);

for(int i = 65; i > 29; i--) {
pickServo.write(i);
delay(2);
}
delay(300);

for(int i = 29; i < 115; i++) {
pickServo.write(i);
delay(2);
}
color=0;
}
```

Zdroj: circuitdigest.com

Zdrojový kód pro třídící systém Raspberry Pi

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time

s2 = 23
s3 = 24
signal = 25
NUM_CYCLES = 10

def setup():
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setup(signal,GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
    GPIO.setup(s2,GPIO.OUT)
    GPIO.setup(s3,GPIO.OUT)
    print("\n")

def loop():
    temp = 1
    while(1):

        GPIO.output(s2,GPIO.LOW)
        GPIO.output(s3,GPIO.LOW)
        time.sleep(0.3)
        start = time.time()
        for impulse_count in range(NUM_CYCLES):
            GPIO.wait_for_edge(signal, GPIO.FALLING)
            duration = time.time() - start
            red = NUM_CYCLES / duration

        GPIO.output(s2,GPIO.LOW)
        GPIO.output(s3,GPIO.HIGH)
        time.sleep(0.3)
        start = time.time()
        for impulse_count in range(NUM_CYCLES):
            GPIO.wait_for_edge(signal, GPIO.FALLING)
            duration = time.time() - start
            blue = NUM_CYCLES / duration

        GPIO.output(s2,GPIO.HIGH)
        GPIO.output(s3,GPIO.HIGH)
        time.sleep(0.3)
        start = time.time()
        for impulse_count in range(NUM_CYCLES):
            GPIO.wait_for_edge(signal, GPIO.FALLING)
            duration = time.time() - start
```

```
green = NUM_CYCLES / duration

if green<7000 and blue<7000 and red>12000:
    print("red")
    temp=1
elif red<12000 and blue<12000 and green>12000:
    print("green")
    temp=1
elif green<7000 and red<7000 and blue>12000:
    print("blue")
    temp=1
elif red>10000 and green>10000 and blue>10000 and temp==1:
    print("place the object.....")
    temp=0

def endprogram():
    GPIO.cleanup()

if __name__ == '__main__':

    setup()

    try:
        loop()

    except KeyboardInterrupt:
        endprogram()
```

Zdroj: circuitdigest.com

Zdrojový kód pro RAW RGB Values

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
s2 = 23
s3 = 24
signal = 25
NUM_CYCLES = 10
def setup():
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setup(signal,GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
    GPIO.setup(s2,GPIO.OUT)
    GPIO.setup(s3,GPIO.OUT)
    print("\n")

def loop():
    temp = 1
    while(1):
        GPIO.output(s2,GPIO.LOW)
        GPIO.output(s3,GPIO.LOW)
        time.sleep(0.3)
        start = time.time()
        for impulse_count in range(NUM_CYCLES):
            GPIO.wait_for_edge(signal, GPIO.FALLING)
            duration = time.time() - start    #seconds to run for loop
            red = NUM_CYCLES / duration    #in Hz
            print("red value - ",red)

        GPIO.output(s2,GPIO.LOW)
        GPIO.output(s3,GPIO.HIGH)
        time.sleep(0.3)
        start = time.time()
        for impulse_count in range(NUM_CYCLES):
```

```

GPIO.wait_for_edge(signal, GPIO.FALLING)
duration = time.time() - start

blue = NUM_CYCLES / duration
print("blue value - ",blue)

GPIO.output(s2,GPIO.HIGH)
GPIO.output(s3,GPIO.HIGH)
time.sleep(0.3)
start = time.time()
for impulse_count in range(NUM_CYCLES):
    GPIO.wait_for_edge(signal, GPIO.FALLING)
    duration = time.time() - start
    green = NUM_CYCLES / duration
    print("green value - ",green)
    time.sleep(2)

def endprogram():
    GPIO.cleanup()

if __name__ == '__main__':

    setup()

    try:
        loop()

    except KeyboardInterrupt:
        endprogram()

```

Zdroj: circuitdigest.com

Autor	Bc. David Vrána, DiS.
Název DP	Automatické skladovací systémy v logistice
Studijní obor	LRVP
Rok obhajoby DP	2021
Počet stran	105
Počet příloh	11
Vedoucí DP	Ing. Libor Kavka, Ph.D.
Anotace	Diplomová práce je zaměřena na objasnění problematiky logistických a výrobních procesů, systémů pro výrobu a technických prostředků, dále na podrobný rozbor jednotlivých typů a jejich využití v logistice. Praktická část obsahuje rozhodovací i řídicí algoritmy a návrhy automatických skladovacích systémů v podniku, jež se zaměřují na využívání technických prostředků v oblastech vnitropodnikové logistiky. Tato práce zahrnuje i hodnocení těchto návrhů s možnostmi implementace navržených řešení do podnikových systémů.
Klíčová slova	Skladovací systém, automatický sklad, robotika
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	