Vysoká škola logistiky o.p.s.

Návrh optimalizace rozvozu sekvencí na montážní linku

(Diplomová práce)

Přerov 2022 **Bc. Tomáš Pavel**

Vysoká škola logistiky o.p.s.

Zadání diplomové práce

student	**Bc. Tomáš Pavel**
studijní program	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: **Návrh optimalizace rozvozu sekvencí na montážní linku**

Cíl práce:

Navrhnout změny v zásobování montážní linky s cílem zvýšit efektivnost systému.

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. Systémy řízení výroby, kompletační systémy
2. Současný stav zásobování linky vytvořenými sekvencemi
3. Návrh změn zásobovacího systému, podmínky jejich zavedení
4. Hodnocení efektivnosti 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.

GROS, Ivan a Jakub DYNTAR. Matematické modely pro manažerské rozhodování. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-910-5.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Řízení výroby a nákupu. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ivan Gros, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 31. 10. 2021
Datum odevzdání diplomové práce: 12. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021

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. 121/2000Sb., 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 předtím 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 12.5.2022 .....

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval především prof. Ing. Ivanu Grosovi, CSc. za odborné vedení diplomové práce, poskytování cenných rad, konzultací a doporučení odborné literatury.

Anotace

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku procesu přepravy sekvencí z logistického supermarketu na montážní linku. Praktická část se zabývá popisem současného stavu logistických procesů ve společností ŠKODA Auto a. s. Následně jsou představena úzká místa procesu přepravy a návrhy jejich řešení.

Klíčová slova

Montážní linka, sekvence

Annotation

The diploma thesis deals with the issue of the process of transporting sequences from a logistics supermarket to an assembly line. The practical part deals with the description of the current state of logistics processes in the companies ŠKODA Auto a. S. Finally, the bottlenecks of the transport process and proposals for their solutions are presented.

Keywords

Assembly line, sequence

Obsah

Úvod 9

1 Systémy řízení výroby, kompletační systémy 10

1.1 Teoretické základy řízení výroby 10

1.1.1 Tvorba hodnoty a výrobní systém 10

1.1.2 Vlastnosti a typologie výrobního systému 14

1.2 Systémy řízení výroby 18

1.2.1 Tlačné systémy výroby 20

1.2.2 Tažné systémy řízení výroby 22

1.2.3 Kombinované systémy řízení výroby 26

1.3 Logistický řetězec a jeho prvky 28

1.3.1 Aktivní prvky 29

1.3.2 Pasivní prvky 31

1.4 Kompletace a kompletační systémy 37

1.5 Vědecké řízení 40

2 Současný stav zásobování linky vytvořenými sekvencemi 42

2.1 Představení společnosti ŠKODA AUTO a. s. 42

2.2 Materiálový tok 43

2.2.1 Hlavní brána do výrobního závodu – 13. brána 44

2.2.2 Logistické centrum hala U6 45

2.2.3 Výrobní hala M13 49

2.2.4 Logistický supermarket 50

2.2.5 Přeprava vychystaného materiálu na montážní linku 55

3 Změny zásobovacího systému a podmínky jejich zavedení 64

3.1 Identifikace úzkých míst 64

3.1.1 Místo vzniku a spotřeby vychystaných vozíků 65

3.1.2 Vytížení manipulační techniky a identifikace časových údajů 66

3.1.3 Kapacita transportních vozíků ... 67
3.1.4 Průjezdnost komunikací ... 67
3.2 Návrh změny procesu ... 69
3.2.1 Podmínky pro zavedené změny procesu ... 71
3.2.2 Vytvoření nádraží a přiřazení vozík ... 71
3.2.3 Nastavení procesu kyvadlové přepravy vozíků ... 73
3.2.4 Optimalizace kapacity přepravních vozíků ... 73
3.2.5 Změna procesu přípravy dílů ... 75
3.2.6 Nastavení pravidelné výměny pseudo–sekvencí ... 76
3.2.7 Návrh rozvozových okruhů ... 77
3.2.8 Úprava systému zavážení NSQV ... 78
4 Hodnocení efektivnosti návrhu ... 83
4.1 Simulace navrženého procesu ... 83
4.2 Ekonomické zhodnocení ... 85
Závěr ... 88
Seznam zdrojů ... 89
Seznam grafických objektů ... 91
Seznam schémat ... 92
Seznam tabulek ... 92
Seznam grafů ... 93
Seznam zkratek ... 94
Seznam příloh ... 96

Úvod

Diplomová práce se zabývá tématem přepravy sekvenčně vychystaného materiálu z logistického supermarketu na montážní linku ve společnosti ŠKODA Auto a. s. Cílem práce je navrhnout změny v procesu přepravy se zaměřením na zvýšení jeho efektivity.

Úvodní kapitola je věnována teoretickým základům řízení výrobních a kompletačních systémů. V kapitole jsou popsány základní prvky tvorby hodnoty, transformační proces výrobku nebo vlastnosti a typologie výrobního procesu. Následně se práce zaměřuje na charakteristiku systémů řízení společně s prvky logistického řetězce a kompletačními systémy. Závěr kapitoly se zabývá využití vědeckého přístupu pro řešení složitých logistických procesů.

Praktická část práce se zaměřuje na logistické procesy ve společnosti ŠKODA Auto a. s. v Mladé Boleslavi. Konkrétně jsou popsány materiálové toky od vstupu do závodu, skladování výrobního materiálu v logistickém centru a jeho následné provázanosti na ostatní výrobní haly. Navazující podkapitoly jsou zaměřené podrobněji na logistický proces sekvenční přípravy dílů společně s navazující přepravou vozíků z logistického supermarketu na montážní linu v hale M13.

Třetí kapitola se zabývá identifikací úzkých míst interního logistického procesu přepravy sekvenčně nebo pseudo–sekvenčně vychystaného materiálu. Podrobně jsou popsány podstatné body ovlivňující proces interní přepravy společně s problematikou kapacity transportních vozíků a vytížení manipulační techniky. Navazující kapitoly obsahují návrhy optimalizace jednotlivých částí interního přepravního řetězce sekvenčního rozvozu společně s konceptem využití nádraží a návrhem transformace řídícího systému pro přepravu sekvencí z logistického supermarketu na montážní linku.

Poslední kapitola obsahuje ověření návrhu pomocí simulovaného modelu přepravního procesu a jeho následné porovnání se současným stavem zavážení. Navazující kapitola je ekonomickým zhodnocením možné úspory a nezbytných finančních nákladů v případě realizace autorových návrhů.

1 Systémy řízení výroby, kompletační systémy

První část diplomové práce se zabývá teoretickým popisem hodnotového řetězce a tvorby hodnoty výrobní společnosti, která pomocí transformace základních zdrojů produkuje finální výrobky. V navazujících podkapitolách jsou vysvětleny metody zavádění výrobních systémů společně s jejich vlastnostmi, klasifikací nebo struktury materiálového toku uvnitř výrobní společnosti. Dále jsou vysvětleny principy systémů řízení s jejich přednostmi a nevýhodami, na které navazují prvky logistického řetězce společně s kompletačními metodami přípravy výrobního materiálu pro výrobní pracoviště.

1.1 Teoretické základy řízení výroby

1.1.1 Tvorba hodnoty a výrobní systém

Prodejem výrobku je tvořena hodnota pro konečného zákazníka, kterému produkt přináší užitek. Současně se zákazníkovým užitkem musí vznikat přínos pro výrobní společnost, takovým užitkem je většinou zisk, ale také prestiž. Pokud bude zákazník s produkty společnosti spokojen bude se vracet a kupovat další výrobky, a to přináší společnosti další prospěch. Výrobní společnosti se často zaměřují na atraktivní zákazníky nebo segmenty trhu, kde předpovídají a očekávají dosažení vyššího zisku.

V praxi je možné se často setkat s míněním, že přidaná hodnota je tvořena výrobními útvary, kde probíhá transformační proces výrobku. Ostatní segmenty firmy jsou označovány za pomocné útvary, které se na produkci nepodílí a v některých případech lze vyslechnout názory, že přidanou hodnotu dokonce snižují. Tato tvrzení nelze nic jiného než vyvrátit. Efektivní fungování společnosti si nelze představit bez těsného propojení jednotlivých firemních útvarů a jejich účinné spolupráce. Základem pro růst přidané hodnoty bude ve výrobní společnosti stále výrobní proces, přesto výrobní činnosti mohou být vykonávány pouze za předpokladu kooperace vnitropodnikových útvarů. Procesem výroby je možné vytvořit finální výrobek, ostatní činnosti lze nahradit externím poskytovatelem služeb, nicméně cena produktu bude příliš vysoká a zákazníci výrobek nenakoupí. Spolupráce jednotlivých útvarů podniku přináší úspory z optimalizace lokálních ale i celopodnikových procesů. Tím dochází k celkovému zvýšení užitku

společnosti a ve finální fázi i konečného zákazníka, kterému přináší produkt užitek a současně akceptuje nastavenou cenu za kterou výrobek pořizuje.

Příklad důležitosti propojení vnitropodnikových činností je možné prezentovat na příkladu výrobní společnosti automobilů. Primárním předmětem podnikání firmy je výroba vozů, tedy materiálový tok od svaření karoserie, lakování až po finální montáž. Všechny vyjmenované činnosti bezpochybně zvyšují hodnotu konečného produktu, avšak pro efektivní výrobní činnosti jsou nutné aktivity dalších útvarů, především oddělení vývoje, nákupu, marketingu, finančního řízení, plánování, personalistiky, logistiky nebo kvality. Každý z útvarů má své vnitropodnikové cíle a úkoly, které jsou v souladu s celkovou strategií společnosti. Oddělení vývoje připravují budoucí produkty, personalistika opatřuje zaměstnance na všech úrovních společnosti, logistika zajišťuje materiálový tok na montážní linku, kvalita zajišťuje správnou jakost výrobku, marketing prodává výrobek apod. Propojení vnitropodnikových útvarů zobrazuje schéma 1.1.

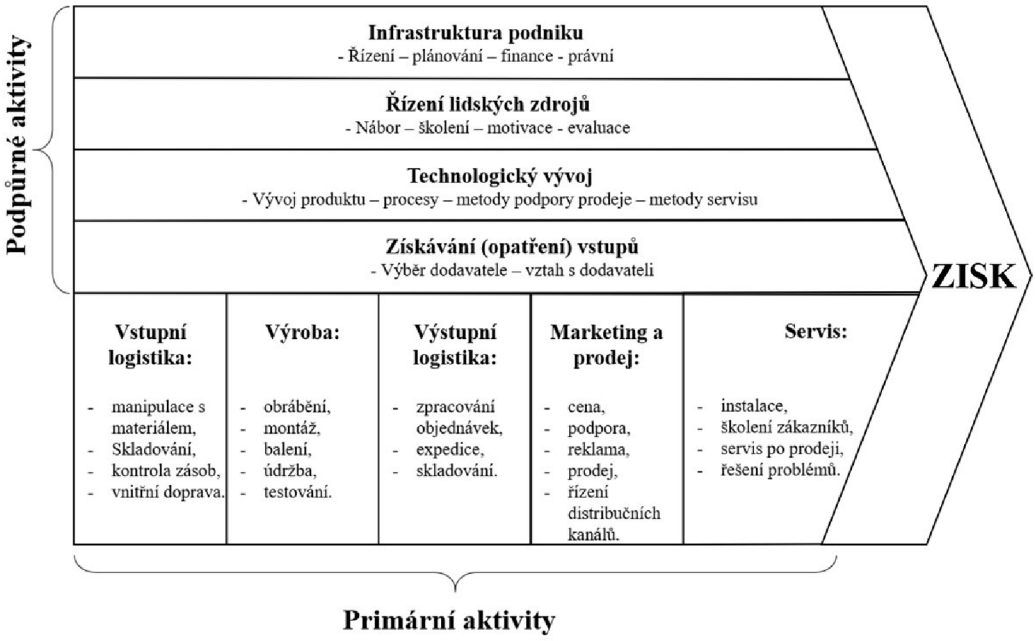


Schéma 1.1 Hodnotový řetězec podniku

Zdroj: [1] vlastní úprava

Podle Tomka a Vávrové (2007) jádrem hodnotového řetězce a růstu přidané hodnoty tvoří především nákup, výroba a prodej. Podstatnou rolí z hlediska montáže a kvality produktu jsou činnosti výroby. Montážní pracoviště přebírají odpovědnost za cenově přijatelnou a kvalitativně vyhovující výrobu. [1]

Transformační proces

Klíčovým prvkem uspokojení potřeb konečného zákazníka dochází výrobou materiálních statků nebo služeb. V obecném pojetí lze výrobní proces charakterizovat cíleným využitím vstupních faktorů, které jsou transformačním procesem přetvořené na žádané výrobky. Proces přeměny surovin ve výrobek zobrazuje schéma 1.2. [2]

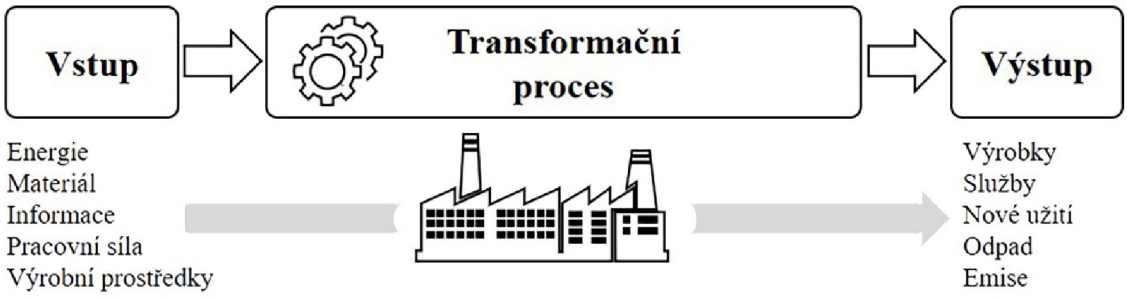


Schéma 1.2 Transformační proces

Zdroj: vlastní úprava dle [2]

Tomek a Vávrová (2014) rozdělují výrobní systém na tři základní prvky:

- **Vstup** – výrobní faktory:
  - **Práce** – personál, který zajišťuje proces transformace,
  - **Půda** – výrobní materiál, který je základním prvkem transformace výrobku (suroviny, polotovary, součásti apod.) nebo prostory, kde dochází k přeměně surovin na výrobky (budovy, haly, sklady, pozemky apod.),
  - **Kapitál** – peněžní prostředky, které slouží k zajištění výroby nebo jsou výsledkem prodeje výrobků,
- **Transformační proces** – metody přeměny výrobního materiálu, které jsou přidanou hodnotou (svařování, obrábění, montáž, předmontáž apod.),
- **Výstup –** konečný produkt, který je materiálního nebo nemateriálního charakteru

Dle Tomka a Vávrové lze transformační proces (výrobní proces) lze rozdělit do tří fází:

1) **Předzhotovující fáze** – pomocí základních technologií probíhá výroba základních dílů ve větších dávkách (lisování, tváření, obrábění apod.),
2) **Zhotovující fáze** – v praxi označována jako předmontáž, jedná se výroba podsestav a základních sestav,
3) **Dohotovující fáze** – finální výroba označována za konečnou montáž.

