



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

APLIKACE PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0 VE VÝROBNÍCH LINKÁCH

APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 ELEMENTS IN PRODUCTION LINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Knápek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing., Dipl.-Ing Michal Holub, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Tomáš Knápek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing., Dipl.-Ing Michal Holub, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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

Aplikace prvků Průmyslu 4.0 ve výrobních linkách

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Aplikace prvků Průmyslu 4.0 umožňují zvyšování efektivity strojních zařízení. Mezi tyto zařízení patří i výrobní linky. Při modernizaci takovýchto je možné využívat pokročilých technologií a tím zvyšovat efektivnost a bezpečnost celého strojního zařízení.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor současného stavu vědy a techniky u řešené problematiky.

Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.

Variantsní návrh řešení výrobní linky s prvky Průmyslu 4.0.

Dílčí 3D modely, výkresy výrobní linky.

Potřebné technické výpočty.

Komentář k přiložené výkresové dokumentaci.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů IV.0. Praha: MM publishing, s.r.o., 2018. MM speciál. ISBN 978-80-906310-8-3.

JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. Expertní inženýrství v systémovém pojetí. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.

MAREK, Jiří, et al. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. 1. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D., FEng.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech využití prvků průmyslu 4.0 ve výrobních linkách za účelem zlepšení vlastností těchto linek a snížení pracovního vytížení zaměstnanců. Čtenář se v práci kromě úvodního představení pojmů souvisejících s tématem dočte o současném stavu konkrétní linky a návrzích na její úpravu s využitím průmyslu 4.0. Jeden z těchto návrhů je pak v následující části podrobněji zpracován, včetně analýzy rizik a technických výpočtů. Hlavním cílem návrhu je co možná nejvýznamnější zvýšení výkonnosti této linky.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the possibilities of using Industry 4.0 elements in production lines in order to improve the characteristics of these lines and reduce the workload of employees. In addition to an introductory presentation of the concepts related to the topic, the reader can read about the current state of a particular line and proposals for its modification using Industry 4.0. One of these proposals is then elaborated in more detail in the following section, including risk analysis and technical calculations. The main objective of the proposal is to increase the performance of this line as significantly as possible.

KLÍČOVÁ SLOVA

Průmysl 4.0, výrobní linky, klasifikace rizik, výkonnost výrobní linky, potravinářský průmysl

KEYWORDS

Industry 4.0, production lines, risk classification, production line performance, food industry

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KNÁPEK, Tomáš. Aplikace prvků Průmyslu 4.0 ve výrobních linkách [online]. Brno, 2024. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/154204>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Michal Holub.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing., Dipl.-Ing Michalu Holubovi, Ph.D. za jeho cenné odborné rady a doporučení během vypracovávání této práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing., Dipl.-Ing Michala Holuba, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5.2024

.....

Knápek Tomáš

OBSAH

ÚVOD	15
1 MOTIVACE	17
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	19
2.1 Výrobní linka	19
2.1.1 Historie.....	19
2.1.2 Dělení.....	19
2.2 Dopravník.....	20
2.2.1 Pásové	20
2.2.2 Článekové	20
2.2.3 Válečkové	21
2.2.4 Šnekové, hrablové, elevátory	22
2.2.5 Vibrační.....	22
2.2.6 Podvěsné dopravníky	22
2.3 Automatizace.....	22
2.4 Průmysl 4.0	23
2.5 Průmyslové roboty	24
2.5.1 Typy průmyslových robotů.....	24
2.6 Senzory.....	26
2.7 Rizika	27
2.7.1 Metoda RIPRAN.....	27
2.8 BOZP.....	28
2.8.1 Práce v chladu	28
2.8.2 Ochranné nápoje	28
2.9 Technické normy.....	28
2.10 Označení CE.....	29
2.11 Značení zboží	29
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE	31
3.1 Popis výrobní linky	31
3.1.1 Naplněné přepravky	31
3.1.2 Prázdné přepravky	32
3.2 Úseky vhodné k úpravě.....	32
3.2.1 Příjem.....	32
3.2.2 Vykládání z regálu	33
3.2.3 Kontrolní vážení a nakládka do vozidel.....	33
4 PODROBNÝ ROZBOR VYKLÁDÁNÍ Z REGÁLU	35
4.1 Současná podoba regálu	35
4.1.1 Vykládání zboží	35
4.2 Návrh řešení	36
4.2.1 Nástroj robotu	37
4.2.2 Konstrukční úpravy.....	37
4.2.3 Program upravené linky	38
4.2.4 Tok informací v rámci pracoviště	40
4.2.5 Využití AI	41

4.2.6	Příklad funkce vykladače	41
4.2.7	Pohyb vykladače po regálu	42
4.2.8	Kontrolní vážení.....	43
4.3	Zvažovaná varianta úprav	43
4.4	Porovnání původního řešení se zvolenou úpravou.....	44
4.4.1	Vyhodnocení rizik.....	44
4.4.2	Porovnání výkonnosti	46
4.5	Simulace funkčnosti nového řešení.....	49
4.6	Distribuce výroby.....	49
4.7	Nezbytné technické normy.....	50
5	ZÁVĚR.....	53
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	55
7	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	59
7.1	Seznam použitých obrázků	59
7.2	Seznam použitých tabulek.....	59
7.3	Seznam použitých grafů.....	59
8	SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

Průmysl jako takový se již od dob první průmyslové revoluce nepřetržitě vyvíjí. V průběhu staletí se postupně odehrály tři průmyslové revoluce, kdy každá z nich byla započata příchodem nového, dalo by se říci revolučního poznání. Tak jako byl u první revoluce spouštěčem objev parního stroje, tak je jím u té současné čtvrté rozvoj internetu a moderních informačních technologií, které dnes ovlivňují životy každého z nás. Pro technologie tohoto typu se vžilo označení průmysl 4.0.

Stejně jako u předešlých průmyslových revolucí, jde i u této především o technologický posun a dosažení výrazně vyšší efektivity všech činností spojených s výrobou a produkcí. Mimo to lze také pozorovat snížení výrobních nákladů a omezení monotónní ubíjející práce, kterou by jinak museli vykonávat lidé, a to postupným zaváděním automatizovaných robotizovaných pracovišť, schopných mezi sebou komunikovat, a tím usnadnit tok informací a zlepšit přehled o stavu každého z nich. Hlavním přínosem pro firmy je bezpochyby spolehlivost a schopnost dlouhodobé práce bez potřeby přestávek na občerstvení a odpočinek. Na druhou stranu je potřeba do budoucna počítat se stále nižší potřebou lidských pracovníků v průmyslové výrobě, s čímž bude spojeno i zvýšení míry nezaměstnanosti a potřeba adekvátní reakce ze strany vlád států.

Během druhé průmyslové revoluce se v průmyslové výrobě staly standardem montážní linky. Postupem času je doplnily linky výrobní, a i tyto linky jsou v současnosti doplňovány prvky průmyslu 4.0.

Cílem této práce je čtenáře seznámit se základními charakteristikami průmyslu 4.0, jaké jeho prvky lze využít pro výrobní linky a na konkrétním příkladu ukázat, jakým způsobem mohou pozitivně ovlivnit samotný provoz. To bude ukázáno nejen na 3D modelu samotného návrhu, ale také na výkresech, schématech a diagramech. Rovněž bude zvýšení efektivity linky dokázáno vhodnými výpočty.

1 MOTIVACE

Motivací pro volbu tohoto tématu byl především autorův záměr se v budoucnu věnovat právě modernizaci výrobních a dopravních systémů na standard průmyslu 4.0. Technologie byly vždy bodem autorova zájmu a kombinace dopravních systémů a průmyslových robotů představuje zdroj nepřehledných možností a příležitostí přicházet na nová a intuitivní řešení, která by posunula stav vědění.

Průmysl 4.0 a změny s ním spojené jsou důležitými tématy velkého množství oborů, ať už jde o obory technické, nebo humanitní. Tato práce by tedy měla autorovi i čtenáři posloužit jako způsob, jak nahlédnout do tajů těchto témat a načerpat nové informace, jež by v budoucnu mohly být využity nejen v pracovním, ale i ve studijním životě.

Návrh řešení, jenž je středobodem této práce, má za cíl především zajištění kvality skladovaných výrobků, což je také hlavním úkolem všech subjektů v potravinářském průmyslu, jehož součástí je také provozovatel linky, jejíž úpravou se bude tato práce zabývat. V práci je kladen důraz především na urychlení procesu vyskladnění výrobků a jejich expedice, aby byl co nejvíce zkrácen čas, který výrobky stráví mimo ideální podmínky. Návrh je koncipován tak, aby co nejvíce vyhovoval přísným požadavkům na manipulaci s výrobky, jež snadno podléhají zkáze.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Pro získání přehledu o tématu bude v této kapitole představen přehled současného stavu poznání a základní pojmy, jež se s tématem pojí a díky nimž by měl čtenář lépe porozumět na základě čeho bylo toto téma v dalších částech práce zpracováváno.

2.1 Výrobní linka

Výrobní linka je soustava pracovišť a strojů, kdy každé jedno pracoviště vykonává pouze určitou část výrobního procesu a na jejímž konci získáváme hotový produkt. Jednotlivá pracoviště jsou propojena dopravními systémy, kupříkladu dopravníky. [1]

2.1.1 Historie

Před příchodem výrobních linek probíhala výroba jakéhokoliv typu výrobku čistě manuálně. Jednalo se však o velmi neefektivní způsob výroby, jelikož byl časově náročný, a především vyžadoval kvalifikované pracovníky, kteří ovládali celý výrobní proces. Z tohoto důvodu se začalo využívat principu manufaktur, kde byl výrobní proces rozdělen na několik dílčích kroků. To umožnilo produkci ve větší míře za využití méně kvalifikovaných pracovníků, z nichž každý vykonával jednu konkrétní činnost. S příchodem průmyslové revoluce se pak začala výroba přesouvat do továren se systémem rozložení podobným dnešním výrobním linkám. [1]

Za první výrobní linku v moderním pojetí lze považovat montážní linku vozu Ford T, jež byla uvedena do provozu v roce 1913 a při jejímž návrhu posloužila jako inspirace linka na Chicagských jatkách. Podobně se inspirovaly i další linky a v současnosti se jedná o jeden z nejvyužívanějších principů. [1]

2.1.2 Dělení

Výrobní linky můžeme dělit podle dvou kritérií, a sice podle variace vyráběných produktů, nebo podle toku materiálu. V závislosti na variaci vyráběných produktů dělíme linky na následující typy:

- Specializované – jedná se o linky využívající jedinou konfiguraci. Hardware i ovládací software je pevně nastaven a nedá se s ním bez větších zásahů manipulovat.
- Flexibilní – zatímco hardware je pevně nastaven, software je možno přizpůsobit potřebám daného produktu. Lze tedy na stejné lince vyrobit různé produkty, jež nevyžadují větší zásahy do technologií linky.
- Rekonfigurovatelné – jedná se o linky s nejširším portfoliem vyráběných produktů. Jejich software i hardware totiž lze libovolně přizpůsobovat a měnit dle požadavků na výrobu. [1]

Druhým parametrem, podle kterého lze rozlišovat výrobní linky, je již zmíněný tok materiálu. Tím je myšleno, jak jednotlivé součásti produktu či produkt samotný postupují linkou. Dle tohoto tedy dělíme linky na:

- Synchronní – po celé délce linky se produkt či jeho části pohybují ve stejném čase. Tzn., že v rámci linky dochází k pohybu materiálu v jeden moment, bez potřeby bufferu.
- Asynchronní – na rozdíl od synchronních linek dochází k pohybu materiálu nezávisle na ostatních pracovištích. Rozdíly, které tímto vzniknou je nutno řešit již zmíněným bufferem. [1]

2.2 Dopravník

Jak je zmíněno v předchozí kapitole, jednotlivá pracoviště výrobních linek jsou propojena povětšinou dopravníky, což jsou zařízení, využívaná k přepravě materiálů, produktů, či jiných objektů z jednoho na druhé místo. [2]

V knize *Roboty a robotizované výrobní technologie* jsou dopravníky definovány jako zařízení, jež „zajišťují tok materiálu (polotvarů, obrobků, nástrojů, odpadů,...) požadovaným směrem a požadovanou rychlostí.“ [2]

Dopravníky najdeme kromě výrobních linek i v běžném životě, kupříkladu na pokladnách v supermarketech, či ve vícepatrových budovách v podobě eskalátoru. [2]

Rozlišujeme několik typů dopravníků podle jejich stavby, využití a podmínek, ve kterých jsou využívány. [2]

2.2.1 Pásové

Pásový dopravník je typickým představitelem dopravníku. Je to, mimo jiné, kvůli jeho univerzálnosti, jelikož je možno jej využít na přepravu jak sypkého, tak i kusového materiálu. V případě použití hladkého pásu jej lze použít pod sklonem až 18°, v případě použití pásu s lamelami dokonce 45°. [2]



obr. 1) Pásový dopravník [18]

Vzhledem k použitým materiálům pásů (pryž, PVC) jsou použitelné v prostředí o teplotách maximálně kolem 180 °C. [2]

2.2.2 Článekové

Článekový dopravník je modifikací dopravníku pásového, kdy je původní pás nahrazen pásem sestaveným z článků z plastu či kovu. Obzvláště kovové články se vyznačují vysokou

teplotní odolností, která umožňuje jejich použití v prostředí dosahujícím teplot okolo 1 800 °C. Proto jsou vhodné na přepravu kupříkladu obrobků či odlitků, jež teprve projdou procesem ochlazení. [2]

Články jsou navíc díky svému tvaru dobře prodyšné a hodí se tedy nejen na ochlazování, ale i na sušení – najdou tak uplatnění i v potravinářském průmyslu či v oblasti povrchových úprav. Navíc umožňují skládat dráhy dopravníků do tzv. obecné trajektorie, tedy není nutno při každé změně směru používat nový díl dopravníku, respektive vyrábět nový pás, umožňující takový pohyb. [2]

Oproti klasickému pásovému dopravníku ale nelze článkový použít na přepravu sypkých materiálů bez využití nádoby, v níž by byl materiál uložen. [2]



obr. 2) Článkový dopravník [19]

2.2.3 Válečkové

Válečkový dopravník, jak již název napovídá, využívá místo pásu či článků k přesunu materiálu válečky. Tyto válečky mohou být buď poháněné, nebo nepoháněné. [2]

U poháněných válečků je přiváděn točivý moment z elektrického, mechanického, či pneumatického pohonu na všechny válečky, případně jen jejich část, nacházející se na dopravníku. [2] Kromě běžných způsobů pohonu válečků, jako jsou řemeny či řetězy, se lze



obr. 3) Válečkový dopravník [20]

setkat i s pohonem umístěným vevnitř válečku. Taková varianta je využívána u lehkých až středně těžkých produktů. [28]

Nepoháněné válečkové dopravníky slouží k přesunu materiálu lidskou silou, případně působením gravitace. V případě gravitačních válečkových dopravníků je pak potřeba sklon tohoto dopravníku pod úhlem 2° až 4° . Absence pohonu navíc umožňuje využití mobilního řešení, kdy je dopravník možno alespoň na jednom konci přesouvat a měnit tak jeho dráhu a místo z nějž, resp. do nějž, vede. [2]

2.2.4 Šnekové, hrablové, elevátory

Tyto typy dopravníků nacházejí využití v drtivé většině při přepravě sypkých materiálů. Zároveň ovšem nejsou zcela vhodné do plně automatizovaných provozů. [2]

2.2.5 Vibrační

Vibrační dopravníky využívají k přesunu opět sypkých materiálů transportní sílu, k jejíž aktivaci slouží vibrační motory, tzv. vibrátory. Ty pracují buď na principu harmonické oscilace buzené odstředivou silou rotujících nevyvážek, nebo s využitím setrvačných sil lineárního vratného pohybu závaží. Z hlediska mechaniky se jedná o relativně jednoduché řešení, ovšem konstrukční stránka je poměrně komplikovaná. [2]

2.2.6 Podvěsné dopravníky

Podvěsných dopravníků je využíváno především při přepravě kusového materiálu, ale lze je využít i na břemena o váze několika tun. Fungují na principu profilu, jímž je vedeno lano (případně řetěz nebo jiný přenašeč výkonu) a kterým se pohybuje pojezdový vozík. Na pojezdovém vozíku je pak uchycen přípravek, který slouží k přesunu materiálu. [2]

Velkou výhodou tohoto typu je především umístění pohonů nad zemí, a tedy zmenšení prostoru, který zařízení zabírá na pracovišti. Rovněž je možné s tímto typem snadno překonávat výškové rozdíly, jelikož úhel sklonu nikterak neovlivňuje pohyb přepravovaného materiálu. [2]



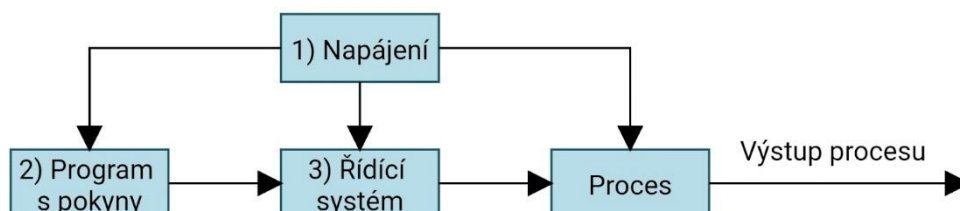
obr. 4) Podvěsný dopravník [21]

2.3 Automatizace

Frank Lamb v knize *Industrial Automation: Hands-on* definuje automatizaci jako „použití logických programových příkazů a mechanizovaných zařízení, které nahrazují rozhodování a manuální činnosti člověka v oblasti příkazů a reakcí.“ [3] Znamená to tedy, že automatizace umožňuje vykonávat činnosti bez zásahu člověka. Celý proces namísto lidí řídí

kontrolní systém, vykonávající programem zadané instrukce. Takový systém se pak nazývá automatizovaný systém.

Automatizovaný systém se skládá ze tří stěžejních komponent. Napájení, program s instrukcemi a kontrolní systém. Dohromady pak tyto komponenty provádějí požadovaný proces, na jehož konci je očekávaný výstup. [3]



obr. 5) Komponenty automatizovaného procesu [vlastní zpracování]

2.4 Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 (též označován jako čtvrtá průmyslová revoluce) staví na automatizaci, k jejímuž rozmachu došlo za třetí průmyslové revoluce, tj. v období od počátku 70. let až do nedávné minulosti. [4]

Cílem čtvrté průmyslové revoluce je propojení jednotlivých automatizovaných pracovišť do jednoho kompletního výrobního procesu od dodavatele až po samotný prodej produktu za využití internetu, digitalizace a umělé inteligence. [5]

Pojem Průmysl 4.0 byl ještě nedávno zcela neznámým, neexistujícím pojmem. Za posledních několik let se ovšem stal prioritou nejednoho podniku. Hlavními technologickými pilíři, na kterých musí v současnosti, a i v budoucnu všechny podniky stavět jsou především

- Konektivita, data a výpočetní výkon – jedná se hlavně o využití cloudu, internetu, senzorů a čidel a také blockchainu
- Analytika a inteligence – zapojení strojového učení, umělé inteligence a využívání pokročilých analytických metod
- Interakce člověk-stroj – potřebné informace přehledně vizualizované ve virtuální, případně rozšířené realitě, usnadnění robotizace a automatizace
- Pokročilé inženýrství – aditivní výroba jako je kupříkladu 3D tisk, zvětšování podílu energií z obnovitelných zdrojů a rozvoj nanotechnologií

S rozvojem těchto technologií bude ovšem nutné věnovat pozornost i rozvoji zaměstnanců a jejich průběžnému vzdělávání. [6] Přestože je cílem čtvrté průmyslové revoluce v podstatě celková automatizace provozů a jejich vzájemné propojení tak, aby nebyl po většinu času nutný zásah člověka, čeká lidstvo před dosažením tohoto cíle ještě velmi dlouhá cesta, během níž bude nutné tyto plně automatizované technologie navrhnout, sestavit, a především otestovat a udržovat v chodu formou pravidelných servisů a kontrol. Zároveň ovšem bude v dohledné budoucnosti možno i při těchto úkonech využít například již zmíněnou rozšířenou realitu, jež i méně zkušeným technikům usnadní práci na zařízeních, na jejichž výrobě a montáži se dotyčný nepodílel, a tedy není přesně obeznámen s jeho přesnou podobou a konstrukcí.

2.5 Průmyslové roboty

Mezinárodní norma ISO 8373:2012 definuje průmyslové roboty jako „automaticky ovládané, přeprogramovatelné víceúčelové manipulátory, programovatelné ve třech a více osách, které jsou buď upevněny na místě, nebo mobilní, pro použití v průmyslové automatizaci.“ [7]

Konstrukce průmyslových robotů se sestává ze série ramen mezi sebou propojených klouby, umožňujícími jejich pohyb. Klouby se mohou pohybovat jednotlivě nebo hromadně tak, aby bylo dosaženo požadované pozice koncového dílu mechanismu. Na něm je pak umístěna čelní deska, ke které je připojen nástroj, jako kupříkladu mechanický gripper, vakuová přísavka, či technologická zařízení, jako svářecí zařízení, aplikátory barvy či tmelů apod.

Průmyslové roboty jsou uváděny do pohybu pomocí ovládacího počítače či řídicí jednotky. Každý kloub je poháněn svým pohonem, jenž od řídicí jednotky získává povely k sepnutí na základě uživatelského programu či programu poskytnutého výrobcem ke konkrétnímu robotu. Kromě pohybových instrukcí je součástí programu i ovládání nástroje, jímž je robot vybaven. U moderních řídicích jednotek, určených pro ovládání specifických úloh, se může uživatel setkat i s možností kontroly takové úlohy v podobě údajů ovlivňujících její průběh a výsledek.

2.5.1 Typy průmyslových robotů

Průmyslových robotů existuje nepřeberné množství, jejichž rozdělení a popis by vystačil na samostatnou práci. Pro účely této konkrétní práce byly brány v potaz tyto tři nejběžnější typy:

- SCARA
- Kloubové
- Delta

SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm)

Jedná se o tříosé rameno, jehož hlavní výhodou je kompaktnost a schopnost rychlého pohybu v rovině X-Y. [1] Funkcí se podobají lidské ruce, kdy právě pohyb v rovině X-Y zajišťují „loket a rameno.“ Pohyb po ose Z provádí „zápěstí“ v podobě šroubovice, na níž je umístěn nástroj pro provádění úkon.

SCARA roboty jsou využívány hlavně pro činnosti vyžadující rychlý, přesný a opakovaný pohyb, jako je kupříkladu, dávkování, vkládání a přemísťování. [8]



obr. 6) SCARA robot [22]

Kloubové

Jde o nejběžnější typ průmyslového robotu. Jejich největší výhodou je široká škála nosnosti, jež se pohybuje od několika kilogramů až po tuny, a dosahu, který se pohybuje v rozmezí od 400 do 3 500 mm. [1]

Samotný robot se skládá z několika částí spojených klouby, jinak označovanými jako osy. Počet těchto os může být až deset, ovšem nejčastěji se člověk setká s šestiosými variantami. Tento počet os umožňuje robotu dosáhnout do co možná největšího prostoru. Další výhodou tohoto typu robotu je využití téměř celého prostoru jejich základny pouze s výjimkou kabeláže, jež je povětšinou umístěna tak, aby co nejméně omezovala pohyb a provoz robotu. [9]

Nevýhoda, či spíše slabina, kloubových robotů vyplývá z jejich silné stránky, a sice z vysokého počtu os a stupňů volnosti. Z toho důvodu je pro jejich ovládání potřeba složitá kinematika a robot není schopen dosáhnout takových rychlostí, jako ostatní typy. Zároveň se skládají z více komponent, a tedy jejich pohony musí uvádět v pohyb větší masu. [9]



obr. 7) Kloubový robot [23]

Delta

Stejně jako SCARA jsou delta roboty schopné rychlého a přesného pohybu. Oproti ostatním typům robotů mají ale delta roboty užitečné zatížení znatelně nižší, konkrétně se jedná o hodnoty v nižších jednotkách kilogramů.



obr. 8) Delta robot [24]

Využití delta robotů nalezneme především v odvětvích, v nichž je potřeba rychle a přesně překládat lehčí a kompaktnější výrobky, například mezi dvěma dopravníky. [10]

2.6 Senzory

Jinak také čidla, případně snímače. Jedná se o zařízení, jež jsou schopna detekovat a zareagovat na určitý druh podnětu okolního prostředí. Podnět může být jakékoliv podoby, ovšem mezi nejběžněji kontrolované patří světlo, teplo, pohyb, vlhkost, či tlak. Na základě podnětu pak senzory předávají výstup v podobě informací buď na místě, nebo síťovým přenosem k dalšímu zpracování nebo čtení. [27]

Senzory jsou jedním z pilířů tzv. IoT (Internet of Things, česky internet věcí). Jedná se v podstatě o oči a uši každého zařízení, na nichž závisí bezpečnost provozu, přesnost a kvalita činnosti, kterou toto zařízení vykonává. [27]

Senzory dělíme primárně na aktivní a pasivní. Hlavním rozdílem mezi těmito dvěma druhy je potřeba zdroje energie k tomu, aby byl senzor schopen reakce na podnět prostředí. Aktivními senzory jsou v podstatě všechny v současnosti používané digitální senzory, jako třeba digitální teploměry, rychloměry apod. Typickým zástupcem pasivních senzorů je pak rtuťový či lihový teploměr, jež bez jakéhokoliv zdroje energie reagují na teplotu okolního prostředí a kvůli teplotní roztažnosti jejich náplně (rtuť, líh) je pak člověk s pomocí stupnice uvedené na těle teploměru schopen vyčíst potřebný údaj. [27]

Dále jak již bylo zmíněno dělíme senzory na digitální a analogové. V současnosti jsou již digitální senzory dominantní ve většině oblastí běžného života i průmyslu. U analogových senzorů se setkáme s reakcí na podnět v podobě plynulého analogového výstupu s využitím stupnic. Digitální senzory oproti analogovým převádí reakci na podnět do podoby diskrétního digitálního signálu, přenášeného s využitím binárního kódu. [27]

Jak již bylo zmíněno výše, senzory reagují na různé podněty okolního prostředí, konkrétně se jedná o: [27]

- Zrychlení – senzor reaguje na změnu gravitačního zrychlení, čehož lze využít kupříkladu při měření náklonu v letectví nebo i spotřební elektronice (mobilní telefony, tablety)
- Chemikálie – senzor reaguje na nejrůznější chemické látky a změny v prostředí s nimi spojenými; chemické senzory jsou využívány kupříkladu v alkoholtesterech či detektorech oxidu uhelného v domácnostech
- Vlhkost – na základě podílu vodních par ve vzduchu senzor vyhodnotí vlhkost vzduchu, čehož lze využít mimo jiné v meteorologii, konfiguraci větrání a klimatizace apod.
- Hladina – senzory hlídající hladinu kapaliny (benzín, motorový olej, voda) nacházejí využití nejen v motorismu, ale i u systému včasného varování před tsunami
- Pohyb – pohybové senzory jsou schopny detekovat pohyb v předem definovaném prostoru, většinou s využitím mikrovln, ultrazvuku nebo světelných paprsků; v běžném životě se s nimi lze setkat například v bezpečnostních systémech či parkovacích bránách
- Optika – reagují na světelné vlny o různých vlnových délkách, většinou jde o infračervené a viditelné světlo; v současnosti nejvíce využívané ve smart technologiích, hlavně v mobilních telefonech (automatické vypnutí displeje při hovoru, adaptivní jas displeje)

- Tlak – tlakové senzory dokáží měřit tlak nejen plynů, ale i kapalin; hrají důležitou roli v meteorologii
- Blízkost – fungují na principu detekce přítomnosti objektu, případně jeho vzdálenosti od senzoru; využití naleznou mimo jiné ve výtazích, montážních linkách či robotice
- Teplota – senzory reagují na teplotu cílového média, ať už se jedná o plyn, kapalinu nebo pevnou látku; využívány jsou ve všech odvětvích od strojírenství, přes IT až po zemědělství
- Dotyk – dotykové senzory reagují na dotyk na kontrolovaném prostoru; typickým příkladem jsou trackpady, dotykové obrazovky, ale i dávkovače mýdla či vodovodní kohoutky

2.7 Rizika

Pojem riziko má velké množství definic. Jednou z nich je například tato z knihy *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*:

„Riziko je pravděpodobnost vzniku nestandardního stavu konkrétní entity v daném čase a prostoru.“ [11]

Dále pak autoři Vladimír Smejkal a Karel Rais ve své publikaci *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích* vyjmenovávají jednotlivé druhy rizik. Konkrétně se jedná o rizika: [12]

- Ekonomická
- Politická a teritoriální
- Bezpečnostní
- Právní a spojená s odpovědností za škodu
- Předvídatelná a nepředvídatelná
- Specifická

Při řízení rizik je třeba uskutečnit dva kroky. Nejprve je třeba analyzovat samotná rizika a jejich možné následky a následně navrhnout možnou nápravu těchto rizikových faktorů.