Provázanost výrobních procesů zobrazuje schéma 1.3, jednotlivé činnosti lze popsat následovně:

- Základním bodem schéma je vstup výrobního materiálu a surovin do skladu nakupovaných dílů,
- provozem číslo jedna je znázorněna předzhotovující fáze, kde pomocí základních technologických činností (obrábění, tváření, lisování, povrchové úpravy apod.) dochází k přeměně surovin na jednoduché výrobky.
- skladování polotovarů ve skladu jedna,
- provoz číslo dva představuje fázi zhotovující, zde dochází k výrobě základních sestav a podsestav, výrobní materiál je na jednotlivá výrobní pracoviště dodáván dle nastavených objednávacích procesů,
- sklad dva slouží k uskladnění hotových sestav, které jsou určení pro konečnou montáž (provoz tři),
- provoz tři zobrazuje poslední výrobní fázi, zde dochází ke kompletaci sestav a podsestav a konečná transformace do podoby finálního výrobku. [2]

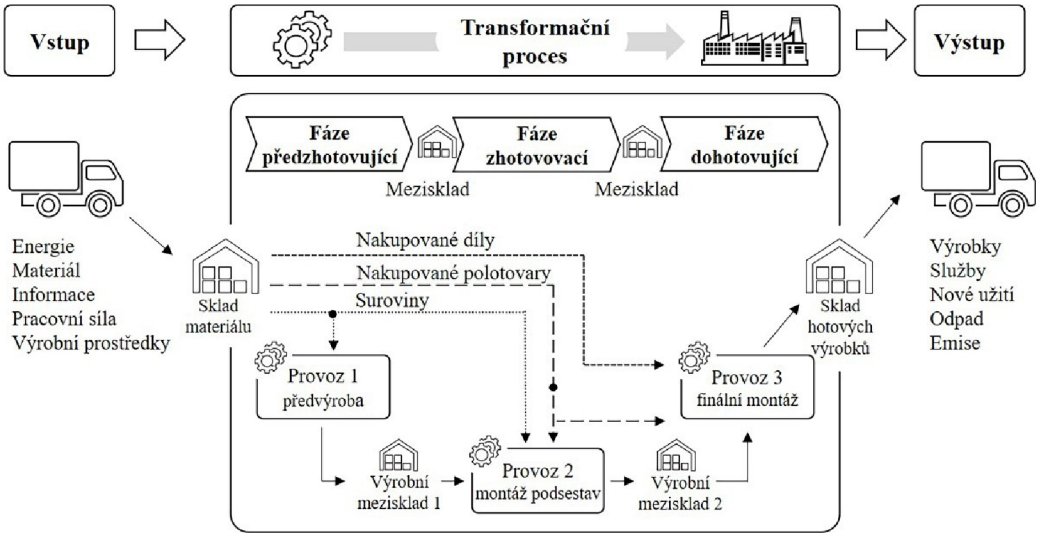


Schéma 1.3 Propojení činností v transformačním procesu

Zdroj: vlastní úprava dle [2]

1.1.2 Vlastnosti a typologie výrobního systému

Podle Tomka a Vávrové (2007) je výrobní systém charakterizován mnoha vlastnostmi, avšak klíčovými považují pouze dvě, kapacitu a elasticitu.

Kapacita

Vyjadřuje schopnost výrobní jednotky nebo výrobního systému vytvořit určitý počet produktů ve stanoveném čase, které lze vyjádřit kvantitativně a kvalitativně. Druh a jakost výrobního procesu jsou kvalitativní složkou. Složka kvantitativní je vyjádřena počtem vyrobených produktů za daný časový interval, který lze vyjádřit v počitatelných jednotkách (tuny, kusy, litry apod.).

Elasticita

Označuje schopnost výrobní jednotky reagovat na změny a přizpůsobení se dalším pracovním požadavkům. Elasticita lze vyjádřit pomocí kvalitativní a kvantitativní hlediska. Význam kvalitativní elasticity může být popsán na obráběcím stroji. Obráběcí stroj můžeme rozlišovat dle jeho účelovosti, takovými stroji mohou být speciální jednoúčelové stroje nebo univerzální víceúčelové stroje. Speciální zařízení je určeno pouze pro jednu danou operaci a jeho elasticita je v podstatě nulová. Univerzální stroje jsou v tomto ohledu pro výrobu výhodnější, seřízením lze vytvářet jiný druh výrobku, elasticita stoje tedy roste. Kvantitativní elasticita je popisována jako schopnost reakce výrobního systému na změny, které jsou objemového charakteru, tedy objemu výroby. [1]

Typologie výrobního systému

Struktura výrobního systému bývá často velice složitá, proto prvotní analýza a plánování výrobních procesů jsou odvozené od podnikové strategie, zvoleného způsobu výroby, volbě konečného výrobku a jeho kapacitě výroby. Na základě vstupních parametrů lze následně zvolit metody řízení, organizační uspořádání nebo použití standardních softwarů. Dle zaměření lze členit výrobní systém dle vztahu k:

- programu,
- procesu,
- vstupům.

Výrobní typy dle programu

Klasifikace popisuje stranu výstup z výrobního systému, které lze dále členit na vlastnosti produktu a programu.

- **Vlastnosti produktu:**
  - druh zboží – materiální povahy (suroviny, stroje, spotřební zboží apod.) a nemateriální povahy (činnosti, informace, služby apod.),
  - tvar a vzhled zboží - formovatelný (plech), neformovatelný (pivo), kusový (šroub).
  - složitost zboží – jednoduché (hřebík) a složité (sestavy a montáže – mobilní telefon),
  - pohyblivost zboží – stacionární a nestacionární
- **Vlastnosti výrobního programu**
  - velikost sortimentu – jeden nebo více produktů (počet vyráběných a nabízených výrobků na trhu),
  - vyráběné množství:
    - kusová výroba – výroba na zakázku,
    - sériová výroba – výroba série nebo dávky (malosériová, středně sériová a velkosériová),
    - druhová výroba – výroba více variant stejného produktu,
    - hromadná výroba – stálá výroba jednoho produktu v masové míře,
  - Vztah k odbytu: zákaznická výroba nebo výroba pro trh,
- **Výrobní typy dle procesu**
  - technologický princip – pracoviště jsou soustředěné do prostoru dle svého technologického zaměření (obrábění, kování, lisování apod.), doprava mezi pracovišti je složitá a dochází ke vzniku meziskladů, typická výroba ve strojírenství,
  - předmětný princip:
    - jednotný materiálový tok – organizace je zaměřena na výrobky, pracoviště jsou uspořádané dle výrobního postupu,
    - výroba v centrech – výrobní pracoviště umístěná ve stejné oblasti s využitím automatizace,

- **Výrobní typy dle použití vstupů**
    - Podíl v stupů:
        - materiálové intenzivní produkce (rafinerie ropy),
        - produkce intenzivní na výrobní zařízení (pružné výrobní systémy),
        - pracovně intenzivní (převládající ruční práce),
        - informačně intenzivní.
    - Jakost vstupů:
        - konstantní úroveň vstupů,
        - nepravidelná úroveň vstupů (týká se jakosti vstupního materiálu).

Podle Tomka a Vávrové jsou pro analýzu a zařazení výrobního systému podstatné detailní znalosti jednotlivých znaků procesu. Volba typu a způsobu výroby je podstatným faktorem, který ovlivňuje metody plánování, organizace, řízení a kontroly. Problematika správného zařazení procesu a dalších řídících činností je patrná z výše uvedené složité struktury typologie. Zavádění nového výrobku, změny kapacity výroby nebo zavedení nové technologie zpracování do současných výrobních systémů způsobují změny celkového organizování a řízení. Z důvodu komplikovaná typologie jsou v praxi systémy výroby často členěny následujícím způsobem: [1]

- kusová výroba,
- sériová výroba,
- hromadná výroba.

Gros (2016) neuvádí členění výrobních systému jako Tomek a Vávrová (2007), zaměřuje se jen na procesy, které jsou od sebe odlišné z hlediska strojního vybavení, technologické zpracování materiálu nebo obsluhy zařízení. Členění výrobních procesů dle Grose je následující:

- **Mechanicko-technologické procesy** – použití mechanických a fyzikálních operací, které mění tvar zpracovávaného materiálu nebo jeho vlastnosti (obrábění, broušení, lisování, kovaní, kalení apod.),
- **Chemicko-technologické procesy** – využití chemických reakcí k přeměně surovin nebo výrobě nových materiálů (pasty, kyseliny, dezinfekce apod.),

- **Biochemické procesy** – využití mikroorganismů k přeměně surovin nebo výrobě nových materiálů,
- **Energetické procesy** – využití různých zdrojů, které jsou svou povahou generovat energii (elektrárny – vodní, větrné ale i jaderné). [3]

Dále Gros člení výrobní systémy dle jejich struktury materiálového toku. Určení typu struktury lze využít tzv. AVT analýzu. Uspořádání materiálových toků zobrazuje schéma 1.4. [3]

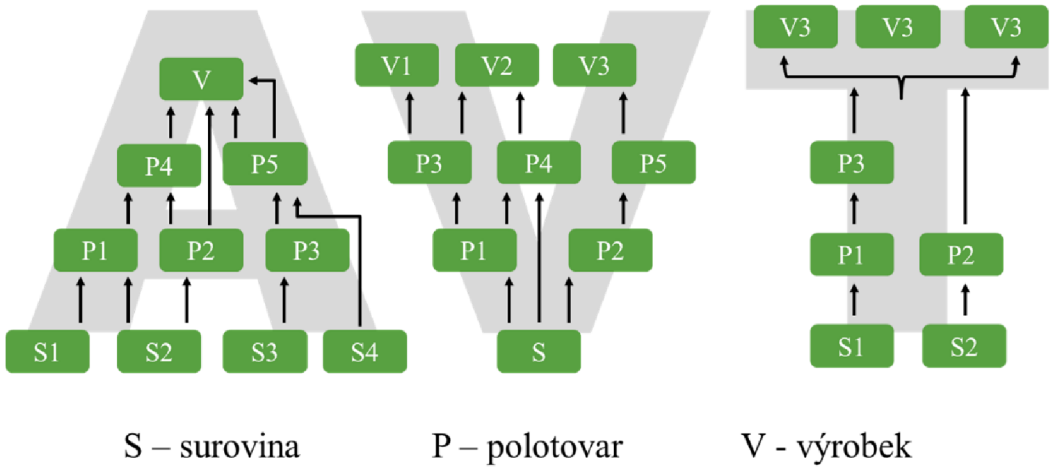


Schéma 1.4 Druhy materiálové toku ve výrobním procesu

Zdroj: vlastní úprava dle [3]

Výrobní proces typu A

Charakteristickým znakem procesu typu A jsou postupné stupně montáže, kde v nejnižší výrobní fázi vstupuje do výrobního procesu velký počet surovin. Následně jsou tyto materiály pomocí výrobních činností transformovány do menších celků a kompletů. Postupné slučování celků do větších nebo menších sestav směřuje k finální fázi montáže, kde dochází k vytvoření konečného výrobku. Výrobní proces je typický pro mechanicko–strojírenskou výrobu, příkladem je výroba dopravních prostředků (výroba automobilů, autobusů nebo letadel apod.).

Výrobní proces typu V

Typickým znakem je využití nízkého počtu vstupů, ze kterého ve výsledku lze získat mnoho výrobků. Příkladem může být zpracování mléka, kde postupným zpracováním základní suroviny (mléka) dochází k výrobě dalších produktů (např. syrovátka, sušina, nepasterizované mléko apod.), které lze dále zpracovávat a tím vznikají další výrobky (jogurty, sýry, trvanlivé mléko apod.). Stejné principy výroby jdou uplatňovány v chemicko-technologických procesech (zpracování ropy, uhlí, rudných surovin apod.).

Výrobní proces typu T

Tento typ materiálového toku je označován za logisticky ideální strukturou. Důvodem jsou jeho jednoduché přímé procesy, které se velmi zřídka člení. Proces tím umožňuje operativní přizpůsobení výroby dle potřeb konečných zákazníků. Dalším typickým rysem procesu je možnost získání velkého počtu variant konečného výrobku, které vychází ze stejného základu. Příkladem jsou výrobny nábytku, které produkují tvarově stejný výrobek v různých barevných variantách.

1.2 Systémy řízení výroby

Konečný zákazník svou proměnlivou poptávkou po výrobcích ovlivňuje chování ekonomických subjektů v tržním prostředí. Výrobních společnosti nabízejí zákazníkům široký sortiment výrobků, aby upoutali zákazníkovu pozornost. Problematika vysoké komplexity nabízených produktů je zrcadlena v interních výrobních procesech. Společnosti přizpůsobují kapacity výrobních zařízení, plánují velikosti výrobní dávek, navrhují způsoby skladování nebo hledají optimum skaldové zásoby, v které mají vázané finanční prostředky. Interní firemní útvary proto hledají nové způsoby řízení a plánování výrobních dávek, které budou pružně reagovat na změny poptávky konečných zákazníků. Schopnost pružné reakce firmy je výsledkem přesného plánování při sestavování výrobního rozvrhu. Plány jsou sestavovány na krátké časové intervaly od jednoho do třech měsíců v některých oborech mohou být i kratší. Cílem výrobní společnosti je vyrobit požadovaný produkt v co nejkratším možném termínu, s minimálními náklady na výrobu, skladování, manipulace a další procesy. Ideální varianta výroby by byla vyrábět takové díly, které zákazníci průběžně požadují, samotná výroba by probíhala téměř současně se vznikem požadavku a následně by byly výrobky dodávané přímo

zákazníkovi bez jejich skladování a zbytečných manipulací. Bohužel tato varianta je pouze ideální teorií, v praxi je nutné zaměřit se na řízení a plánování prováděcích plánů. Obecně lze prováděcí výrobní plány charakterizovat jako systém, který je schopný **dynamicky reagovat** na změny poptávky, současně musí být **odolný k nečekaným změnám**. Dále musí být **komplexní** ve splnění všech požadavků zákazníků a současně musí **respektovat kapacitní omezení** výrobních zařízení, popřípadě další neočekávaná omezení. Hlavními prvky prováděcího plánu jsou obsaženy v tabulce 1.1. [3]

Tab. 1.1 Hlavní prvky prováděcího plánu

Krok	Výstup	Cíl, obsah	Požadavky na informace
1	Plán distribuce (DPR)	Kolik, kam, kdy a v jaké kvalitě, v jakém balení dodat	Potvrzené objednávky Předpovědi poptávky
2	Plán výroby (MPS)	Kolik, kdy, kde a v jaké kvalitě vyrobit	Stav zásob výrobků v distribučním systému Termíny vyřízení objednávek
3	Plán zásobování (MRP – Material Requirement Planning)	Kolik, kdy, kde a v jaké kvalitě koupit	Normy spotřeby, kusovníky, stav zásob polotovarů, surovin
4	Plán kapacit (CRP)	Bilance, hrubé rozvrhování kapacit	Kapacitní normy Průběžné doby výroby Výrobní postupy Plán oprav

Zdroj: [3, s. 154]

Systémy řízení výroby lze členit dle přístupu k plánům, plnění a předpovědi zakázek následovně:

- tlačné systémy,
- tažné systémy,
- kombinované systémy,
- ostatní systémy.