Při analýze a klasifikaci rizik je možno postupovat různými způsoby. V první řadě je vhodné prostudování projektové dokumentace, případně v rámci spolupráce provést některou z metod získávání informací, jako např. brainstorming, diskuze s experty apod. Další z metod identifikace rizik je analýza SWOT, analýza předpokladů a omezení, nebo analýza kořenových příčin. [11]

Pro lepší představu závažnosti jednotlivých rizik je možno je kvantifikovat některou z kvantitativních metod. Jednou z nich je metoda RIPRAN.

2.7.1 Metoda RIPRAN

Metoda RIPRAN čili RIsk PROject ANalysis, je empirická metoda analýzy rizik projektů. Je ideální pro střední a velké projekty. [13]

V rámci jejího využití je třeba pro každý projekt stanovit hrozbu, která může jakýmkoliv způsobem ohrozit projekt samotný, případně cokoliv s projektem související, ať už se jedná o osoby do projektu zapojené, nebo o procesy na projekt navázané. Následně po stanovení konkrétních hrozeb je u každé z nich určen scénář, který by mohl v případě výskytu hrozby nastat. Rovněž je třeba u hrozby i scénáře určit číselně dle předem nastavených stupnic

pravděpodobnost s jakou může tato situace nastat a dopad, jaký může situace mít na projekt či osoby a procesy na něj navázané. Tyto hodnoty jsou následně mezi sebou vynásobeny a výsledná hodnota představuje hodnotu rizika. [13]

Po sestavení tabulky s jednotlivými riziky je nutno navrhnout jejich jednotlivá opatření na eliminaci či alespoň snížení rizika. Následně jsou ohodnoceny hrozby a pravděpodobnosti navrhovaných opatření a hodnoty jsou porovnány s hodnotami původními. [13]

2.8 BOZP

Jedná se o soubor opatření, která mají za cíl co nejvíce eliminovat potenciální rizika na pracovištích, a to nejen pro zaměstnance, ale i pro ostatní fyzické osoby jako klienty, zákazníky apod., již se mohou po pracovišti pohybovat a kterým by v případě nehody hrozilo nebezpečí. BOZP, tedy „bezpečnost a ochrana zdraví při práci“, řeší především manipulaci s vybavením pracoviště a pokyny týkající se chování na pracovišti. [14]

Problematikou BOZP se musí každý zaměstnavatel neustále svědomitě zabývat, mimo jiné formou školení zaměstnanců, zpracováním provozní dokumentace či pravidelnými kontrolami a prověrkami zaměstnanců a pracoviště jako takového. [14]

Česká legislativa definuje požadavky na BOZP nařízením vlády č. 361/2007 Sb., které zapracovává příslušné předpisy EU a upravuje je v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie. [15]

2.8.1 Práce v chladu

Jednou z mnoha oblastí, jež BOZP řeší a upravuje je i práce v chladu. Kromě požadavků na pracovní oděv se zabývá i požadavky na pracoviště a časovým rozvržením práce vykonávané na daném pracovišti. [15]

Při práci na pracovišti, na němž teplota poklesne pod 10 °C, by měl být zaměstnanec vybaven pracovním oděvem schopným tepelné izolace na takové úrovni, že budou zajištěny tepelně neutrální podmínky lidského organismu. Tedy že bude tělesná teplota zaměstnance v rozmezí mezi 36 a 37 °C. Poklesne-li teplota na pracovišti pod 4 °C, je nutné pro zaměstnance zajistit pracovní obuv a rukavice opět chránící před chladem. [15]

Přesáhne-li doba práce v teplotě 4 °C a méně 2 hodiny, je pak povinností zaměstnavatele poskytnout zaměstnancům prostor na nejméně 10minutovou bezpečnostní přestávku v ohřívačce, vybavené zařízením pro prohřívání rukou. Rovněž není-li možné při práci v prostředí o teplotě nižší než 10 °C použít rukavice, má zaměstnanec po ukončení dané činnosti nárok na bezpečnostní přestávku určenou pro prohřátí rukou v délce minimálně 5 minut. [15]

2.8.2 Ochranné nápoje

Součástí nařízení jsou i podmínky, za kterých je zaměstnavatel povinen poskytnout zaměstnanci tzv. ochranný nápoj, sloužící k ochranně organismu před zátěží teplem či chladem. Takový nápoj musí být zdravotně nezávadný a nesmí obsahovat více než 6,5 hmotnostních procent cukru. Rovněž tento nápoj může obsahovat nepatrné množství alkoholu, konkrétně 1 hmotnostní procento. [15]

2.9 Technické normy

Stejně jako je tomu v každém z odvětví našich životů, i ve strojírenství je třeba věnovat náležitou pozornost normám a předpisům, jež definují, jaké vlastnosti a pravidla musí výrobek

(či jakýkoliv předmět) splňovat. Ve strojírenství pak kromě norem řešících podobu a funkci strojů a zařízení hrají významnou roli i normy bezpečnostní a hygienické. Normy jsou mezinárodní (ISO, EN), národní (ČSN, DIN), oborové (od roku 1994 zrušeny a částečně převedeny na normy podnikové) a podnikové (vydávány výrobcem pro vlastní potřebu).

Jelikož tato práce zaměřením spadá do strojírenství potravinářského, je obzvláště kladen důraz právě na normy hygienické a bezpečnostní, aby byla zajištěna kvalita a zdravotní nezávadnost potravin, jež přicházejí do kontaktu s těmito stroji. Jednotlivým normám, souvisejícím s konkrétním řešením, se pak věnuje kapitola 4.6

2.10 Označení CE

Jedná se o označení, jež potvrzuje, že konkrétní výrobek prošel všemi potřebnými kontrolami a certifikacemi, které pro tento typ výrobku požaduje legislativa Evropské unie ať už z hlediska bezpečnosti a zdravotní nezávadnosti, tak i z hlediska environmentálního. [16] Toto označení je nezbytné nejen pro nové výrobky vyrobené na území některého z členských států unie, ale i na nové, použité a dovezené z třetích zemí, tj. zemí mimo Evropskou unii. Nařízení se rovněž týká i všech významně upravených výrobků, jež po úpravách stavem odpovídají výrobku novému. [17]

Je třeba si uvědomit, že označení CE zaručuje, že výrobce splnil všechny z legislativy vyplývající povinnosti. Nejedná se ovšem o záruku kvality výrobku. Proto hledá-li zákazník výrobek vysoké kvality, je třeba seznámit se s jinými druhy označení, jež tuto garanci poskytují. [17]

Povinnost zajistit si označení CE se vztahuje na poměrně obsáhlou skupinu výrobků. Z nich stojí za zmínku kupříkladu [17]:

- Výtahy
- Nízkonapěťová zařízení
- Stroje
- Tlaková zařízení
- Emise hluku v prostředí

2.11 Značení zboží

Chceme-li, aby bylo možné strojově načíst informace o jakémkoliv předmětu, musíme zvolit některou z běžně využívaných metod. Běžně se využívá zápis a čtení informací pomocí čárových kódů. Čárové kódy jsou strojově čitelné kódy v podobě různě širokých čar, jež v sobě nesou informaci o čísle nebo znacích. Tyto kódy se využívají napříč odvětvími pro jejich spolehlivost a snadnou čitelnost. Dělí se na souvislé a diskrétní, případně na jednodimenzionální 1D a dvoudimenzionální čárové 2D kódy. [29]

Dalšími metodami značení a čtení informací o produktech jsou:

- QR kódy
 - podobné čárovým kódům, využívají většinou čtvercové buňky
 - pojmu výrazně více dat, než běžný čárový kód

- RFID (Radio Frequency Identification)
 - umožňuje bezkontaktní výměnu dat mezi transpondérem a zapisovačem/čtečkou
 - nachází-li se transpondér v elektromagnetickém poli RFID, dochází k výměně dat (zápis na čip/čtení z čipu)
- NFC (Near Field Communication)
 - Funguje na velmi krátké vzdálenosti (0-4 cm)
 - Přenos dat probíhá pomocí krátkých rádiových vln mezi dvěma NFC čipy – většinou jde o vysílač a přijímač, kromě režimu P2P, kdy dochází k vzájemné výměně dat
 - V současnosti nejčastěji využíváno při bezkontaktních platbách pomocí mobilních telefonů
- OCR (Optical Character Recognition)
 - Převod jakéhokoliv textu na text strojový

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

Jak z názvu kapitoly vyplývá, hlavním tématem následujících stránek bude představení zkoumané výrobní linky a jejích jednotlivých klíčových bodů. Kromě představení je součástí kapitoly i stručný návrh úprav, jež by mohly dané slabiny minimalizovat či zcela odstranit.

Tato práce si klade za cíl vytvořit koncepční návrh úprav výrobní linky s využitím prvků průmyslu 4.0. Kromě popisu těchto úprav byl vytvořen i 3D model a výkresová dokumentace, již tvoří dle dohody s vedoucím práce dva výkresy sestavy a dva výrobní výkresy. Tato dokumentace je k nalezení mezi přílohami práce. Komentář k této dokumentaci je pak součástí seznamu příloh, viz kapitola 8.

3.1 Popis výrobní linky

Pro potřeby práce byla vybrána expediční linka, navržená pro expedici výrobků imaginární firmy XYZ. Výrobky jsou skladovány a expedovány v přepravkách typu Euro E2 o rozměrech 600 x 400 x 200 mm, kdy hmotnost jedné přepravky včetně obsahu nesmí přesáhnout 30 kg.



obr. 9) Přepravka Euro E2 [25]

Naplněné přepravky jsou na expediční úsek dopraveny ve čtyřech stozích po deseti kusech připravených na paletách. Systém v původní konfiguraci dosahuje výkonu až 500 expedovaných přepravek za hodinu, což odpovídá 125 paletám.

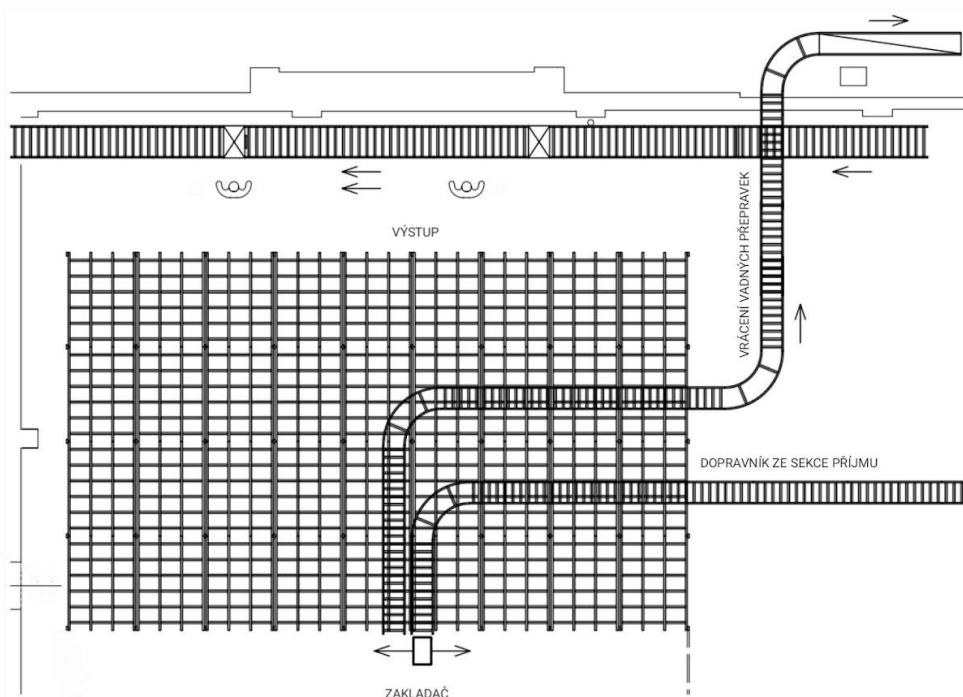
3.1.1 Naplněné přepravky

Přepravky naplněné výrobky jsou na paletách postupně dopraveny automobilovou dopravou do oblasti příjmu. Zde pracovník přepravky po jednotlivých stozích přemístí na modulární pochůzný dopravník, jenž stohy odveze do odstohovače. V něm dojde k automatickému odstohování a přepravky jednotlivě odjíždí do chladírny po dopravníku umístěném nad regálem až k regálovému zakladači, který přepravky rozmístí podle druhu výrobku do příslušné dráhy. Před samotným založením proběhne kontrolní sken čárového kódu na etiketě přepravky. V případě, že přepravce etiketa schází nebo není čitelný čárový kód, případně jsou-li všechny příslušné dráhy zcela zaplněny, odváží zakladač přepravku na dopravník vedoucí zpět do sekce příjmu, odkud je přepravka dle uvážení pracovníka znovu poslána do oběhu.

Úspěšně přijatá přepravka je založena zezadu do spádového regálu, kterým postupně sjíždí směrem k expedičním pracovištím. Zakládání má na starost zakladač, pohybující se po zadní stěně regálu. Jedná se o zařízení, pohybující se ve vertikálním a horizontálním směru a skládající se z rozvaděče, pojezdového vozíku a malého dopravníku, pomocí něhož dochází k samotnému zakládání.

3.1.2 Prázdné přepravky

Prázdné přepravky určené k naplnění výrobky z přepravek v regálech jsou skladovány ve skladu přepravek v sekci příjmu. Odtud je pracovník ručně přesune do chladírny s regálem, kde se nachází expediční dopravník. Na něm obsluha v podobě dvou zaměstnanců postupně plní prázdné přepravky požadovanou skladbou výrobků válcovitého tvaru, které ihned po naplnění kontrolně zváží na jedné ze dvou zabudovaných vah. Po kontrole se přepravky přesouvají z chladírny do oblasti expedice, kde jsou ještě jednou kontrolně zváženy na váze v prostoru expedice. V případě, že má přepravka nesprávnou hmotnost, je obsluhou vrácena k nápravě. V opačném případě obsluha nastaví požadovanou expediční rampu, na kterou mají být přepravky dopraveny.



obr. 10) Půdorys současné podoby regálu [vlastní zpracování]

3.2 Úseky vhodné k úpravě

Na lince se nachází několik úseků, jež nabízí prostor ke zlepšení. Společným znakem těchto úseků je absence automatizace a potřeba pracovní síly.