Využití tažných nebo tlačných systémů výroby spočívá v orientaci výrobní společnosti na určitý sortiment výrobků a podmínek hospodářského sektoru. Společnosti pohybující se v přesyceném tržním prostředí se orientují více na potřeby zákazníků, kteří požadují pouze výrobky přesně dle jeho představ. Tyto společnosti budou využívat tažné systémy výroby a snažit se o využití moderních technologií, aby mohly pružněji reagovat na změny zákaznických potřeb. V opačném případě, kdy v tržním prostředí převyšuje poptávka nabídku firmy nemusí své zákazníky získávat, výrobní společnosti využívají tlačné systémy řízení výroby. [3]

1.2.1 Tlačné systémy výroby

1.2.1.1 MRP I - Material Requirements Plan (Plán zásobování)

Průlomovým bodem v hospodářském sektoru bylo zavedení konceptu MRP, který se zaměřoval na řízení zásobování. Myšlenka konceptu vznikla v 60. letech minulého století v USA, zavedení myšlenky do praxe bylo podpořeno současně rozmachem výpočetní techniky v průmyslové oblasti. Standardní řízení zásob před zavedením systému MRP bylo realizováno pomocí norem, oproti tomu nasazení MRP vychází ze skutečných požadavků výroby. Schéma 1.5 zobrazuje prvky konceptu MRP, kde počátečním bodem je sestavení hrubého plánu výroby, který je vytvořen na základě obdržených objednávek a předpovědi poptávky. Následně je stanoven plán spotřeby materiálu, který vychází z rozpadu hrubého plánu na jednotlivé díly kusovníku a současně jsou počty porovnávány se stavem zásob. Vytvoření plánu spotřeby materiálu může být velmi složitou záležitostí, především při produkci vyššího počtů výrobků. Z důvodů obtížnosti výpočtu docházelo k rozšiřování systému MRP společně rozvojem informačních technologií. Principem systému MRP je minimalizace zásob a zároveň zajištění nezbytné množství pro proces výroby. Před rozhodnutím zavedení MRP je nutné zvážit výhody a nevýhody systému, které nasazení systému přinese. Hlavní výhody systému jsou:

- přesnější proces plánování materiálu,
- snížení zásob a tím i kapitál vázaný v zásobách,
- řízení a výkonu výroby,
- nižší výrobní náklady,
- vyšší spolehlivost,
- přesnější informace.

Systém MRP přináší také nevýhody, kterými jsou:

- neoptimalizuje náklady na pořízení materiálu,
- častější nákup materiálu v menším množství,
- vyšší náklady na přepravu,
- riziko zpomalení nebo zastavení výroby v případě nepředvídaných událostí,
- využití standardizovaných softwarových balíků, které mohou být obtížně aplikovatelné na podnikové procesy. [4]

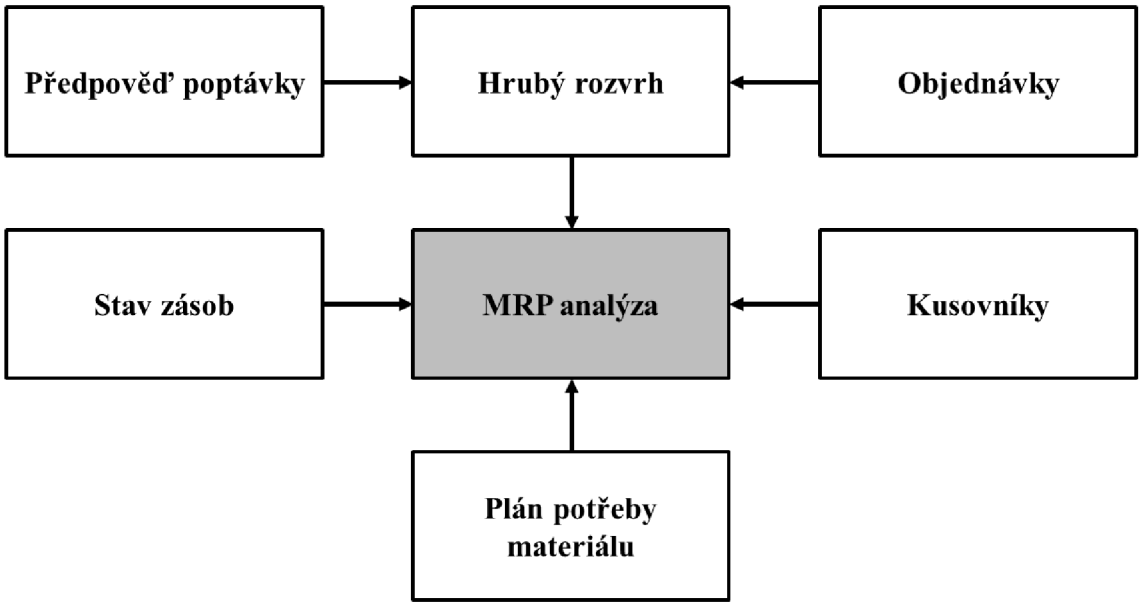


Schéma 1.5 Koncept MRP I

Zdroj: [5]

1.2.1.2 Plánování výrobních zdrojů (MRP II)

Systému plánování výrobních zdrojů (MRP II) vychází z původní koncepce MRP I, který byl na základě zkušeností rozšířený o další funkční moduly v sedmdesátých letech 20. století. Systém je zaměřen především na zpřesnění plánování zásob, který je tvořen dle podrobného rozvrhu výroby a propojení na další firemní útvary prodeje nebo nákupu. Důležitým prvkem systému MRP II je zohlednění kapacitních podmínek výroby a jejich omezení. Problematika využití MRP II spočívá v jeho náročnosti na propojení vnitropodnikových systémů a předávání informací, které musí být vyhodnocované online. Především se jedná o systémy řízení výroby, kde zásadním aspektem je určení přesného času jednotlivých výrobních operací a sledování rozpracované výroby v celém výrobním

toku. Zmíněné požadavky kladou vysoké nároky na implementaci informačních technologií, které vyžadují odpovídající výpočetní techniku a software. Obecně lze MRP II charakterizovat jako systém, který je velmi citlivý k rychlým změnám vstupů, priorit nebo výrobních kapacit, právě z těchto důvodů je vhodné MRP II nasazovat v opakovaných a sériových výrobách, kde nedochází k zásadním rychlým změnám. [5]

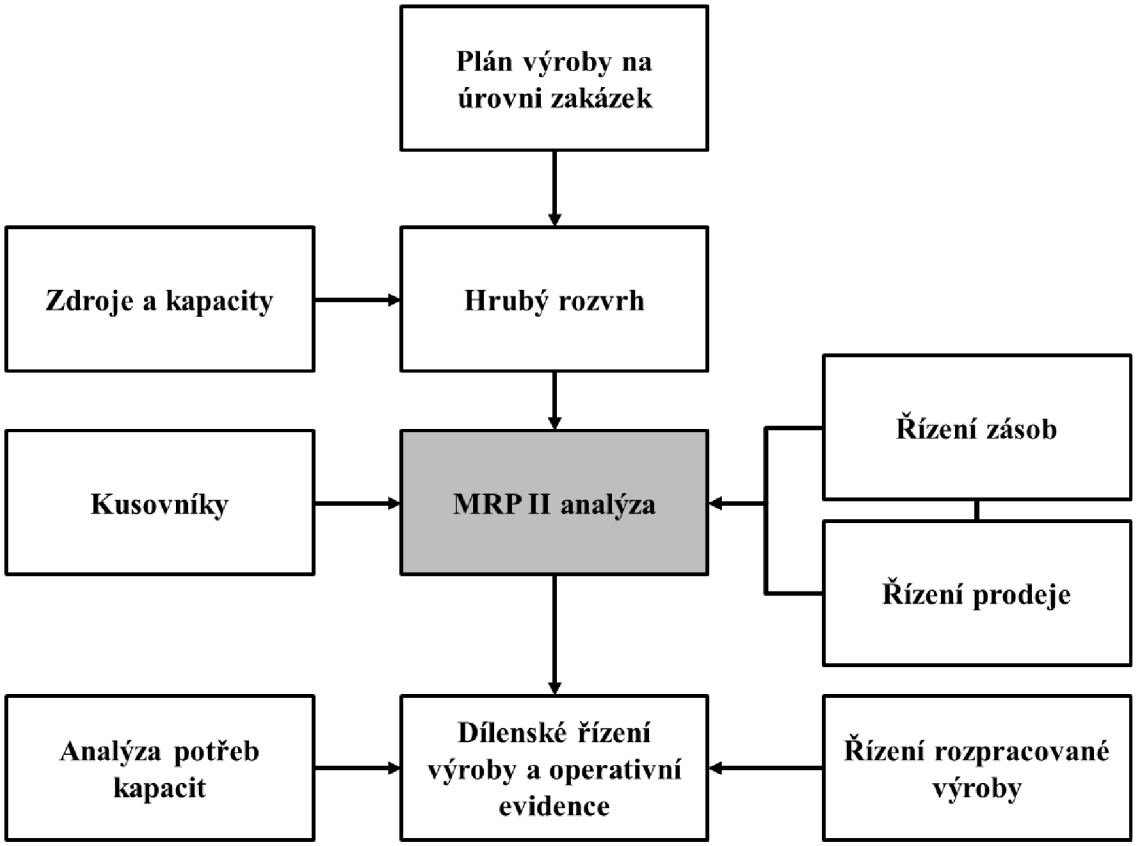


Schéma 1.6 Koncept MRP II

Zdroj: [5]

1.2.2 Tažné systémy řízení výroby

1.2.2.1 Just-In-Time (JIT)

Metoda zásobování Just-In-Time byla zavedena japonskou společností Toyota Motor Company po druhé světové válce. Největší vzestup a integrace logistické technologie v dodavatelském systému bylo uskutečněno v 80. letech 20. století v Japonsku a USA (United States of Amerika / Spojené státy americké), následně byla technologie postupně převzata výrobními společnostmi v Evropě. V současné době je filozofie systému úzce spojována s automobilovým průmyslem a postupně začíná být využívána v dalších průmyslových oblastech. Lukoszová označuje systém JIT jako nejznámější

a nejrozšířenější logistickou technologií, kterou lze využít v různých částech dodavatelského řetězce (zásobování, výroba i distribuce). Podstatou logistické technologie Just-in-Time je eliminace jakýchkoliv ztrát v celém dodavatelském a výrobním procesu. Myšlenka spočívá v dodávkách požadovaného materiálu v malém množství, v předem dohodnutých termínech, na určené místo, kterým je často přímo výrobní pracoviště. V ideálním případě by měl celý proces probíhat bez skladových a pojistných zásob. Charakteristickými znaky logistické technologie je:

- výroba pouze požadovaných výrobků,
- vyrábět vše v malých dávkách,
- rovnoměrný výrobní plán,
- zajištění výroby v požadované kvalitě.

  [6]

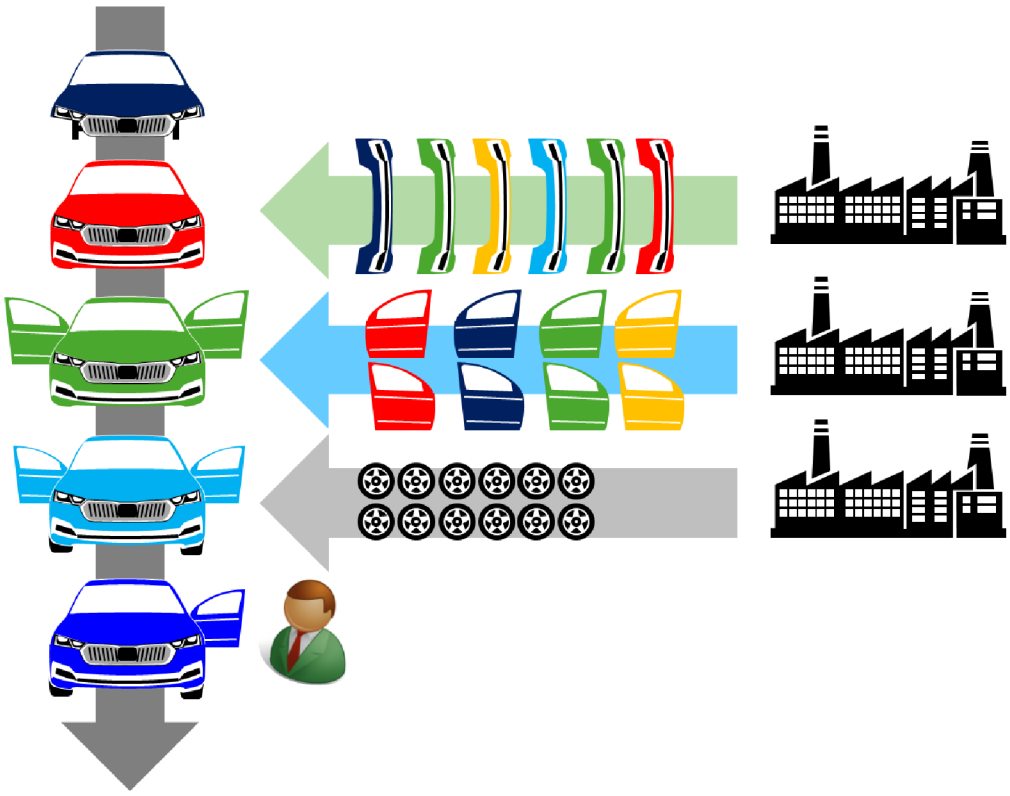
1.2.2.2 Just-In-Sequence (JIS)

Logistická technologie vychází z principů metody Just-in-Time a její původ je rovněž připisován konečným výrobcům automobilů. Metoda spočívá v dodávkách nízkého počtu výrobního materiálu, který je přesně určen pro konkrétní vozy. V současné době je typické v moderních závodech výroba více modelů současně na jedné montážní lince a s tím je dále spojena vysoká výrobní kapacita montáží a velká komplexita vstupujících dílů. Častým příkladem JIS dodavatele je externí společnost, které poskytuje své logistické služby. Poskytovatelé služby dodávají do výrobního závodu sestavy nebo celé komplety dílů přímo na výrobní linku ve správném pořadí a čase.

Procesy a vztahy mezi výrobní společností a poskytovatelem služby musí být velmi detailně připraveny a nastaveny. Dodavatelský systém je velmi závislý na úzké spolupráci a výměně informací, proto tento proces nemůže fungovat bez kvalitně nastavené podpory informačních technologií. Zásoba kompletů ve výrobní hale je počítána v jednotkách hodin, proto jsou dodávky realizované v krátkých časových intervalech. Samotná montáž kompletu je realizována až v okamžiku přijetí požadavku, žádné sestavy nejsou tedy připraveny na sklad.

V praxi jsou systémem JIS do výrobních závodů dodávány převážně sestavy dílů s širokou možností sestavovaných variant. Komplety dílů jsou vyčleňovány k externímu poskytovateli služeb z důvodu jejich velké komplexity, které pro výrobní společnost

znamenají vysoké náklady na skladování, udržování zásob nebo plýtvání času složitou montážní činností. Jako příklad lze uvést nárazníky automobilů, hlavní části chladící soustavy agregátu nebo přístrojovou desku. Varianty jednotlivých sestav bývají rozdílné dle stupně výbavy, popřípadě dalších volitelných parametrů. [6]



Obr. 1.1 Princip metody Just-in-Time

Zdroj: vlastní zpracování

Kanban systém

Systém dodávek materiálu postavený na principu tahu a samoregulačních okruhů byl vyvinut společností Toyota Motor Corporation v roce 1947. Základem procesu je rozdělení výrobního procesu na jednotlivé výrobní operace. Pracoviště v prostřední části zásobovacího procesu jsou současně dodavateli navazujícího stupně a zákazníky předešlého stupně. Pro zásobování mezi jednotlivými stupni procesu se používá informační štítek označovaný jako kanbanová karta. Kartou se využívá k objednání výrobního materiálu a současně je dodacím listem. Jednotlivá pracoviště jsou zásobována pouze materiálem, který je skutečně požadován. Kanbanová karta obsahuje základní

informace o požadovaném materiálu, balení, počet kusů, adresu umístění na montáži lince a další potřebné informace (obr. 1.2).

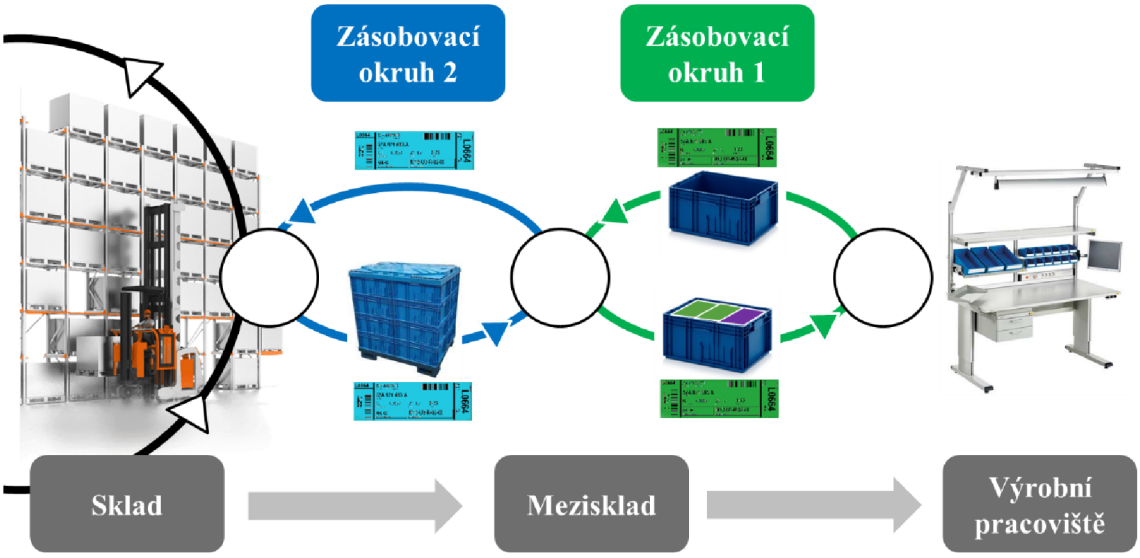
Obr. 1.2 Kanbanová karta

Zdroj: [7] vlastní zpracování

Princip zásobování materiálu je realizován proti směru materiálového toku, kdy spouštěcím mechanismem procesu je spotřeba materiálu výrobním pracovištěm a předání kanbanové karty realizátorovi zakázky (obr. 1.3), kterým je často útvar interní logistiky. Dodavatel (logistika) připraví požadované množství (paletu, přepravku apod.) a přepraví zákazníkovi, proces označený jako zásobovací okruh jedna. Objednávky a dodávky v nejnižším stupni procesu jsou většinou realizované s nejmenší balící jednotkou, tedy jednotkou prvního řádu. Stejným způsobem jsou realizovány dodávky navazujících procesů, rozdíl je pouze ve velikosti balící jednotek. V praxi je možné se setkat s dalším stupněm kanbanu, kterým jsou realizovány dodávky výrobního materiálu od výrobce dílů do výrobního závodu tzv. externí kanban. Dodávkou jsou ucelené kamionové soupravy s výrobním materiálem.

Rychlým vývojem výpočetní techniky dochází k nahrazování papírových kanbanových karet systémy pracující v internetové síti. Regálové systémy pro díly v KLT (Kleinladungsträger, z německého překladu malé manipulační kontejnery) přepravkách v blízkosti výrobního pracoviště jsou vybaveny SSW (Sensor Signal Warehouse), který je umístěný pod plastovými přepravkami na spádovém skluzu. V případě odběru kompletního množství z přepravky pracovníkem výroby, pracovník přepravku odebere a odloží do prostoru pro prázdné obaly. Uvolněním prostoru dojde k posunutí přepravek

blíže k pracovníkovi a tím i odtížení senzoru, který vytvoří objednávku konkrétního materiálu přímo ze skladu. Dodávka je realizována v následujícím zavážecím cyklu. [8]



Obr. 1.3 Kanban systém – zásobovací okruhy

Zdroj: vlastní zpracování

1.2.3 Kombinované systémy řízení výroby

TOC (Theory of Constrains / Teorie omezení)

Teorie omezení patří mezi kombinované systémy řízení výroby, kde zaujímá významné místo. Její autor E. M. Goldratt (1999) popsal její základní principy v knize The Goal (v českém překladu Cíl). Díky nestandardnímu podání TOC byl systém řízení výroby zaměřena velká pozornost výrobních společností. V současné době lze říci, že TOC se stala filozofií řízení, která se zaměřuje na trvalé zlepšování procesů a samotný přístup řízení. Metodu TOC zle aplikovat ve všech oblastech výrobního podniku. Základním principem metody je fakt, že v každém systému existuje alespoň jedno úzké místo, které omezuje celkovou výkonost procesu a tím snižuje ziskovost společnosti. Teorie omezení se zaměřuje na tvorbu zisku, který je možné realizovat vysokým průtokem výrobků a následně jejich prodejem. Eliminací úzkých míst dodavatelského nebo výrobního procesu dochází k růstu produkovaných výrobků a tím i zisku společnosti. Riziko vzniku úzkého místa v materiálovém toku zobrazuje schéma 1.7. [3]

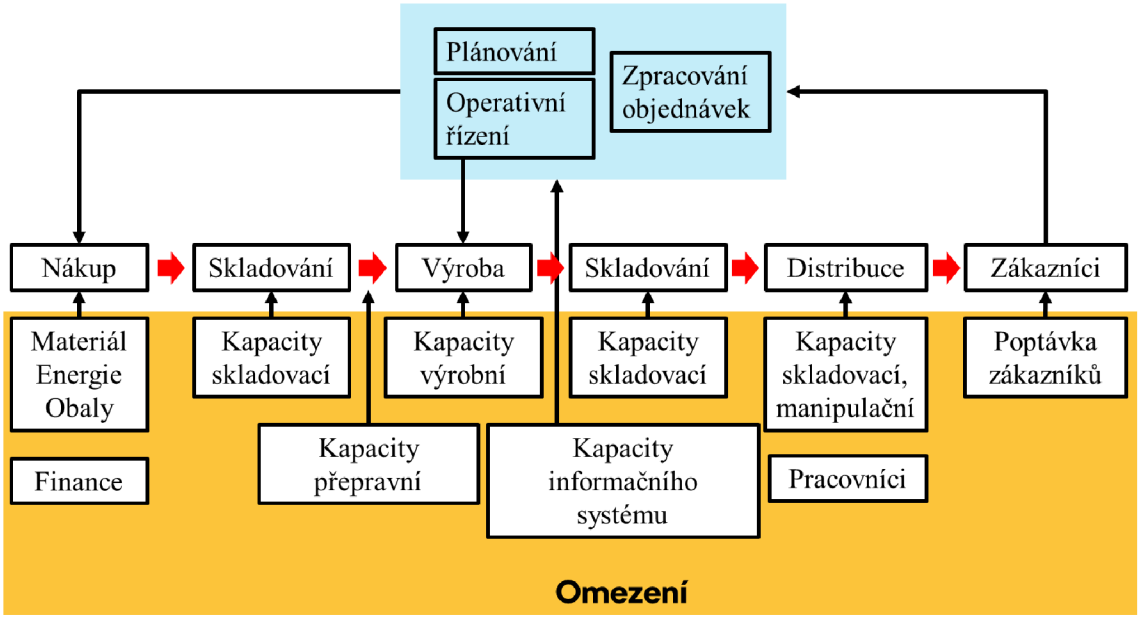


Schéma 1.7 Úzká místa výrobního procesu

Zdroj: [3, s. 178]

Implementace systému lez rozdělit do několika kroků, které na sebe logicky navazují. Jednotlivé kroky můžeme rozdělit na:

a) **formulace cíle a kritéria jeho dosažení** – nutné zajistit, aby cíl splňoval daná kritéria pro jeho stanovení. Cíl musí být reálný, efektivní, respektovat úzká místa a odolný vůči náhodným výkyvům,
b) **identifikace úzkého místa** – s využitím přímých bilančních metod jsou stanoveny kapacity jednotlivých strojů, následně jsou rozepsané objednávky na jednotlivé výrobní úseky a porovnány reálné požadavky s disponibilní kapacitou výrobního zařízení,
    a. **stanovení časového fondu** – produktivní činnost stroje lze stanovit identifikací kalendářního fondu, následně je možné činnosti rozdělit na produktivní a neproduktivní časy,
    b. **stanovení výrobní kapacity** – výsledný výkon je podílem velikosti výrobní dávky a doby výroby, kde by měly být vyřazeny nevýrobní časy,
    c. **využití nepřímých metod** – využití informací o stavu zásob na pracovišti z pohledu obsluhy zařízení nebo sledování stavu nedokončené výroby,
c) **odstranění úzkého místa** – zajištění vyrovnání kapacity úzkého místa s ostatními výrobními pracovišti, řešením může být zvýšení kapacity samotného zařízení, rozšíření pracovní doby (vyšší směnnost, další pracovní dny apod.),

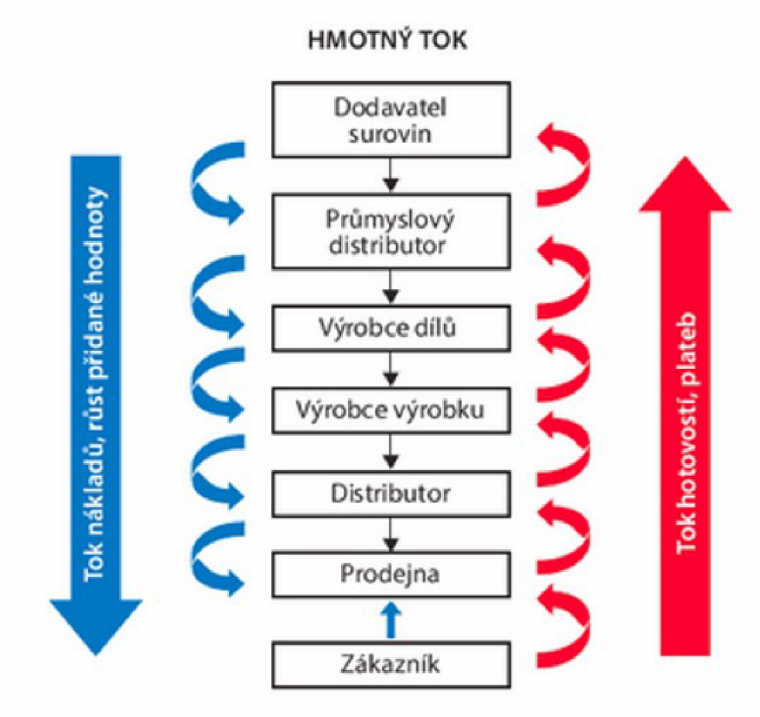
d) **plné využití zařízení** – místo určuje maximální průtok celkového výrobního procesu, proto je nutné zajistit plné využití kapacity zařízení. Základem je určení priorit výroby jednotlivých druhů výrobků, kdy seřízení na jednotlivé typy výroby může mít zásadní vliv na celkovou kapacitu zařízení,
e) **velikost výrobní dávky** – z důvodu zvyšování pružnosti výrobního systému jsou voleny nízké výrobní dávky,
f) **vytvoření zásobníku pro úzké místo** – určitá zásoba výrobního materiálu nebo časového fondu před úzkým místem, z důvodu nahodilých výkyvů předcházejících procesů, tak aby zařízení nebo aktivita mohla plynule vykonávat produktivní činnosti bez omezení,
g) **rozpis výrobních úkolů** – stanovení činností úzkého místa a současně rozepsání činností proti směru materiálového toku, které jsou v souladu s činnostmi úzkého místa,
h) **delegace pravomocí** – předcházející pracoviště jsou řízena kapacitou úzkého místa, materiálový tok funguje na principu tahu, pro pracoviště za úzkým místem je využit systém tlaku. Důvodem je, že tyto pracoviště mají dostatečnou kapacitní rezervy a materiál bez problémů zpracují,
i) **tvorba dalších zásobníků** – principem je stanovení zásobníků pro pojistnou zásobu materiálu od dodavatelů, tak aby byla zajištěna činnost pracoviště, které je úzkým místem výrobního procesu. Zásobníkem hotových výrobků je zajištěna rezerva pro uspokojení potřeb zákazníků a rychlé vyřízení jejich požadavků. [3]

1.3 Logistický řetězec a jeho prvky

Pernica označuje pojem logistický řetězec za nejdůležitější v oboru logistiky. Výrazem popisuje dynamicky propojený trh spotřeby a surovin, který vychází z poptávky konečného zákazníka a je realizován za pomoci hmotných a nehmotných toků. [9]

Štůsek (2007) popisuje **hmotným** tokem činnosti spojené s uchováním a přemísťováním zboží či materiálu. Stejné označení platí pro přemísťování osob. Za **nehmotnou** stránku logistického řetězce uvádí činnosti spojené s přemísťováním informací a peněžních prostředků, které jsou podstatné k uskutečnění přesunů materiálů nebo osob. Samotné toky by nemohly být realizovány bez použitelné logistické infrastruktury, kterými jsou dopravní, skladovací a komunikační sítě. [10]

Dle Pernici všechny procesy v logistickém řetězci musí svými činnostmi zvyšovat přidanou hodnotu pro konečného zákazníka. Zastaralé tvrzení, že přidanou hodnotu výrobku zvyšuje pouze technologický transformační proces je mylné. Přidaná hodnota výrobku je zvyšována jakoukoli opodstatněnou činností, která napomáhá zvyšovat pohodlí zákazníka. Takovými procesy jsou například balení s informacemi o charakteru výrobku nebo činnosti spojené s přepravou zboží k dalšímu stupni zpracováni. Současně je nutné v co největší míře eliminovat činnosti, které nezvyšují hodnotu výrobku, kterými je například bezúčelné manipulace nebo skladování. [9]



Obr. 1.4 Hmotné a nehmotné toky v logistickém řetězci

Zdroj: [3, s. 73]

V logistickém řetězci je pro manipulaci, přepravu a skladování využíváno mnoho technologického a logistického vybavení, které se dělí do dvou skupin. První skupinou jsou **pasivní prvky**, které lze popsat jako manipulovatelné nebo skladovatelné jednotky. Druhou skupinou jsou **aktivní prvky** jejichž úkolem je zajistit fyzický přesun pasivních prvků v logistickém řetězci.