3.2.1 Příjem

Prvním úsekem vhodným k vylepšení je prostor příjmu. Konkrétně konec dopravníku vedoucího z chladírny, po kterém jsou dopravovány neoznačené nebo přebývající přepravky. V současnosti provádí identifikaci přepravek, jejich označení a následné uvedení zpět do oběhu jeden zaměstnanec. Kromě této činnosti je jeho úkolem i příjem dopravených palet a vkládání jednotlivých stohů do odstohovače. To s sebou nese několik rizik.

V první řadě je na zaměstnance kladen větší tlak nežli v případě, že by měl na starost pouze příjem a přesun stohů. To může mít za následek zpomalení celého příjmu, a tedy i následné expedice zboží. To samé pak lze říci i o situaci, kdy se na pracovišti nachází nezkušený pracovník, který je mnohem náchylnější k chybám (např. špatná identifikace

výrobku a s tím spojené špatné přiřazení etikety), což je navíc umocněno v situacích, kdy výroba dosahuje nejvyššího výkonu.

Dalším rizikem obzvláště v případě zvýšeného provozu je možný „přetlak“ na dopravníku, jímž jsou chybné přepravky vráceny na příjem. V případě, že by došlo k naplnění dopravníku až po zakladač, který by zrovna měl za úkol založit přepravku právě na daný dopravník, mohlo by dojít až k zastavení provozu. Jedná se o poměrně extrémní situaci, s níž je ale i tak třeba počítat.

Řešením těchto obtíží by mohl být dopravník vedoucí kolem stanice s tiskárnou etiket, kontrolní vahou a barevným kamerovým snímačem. Ten dle předem zadaných vlastností a informací na obalu rozezná výrobek nacházející se v přepravce, kontrolní váha zváží jejich hmotnost s odečtením hmotnosti přepravky a tiskárna vytiskne a umístí etiketu s příslušnými údaji v podobě čárového kódu. Poté dopravník nově označenou přepravku dopraví ke kloubovému robotu, jenž přepravku při prvním volném intervalu vloží mezi nově odstohované přepravky na dopravník vedoucí do chladírny.

3.2.2 Vykládání z regálu

Na druhé straně regálu, do něhož jsou zakládány přepravky s výrobky, se nachází pracoviště, na němž dva zaměstnanci vkládají výrobky z přepravek v regálu do prázdných přepravek určených k expedici k zákazníkovi. Zde by bylo vhodné provést úpravu pracoviště z manuálního na plně automatizované. Tento konkrétní návrh řešení bude podrobněji popsán v následující kapitole.

3.2.3 Kontrolní vážení a nakládka do vozidel

V posledním úseku celé linky dochází ke kontrolnímu převážení přepravek a následnému nastavení směru linky ke konkrétnímu vozidlu. Kromě potřeby zaměstnance u kontrolní váhy, který zodpovídá i za správné nastavení směru dopravníku, je také třeba, aby nakládku z dopravníku prováděli sami řidiči vozidel. To představuje poměrně únavnou fyzickou práci, která může u řidičů v kombinaci s nutností nástupu v brzkých ranních hodinách vyústit v následky v podobě snížené pozornosti, a tedy zvýšeného rizika nehody.

4 PODROBNÝ ROZBOR VYKLÁDÁNÍ Z REGÁLU

V této kapitole je podrobněji popsána současná podoba regálu, proces vykládky zboží z tohoto regálu a také konkrétní úpravy, a především prvky průmyslu 4.0, jež by byly na tomto úseku linky použity. Kromě hlavního zvoleného řešení jsou pak zmíněny i další varianty, které byly při vypracování návrhu zvažovány, ale z různých důvodů byly nakonec zavrženy. Na konci kapitoly pak figurují výpočty výkonnosti upravené linky a porovnání rizik, ohrožujících provoz, staré linky a její upravené verze.

4.1 Současná podoba regálu

Regál, do něhož jsou zakládány plné přepravy se momentálně skládá z pěti pater, z nichž se v každém nachází 27 válečkových gravitačních dopravníků. Ty jsou v regálu uloženy se sklonem 2° , čímž je umožněn samovolný pohyb plných přepravek do pozice po odebrání přepravy prázdné. Každá přepravka obsahuje výrobky válcovitého tvaru o délce do 350 mm a šířce 40-53 mm, umístěných v přepravce na šířku.

Na konci každého z dopravníků je umístěn dojezdový plech o délce 415 mm, na jehož konci se nachází dvojitý ohyb, sloužící jako doraz pro přijíždějící přepravy. Plech je navíc skloněn pod úhlem 5° vůči zbytku dopravníku, aby byl umožněn lepší přístup do přepravy. Z tohoto důvodu je rovněž každý z dopravníků o 50 mm delší než dopravník v patře pod ním. Konstrukce regálu dosahuje celkových rozměrů 13 580 x 2 559 x 8 735 mm. Mezi výstupem a dopravníkem vedoucím na nakládací rampu je k dispozici prostor o šířce 2 000 mm, umožňující pohodlný pohyb zaměstnanců. Zároveň takový prostor umožňuje případné úpravy pracoviště.

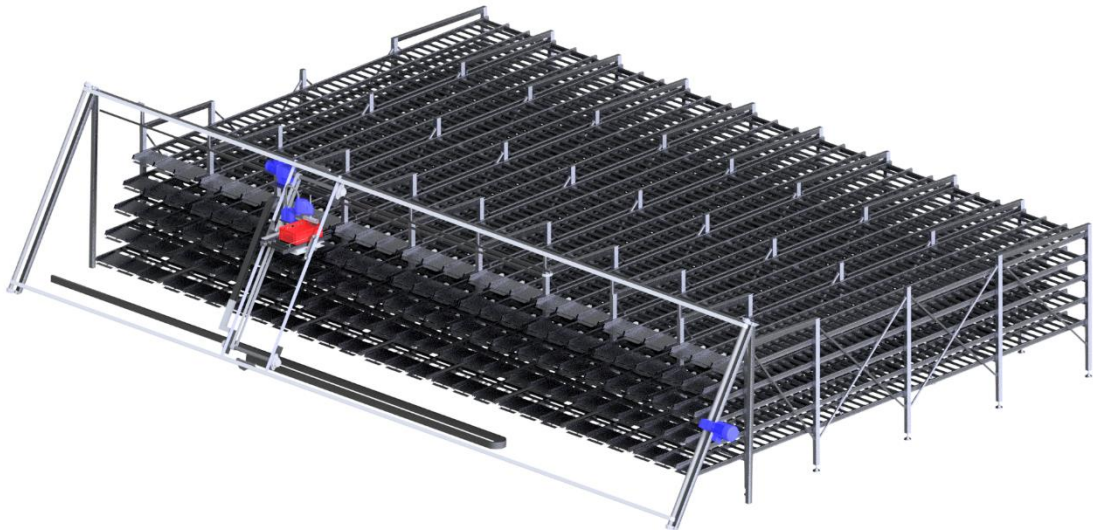
4.1.1 Vykládání zboží

V současnosti probíhá vykládání zboží z regálu následovně: dva zaměstnanci obdrží objednávkové listy se zbožím, jež je třeba naložit do přepravy cestující ke koncovému zákazníkovi. Poté požadované zboží naloží z příslušných regálů do prázdné přepravy, kterou následně zvaží na kontrolní váze. V případě že hmotnost odpovídá, je přepravka odeslána na expedici.

Jakmile je některá z přepravek umístěných v regálu vyprázdněna, musí ji zaměstnanec z regálu vyjmout a umístit na paletu, kterou následně další zaměstnanec odveze do skladu prázdných přepravek. Kromě práce související přímo s expedicí tedy musí zaměstnanci vykonávat i další činnosti, které přímo nesouvisí s vyskladňováním, a tedy samotný proces prodlužuje.

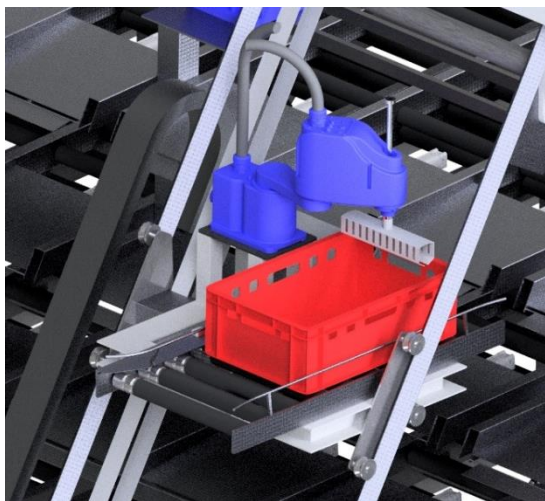
4.2 Návrh řešení

Hlavním cílem této práce je návrh úpravy pracoviště vykládání zboží z regálu za pomoci prvků průmyslu 4.0 a vytvoření jeho modelu v programu Autodesk Inventor Professional. Konkrétní návrh spočívá v přistavení konstrukce, umožňující horizontální a vertikální pohyb pojezdového vozíku, nesoucího malý válečkový dopravník s pohonem v jednom z válečků a přenosem výkonu na další válečky s využitím řemínek s kruhovým průřezem. Mezi válečky by pak byla umístěna dvě pneumaticky ovládaná hrazení, vymezující pozici přepravky na dopravníku.



obr. 11) Celkový pohled navrhovaného řešení [vlastní zpracování]

Dále by byl na pojezdu umístěn SCARA robot Yaskawa SG400 s řídicím systémem, jenž by prováděl překládání konkrétních výrobků z regálu do přepravky. Rovněž je třeba doplnění programu samotné linky, aby mohly být dané úpravy využívány. Součástí tohoto programu by byla i umělá inteligence, jež by sloužila ke zvýšení efektivity a spolehlivosti pracoviště – především formou predikce vývoje skladových zásob, poptávka po nich a také riziko jejich znehodnocení nevhodnými podmínkami. Její konkrétní využití bude představeno později.



obr. 12) Detailní pohled na dopravník vykladače s robotem [vlastní zpracování]

4.2.1 Nástroj robotu

Pro přenos výrobků z jednoho místa na druhé je třeba zvolit vhodný nástroj. Hlavními kritérii je nejen tvar výrobku, ale i jeho konzistence, povrch a hmotnost.

Běžně tyto nástroje dělíme na dva typy:

- Uchopovače
- Manipulátory

Zatímco uchopovače, jak již název vypovídá, slouží čistě k přesunu předmětu z bodu A do bodu B, manipulátory jsou schopny kromě přesunu konat s předmětem i další činnosti.

Uchopovače

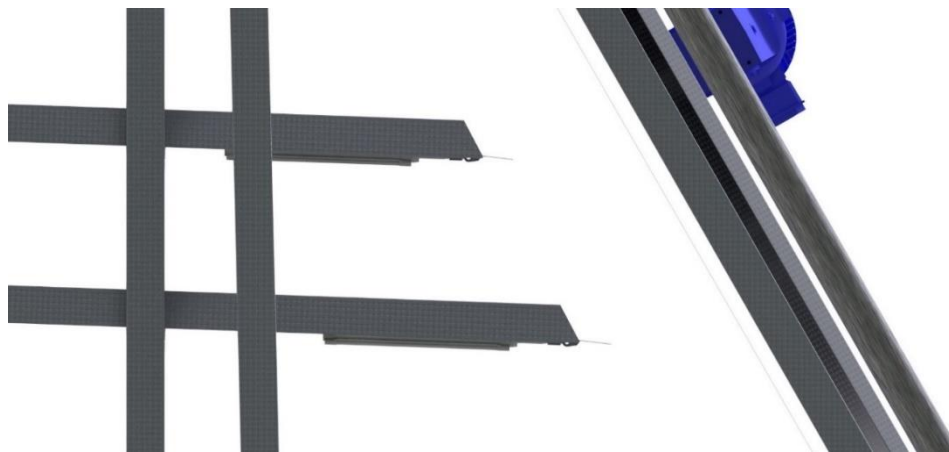
Uchopovače jsou nástroje, využívající pro svou funkci většinou pohon, stlačený vzduch, či magnetismus. Výjimku tvoří jen adhezivní uchopovače, jež jsou ale limitovány drsností (či spíše hladkostí) a rovností povrchu uchopovaného předmětu. Běžně používanými uchopovači jsou pak uchopovače paralelní (případně tříprsté), vakuové a magnetické.

Pro potřeby řešení, jež je součástí této práce, byl zvolen paralelní uchopovač, který nejvíce vyhovuje tvaru přesouvaných výrobků. Z důvodu jednoduché údržby a provozu byl zvolen pneumatický pohon, umožňující rychlé otvírání a zavírání nástroje. Nevýhodou však je nutnost počítat s náklady, spojenými s kompresí vzduchu, potřebného na provoz pneumatických součástí. Rovněž je nutno myslet na tuhost pneumatických hadic, jelikož budou stejně jako kabeláž vedeny kabelovými řetězy, a tedy je nutno řetězy přizpůsobit nejtěžšímu prvku jimi vedeným.

O pohyb uchopovače se stará již zmíněný pneumatický pohon. Jednou z možných variant je pohon od slovenské firmy S.D.A. Hlavní výhodou řešení od této firmy je především dobrá dojezdová doba servisního týmu v případě poruchy či jiného problému.

4.2.2 Konstrukční úpravy

Pro potřeby tohoto řešení je třeba upravit samotnou konstrukci regálu. Prvotní úpravou projde délka válečkových dopravníků tak, aby byly rozdíly mezi jednotlivými patry navýšeny na 200 mm, což umožní pohyb robotu nad přepravkou tak, aby nedošlo ke kolizi s konstrukcí. Rovněž by byly do dopravníku umístěny válečky s brzdným systémem, které by zajistily dostatečný interval mezi odebíranou přepravkou a přepravkou následující tak, aby mělo hrazení dostatek času se uzavřít.



obr. 13) Upravené dopravníky výstupu z regálu [vlastní zpracování]

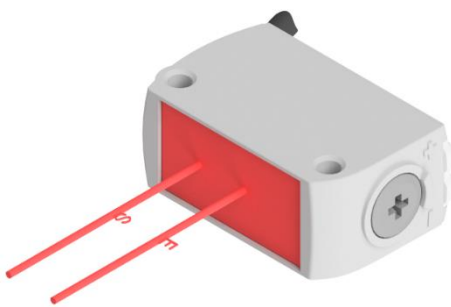
Další úprava konstrukce regálu spočívá v odstranění dvojitého ohybu na dojezdovém plechu a jeho náhrada hrazením, ovládaným pneumatickým pístem, vybaveným indukčními čidly, hlídajícími krajní polohy pístnice.