1.3.1 Aktivní prvky

Hlavní úloha aktivních prvků v dodavatelském řetězci je vykonávat fyzické činnosti s pasivními prvky. Zjednodušeně můžeme tyto prvky popsat jako technické prostředky

nebo strojní zařízení, které realizují činnosti přepravy, uskladnění, balení, fixace nebo identifikace manipulačních a přepravních jednotek. Součástí pasivních prvků jsou také způsoby sledování, sběru, přenosu a uchování informací. Všechny prováděné činnosti jsou netechnologického charakteru, tedy nemění povahu a tvar materiálů. [11]

Sixta a Mačát (2004) uvádí jako nejvhodnější členění aktivních prvků dle druhu činnosti a způsobu přemísťování pasivních prvků. Prvky mohou být členěny do těchto kategorií:

a) **Manipulační prostředky a zařízení**
   a. s přetržitým pohybem
      i. pro zdvih – zvedáky, zvedací plošiny, zdvižná čela, výtahy, navijáky, kladky a kladkostroje, mostové jeřáby, portálové jeřáby, manipulátory, mobilní jeřáby a další,
      ii. pro pojezd – podvozky pod palety, speciální kovové podvozky, bezmotorové a poháněné vozíky, akumulátorové plošinové vozíky, traktory a tahače, vznášedla, plošinové vozíky, paletové vozíky, speciální těžké tahače a další,
      iii. pro stohování – regálové zakladače, stohovací jeřáby, vysokozdvižné vozíky a vozy (bezmotorové a motorové).
   b. s plynulým pohybem – dopravníky jsou nejširší skupinou v této kategorii: dopravníky podvěsné, podlahové, hydraulické, pásové, šnekové, hnané a nehnané válečkové tratě, kuličkové tratě, visuté dráhy, skluzy a další.
b) **Dopravní prostředky** – často využívané v kombinované dopravě
   a. silniční – tahače, traktory, dodávkové a nákladní automobily, přívěsy a návěsy,
   b. kolejové – nákladní železniční vozy, otevřené, uzavřené, plošinové, nádržkové, výsypné, chladící a další,
   c. vodní – nákladní lodě a čluny pro vnitrozemské cesty, námořní lodě pro kusový nebo hromadný materiál,
   d. vzdušné – nákladní letadla, vrtulníky, drony,
   e. nekonvenční – visuté dráhy, lanovky, magnetické dopravní systémy, raketoplány apod.
c) **Skladovací systémy** – automatizované, regálové, blokové a další. [12]

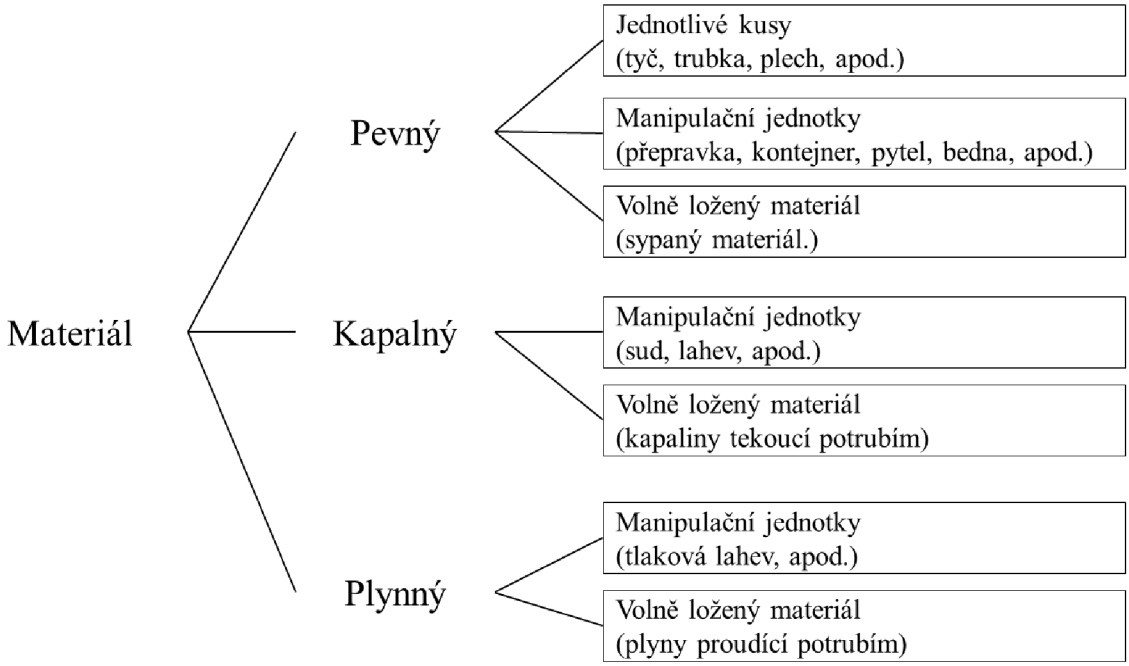
1.3.2 Pasivní prvky

Pod pojmem pasivní prvek jsou zahrnuty základní a pomocný materiál, díly a hotové výrobky, přepravní prostředky, obaly, odpad nebo informace, které překonávají prostor a čas z místa svého vzniku do místa výroby nebo konečné spotřeby. Pasivní prvky mají podobu manipulovatelných jednotek, které lze samostatně přemisťovat nebo skladovat.

[12]

Materiály

Plánování logistických řetězců se neobejde bez přesných informací a znalosti manipulovaných materiálů. Důležitost je kladena zejména jejich charakteristické vlastnosti, tvar nebo množství. Na základě kategorizace materiálu jsou navrhovány vhodné manipulační jednotky, které jsou nosičem zboží v hmotném toku řetězce a umožňují tak efektivní přepravu a skladování. Základní členění materiálu s návrhem přepravní jednotky je zobrazen na obr. 1.3. [12]

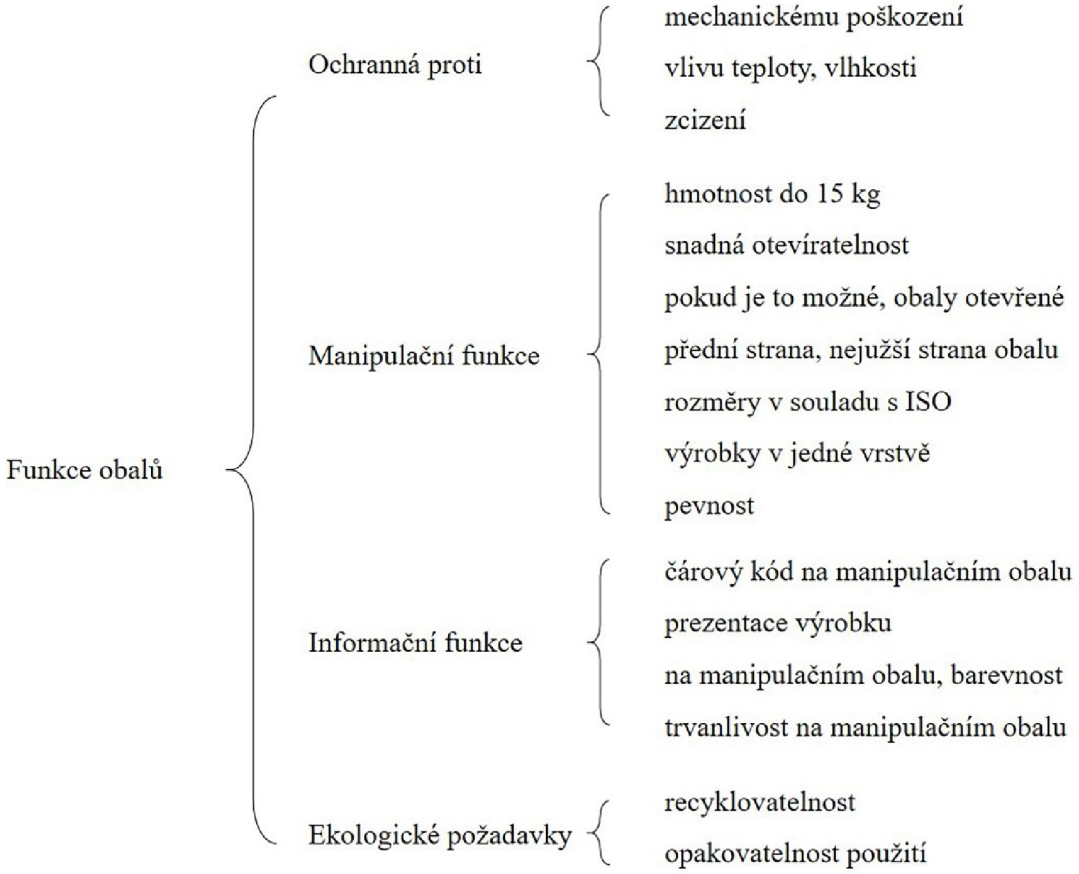


Obr. 1.5 Základní členění materiálů

Zdroj: [12, s. 175]

Obaly

Gros (2016) označuje obal za významnou součást dodavatelského systému, bez kterého nelze realizovat logistické činnosti. Výjimku tvoří materiály, které jsou sypké, stavební materiály, paliva nebo výrobky objemnějších rozměrů (automobil, nábytek, apod.). Volba vhodné velikosti a konstrukce obalu je podstatným prvkem plánování materiálového toku v logistickém řetězci, ovlivňuje také využití moderní manipulační techniky pro přepravu nebo skladování. Samostatné obalové jednotky mohou být sdružované do větších manipulačních celků nebo přepravních jednotek. Samotné provedení obalu může napomáhat k propagaci společnosti nebo podporovat prodej výrobků. Obal je nosičem mnohých funkcí, základní členění je zobrazeno v obrázku 1.4. [3]



Obr. 1.6 Funkce obalů

Zdroj: [3, s. 374]

Ochranná funkce

Základní cílem ochranné funkce obalu je zabránit neúmyslnému nebo mechanickému poškození uloženého materiálu. Konstrukce přepravního obalu musí být vhodně navržena tak, aby odolala vibracím a opakovanému namáhání statického nebo dynamického charakteru v průběhu přepravy, skladování a dalších logistických činností. Obal musí zboží dále ochránit před klimatickými a biologický vlivy, popřípadě zabránit možnosti odcizení. [12]

Manipulační funkce

Sixta (2005) popisuje funkci obalu jako racionální manipulační jednotku, která je svou konstrukcí, tvarem a hmotností přizpůsobená požadavkům skladování nebo přepravy. Současně musí manipulační jednotka zajišťovat rychlou a bezpečnou manipulaci s výrobky, které jsou umístěné v balící jednotce. Významnými vlastnostmi obalu z pohledu manipulace je jeho hmotnost, tvar, bezpečnost uzavření nebo odolnost proti povětrnostním vlivům. Plnění obalů a jejich celková hmotnost jsou odvislé od nejslabšího článku řetězce, kterým je lidská síla. Obaly jsou proto konstruovány tak, aby manipulace s nejmenší manipulační jednotkou umožnila spotřebiteli jednoduché zacházení a současně splňovala ergonomické standardy. Mezi ergonomické prvky jsou zahrnuty požadavky na uchopení balící jednotky (třeba i jednou rukou) nebo jednoduchá možnost otevření bez použití dalších nástrojů. [12]

Informační funkce

Informace umístěné na obalu výrobku jsou určené převážně konečnému zákazníkovi, ale využití nacházejí také v celkovém toku logistického řetězce. Obaly jsou vybaveny podrobnými údaji o výrobku nebo jen identifikačním štítkem s potřebnými informacemi, které jsou dostačující pro další procesy v dodavatelském řetězci. Na obalových jednotkách jsou často použity následující údaje: výrobce, použitý materiál, složení výrobku, datum výroby, trvanlivost (převážně u potravin) nebo doporučení skladování zboží. Významnou roli plní informační funkce v procesu přepravy, kde přepravované zboží musí být jasně identifikovatelné. Informační závěska obsahuje dodavatele, příjemce, počet ks v obalu, hmotnost obalu a další informace, viz dodavatelské závěska obrázek 1.5. [12]

Ekologické požadavky

Obalové materiály jsou nedílnou součástí v dodavatelského řetězce, kde plní celou řadu funkcí. V současnosti době je vyvíjen stále větší tlak na zajištění takových obalových vlastností, které nebudou ohrožovat životní prostředí. Firmy zabývající se výrobou obalových materiálů hledají inovativní řešení, která se zaměřují na obaly z recyklovatelných materiálů. Příkladem mohou být papírové bublinkové fólie, papírové lepící pásky, recyklovatelné sáčky nebo lněné pytlíky. Výsledkem inovací by měly být obaly, které lze použít vícekrát než pouze jednou.

Obr. 1.7 Dodavatelská závěska

Zdroj: [7]

Identifikace pasivních prvků

Sixta a Mačát (2005) označují identifikaci materiálu za významnou činnost pro plánování, řízení nebo optimalizaci materiálového toku. Přesné informace o pohybu a místu výskytu výrobního materiálu jsou nezbytnou součástí výrobních, skladovacích a přepravních procesů, které není možné efektivně realizovat bez spolehlivé identifikace. Nosičem informace mohou být suroviny, polotovary nebo výrobky, kde jsou informace umístěné přímo na výrobku pomocí speciální technologie. V případě, že nosičem informace není

samotný výrobek musí být s přepravním obalem fyzicky spojen tak, aby v průběhu manipulačních činností nedošlo k jeho záměně. Informačními prvky tak mohou být obaly, etikety, štítky, visačky a další. [12]

Rychlé tempo vývoje moderních technologií přináší nové trendy a možnosti identifikace pasivních prvků a lze uplatnit v průběhu celého dodavatelského řetězce. Využití nových technologií napomáhá k zavádění automatizovaných procesů rozpoznávání, které se tak stávají značně rychlejší a přesnější. Mezi nejrozšířenější identifikační technologie současné doby se řadí optické snímače. Technologie může fungovat na principech automatizace s využitím stacionárních zařízení, ale i na bázi mobilních skenerů nebo kamer, které k rozpoznávání využívají různé typy čárových kódů nebo přímo tvary výrobků a balících jednotek.