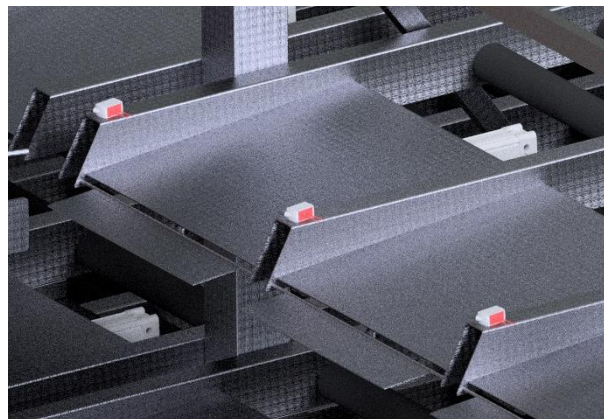
obr. 14) Upravený dojezdový plech a hradítko výstupu z regálu [vlastní zpracování]

Nakonec je třeba upevnit pojezdovou konstrukci k původnímu regálu, k čemuž jsou použity vzpěry z jeklového nosníku, umístěné na každé noze regálu.

Nedílnou součástí úprav je i montáž laserových senzorů na výstupu z regálu, kontrolujících přítomnost přepravky v prostoru hrazení a s tím související možnost hrazení uzavřít. Tyto senzory by pak byly využity i na samotném pojezdu k ovládní hrazení, jež by přepravku určenou k naplnění výrobky udržovalo v požadované pozici. Samozřejmostí je použití těchto senzorů i na všech klíčových místech nově vytvořených dopravníků především na kontrolu stříhu a s tím souvisejících rizik kolizí. Kromě toho by byly do krajních pozic vykladače umístěny koncové spínače zamezující nehodě v případě poruchy pohonu pojezdu.



obr. 15) Laserový dálkoměr [vlastní zpracování]



obr. 16) Umístění čidel na výstupu z regálu [vlastní zpracování]

Aby byla umožněna automatická manipulace s přepravkami, je třeba ještě provést změny v dopravnících na pracovišti. Konkrétní úpravy spočívají v rozdělení současného dopravníku na tři menší. Na všechny části by bylo nutné doplnit pohony, aby bylo umožněno automatizování provozu. Zbytek současného dopravníku by byl přepracován na zásobovací dopravník, jímž by byly naopak prázdné přepravky do oběhu dodávány přímo z jejich skladu. Jakmile si zakladač vyžádá prázdnou přepravku k naplnění, dodá ji tento dopravník z přichystané zásoby.

4.2.3 Program upravené linky

Jak je zmíněno výše, součástí úprav linky je i úprava programu, který zajišťuje chod a funkčnost samotné linky. V současném stavu program kontroluje pouze stav obsazení jednotlivých regálů, nikoliv přesný počet konkrétních výrobků, který je momentálně

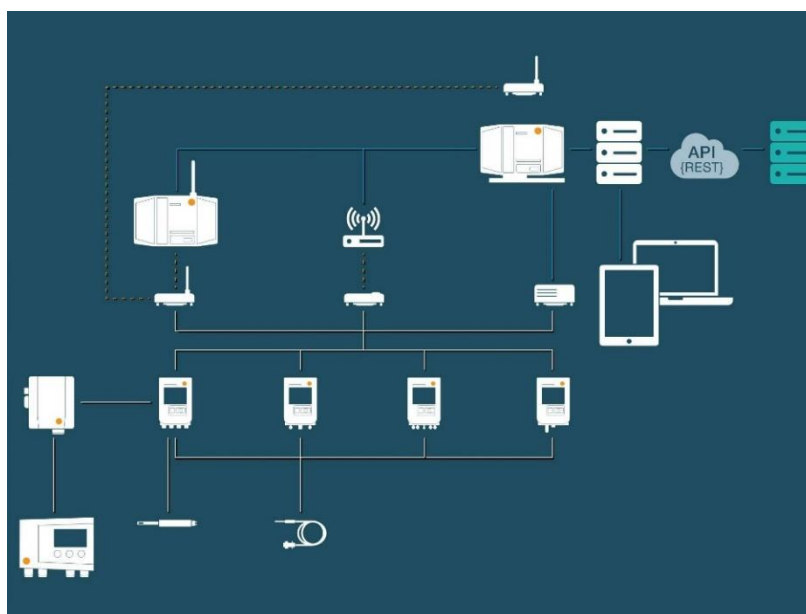
k dispozici. Proto by součástí řešení byla i úprava programu, která při příjmu zboží na expedici umožní zápis změny stavu tohoto zboží do databáze, čehož by následně využíval samotný zakladač.

Součástí informace předané zakladači naskenováním čárového kódu na přepravce jsou kromě typu produktu, který se v přepravce nachází i maximální teplota, ve které může být výrobek uchovávan, jeho doba trvanlivosti a přibližná hmotnost uložených výrobků.

V průběhu dne je vyhodnocována trvanlivost u každé řady v regálu a v případě, že se někde nachází výrobky s blížící se dobou expirace, zobrazí se obsluze varovná hláška, oznamující tuto skutečnost. Obsluha tak bude mít dostatek času připravit se na likvidaci těchto výrobků, která probíhá vždy na konci pracovní doby.

Podobně by pak systém pracoval i s informací o skladových zásobách v jednotlivých přepravkách, respektive v celém regálu. Při načítání informací z přepravky je totiž systémem upravena informace nejen o celkovém počtu výrobků v regálu, ale i jejich rozdělení do jednotlivých přepravek, jejichž množství je rovněž kontrolováno. Tyto informace jsou pak průběžně zobrazovány na informačním panelu obsluhy, která tak má neustálý přehled o zaplnění skladu.

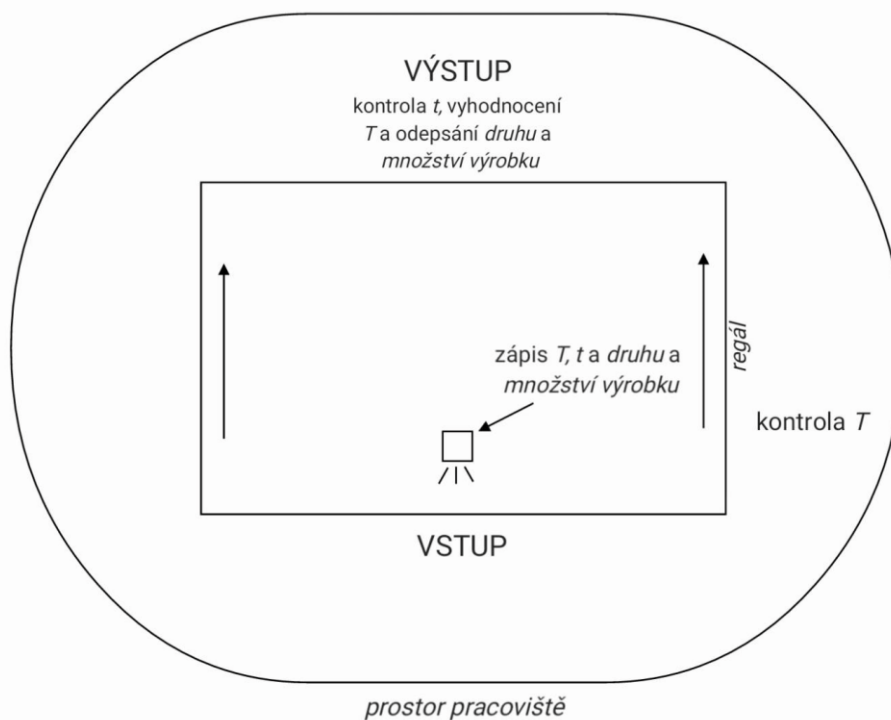
Nakonec je pak systémem vyhodnocována již zmíněná teplota uskladnění. Jelikož jsou v tomto regálu uložené výrobky, jež při pokojové teplotě podléhají poměrně rychlé zkáze, je nezbytné co možná nejdůkladněji dodržovat povolené intervaly teplot, ve kterých mají být výrobky ukládány. Zda jsou tyto teplotní intervaly dodrženy bude hlídat systém monitorování prostředí *Saveris V3* od společnosti *testo*. Tento systém mimo jiné umožňuje dlouhodobě přesné sledování nejen teploty, ale i dalších klimatických podmínek na pracovišti, jako je tlak či vlhkost. Dále pak systém umožňuje přenos těchto dat v rámci již existující síťové infrastruktury (WiFi, rádiové vlny, Bluetooth) a jejich zálohu, což poskytuje ochranu proti kompletní ztrátě dat v případě výpadku dodávek energie či jiných závad a poruch. Nakonec je pak systém vybaven audiovizuálními alarmy, jež upozorní obsluhu s dostatečným předstihem na riziko překročení kritických hodnot, aby bylo možno zabránit (či alespoň snížit) ztráty výrobků.



obr. 17) Schématické zobrazení řešení *testo Saveris V3* [26]

V případě, že odstranění problémů potrvá delší dobu, dostane obsluha opět s předstihem informací o druhu a počtu ohrožených výrobků, aby se včas mohla nachystat na likvidaci zásob a jejich případné doplnění.

Na závěr podkapitoly je třeba zmínit, že součástí programu by nebyla kontrola uchopení výrobku uchopovačem robotu. V koncepčním návrhu se počítá s tím, že při odebrání výrobku z přepravky ve skladu stačí uchopovač umístit do stejné pozice pro každý výrobek, jelikož se přepravka nachází ve skladu pod úhlem, a tedy se v ní výrobky vlivem působení gravitace přesunou vždy do krajní pozice na dně přepravky. Zároveň pak při ukládání do přepravky na vykladači, která je umístěna ve vodorovné poloze, lze počítat s tím, že výrobky se naopak v rámci přepravky pohybovat nebudou, a tedy lze do programu robotu definovat konkrétní pozice, do kterých jsou výrobky ukládány. V případě provedení návrhu konstrukčního je pak možno uvažovat o vizuální kontrole uchopení výrobku za pomoci kamery. Takové řešení by bylo možno aplikovat po uvedení do zkušebního provozu a ověření spolehlivosti aktuálního řešení.



obr. 18) Schéma provozu regálu [vlastní zpracování]

4.2.4 Tok informací v rámci pracoviště

Celkově lze tok informací shrnout následovně. Při naskladňování dojde k načtení informací o výrobcích obsažených v přepravce. Tyto informace jsou pak přes místní síť předány řídicímu a kontrolnímu programu linky, který aktualizuje stav skladových zásob a začne kontrolovat dobu expirace výrobků a také dodržení podmínek skladování jednotlivých výrobků. Zároveň jsou tyto informace průběžně předávány obsluze.

Při vykládání z regálu jsou pak opět využívána data, získaná průběžnou kontrolou podmínek na pracovišti a doby expirace.

4.2.5 Využití AI

Jedním z velkých témat průmyslu 4.0 je i využití umělé inteligence (jinak také AI) a strojového učení. V rámci tohoto projektu by toto našlo využití v několika případech.

Prvním z nich je predikce vývoje skladových zásob nejen na základě doby trvanlivosti jednotlivých výrobků, ale i na datu či dokonce denní době. Zůstaneme-li u predikce na základě denní doby a data, lze ji shrnout následovně: Program průběžně analyzuje poptávku po jednotlivých výrobcích v souvislosti s tím, v jakou dobu v rámci roku se momentálně nacházíme. Následně po získání a analýze dostatečného množství dat je pak program schopen s dostatečným předstihem předvídat, zda a jak velká bude poptávka různých druhů výrobků. Tyto informace pak může společnost využít k zadání výroby ještě předtím, než obdrží objednávky. S takto nachystanými zásobami pak po obdržení objednávek v případě potřeby doplní chybějící zboží, což vedení společnosti umožní lépe rozvrhnout obsazení směn zaměstnanci a celkově zlepšit plánování fungování provozu. Rovněž takto lze i určit regály, do kterých se každý výrobek bude ukládat takovým způsobem, aby bylo dosaženo co nejkratších potřebných časů pohybu vykladače. Umístění výrobků by vzhledem k rozvržení upraveného pracoviště kopírovalo Gaussovu křivku, tedy výrobky s největším odbytem by byly ukládány do středu skladu a postupně by se směrem ke krajům skladu frekvence expedice výrobků snižovala.

Dalším využitím predikce je již dříve zmíněná průběžná analýza podmínek ve skladu. Konkrétní veličinou, jež je kontrolována, je teplota, od níž se odvíjí trvanlivost všech výrobků. Na základě získaných dat pak lze upravovat výkon chladicího zařízení tak, aby nedošlo k překročení maximální povolené teploty, ale ani aby nebyly výrobky zbytečně vystaveny mrazu.

V případě, že by úprava výkonu zařízení nepomohla, navrhne program možnou příčinu a způsob její nápravy. Od uvedení do provozu je program vybaven základní nabídkou řešení, ze kterých si v případě problému může obsluha či údržba vybrat a z počátku provozu po napravení závady určit, která z těchto možností byla účinná a závadu odstranila. Program si pak tyto volby pamatuje a s postupem času při splnění podmínek sám navrhne konkrétní nápravu. V případě, že takto zvolená náprava problém nevyřeší, má pak obsluha možnost do paměti zadat vlastní řešení a program si toto řešení uloží a v případě opakování situace jej navrhne spolu s přednastavenými možnostmi.

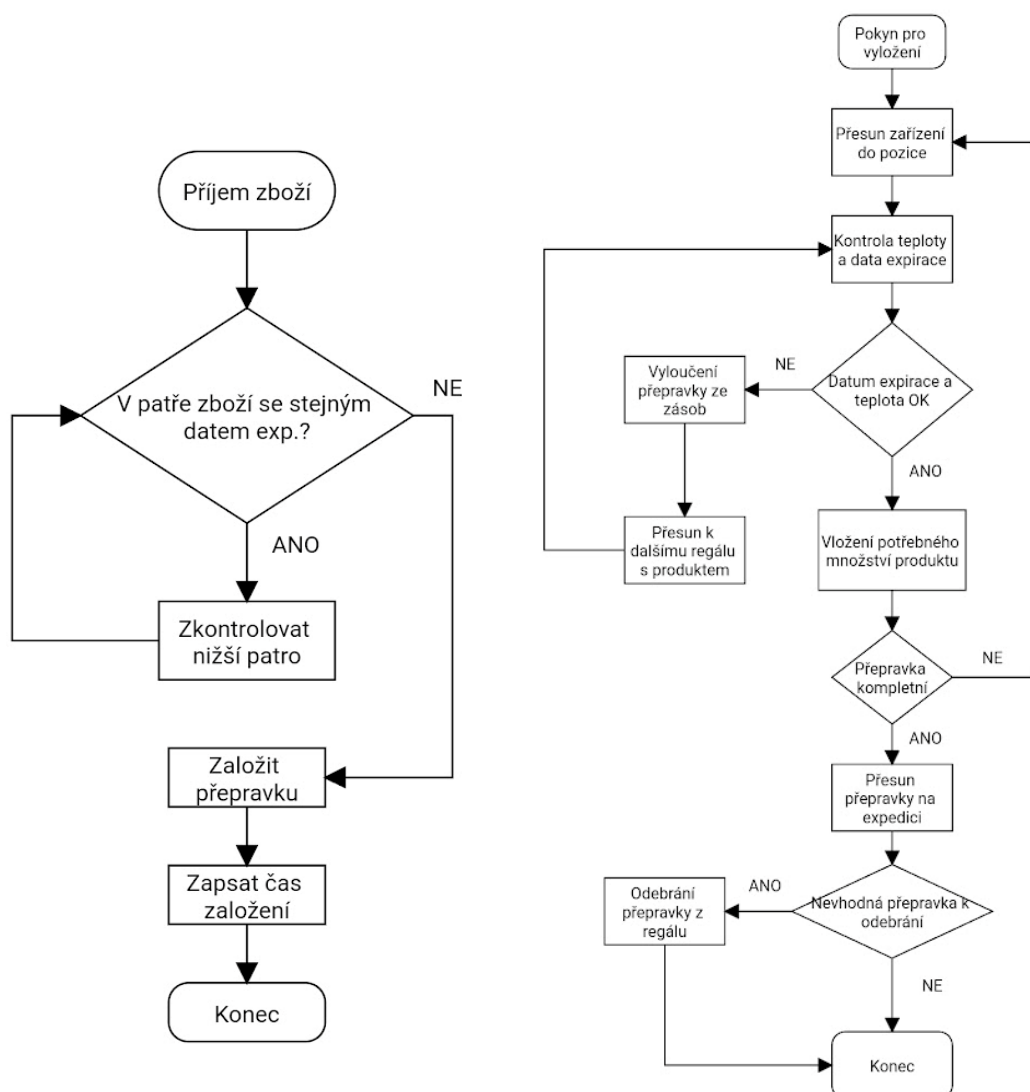
Díky zautomatizování kontroly podmínek a návrhu řešení případných problémů lze využít zaměstnance, kteří by jinak museli trávit čas průběžnou kontrolou, k dalším činnostem. Rovněž by díky tomu mělo dojít ke zvýšení výkonu pracoviště, jelikož předejitím výskytu nevhodných podmínek dojde ke zkrácení doby potřebné k likvidaci znehodnocených produktů a celkovému snížení jejich množství.

4.2.6 Příklad funkce vykladače

Do regálu jsou uloženy přepravky, obsahující výrobek A, B a C. Při vkládání je naskenováno, jaký výrobek daná přepravka obsahuje a podle toho je zařazena do příslušného regálu. Informace získané při zakládání jsou nadále využívány při vyskladňování. Právě přijatá ukázková objednávka vyžaduje vložení 3 kusů výrobku A, 2 kusů výrobku B a 1 výrobku C. Vykladač tedy přejede do pozic, ze kterých odebírá dané výrobky. Následně tyto odebrané výrobky zanesou do databáze, díky čemuž bude mít při naplňování další přepravky informaci o tom, jaké množství výrobku se v daném regálu nachází.

Jakmile dojde k naplnění přepravky, odjíždí vykladač do pravé krajní pozice, kde opět dojde ke spuštění jeho dopravníku a přepravka je převezena na dopravník, na kterém cestuje nejprve na kontrolní váhu a následně na expediční rampu.

V momentě, kdy vykladač obdrží informaci o vyprázdnění některé z přepravek v regálu, vyexpeduje přepravku, kterou aktuálně plní výrobky a přesune se do pozice, ve které se nachází prázdná přepravka. Následně dojde k otevření hradítka na této pozici a odsunu prázdné přepravky na dopravník vykladače. Jakmile přepravka opustí prostor dojezdu, hradítko se uzavře a vlastní tíhou se do pozice přesunou přepravky plné. Vykladač mezitím odjíždí s prázdnou přepravkou do levé krajní pozice, kde po zastavení dojde k sepnutí pohonu jeho dopravníku a přepravka je pomocí dopravníku odvezena k pracovišti, ze kterého je odebrána pomocí robotického ramene a umístěna na paletu, kterou po naplnění zaměstnanec odváží do skladu prázdných přepravek k dalšímu využití.



obr. 19) Diagram příjmu (vlevo) a vykládky výrobků [vlastní zpracování]

4.2.7 Pohyb vykladače po regálu

Pohyb celého zařízení vykladače probíhá ve dvou osách, a sice vertikálně a horizontálně. Oba tyto pohyby zajišťují asynchronní elektromotory, jež svůj výkon přenáší na

vykladač pomocí ozubených řemenů. Přesnost pohybů zajišťují na každém z motorů umístěné encodery, jež snímají otáčky motoru a ty pak převádějí na informaci o poloze zařízení. U takového řešení je ovšem třeba z dlouhodobého hlediska nutno počítat se vzrůstající mírou nepřesnosti, a proto je třeba encodery pravidelně kalibrovat. Nabízela by se kalibrace buď s využitím indukčního senzoru či čtečky QR kódu. V obou případech by ovšem bylo vhodné referenční bod umístit na středovou pozici zařízení, aby se předešlo kolizi právě z důvodu nepřesného výpočtu pozice. V kombinaci s již zmiňovaným využitím AI, jež přiřazuje střední regály nejčastěji expedovaným výrobkům, by takové umístění zajišťovalo více než dostatečnou frekvenci kalibrace.

Při porovnání obou zmíněných variant je třeba vzít v úvahu několik faktorů. Mezi hlavní nepochybně patří odolnost vůči okolním vlivům. U indukčního senzoru je téměř nemožné, že by snímač nezafungoval z důvodu přítomnosti překážky. To se ovšem nedá říci o čtečce QR kódů, u níž i menší znečištění dokáže zabránit načtení kódu.

Dalším faktorem při výběru metody reference je i přesnost zvažované metody. Ačkoliv je indukční senzor velmi spolehlivý, co se poškození či zaclonění překážkou týče, setkáme se u něj s rizikem vyrušení elektromagnetického záření ať už vinou jiných zařízení, tak i změnou podmínek na pracovišti a s tím spojenou změnou indukčnosti materiálů. Přesto by měl indukční senzor poskytnout celkově lepší spolehlivost a efektivitu reference polohy zařízení.

4.2.8 Kontrolní vážení

Součástí expedice je i kontrolní vážení naplněné přepravky, zda nedošlo k chybě a nebyl kupříkladu vynechán (nebo naopak přidán navíc) některý z objednaných výrobků. Každá uskladněná přepravka obsahuje informaci o druhu a celkové hmotnosti v ní uložených výrobků. Rovněž jsou u výrobků známy průměrné hmotnosti, kterých výrobky dosahují. Na základě těchto informací je pak vypočítána přibližná hmotnost, kterou by expedovaná přepravka měla mít. Vzhledem k tomu, že se jedná o pouze orientační vážení, jež pracuje s průměrnými hodnotami, není potřeba nikterak vysoká přesnost vážení. Nabízí se tedy možnost určité úspory financí vyhrazených na tento projekt.

Umístění váhy by bylo hned při výstupu z vykladače, aby byla možná případná náprava chyby bez nutnosti zásahu obsluhy či potřeby druhé dráhy, kterou by cestovaly přepravky, než by se naskytla možnost provést nápravu.

Váha samotná by pak měla podobu vážicího válečkového dopravníku. Jak již bylo zmíněno, nebylo by nutné nijak zvlášť přesné řešení, lze tedy zvolit produkt menší firmy, která nemusí mít prostředky ani technologie potřebné k výrobě takto přesných vah.

4.3 Zvažovaná varianta úprav

Před samotným zahájením vypracování návrhu byly zvažovány dvě varianty jednotlivých úprav. V obou variantách bylo zvažováno využití SCARA robotu, který by obstaral vykládku výrobků ze skladu do přepravek určených k expedici. Rozdílná by ovšem byla podoba regálu, kdy by byly dopravníky naopak zarovnané tak, aby se mohl vykladač po regálu pohybovat ve svislé poloze a tím snížit zatížení mimo osu pohybu. Přepravky ze skladu by byly vždy dle potřeby spuštěny na dopravník pojezdu, kde by z nich pak robot odebíral výrobky a vkládal by je do přepravky nachystané na dopravníku v místech současné polohy pracoviště zaměstnanců. Poměrně významnou komplikací by pak ovšem bylo vrácení nevyprázdněných přepravek zpět do skladu. Nejen že by bylo nutné zajistit udržení zbylých

přepravek v poloze, aby byl zachován prostor pro zpětné zasunutí přepravky, ale také by bylo třeba nahradit dojezdový plech krátkým poháněným válečkovým dopravníkem, který by od dopravníku na pojezdu převzal přepravku a dokončil její přesun zpět do skladu. Mimo to by pak bylo nutné doplnit hrazení hlouběji do skladu, které by, jak už bylo zmíněno, udrželo přepravky na místě, mezitím co by bylo manipulováno s přepravkou, která je první v pořadí. To by ovšem vzhledem k malému prostoru znamenalo výrazně dlouhé zastavení provozu, které by si komplikovaný přístup do tohoto prostoru, nutný pro montáž, vyžádal.

Další výraznou komplikací tohoto řešení by bylo také výrazné zpomalení, způsobené nutností překonání dvakrát tak dlouhé trasy při každé změně překládaného výrobku. Možností, jak tuto komplikaci eliminovat by bylo využití kombinace obou variant, a sice umístění druhého dopravníku na pojezd, kde by byla umístěna plněná přepravka. To by s sebou ovšem neslo výrazné zvýšení hmotnosti a rozměrů celé konstrukce, což by pak vyžadovalo nejen prostorové úpravy pracoviště a konstrukce samotné, jako je úprava půdorysu skladu, ale především využití vhodnějších materiálů a snížení rychlosti pohybu pojezdu. Změna materiálů by s sebou nesla znatelné zvýšení nákladů na výrobu a snížení rychlosti pohybu by opět, byť ani zdaleka ne tak výrazně, snížilo výkonnost pracoviště v porovnání s nakonec zvolenou úpravou.

4.4 Porovnání původního řešení se zvolenou úpravou

Tak jako je tomu u každého nově zaváděného řešení, je i v tomto případě nutné porovnat vlastnosti obou variant a zhodnotit, zda je nové řešení efektivní a vyplatí se snaha o jeho realizaci.

4.4.1 Vyhodnocení rizik

První oblastí, kde budou řešení porovnávána, je vyhodnocení možných rizik s nimi spojených a závažnosti důsledků, které z těchto rizik vyvstávají. Jednotlivá rizika a jejich důsledky budou bodově ohodnoceny následovně:

- Pravděpodobnost výskytu
 - 1-2 ... téměř nulová pravděpodobnost (0 % - 19 %)
 - 3-4 ... menší pravděpodobnost (20 % - 39 %)
 - 5-6 ... střední pravděpodobnost (40 % - 59 %)
 - 7-8 ... vyšší pravděpodobnost (60 % - 79 %)
 - 9-10 ... vysoká pravděpodobnost (80 % - 100 %)
- Dopad rizika
 - 1-2 ... minimální dopad
 - 3-4 ... méně významný dopad
 - 5-6 ... významný dopad
 - 7-8 ... velmi významný dopad
 - 9-10 ... kritický dopad

Po ohodnocení pravděpodobnosti jednotlivých rizik a jejich dopadů budou tato hodnocení přepočítána do celkové hodnoty rizika dle následujícího vzorce:

Hodnocení rizika = Pravděpodobnost výskytu * Závažnost důsledku

$$R = P \times D$$

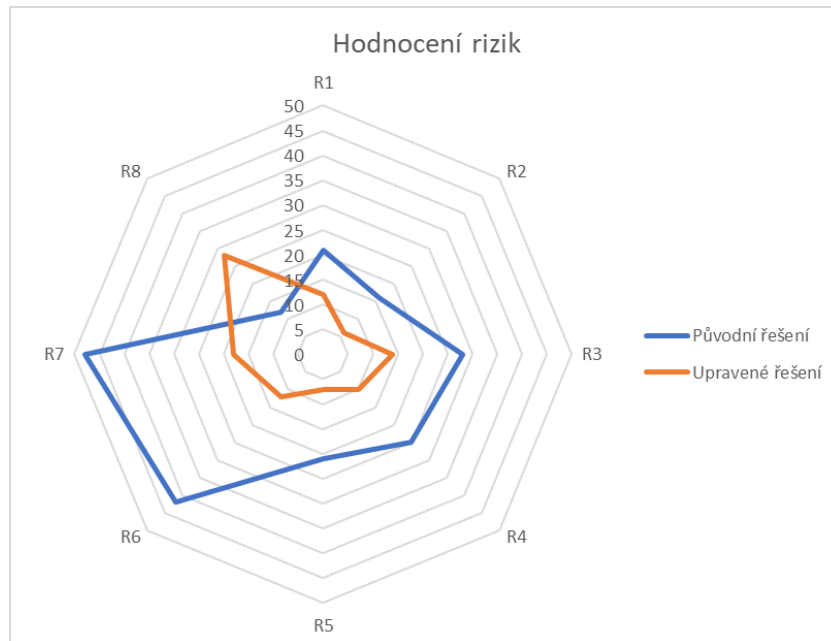
Výsledky obou řešení jsou pro přehlednost uspořádány do tabulek a porovnávána s využitím paprskového grafu.

tab. 1) Klasifikace rizik současného řešení [vlastní zpracování]

ID	Situace	Důsledek	Pravděpodobnost výskytu	Závažnost důsledků	Hodnocení rizika
R1	Absence zaměstnance	Snížení výkonnosti linky	3	7	21
R2	Záměna výrobku	Vrácení přepravky k opravě	4	4	16
R3	Záměna výrobku	Reklamacie od zákazníka	4	7	28
R4	Odcizení výrobku zaměstnancem	Finanční ztráta	5	5	25
R5	Konflikt zaměstnanců na pracovišti	Snížení výkonnosti linky	5	7	35
R6	Pracovní úraz	Absence zaměstnance	6	7	42
R7	Pracovní úraz	Finanční ztráta (nemocenská, snížení produktivity linky)	6	8	48
R8	Nedostatečné proškolení zaměstnanců	Nevhodné zacházení se zařízením	3	4	12
Celkem	-	-	-	-	227

tab. 2) Klasifikace rizik po provedení úprav [vlastní zpracování]

ID	Situace	Důsledek	Pravděpodobnost výskytu	Závažnost důsledků	Hodnocení rizika
R1	Absence zaměstnance	Potřeba proškolené náhrady	3	4	12
R2	Záměna výrobku	Vrácení přepravky k opravě	2	3	6
R3	Záměna výrobku	Reklamacie od zákazníka	2	7	14
R4	Odcizení výrobku zaměstnancem	Finanční ztráta	2	5	10
R5	Konflikt zaměstnanců na pracovišti	Snížení výkonnosti linky	1	7	7
R6	Pracovní úraz	Absence zaměstnance	3	4	12
R7	Pracovní úraz	Finanční ztráta (nemocenská, snížení produktivity linky)	3	6	18
R8	Nedostatečné proškolení zaměstnanců	Poškození zařízení, potřeba servisu	4	7	28
Celkem	-	-	-	-	107



graf 1) Srovnání rizik obou variant řešení [vlastní zpracování]

Z tabulek a grafu uvedených výše vyplývá, že největší slabinou současného řešení je lidský faktor. Nejen že je provoz a výkonnost linky zcela závislá na počtu přítomných zaměstnanců, kdy v případě absence, byť jen jednoho z nich, produktivita velmi znatelně utrpí, ale zároveň i během provozu neustále hrozí nehody, jež mohou vyústit až v pracovní úraz. Mimo to je třeba vzít v potaz i vysoké požadavky na produktivitu, které mohou spolu s dlouhou pracovní dobou rozdmýchat konflikt mezi zaměstnanci, který, ačkoliv je jeho pravděpodobnost velmi malá, dokáže ochromit provoz a zkomplikovat práci v budoucnu.