Další možností rozpoznávání výrobků je využití radiofrekvenční identifikace (RFID – z anglického Radio-Frequency Identification). Jedná se o bezkontaktní výměnu dat na bázi rádiové komunikace mezi čtecím zařízením a rozpoznávacím prvkem (tagem) umístěném na manipulační jednotce nebo výrobku. Velkou výhodou využití RFID oproti optickým snímačům je, že čtecí zařízení nemusí být v přímém kontaktu s identifikačním prvkem. I když technologie RFID není úplně novinkou v oblasti identifikace, není tak rozšířená jako čárové kódy převážně z důvodu pořizovacích nákladů. V praxi se většinou setkáme se s lokálními projekty v interních podnikových procesech. Využití čárových kódů je stále nejlevnějším a nejúčinnějším způsobem identifikace. [12]

Manipulační a přepravní jednotky

Složitost logistického řetězce, kde každý článek pro své procesy využívá rozdílné technologie manipulace a velikosti přepravních jednotek vedlo k zavedení standardizace a sjednocení rozměrů přepravních jednotek. Předmětem mezinárodní směrnice, která se zabývá velikostí manipulačních jednotek je nastavení manipulačních jednotek do modulových systémů. Nejmenší přepravní jednotky je možná na sebe vrstvit, tím dochází k vytvoření sjednocené přepravní jednotky vyššího řádu o určitých standardizovaných rozměrech. Unifikované rozměry umožňují koordinovat procesy tvorby přepravních jednotek s návazností na dopravní prostředky a jejich ložné prostory. [11]

Dle Pernici (2004) lze manipulační jednotky rozdělit na:

- **Manipulační jednotky I. řádu**

  Výchozí manipulační jednotka určená k ruční manipulaci s maximální možnou hmotností 15 kg. Základní podmínkou hospodárnosti je nedělitelnost této jednotky v průběhu všech článků logistického řetězce. Tím, že je výchozí jednotka nejmenší balící jednotkou je zároveň minimálním objednacím množstvím. Takovými přepravními jednotkami jsou plastové přepravky, lepenkové kartony, pytle a další.

- **Manipulační jednotky II. řádu**

  Též označovaná jako přepravní nebo skladovací jednotka určená k manipulaci a skladování pomocí mechanizačních nebo automatizačních prostředků. Balení určené k přepravě je složené z určitého počtu jednotek I. řádu fixovaných k nosnému elementu, kterým může být dřevěná paleta (800 x 1200 mm) nebo kovová podlážka (1000 x 1200 mm). Celková hmotnost sdružené jednotky se pohybuje v rozmezí 250 kg až 1000 kg. Balení jsou manipulována převážně vysokozdvižnými vozíky, regálovými zakladači nebo jeřáby.

- **Manipulační jednotky III. Řádu**

  Soubor manipulačních jednotek II. řádu uložených do větších manipulačních celků přímo určených pro přepravu jednotek kombinovanou dopravou. Manipulační celky lze používat v různých typech dopravy (silniční, železniční, letecká, vodní) bez nutnosti překládky do jiných přepravních celků. Takovými celky mohou být standardizované kontejnery, výměnné nástavby nebo ucelené kamionové soupravy, jejichž maximální hmotnost dosahuje 40 tun. Manipulace probíhá speciálními vysokozdvižnými vozíky, portálovými jeřáby a další technologií.

- **Manipulační jednotky IV. řádu**

  Jsou dopravní prostředky přizpůsobené k přepravě velkého počtu manipulačních jednotek III. řádu, které využívají vnitrozemskou vodní nebo námořní přepravu. Pro transport jsou využívány lichtery (člunové kontejnery) nebo bárky s kapacitou 400–2000 tun. Nakládka a vykládka probíhá pomocí portálových jeřábů nebo vplutím námořních bárek přímo do námořních nosičů. [9]

Obr. 1.8 Ukázka plastových přepravek – manipulační jednotka I. řádu

Zdroj: [7]

1.4 Kompletace a kompletační systémy

Procesy spojené s přípravou dílů dle požadavků zákazníků pojmenovávají různí autoři odlišně, Gros (2016) činnosti označuje kompletačními systémy, autor Schulte (1994) systémy komisionářskými. Synonymem zmíněných výrazů může také být sdružování, vychystání nebo konsolidace zboží. Základní a současně nejvýznamnějším požadavkem zákazníka jsou dodržení požadovaného sortimentu zboží a splnění termínu vyřízení objednávky. Proces konsolidace je majoritně vykonáván manuálními činnostmi, kterou zajišťují pracovníci skladů pomocí jednoduché mechanizační techniky. Fyzicky namáhavá lidská ruční práce lze nahradit automatizací činností, která přináší značné úspory v celém procesu přípravy. Zavedení plnohodnotné automatizace však sebou přináší značná technická omezení a vysoké finanční náklady k pořízení technologie.

Proces kompletace spočívá ve vychystávání základních balících jednotek nebo jednotlivých kusů výrobního materiálu, které jsou shlukovány do větších přepravních celků. Transportní prostředky jsou často technicky upravené a vybavené přesně dle požadavků přepravovaných dílů. V průběhu kompletace mohou být vykonávány další výrobní činnosti jako sestavení nebo jednoduché montáže. Kompletace požadovaného materiálu může být prováděna odlišnými způsoby, příkladem jsou systémy Kanban, Just-In-Time nebo Just-In-Sequence (vše v kapitole 1.2.2). Komisionářské činnosti jsou obecně velmi náročné na organizaci a řízení, jakékoli narušení procesu může znamenat ohrožení výroby. [3]

Kompletační systémy

Gros (2016) člení kompletační systémy dle více kritérií, a to z pohledu stupně využití mechanizace a automatizace, velikosti manipulační jednotky nebo dle pozice pracovníka.

Členění dle stupně mechanizace a automatizace:

- **mechanizované systémy** – přípravu zakázek provádí pracovníci skladů manuálně nebo využívají jednoduchou mechanizační techniku (vysokozdvižné nebo paletové vozíky),
- **poloautomatizované systémy** – proces je tvořen kombinací prvků automatizace a manuální lidské činnosti. Automatizované procesy jsou často realizované v podobě skladových systémů, které zajišťují skladování a dopravu manipulačních jednotek na místo konsolidace nebo dopravu pracovníka na místo uložení požadovaného zboží. K manipulaci jsou využity automatizované zakladače a vysokozdvižné vozíky, válečkové tratě apod. Do skupiny lze také zahrnout WMS (Warehouse Management System – z anglického překladu Systém řízení skladu) systémy, které pracovníka navigují prostoru skladu a současně jeho trasu optimalizují. Systém řízení skladu předává pracovníkovi informace o umístění požadovaného materiálu skrze poslechová zařízení (sluchátka), zobrazením na displeji mobilních zařízení (terminály, chytré průmyslové mobilní telefony apod.) nebo světelnou signalizací, která označuje skladovou pozici zboží,

- **plně automatizované systémy** – kompletace probíhá bez zapojení lidského faktoru do celého procesu pomocí robotizace nebo plně automatizovaných skladovacích systémů. Charakteristickými vlastnostmi systému jsou vysoká produktivita práce, vysoká spolehlivost plnění zakázek nebo nepřetržitý provoz. Kapacita zařízení je omezena technologickou kapacitou zařízení, které lze dále rozšiřovat.

Členění dle pozice pracovníka:

- **statické systémy** – sortiment výrobků je umístěný ve skladech na pevných lehce dostupných pozicích (gravitační spádové nebo policové regály). Pracovníci prochází jednotlivé regálové uličky a odebírají požadované množství zboží nebo pomocí jednoduché mechanizační techniky pracovníci vybírají zakázky z vyšších pater regálového technologie. Systému je vhodný pro odběry malých balících jednotek nebo odběry kusové, avšak produktivita práce se pohybuje na velmi nízké úrovni právě z důvodu časové náročnosti odběru v malých jednotkách. Proces kompletace lze rozdělit do čtyř skupin:
    - **postupné kompletace** – příprava zakázek dle jedné objednávky,
    - **dávková kompletace** – kompletace více objednávek současně, zboží je rozdělováno dle jednotlivých zakázek do kompletačních skupin v průběhu přípravy nebo po ukončení přípravy veškerých zakázek,
    - **zónová kompletace** – sortiment zboží je rozdělován do jednotlivých oblastí skladu. Členění je často na základě druhu výrobků, vlastností balících jednotek, stupně vybavení skladu nebo způsobu skladování. Proces kompletace probíhá přípravou dílů v jedné z oblastí, následně je objednávka předána do další oblasti kde pracovníci pokračují v přípravě,
    - **simultánní kompletace** – sortiment zboží je uspořádaný oblastí stejně jako u zónové kompletace, s tím rozdílem že přípravné činnosti mohou probíhat současně. Zakázky z jednotlivých oblastí jsou slučovány do přepravního celku na konci procesu.

Obr. 1.9 Příklad umístění sortimentu zboží, princip statické kompletace

Zdroj: [7] vlastní zpracování

- **dynamické systémy** – charakteristickým prvkem je pozice pracovníka, který se obsluhuje kompletační pracoviště. Výdej zakázek na jednotlivá pracoviště spravuje WMS a přepravní jednotky jsou pomocí válečkových drah dopravovány přímo na pracoviště kompletace. Obsluha odebere požadované množství a následně přepravní box vrací zpět do logistického toku. Systém se vyznačuje vysokým stupněm automatizace a mechanizace, které zajišťují rychlost procesu. Velké množství odbavených zakázek zvyšuje efektivitu a produktivitu práce.

Členění dle velikosti objednávaných položek

- **kusové položky** – zakázky jsou objednávány v nejmenších balících jednotkách (lahve, kusy, krabičky apod.) charakteristický systém pro internetové ochody, maloobchody nebo kompletace náhradních dílů apod.,
- **balící jednotky** – zakázky jsou konsolidovány ve skupinovém balení (kartony, plastové přepravky apod.,
- **ucelené balící jednotky** – zakázkami jsou ucelené balící jednotky (palety), které jsou manipulovatelné mechanizační technikou jako vysokozdvižné vozíky, příkladem může být logistická technologie Cross-dock. [3]

1.5 Vědecké řízení

Jak již bylo zmíněno v úvodních kapitolách diplomové práce kořeny oboru logistiky jsou úzce spojované s vojenstvím a následnou implementací získaných zkušeností v hospodářském sektoru. Zdokonalování výrobních procesů společně s růstem komplexity nabízených výrobků a zvyšování výrobní kapacity velmi ovlivnili požadavky

na logistické činnosti. Vnitropodnikové procesy se tak postupně stávali složitějšími a zavádění změn do zaběhnutých interních činností se tak stalo velmi komplikovanou záležitostí, kterou v mnoha případech nelze jednoduše otestovat v běžné praxi. Řešení problematiky testování v reálném prostředí lze substituovat použitím exaktních a empirických metod vědeckého řízení, díky kterým lze modely procesů přiblížit velmi blízko reálnému prostředí. Rychlý vývoj výpočetní techniky napomohl rozšíření a zařazení vědeckého přístupu do procesu plánování složitých procesů. Vědecké řízení lze využít v mnoha odvětvích od realizace komplexních projektů, prodeje výrobků, řízení lidských zdrojů, finanční plánování, řízení zásob nebo optimalizace materiálových toků. Výstupy modelových situací se stávají důležitým aspektem v procesu manažerského rozhodování, obzvláště v situacích možné nejistoty nebo rizika spojených se změnou ustáleného procesu. V procesu rozhodování jsou velmi důležitým prvkem zkušenosti a intuice manažerů, které jsou podpořené právě zvolenou exaktní metodou. Jsou však situace, u kterých by měl být vědecký přístup vyžadován:

- komplikované procesy a vazby mezi nimi, které mohou být ovlivněny mnoha vnějšími faktory,
- nové situace, které se v daném procesu nevyskytli a z praxe s nimi neexistují žádné zkušenosti,
- opatření se zásadním vlivem na ekonomické ukazatele společnosti,
- opakované situace a řešení běžných situací, které je možno přeměnit v automatizované procesy. [13]

2 Současný stav zásobování linky vytvořenými sekvencemi

Tato kapitola popisuje současný stav procesů materiálového toku od vstupu do výrobního závodu přes interní logistické procesy společnosti ŠKODA Auto a. s. V jednotlivých podkapitolách jsou popsány logistické technologie využívané ke skladování v logistickém centru s označením U6 a výrobní hale M13. Dále je práce podrobněji zaměřena na proces sekvenční přípravy dílů a přepravy vychystaných transportních vozíků z logistického supermarketu na montážní linku.

2.1 Představení společnosti ŠKODA AUTO a. s.

Historie společnosti ŠKODA AUTO a. s. je spojena se zakladateli Václavem Laurinem a Václavem Klementem, kteří v roce v roce 1895 otevřeli dílnu na opravu a později výrobu jízdních kol. V následujících několika letech společně zahájili výrobu prvních motocyklů, které dosáhly značných úspěchů i v zahraničí. V roce 1905 byl vyroben v Mladé Boleslavi první automobil Voiturette, který slavil stejné úspěchy jako předchozí jednostopá dopravní prostředky.

První světová válka zapříčinila rozpad tržního prostředí, firma se navíc musela vypořádat s požárem závodu, který velmi ovlivnil produkci vozidel. Společnost Laurin & Klement našla oporu v plzeňské společnosti ŠKODA, která již ve své době byla označována za významný strojírenský výrobní závod. V roce 1925 došlo ke vniku společenství se společným název ŠKODA a logem okřídleného šípu, který symbolizuje rychlost a pokrok.

Mladoboleslavský závod se nechal inspirovat masovou výrobou v USA a v letech 1927–1929 postavil nejmodernější pásovou linku v Československu. Pásová výroba automobilů s využitím výhod standardizace, principem zaměnitelnosti součástek mezi vyráběnými modely společně se specializací zaměstnanců vedla k velmi efektivní výrobě.

Po roce 1989 dochází ke změně chování ve státem řízeném hospodářském sektoru, kdy jsou výrobní společnosti transformovány na samostatné ekonomické subjekty. ŠKODA začala spolupracovat s automobilovou společností Volkswagen (VW), která již v té době byla největším výrobcem automobilů v Evropě. V roce 1991 došlo k podepsání smlouvy

a ŠKODA AUTO a. s. se tak stala jednou ze čtyř společností koncernu VW (ŠKODA, Audi, Volkswagen a Seat).

V současné době se ŠKODA Auto a. s. řadí mezi nejúspěšnější světové společnosti, současně je největší společností na území České republiky zabývající se výrobou osobních automobilů. Z historického pohledu je jednou z nejstarších automobilových společností na světě. Sídlo společnosti a současně největší výrobní závod je umístěný v Mladé Boleslavi, další výrobní závody jsou v Kvasinách a Vrchlabí. Výroba vozů ŠKODA probíhá také v zahraničních závodech, a to v Indii, Slovensku, Číně nebo Rusku.

V Mladé Boleslavi jsou situované dvě montážní haly, první je v hale s interním označením M1, kde probíhá konečná montáž modelů Fabia IV. generace, Kamiq a Scala. V druhé poměrně mladší montážní hale (M13) probíhá konečná montáž modelů Octavia IV. generace a ENYAQ, který je historicky první osobní automobil s elektrickým pohonem společnosti ŠKODA Auto a. s.

Obr. 2.1 ŠKODA ENYAQ iV – historicky první elektromobil ŠKODA Auto a. s.

Zdroj: [7]

2.2 Materiálový tok

Pokud bychom chtěli zobrazit kompletní materiálový tok od dodavatele na montážní linku v hale M13 bylo by schéma velmi rozsáhlé a komplikované, pro základní znázornění nám bude postačovat zjednodušené schéma (schéma 2.1). Hlavní prvky

dodavatelského řetězce jsou zobrazeny textovými obrazci, materiálový tok je znázorněn pomocí šipek s čísli. Jednotlivé číslice představují možnosti využití logistické technologie:

- A – JIS, JIT dodávky od externích partnerů přímo na montážní linku, bez skladování nebo s pojistnou zásobou pouze několika málo hodin,
- B – výrobní materiál dodávaný na montážní linku v uceleném balení, balící jednotky mají standardní rozměry a mohou být skladované v logistickém centru,
- C – materiál dodávaný z logistického centra nebo ostatních skladů na další stupeň logistického procesu, kde probíhá interní sekvenční příprava dílů (JIS) nebo částečné výdeje (KANBAN) a následná přeprava na montážní linku,
- D – výrobní materiál dodávaný v jiném než standardním rozměru balení, většinou se jedná o díly ve speciálních paletách.

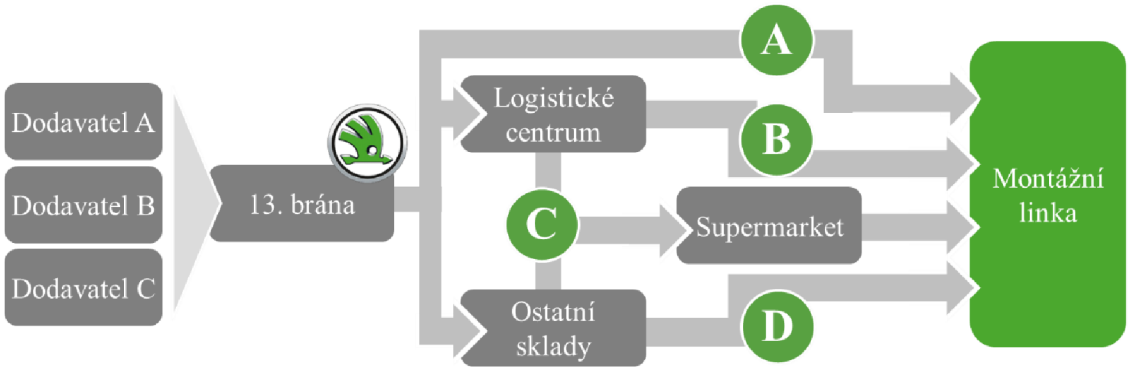


Schéma 2.1 Materiálový tok od dodavatelů na montážní linku ve ŠKODA Auto a. s.

Zdroj: [7], vlastní úprava

2.2.1 Hlavní brána do výrobního závodu – 13. brána

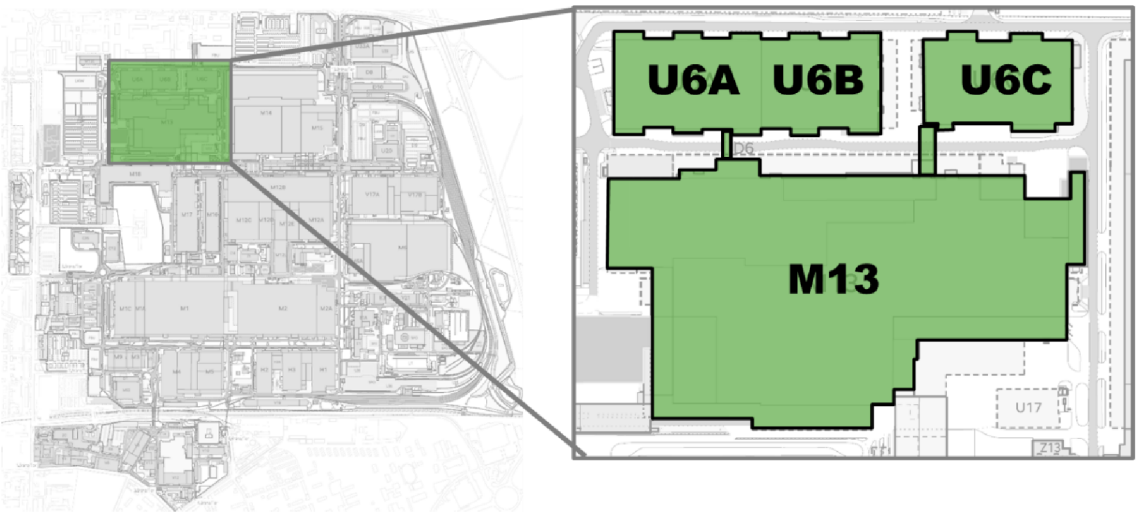
Veškeré kamionové dodávky s výrobním materiálem musí být před vstupem do hlavního závodu odbaveny pracovníky 13. brány. Příjezd LKW (LastKraftWagen – z německého překladu nákladní automobil) a odbavení základních dokladů jsou řízeny přesně stanovenými časovými okny. Význam časové rezervace pro odbavení je důležitým prvkem pro plánování trasy a spedice, denně 13. brána odbaví přes 2300 nákladních automobilů. Následně po odbavení základních dokladů jsou řidičům předány telematické přístroje, které je navigují na příslušné sklady v areálu výrobního závodu.

2.2.2 Logistické centrum hala U6

ŠKODA Auto a. s. s přijetím růstové strategie společnosti, a tím spojené zvyšování výrobních kapacit montážních linek, investovala značné finanční prostředky do centralizace a automatizace logistických procesů. V roce 2013 bylo v mladoboleslavském výrobním závodě slavnostně otevřeno logistické centrum s interním označením U6, které je složeno ze dvou na sebe navazujících modulů U6A a U6B. Logistický sklad o rozloze 15 500 m^2 je 18 m vysoký a dopravníkovým mostem přímo spojený s výrobní halou, kde probíhá konečná montáž vozů. Soustředěním materiálu a logistických činností do jednoho centrálního objektu společně s využitím automatizačních prvků došlo k celkovému zefektivnění zásobovacího procesu, eliminaci vícenásobného skladování stejného materiálu, využití uvolněných ploch k rozšíření výrobních technologií nebo optimalizaci interní přepravy.

Česká logistická asociace (ČLA) ocenila logistické centrum nejlepším projektem roku 2013, následně se projekt umístil na prvním místě evropské soutěže European Gold Medal in Logistics and Supply Chain.

V roce 2020 se zahájením sériové výroby elektro modelu ENYAQ iV byl zprovozněn třetí modul logistického centra s označením U6C, který je kombinací regálového skladování a sekvenční přípravy dílů.

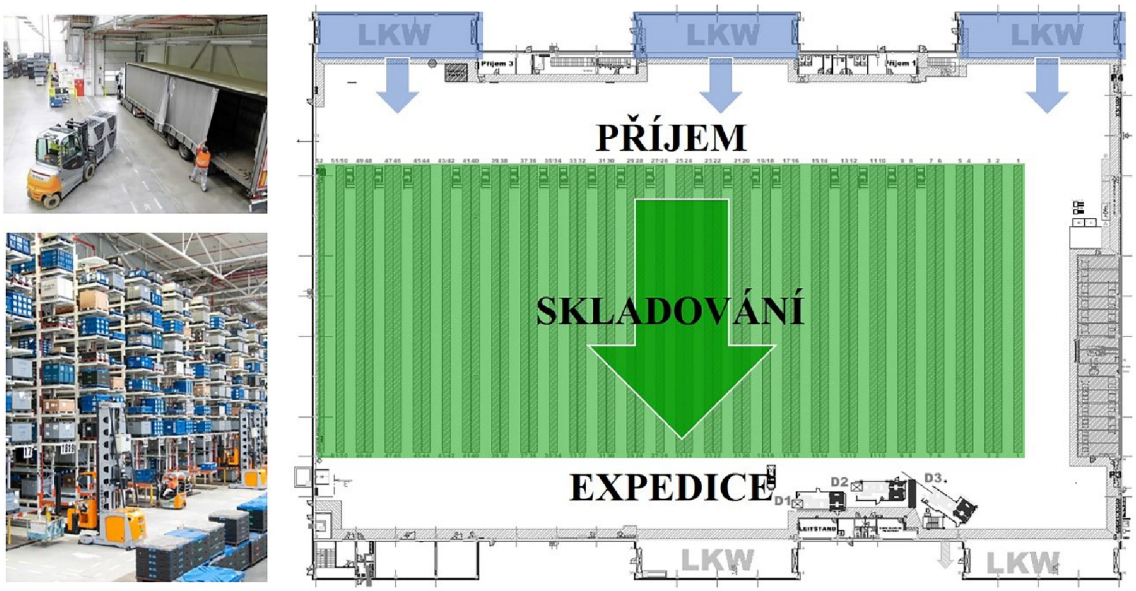


Obr. 2.2 Umístění logistického centra U6, výrobní závod Mladá Boleslav

Zdroj: [7]

2.2.2.1 Centrální sklad U6A

Při vstupu do haly U6A návštěvníka zaujme rozsáhlá regálová technologie s kapacitou 15 500 paletových pozic. Regálový systém zahrnuje 52 paletových regálů s nejvyšší zakládací úrovní ve výšce 14 metrů a je určen k uskladnění několika typů nejběžnějších balicích jednotek dodávaných do výrobního závodu. Přepravní obaly musí splňovat rozměrové a hmotnostní kritéria, kde maximální výška obalu musí být do 1000 mm s půdorysným rozměrem 1200 x 1000, 1400 x 1200 nebo 1600 x 1200 (všechny rozměry v mm), maximální hmotnost balící jednotky je 800 kg. Obsluhu regálového systému zajišťuje 19 poloautomatických vysokozdvižných vozíku s označením MX–X od firmy STILL, které jsou speciálně navrženy pro manipulaci v úzkých uličkách regálových systémů. Všechny operace v rámci regálové technologie řídí centrální skladový systém (WMS – Warehouse Mangement System), který určuje pozice pro umístění materiálu, optimalizuje umístění materiálu směrem k výdejní straně skladu nebo vyhodnocuje nejvhodnější pozice dle obrátky materiálu pomocí ABC analýzy. WMS komunikuje s obsluhou zakládacích vozíků pomocí mobilní terminálů, kterým rozděluje konkrétní činnosti.



Obr. 2.3 Logistické centrum – U6A

Zdroj: [7]

Logistické centrum disponuje doky pro vjezd nákladních automobilů (obr. 2.3.). Hlavní výhodou takto vybudovaných doků je možnost nakládky nebo vykládky výrobního materiálu přímo v prostoru haly. Dochází tak k eliminaci neproduktivních časů spojených

s přepravou materiálu z venkovního složiště do vnitřních prostor haly. Severní část haly je určena pro příjem a vykládku materiálu, jižní pro expedici do ostatních výrobních hal.

Materiálový tok uvnitř logistického centra je zobrazen v obrázku 2.3. Příjem je umístěn ve vrchní části haly, následuje skladování v regálové technologii a ve spodní části jsou umístěné logistické plochy určené k expedici. Materiál určený pro výrobní halu M13 je přepravován dopravníkem, který propojuje logistické centrum s výrobní halu.

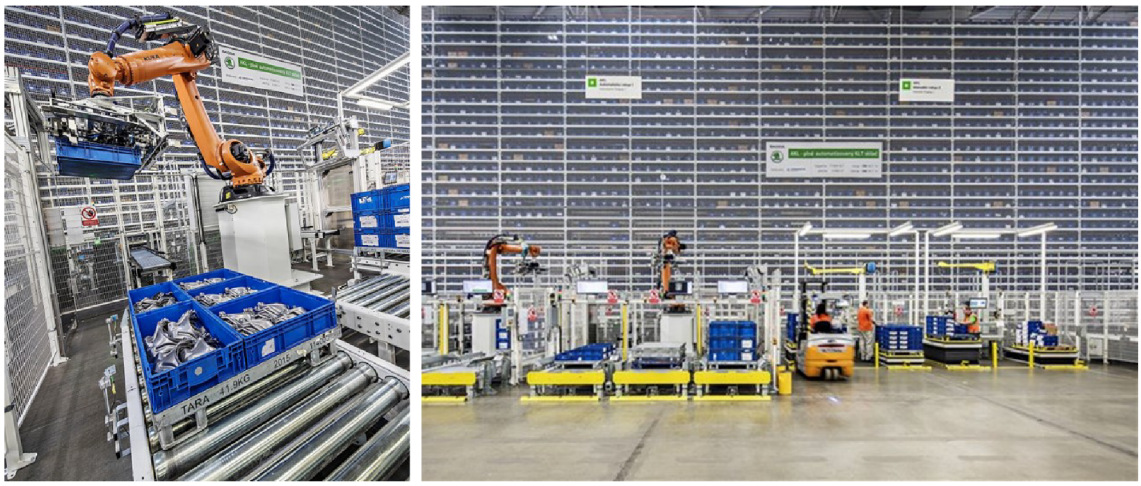
2.2.2.2 Dopravníkový most mezi U6A a M13

Plně automatický dopravníkový most je důležitým prvkem materiálového toku mezi logistickým centrem a výrobní halou M13. Mostová konstrukce dopravníku propojuje obě haly nad komunikací ve výšce šesti metrů. Vstupní pozice do dopravníkového mostu je umístěna v jižní části logistického centra U6A, kterou tvoří tři zdvihací zařízení. Požadovaný materiál montážní linkou je pomocí vysokozdvižných vozíků vkládán přímo do prostoru výtahu, kde je balicí jednotka naskenována propracovaným systémem kamer a dalších čtecích zařízení, které identifikují základní rozměry palety a etiketu s označením materiálu. Následně je paleta pomocí zdvihacího zařízení přemístěna do úrovně mostu a pomocí řetězového dopravníku přesunuta do prostoru haly M13. Ve výrobní hale je vybudováno zařízení, které na základě rozměrových informací získaných dopravníkového vstupu v hale U6A přiřadí balicí jednotce konkrétní podvozek a dojde ke spárování. Paleta s podvozkem je následně vysunuta z technologie a ručně manipulována na příslušnou rozvozovou kolej paletového nádraží. Z nádraží jsou GLT (Großladungsträger, z německého překladu velký manipulační kontejner) palety rozváženy přímo na montážní linku nebo do logistického supermarketu pomocí trajlerových souprav.

2.2.2.3 Centrální sklad U6B

Druhá část logistického centra je rozdělena do dvou částí. V první části je vybudovaná regálová technologie jako v hale U6A s kapacitou 5 500 paletových pozic, v druhé části je od roku 2018 zprovozněn na ploše 2 200 m^2 plně automatický sklad drobných dílů uložených v malých plastových přepravkách s kapacitou téměř 72 000 plastových nebo kartonových boxů. Obě logistické technologie jsou spravovány řídícím skladovým systémem WMS, který je propojený s interními logistickými systémy. Plně automatická

technologie je složena s několika na sebe navazujících oblastí. První je vstupem a výstupem výrobního materiálu, která je vybavena čtyřmi robotickými pracovišti. Plastové přepravky jsou z prostoru vstupu pomocí válečkových drah přepraveny k regálové technologii, kde jsou pomocí portálových zakladačů uskladněny. Materiál umístěný ve centrálním skladu drobných dílů je expedován do čtyř výrobních provozů v rámci závodu v Mladé Boleslavi, konkrétně výrobní haly M1 a M13 a svařoven M12 a M14.