Na druhou stranu ani nové řešení není zcela bez rizik. Největší jeho slabinou jsou potenciálně nevyškolení zaměstnanci, kteří by v případě nevhodného zacházení mohli zařízení poškodit do takové míry, že by jej bylo nutné na určitou dobu zcela vyřadit z provozu, dokud by nedošlo k jeho opravě či nahrazení.

Celkové srovnání obou řešení bylo po propočítání jednotlivých hodnot rizik provedeno následným součtem jednotlivých hodnot v rámci jednoho řešení, viz poslední řádek obou tabulek.

Z tabulky i grafu nicméně vychází i přes hůře hodnocené riziko R8 jako výrazné vylepšení upravené zařízení.

4.4.2 Porovnání výkonnosti

V současné konfiguraci je linka spolu se zaměstnanci schopna vyexpedovat přibližně 120 přepravek za hodinu. Výkonnost se pak odvíjí jednak od konkrétních zaměstnanců, kteří se v daný moment pohybují po pracovišti a také od složení objednávek, které jsou z regálu expedovány.

V případě upraveného pracoviště dosáhneme mnohem vyšších rychlostí nejen pohybu robotu, a tedy překládání výrobků z regálu do expedovaných přepravek, ale i pohybu samotného vykladače v porovnání s lidmi. Kromě vyšší rychlosti se upravené řešení pohybuje s jistotou a přesností, jelikož na rozdíl od člověka má neustále přehled o stavu zboží v regálu a také o pozicích, na kterých se dané zboží nachází.

Pro potřeby porovnání byl použit teoretický scénář. V něm uvažujeme situaci, kdy musí vykladač pro vložení jednoho druhu výrobku do přepravky urazit vzdálenost, odpovídající diagonále z jednoho horního rohu regálu do protějšího spodního. Po dokončení pohybu provede vykladač přeložení šesti kusů jednoho druhu výrobku a následně provede znovu tento přesun a do přepravky doplní dalších šest kusů výrobku druhu jiného. Zároveň je v případě rotací os robotu uvažována nejnižší úhlová rychlost a největší možný úhel rotace.

Prvním krokem při výpočtu bylo určení rychlostí jednotlivých směrů pohybu, tedy vertikálního a horizontálního pohybu vykladače a pohybu válečků dopravníku vykladače. U obou pohybů vykladače se jedná o pohyb zajištěný hřídelí, přenášející krouticí moment z asynchronního motoru na kola řemenice. V případě válečků se pak jedná o klasický přenos energie s využitím řemenů s kruhovým průřezem. Parametry pohonů jsou uvedeny v tabulce 3.

tab. 3) Parametry pohonů vykladače [vlastní zpracování]

	Vertikální pohyb	Horizontální pohyb	Dopravník vykladače
Průměr kola/válečku [mm]	90	90	50
Výstupní otáčky [min ⁻¹]	484	351	573
Obvodová rychlost [m*s ⁻¹]	2,28	1,65	1,5

Následují dílčí výpočty pro jednotlivé pohyby. U každých pohybů a činností vykonávaných vykladačem byl spočítán čas potřebný na každý z nich. Tyto časy pak byly sečteny tak, aby byl získán celkový čas potřebný na vložení prázdné přepravky na vykladač, její naplnění 12 výrobky a její odeslání na expedici.

Kontrolovaná dráha (diagonála)

Čas potřebný na překonání kontrolované dráhy byl získán podílem délky této dráhy rychlostí, kterou vykladač v tomto směru vyvine.

$$t_{dia} = \frac{s_{dia} [m]}{v_{dia} [m \cdot s^{-1}]} = \frac{\sqrt{s_{ver}^2 + s_{hor}^2}}{\sqrt{v_{ver}^2 + v_{hor}^2}} = \frac{\sqrt{1,6897^2 + 12,920^2}}{\sqrt{2,28^2 + 1,65^2}} = 4,6 \text{ s}$$

Vykladač tedy v případě nejdelší možné dráhy tuto vzdálenost překoná za přibližně 4,6 s.

Pohyb robotu a nástroje

V této části je počítán celkový čas potřebný k přesunu nástroje z prostoru nad přepravkou určenou k naplnění nad přepravku v regálu, přesun nástroje do potřebné výšky, uchopení výrobku a jeho přesun do naplňované přepravky.

Níže byly spočítány časy jednoho vertikálního přesunu nástroje, rotace ramene robotu a jednoho sepnutí nástroje.

tab. 4) Parametry pohybu robotu vykladače [vlastní zpracování]

Vzdálenost nástroje [mm]	Rychlost přesunu nástroje [mm*s ⁻¹]	Nejnižší úhlová rychlost rotace [°*s ⁻¹]	Největší úhel rotace ramene [°]
203,2	1200	740	136

$$t_{přes} = \frac{s_{přes}}{v_{přes}} = \frac{203,2}{1200} = 0,17 \text{ s}$$

$$t_{rot} = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{136^\circ}{740^\circ \cdot \text{s}^{-1}} = 0,18 \text{ s}$$

$$t_{nást} = 0,2 \text{ s}$$

Celkový čas vyložení šesti kusů jednoho výrobku včetně přejezdu mezi dvěma pozicemi

V tomto výpočtu vystupují následující hodnoty:

- Čas potřebný k překonání dráhy pojezdu
- Čtyřnásobek času potřebného k vertikálnímu přesunu nástroje – je započítán pohyb dolů do vykládané přepravky, pohyb nahoru nad přepravku a následný pohyb dolů do expedované přepravky a opět pohyb nad plněnou přepravku
- Dvojnásobek času rotace – jde o pohyb směrem k regálu a zpět nad vykladač
- Dvojnásobek času sepnutí nástroje – počítáno zavření s výrobkem a otevření v expedované přepravce

$$t_{celk} = t_{dia} + 6 \cdot (4 \cdot t_{přes} + 2 \cdot t_{rot} + 2 \cdot t_{nást}) = 4,6 + 6 \cdot (4 \cdot 0,17 + 2 \cdot 0,18 + 2 \cdot 0,2) = 13,24 \text{ s}$$

Čas potřebný k naplnění jedné přepravky 12 výrobky, včetně příjmu prázdné a vyskladnění naplněné přepravky

Pro tento výpočet je třeba znát nejen čas potřebný k vložení jednoho druhu výrobku, ale i čas, jaký je potřeba na vložení prázdné přepravky na vykladač a její vyskladnění po naplnění. Toho je dosaženo podílem vzdálenosti, kterou musí přepravka na dopravníku urazit včetně rezervy o velikosti 50 mm, a obvodové rychlosti válečků dopravníku.

$$t_{dopr} = \frac{s_{dopr}}{v_{dopr}} = \frac{1,1}{1,5} = 0,7 \text{ s}$$

$$t = 2 \cdot t_{dopr} + 2 \cdot t_{celk} = 27,9 \text{ s}$$

Celková výkonnost vykladače

Nakonec je pro výpočet celkové výkonnosti nutno časem t vydělit počet sekund v jedné hodině. Výpočet tedy vypadá následovně:

$$P = \frac{h}{t} = \frac{3600}{27,9} = 129,0 [-]$$

Celková výkonnost tedy byla vyčíslena na 129 přepravek za hodinu. Oproti současnosti jde sice jen o mírné zvýšení výkonnosti, avšak jedná se pouze o modelovou situaci, uvažující nejméně vhodné podmínky, kdy by nakládání dvanácti výrobků dvou různých druhů probíhalo ze dvou nejvzdálenějších přepravek tak, že po dojetí k jedné přepravce dojde k naplnění šesti výrobky a následně dojde k přesunu do druhé pozice. Reálná výkonnost bude i přes započítání času potřebného pro vyskladnění prázdných přepravek z regálu výrazně vyšší, jelikož v běžném provozu by došlo k využití AI, jež by výrobky uskladňovala tak, že nejčastěji expedované by se nacházely uprostřed regálu a vykladač by tak nemusel urazit takové vzdálenosti.

4.5 Simulace funkčnosti nového řešení

Před aplikací samotného řešení je žádoucí si ověřit, zda je řešení funkční a zda jeho zavedením dojde ke zvýšení efektivity. U řešení, spoléhajícího se pouze na automatizaci a robotizaci bez využití prvků průmyslu 4.0 jde o poměrně snadný úkon, jehož provedení umožňuje množství aplikací k tomu určených. Jedná se kupříkladu o program *Tecnomatix Plant Simulation Foundation* od společnosti *Siemens*.

Nemalou komplikaci ovšem představuje využití AI, která na základě využití jednotlivých výrobků průběžně upravuje rozložení skladu. Takováto simulace by již byla časově i finančně velmi náročná, a pro většinu zákazníků by neměla smysl. Proto by přicházela v úvahu možnost provést simulaci na základě dlouhodobého sledování pohybu výrobků v rámci skladu a odhadu vývoje v rámci provozu. Jednalo by se ovšem jen o orientační simulaci, která by neměla být brána jako stěžejní faktor při rozhodovacím procesu spojeném se zavedením řešení.

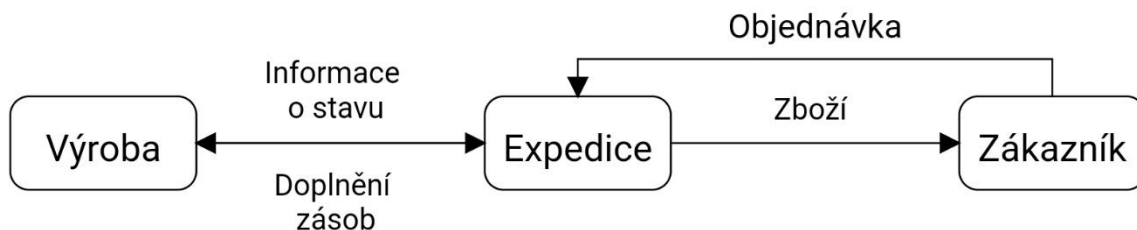
4.6 Distribuce výroby

Jelikož se společnost provozující tuto linku věnuje výrobě široké škály výrobků, lze její fungování popsat jako distribuovanou výrobu. To ve zkratce snižuje riziko celkového selhání výroby při poruše či jiné komplikaci na některém z pracovišť. Bohužel se takto decentralizovaná výroba postupně spojí v jeden expediční sklad, na němž se nachází právě zpracovávaná linka. To může v případě delší poruchy či údržby znamenat ohrožení zásobování koncových zákazníků. Proto by bylo vhodné do budoucna investovat do rozšíření současného expedičního skladu o nový záložní sklad, či rovnou postavení zcela nového skladu, který by byl schopen v podstatě okamžitého alespoň částečného záskoku v případě plánované údržby, případně při nečekaném výpadku přizpůsobení se podmínkám do pár hodin.

Dalším velkým tématem, spojeným s distribucí výroby, je přenos informací mezi jednotlivými body procesu. Pro zjednodušení komunikace je třeba sjednotit informační systémy a způsob, jakým mezi sebou jednotlivé body procesu komunikují. Především je nutné, aby byl v rámci procesu přístup ke každé informaci v každém bodě.

Samotná komunikace by pak probíhala následovně:

1. Zákazník provede objednávku a informace o ní jsou doručeny expedičnímu skladu.
2. V případě, že má sklad dostatečné zásoby, okamžitě zboží expeduje. Zároveň eviduje úbytek konkrétních výrobků ve skladových zásobách. Tuto informaci pak obdrží i výroba, která na základě této informace začíná vyrábět daný výrobek k doplnění zásob.
3. V momentě, kdy by sklad nedisponoval dostatečnými zásobami, byla by ihned urgována žádost o doplnění výrobků tak, aby byla pokryta poptávka. Taková situace by však po většinu času neměla nastat, vzhledem k neustálému monitoringu zásob a vyhodnocování poptávky dle běžného vytížení (viz kapitola Využití AI).



obr. 20) Schématické znázornění distribuce výroby [vlastní zpracování]

4.7 Nezbytné technické normy

Jak bylo zmíněno dříve a jak vyplývá z předchozího textu, tato práce se zabývá strojírenstvím pro potravinářský průmysl. Proto je u těchto strojů a zařízení kladen velký důraz především na hygienické a bezpečnostní normy, aby byla kromě bezpečnosti zaměstnanců zajištěna i bezpečnost a nezávadnost potravin, s nimiž tyto stroje přichází do kontaktu.

Konkrétní normy, týkající se tohoto konkrétního případu, jsou pak kromě běžně aplikovaných norem právě i normy bezpečnostní a hygienické. Jmenovitě jde o následující:

- ČSN EN 1672-1
- ČSN EN 1672-2

Obě tyto normy mají ve svém názvu explicitně řečeno, že jde o normy zabývající se potravinářskými stroji.

ČSN EN 1672-1

Část první se zabývá bezpečnostními požadavky na „potravinářské stroje, jež nejsou pokryty zvláštní strojní normou“ a v souvislosti s nimi řeší především nebezpečí a události, spojené s přepravou, montáží a všemi kroky spojenými s uvedením do provozu, včetně provozu samotného. Nevztahuje se však na domácí stroje, ošetřené strojními normami, balící a zemědělské stroje.

Norma dále definuje nebezpečí, která při celém procesu uvedení do provozu hrozí. Jedná se mimo jiné o mechanická (pohybující se části, kapaliny pod tlakem), elektrická (úraz el. proudem), tepelná, hluk, vibrace, záření (mikrovlny, UV a IR záření, rentgen a laser), materiály

a látky (dušení a tonutí, ohrožení čistícími prostředky, výbušná prostředí) a samozřejmě i poruchy.

Kromě nebezpečí pak norma definuje i bezpečnostní opatření, která mají za cíl tuto nebezpečí eliminovat, či alespoň minimalizovat.

ČSN EN 1672-2

Část druhá se pak zabývá hygienickými požadavky a požadavky na čistitelnost, jejichž hlavním účelem je zabránění či alespoň minimalizace rizika nákazy, infekce a nemoci, které by mohly vzniknout kontaminací potravin, vyráběných daným zařízením. Norma jako taková je normou typu C (určuje detailní bezpečnostní požadavky pro jednotlivý stroj nebo jejich skupinu) pro zvláštní strojní zařízení. Stejně jako první část, i tato norma zkoumá rizika a jejich řešení, kdy rizika, respektive nebezpečí, dělíme dle normy na mikrobiologická, chemická a fyzická.

Na základě těchto nebezpečí jsou pak kladeny zvláštní požadavky na materiály a konstrukci strojů. Kromě korozivzdornosti, netoxicity, nesavosti a nemožnosti přenosu pachů, barev a nákaz na potraviny je pak kladen důraz na nízkou drsnost ($R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$) a především dobrou čistitelnost. Dále jsou pak kladeny požadavky také na spojovací materiál, ložiska a maziva, která jsou součástí těchto strojů.

U spojovacího materiálu je žádoucí vyvarovat se celkově jeho přítomnosti. Pakliže to není možné, je nutno použít výhradně materiál vhodný pro potravinářství. Především musí být dobře čistitelný, bez otevřených závitů a mezi šroubem a maticí se nesmí nacházet mezera. Ložiska se musí nacházet mimo potravinovou oblast – nesmí tedy hrozit, že by s nimi potraviny mohly přijít do kontaktu. V případě, že situace jejich přítomnost vyžaduje, musí být tato ložiska bez maziva. Na to navazují požadavky na maziva, která nesmí nepříznivě ovlivňovat potraviny a musí splňovat normu EN ISO 21469:2006, která pojednává o hygienických požadavcích na maziva, která mohou nedopatřením přijít do kontaktu s potravinami a jinými výrobky, jež by tímto kontaktem mohly být nepříznivě ovlivněny.

Další normy

Kromě norem zaměřených na bezpečnost a hygienu strojů v potravinářství se samozřejmě musí tyto stroje řídit normami, které obecně ošetřují jejich podobu a funkci, nezávisle na jejich zaměření. Nejčastěji se tyto normy zaměřují na bezpečnost, a to hlavně v podobě krytování pohyblivých částí, definování vzdáleností ochranných zařízení atd.

5 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřovala na využití prvků průmyslu 4.0 ve výrobních linkách, konkrétně koncepčním návrhem úprav již existující linky, které by tyto prvky využívaly. Primárním cílem tohoto návrhu je zvýšení efektivity a spolehlivosti linky.

V první části práce byl čtenář seznámen s teoretickými základy, z nichž bylo při návrhu úprav vycházeno. Jednalo se nejen o terminologii spojenou s automatizací a průmyslem 4.0, ale i představení konkrétní technologie použité v návrhu či legislativních pravidel, ze kterých bylo při návrhu vycházeno.

Práce pokračovala popisem současné podoby linky, včetně jejích slabých míst. Zároveň byly představeny možnosti, jak s využitím Průmyslu 4.0, automatizace a robotizace tyto slabiny eliminovat a tím zvýšit efektivitu linky a zároveň snížit pracovní vytížení zaměstnanců.

V předposlední části byly představeny úpravy většiny linky, s výjimkou místa výstupu z vícepatrového regálu. Tomuto místu se speciálně věnuje poslední část práce. Slovní popis těchto úprav byl doplněn modelem koncepčního návrhu, z něhož jsou v této práci k dispozici náhledy. Koncepce je doplněna o základní výpočty, jež měly za cíl srovnání výkonnosti původní konfigurace linky s nově navrženým řešením. Doplněny pak byly ještě klasifikací rizik obou variant a následným porovnáním.

Koncepční návrh řešení byl navržen s úmyslem zvýšit výkonnost celého systému, čehož by bylo dosaženo nejen pohony, zajišťujícími rychlý pohyb zařízení po konstrukci regálu, ale i volbou výkonného robotu typu SCARA, jenž by se postaral o vykládku výrobků z regálu do přepravek. Jak vyplývá z výpočtů v kapitole 4.4.2, došlo by ke zvýšení výkonnosti už za předpokladu nejméně ideálního scénáře. V běžném provozu pak lze očekávat ještě vyšší nárůst výkonu, jelikož by do hry vstoupila AI, která by se postarala o co nejefektivnější rozřazení výrobků v rámci skladu.

Návrh byl navíc vypracován s důrazem na předpisy a normy, jež upravují požadavky na pracoviště, zařízení, vybavení i zaměstnance s nimi pracující. Díky rozšíření o prvky průmyslu 4.0 bude možné informovat vedoucí pracoviště linky o provozních datech, na které bude moci pracovník reagovat anebo bude reagovat sám řídicí systém na základě příslušných algoritmů.

Změna provozu z manuálního na plně automatický by se ovšem neobešla bez nutné úpravy programu. Ta spočívá především ve využití kontroly stavu okolního prostředí a stáří výrobků, respektive jejich data expirace. To umožňuje vyskladnění výrobků v takovém pořadí a takovém stavu, aby byla zaručena jejich co možná největší kvalita.

Při vypracování návrhu byly využity zkušenosti z reálného provozu výrobních linek v potravinářském průmyslu. V budoucnu by bylo možné uvažovat o rozšíření návrhu o pevnostní výpočty či simulaci práce SCARA robotu, jenž je součástí navrhovaného zařízení.

Na závěr je třeba zmínit fakt, že jelikož se jedná o návrh koncepční, nebyly při jeho vypracování zcela brány v potaz vlastnosti materiálů a součástí, jež jsou v tomto návrhu použity. Rovněž i přes teoretické zvýšení efektivity celé linky nelze s jistotou tvrdit, že by představené řešení bylo stoprocentní, a že došlo k odstranění všech slabých míst, případně nedošlo ke vzniku nových. Toto by pak bylo předmětem návrhu konstrukčního, který by mohl být v budoucnu zpracován jako diplomová práce k ukončení navazujícího studia.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] GENG, Hwaiyu. Manufacturing engineering handbook. Second edition. New York: McGraw-Hill Education, [2016]. ISBN 9780071839778. Dostupné také z: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071839778>
- [2] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [3] LAMB, Frank. Industrial automation: hands-on, 1st Edition. New York: McGraw-Hill Education, [2013]. ISBN 978-007-1816-458. Dostupné také z: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071816458/chapter/chapter1#/tab-toc>
- [4] Industry 4.0 [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)
- [5] Průmysl 4.0 [online]. 2018 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.prumysl-4.cz/>
- [6] What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?. Global management consulting | McKinsey & Company [online]. [2022-08-17] [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?
- [7] 5 Types of Industrial Robots. NRTC Automation [online]. 2021 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://nrtcautomation.com/blog/5-types-of-industrial-robots>
- [8] FANUC představil své SCARA roboty. Jsou vhodné pro montáž, balení i manipulaci [online]. 2018 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/fanuc-predstavil-sve-scara-roboty-jsou-vhodne-pro-montaz-baleni-i-manipulaci/>
- [9] What is an articulated robot? Facts you should know. Articulated Robots by Robotic Automation Systems [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.roboticautomationsystems.com/blog/what-is-an-articulated-robot-facts-you-should-know/>
- [10] Delta nebo SCARA robot: Rozdíly, které musíte znát. FactoryAutomation.cz - Magazín o průmyslové automatizaci a robotice [online]. 2018-12-19 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/delta-nebo-scara-robot-rozdily-ktere-musite-znat/>
- [11] JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. Expertní inženýrství v systémovém pojetí. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.
- [12] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. 3., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, c2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3051-6.
- [13] LACKO, Branislav. RIPRAN - Metoda pro analýzu projektových rizik [online]. [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://ripran.cz/popis.html>

- [14] Co je BOZP? | CRDR. BOZP a PO - bezpečnost práce moderně a efektivně | BOZP.cz [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/slovník-pojmu/bozp/>
- [15] 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky... Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361#cast3>
- [16] Označení CE - jak získat osvědčení, požadavky EU - Your Europe. Chcete se dozvědět více o svých právech v EU?Nebo o svých povinnostech? [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_cs.htm
- [17] Označení CE a související předpisy. BussinessInfo.cz - Oficiální portál pro podnikání a export [online]. 2006-09-30 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/oznaceni-ce-a-souvisejici-predpisy/>
- [18] BETZ s.r.o. - Pásové dopravníky [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.betz.cz/bosch/pasov%C3%A9-dopravniky.html>
- [19] EMBS ČLÁNKOVÉ DOPRAVNÍKY (NEPŘÍMÉ). In: STAVEBNICOVÉ SYSTÉMY A KOMPONENTY, HLINÍKOVÉ... [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://www.askmt.com/gllb-embs-clankove-dopravniky-neprime-405-209>
- [20] Dopravníky a dopravní systémy - I.A.N. TECHNIC, spol. s.r.o. I.A.N. TECHNIC, spol. s.r.o. - Technologie pro potravinářský... [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://iantehnic.cz/nase-cinnost/dopravniky-a-dopravni-systemy/>
- [21] Jednodrahovy_Dopravnik.jpg (800x637). In: Strand s.r.o. [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: https://strand.cz/wp-content/uploads/2014/02/Jednodrahovy_Dopravnik.jpg
- [22] IRB 910SC | ABB. ABB Group. Leading digital technologies for industry - ABB... [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/cs/3HAC056161-001/irb-910sc>
- [23] Kloubový robot série LR MATE | Petr Kovanda. In: Petr Kovanda [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <http://ppkovanda.cz/fanuc-lr-mate-kloubovy-robot-serie-lr-mate>
- [24] Delta Robot | Acrome. In: Acrome Robotics [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://acrome.net/product/delta-robot>
- [25] 919706_1.jpg (1024x831). In: TBA Plastové obaly s.r.o. [online]. [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: https://www.tbaplast.cz/editor/image/eshop_products/919706_1.jpg
- [26] T TMS 2023 System Infographic 2000x1500 RZ im. Online. In: Systém testo Saveris V3 pro další obory | Testo, s.r.o. Dostupné z: https://static-int.testo.com/media/7f/c2/f7f44b57dc31/T_TMS_2023_System_Infographic_2000x1500_RZ_im.jpg. [cit. 2024-05-21].
- [27] What Are Sensors and How Do They Work?. Computer Glossary, Computer Terms [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/sensor>

- [28] Dopravníkové válečky. TYMA CZ [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/ploche-remeny-a-pasy/dopravnikove-valecky/>
- [29] Čárový kód – vše, co potřebujete vědět o moderní automatické identifikaci. Online. Extra smysly procesům | ESP holding a.s. Dostupné z: <https://esp.cz/cs/blog/carovy-kod-vse-potrebujete-vedet-moderni-automaticke-identifikaci/>

7 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

7.1 Seznam použitých obrázků

obr. 1) Pásový dopravník.....	20
obr. 2) Článkový dopravník.....	21
obr. 3) Válečkový dopravník.....	21
obr. 4) Podvěsný dopravník.....	22
obr. 5) Komponenty automatizovaného procesu.....	23
obr. 6) SCARA robot.....	24
obr. 7) Kloubový robot.....	25
obr. 8) Delta robot.....	25
obr. 9) Přepravka Euro E2.....	31
obr. 10) Půdorys současné podoby regálu.....	32
obr. 11) Celkový pohled navrhovaného řešení.....	36
obr. 12) Detailní pohled na dopravník vykladače s robotem.....	36
obr. 13) Upravené dopravníky výstupu z regálu.....	37
obr. 14) Upravený dojezdový plech a hradítko výstupu z regálu.....	38
obr. 15) Laserový dálkoměr.....	38
obr. 16) Umístění čidel na výstupu z regálu.....	38
obr. 17) Schématické zobrazení řešení testo Saveris V3.....	39
obr. 18) Schéma provozu regálu.....	40
obr. 19) Diagram příjmu (vlevo) a vykládky výrobků.....	42
obr. 20) Schématické znázornění distribuce výroby.....	50

7.2 Seznam použitých tabulek

tab. 1) Klasifikace rizik současného řešení.....	45
tab. 2) Klasifikace rizik po provedení úprav.....	45
tab. 3) Parametry pohonů vykladače.....	47
tab. 4) Parametry pohybů robotu vykladače.....	48

7.3 Seznam použitých grafů

graf 1) Srovnání rizik obou variant řešení.....	46
---	----

8 SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH

Příloha 1: Model navrhovaného řešení automatického vykladače *Model_reseni.stp*

Příloha 2: Výkres *BP-TK-1* – Výkres celého skladu, včetně navrhovaného řešení. Jsou kótovány jen hlavní rozměry, a sice hlavní rozměry skladu.

Příloha 3: Výkres *BP-TK-2* – Výkres detailního pohledu na navrhovaný dopravník s robotem. Kótovány hlavní rozměry, součástí i kusovník s hlavními komponentami.

Příloha 4: Výkres *BP-TK-3* – výrobní výkres jedné čelisti nástroje, určeného k vykládání výrobků z přepravek v regálu. Součást by byla vypálena z plechu o tloušťce 1 mm.

Příloha 5: Výkres *BP-TK-4* – výrobní výkres tubusu válečku včetně vybrání. Pro váleček by byla zvolena výroba řezáním z trubky. Vybrání by pak bylo vyrobeno z polotovaru frézováním a soustružením. Následně by bylo vybrání svařeno laserem k uříznuté trubce. Součástí výkresu jsou samozřejmě i příslušné geometrické tolerance a drsnosti funkčních ploch.