Obr. 2.4 Centrální sklad drobných dílů v hale U6B

Zdroj: [7], vlastní úprava

2.2.2.4 Centrální sklad U6C

Třetí a nejnovější část logistického centra byla uvedena do provozu v roce 2020. Logistická hala o rozloze 8 500 m^2 s výškou 18 m a kapacitou přibližně 2 500 palet je propojena dopravníkovým mostem s výrobní halou M13. Vnitřní část haly U6C je rozdělena na dvě hlavní oblasti. První oblast tvoří blokové skladování motorů a převodovek společně se sekvenčním pracovištěm zmíněných dílů. Sekvenční palety jsou následně přepraveny do haly M13 pomocí vysokozdvižných vozíků. V druhé oblasti je umístěna regálová technologie obsluhována zakladači MX–X podobně jako v části U6A s tím rozdílem, že regálová technologie je rozdělena na regálový sklad a víceúrovňové sekvenční pracoviště. Paletové regály jsou postaveny střídavě v rozdílných rozestupech s uličkou dva a čtyři metry. Menší ulička slouží pro pohyb manipulační techniky MX–X, širší ulička je určena pro sekvenční vychystávání. Paletový regál je tak současně skladovacím místem a sekvenčním pracovištěm, které je umístěna pouze v jiných zakládacích úrovních. První úroveň určená pro sekvenční vychystání se

nachází na úrovni podlahy haly, druhá je umístěna ve výšce devíti metrů. Regál je na úrovni sekvenční přípravy dílů vybaven dvojitou brankou, která zabraňuje střetu pracovníka vykonávající sekvenční činnost a manipulační technikou MX–X zásobující regály. Vychystané sekvenční vozíky jsou vloženy do dopravníkové technologie, která přepraví plné vozíky do haly M13. Vozíky jsou na výstupu z dopravníku ručně přepraveny na nádraží, odkud jsou následně rozvozovými okruhy přepraveny na místo určení v montážní lince.

Obr. 2.5 Sekvenční pracoviště v regálové technologii a dopravní do haly M13

Zdroj: [7], vlastní úprava

2.2.3 Výrobní hala M13

Výrobní hala M13 je vybudována v severozápadní části závodu v Mladé Boleslavi. Stavba výrobní haly probíhala v letech 1995–1996 s původním výrobním plánem 380 vozů za jeden pracovní den. Zvyšující se poptávkou po produktech ŠKODA Auto a. s. byla hala postupně v několika etapách rozšířena z důvodu zvyšování kapacity výrobní linky. V současné době je zastavěná plocha haly přibližně 50 000 m^2 a je vybavena technologickým zařízením pro sériovou výrobu vozů s kapacitou 1 360 vozů za jeden pracovní den. Za dobu provozu haly M13 bylo na montážní lince vyráběno mnoho modelů osobních vozů, mezi stěžejní patří čtyři generace modelu Octavia, dále model Rapid, Karoq nebo SEAT Toledo. V současné době probíhá na montážní lince společná výroba modelů Octavia IV. generace a prvního plně elektrického modelu ENYAQ iV, což představuje unikátní společnou výrobu konvenčních a elektřinou poháněných vozů.

2.2.4 Logistický supermarket

Příprava výrobního materiálu s využitím logistické technologie JIS je hlavní náplní práce logistického supermarketu a stěžejním procesem logistického řetězce pro montážní halu M13. Logistický supermarket lze přirovnat k běžnému supermarketu s potravinami nebo drogistickým zbožím, rozdílem je pouze druhu materiálu, který je možné vybírat. Místo dřevěné podlážky s pracími prostředky nebo policovými regály zaplněnými drogerií, jsou na podlážkách nebo ve spádových regálech umístěné výrobní díly pro montáž automobilu. Supermarkety představují podstatnou část vnitřních logistických ploch v hale M13, sekvenční pracoviště jsou rozdělené do několika oblastí v rámci haly. Největší oblast s rozlohou 7 500 m^2 je umístěna v severozápadní části haly, další podstatně menší plochy jsou na straně jižní (1 700 m^2) a ve východní části (750 m^2). Se zahájením sériové výroby modelu ENYAQ byl zprovozněn třetí modul logistického centra U6C, kde vznikla plocha pro sekvenční přípravu dílů o rozloze téměř 5 000 m^2 (více v kapitole 2.2.1 Logistické centrum v části U6C). Celková plocha logistického supermarketu k březnu 2022 dosahovala rozlohy téměř 15 000 m^2.

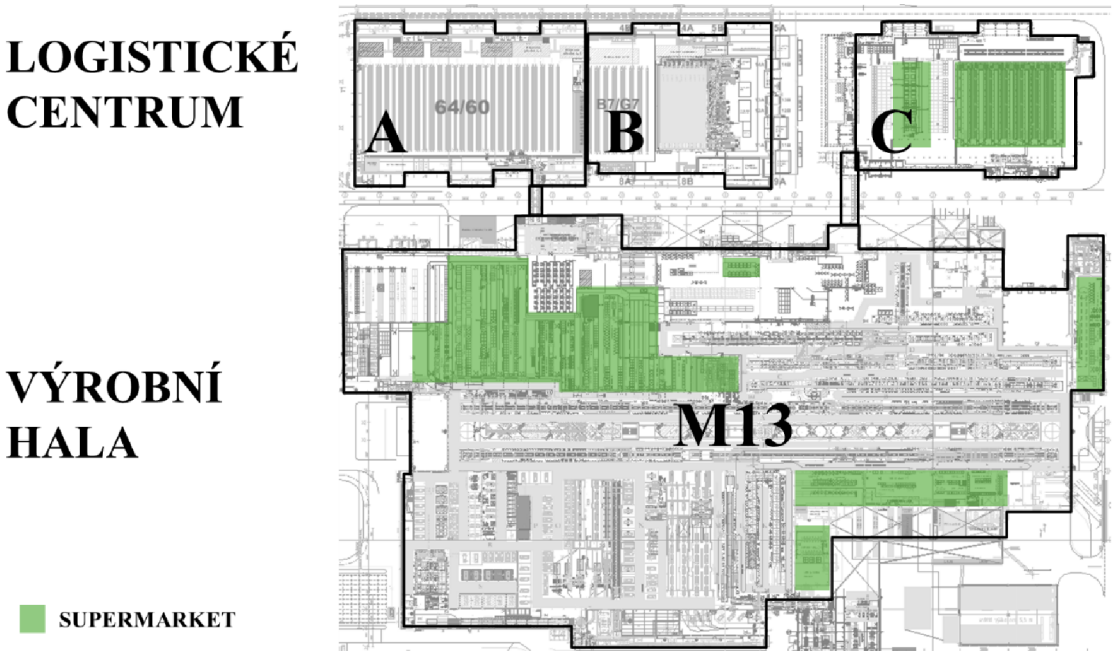
Oblast logistického supermarketu lze rozdělit na 80 sekvenčních zón, které jsou členěny převážně dle rodiny dílů. Rodinou dílů jsou označeny skupiny výrobního materiálu, který si je velmi podobný svými vlastnostmi, funkčností nebo tvarem. Jako příklady skupin výrobních dílu můžeme uvést volant, startér, alternátor, autobaterie, nárazník nebo koberec v zavazadlovém prostoru.

2.2.4.1 Sekvenční příprava dílů

Příprava dílů metodou Just-In-Sequence je velmi náročnou logistickou disciplínou obzvláště v oblasti propojení informačních a lidských zdrojů. Systém vyžaduje velmi úzké propojení výrobních a logistických systémů a následnou bezchybnou přípravu dílů v logistickém supermarketu. Metoda JIS doslova vystihuje základní definici logistiky, která popisuje dodání požadovaného zboží, v požadovaném množství, na správné místo, ve správném čase, ve správné kvalitě a se správnými náklady. Pojem sekvence lze obecně charakterizovat jako pořadí nebo posloupnost a přesně tímto způsobem probíhá příprava dílů v logistickém supermarketu. Posloupnost pro sekvenční přípravu dílů vzniká se vstupem barevně lakované karoserie do prostoru mezi halou lakovny a konečnou

montáži M13, v této oblasti již nelze měnit pořadí vyráběných vozů a dochází tak ke vzniku pevné řady nebo posloupnosti. Skenovací zařízení umístěné v meziprostoru zaznamenává identifikační údaje karoserií a následně je poskytuje dalším partnerům.

Logistický systém SOFIST II zpracovává informace o řadě vstupujících karoseriích do montážní linky, data kumuluje a rozděluje do určených skupin dle sekvenčních oblastí. Zpracovaná data jsou použita pro tisk sekvenčního listu a současně zasílána na server, který spravuje podpůrné logistické systémy.



Obr. 2.6 Plochy logistického supermarketu pro montážní halu M13

Zdroj: [7], vlastní zpracování

Logistický supermarket obsahuje téměř 2 000 čísel dílů, z nichž je na každý vyrobený vůz sekvenčně připraveno přibližně 200 dílů. Vezmeme-li v potaz maximální kapacitu montážní linky v hale M13 (1360 vozů/den), vynásobíme počtem připravených dílů na jeden vůz, dostaneme se k číslu přibližně 272 000 dílů, které jsou každý výrobní den v supermarketu sekvenčně připraveny.

2.2.4.2 Problematika sekvence a děravé řady

Zahájením sériové výroby elektrických vozů přinesl do zaběhnutých sekvenčních logistických procesů nové výzvy. Sériová výroba více modelů současně na jedné

montážní lince bylo již známým a ustáleným tématem, problematika se však rozvinula kombinací výroby vozů s konvenčním a elektro pohonem v jedné lince. Použití konvenčního a elektro motoru je z pohledu funkce neporovnatelná, vozidla s konvenčním motorem potřebují pro svou správnou funkčnost řadu dílů, které elektro automobil nepotřebuje a naopak. V tabulce 2.1 jsou zobrazeny příklady rozdílů použití výrobních dílů v průběhu finální montáže z pohledu konvenčního a elektro motoru. Problematika komplexity a rozdílných potřeb při konečné výrobě se promítá do procesu sekvenční přípravy, dochází ke vzniku nových sekvencí nebo k úpravě současného procesu přípravy, kdy vznikají mezery v sekvenčním pořadí a dochází tak k přerušení souvislé přípravy dílů. V logistickém supermarketu vznikají neúplné sekvenční (SQ) vozíky, které nejsou efektivním procesem. Optimalizace děravé řady je možná nastavením sytému SOFIST.

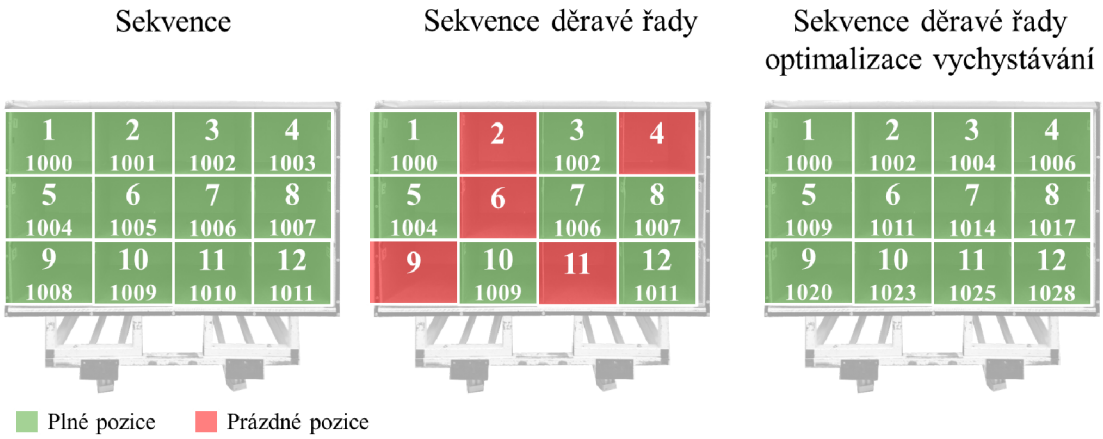
Tab. 2.1 Srovnání konvenčního a elektromotoru z pohledu využití dílů

Položka	**Konvenční motor**	**Elektromotor**
Alternátor	X	
Startér	X	
Výfuková soustava	X	
Kardan	X	
Tepelná clona	X	
Volant	X	X
Trakční vedení baterie		X
Vysokonapěťová baterie		X
12 V baterie	X	X
Konzole řazení	X	
Ozdobné lišty		X
Katalyzátor	X	
Převodovka	X	
Palivové vedení	X	

Zdroj: [7], vlastní zpracování

Nastavením systému SOFIST lze odstranit děravé řady a na sekvenčním listu jsou zobrazeny pouze plné pozice, dochází však k prodloužení času odjezdu a tento způsob optimalizace narušuje pravidelnost transportního procesu. Příkladem vyplnění prázdných pozic je zobrazeno na obrázku 2.4, kde vozík s děravou řadou (prostřední vozík v obrázku) je optimalizován, prázdné pozice jsou vynechány a následně doplněny materiálem pro vozy v navazující posloupnosti (vozík v pravé části obrázku). Problematika týkají se děravých řad je spojena s výrobou vozů s konvenční a elektro

motorem v jedné montážní lince. V uvedeném příkladu je zobrazena příprava vozů, který výrobní materiál z daného pracoviště pro svou funkčnost nevyžaduje a jeho výroba je řízena restrikcí výroby každý druhý až třetí vyráběný vůz v montážní lince. Čtyřmístné označení uvedené v pozici vozíku označuje posloupnost vyráběných vozů, kde číselná řada plynule navazuje.



Obr. 2.7 Rozdíl mezi sekvencí a sekvencí s děravou řadou

Zdroj: [7] vlastní zpracování

2.2.4.3 Podpůrné logistické systémy pro sekvenční vychystání

Kombinace velké komplexity dílů společně s vysokými počty připravovaného materiálu vytváří z logistického supermarketu jeden z nejnáročnějších logistických procesů. Logistické činnosti je proto nutné procesně řídit použitím vhodné technologie, kterou jsou právě podpůrné logistické systémy označované jako Pick-to-Systémy. Volným překladem anglického jazyka lze pojem Pick-to-Systém popsat jako proces výběru nebo vychystání pomocí systému. Zařízení pro podporu sekvenčního vychystání poskytuje společnost LUCA Logistic Solutions Sp. z o. o., v logistickém supermarketu jsou používána následující zařízení:

- Pick-to-Light,
- Pick-to-Frame,
- Pick-to-Point,
- Pick-to-Watch.

Zavedení podpůrných Pick-to-Systémů bylo podstatným prvkem zrychlení celkového procesu a současně došlo ke snížení chybovosti vychystávaných dílů. Pracovníci

se v sekvenční oblasti orientují podle světelného zdroje, kterým může být LED dioda, světelný kužel projektoru nebo využívají přenosné zařízení, které zobrazuje požadovanou pozici dílu. Vychystání správného dílu je kontrolováno načtením čárového kódu, který je umístěn přímo na výrobku, popřípadě nad paletou. Vložení materiálu na správné místo v sekvenčním vozíku je ověřováno načtením čárového kódu, který je umístěný uvnitř požadované pozice nebo je potvrzení provedeno zmáčknutím tlačítka na pomocném rámu.

2.2.4.4 Pseudo–sekvenční příprava dílů

Proces přípravy výrobního materiálu v logistickém supermarketu může probíhat také formou pseudo–sekvence (PSQ). Interní označení nemusí být zcela správné, avšak v interní logistické hantýrce je označení osvojené. Správné označení procesu by mohlo být příprava částečného množství nebo dokonce JIT. Jedná se přípravu materiálu do speciálně vyrobených vozíků, které jsou navržené pro uložení většího množství materiálu oproti sekvenčním vozíkům, kde je materiál ukládán v jednotkách kusů. Pravidlem pro zavedení pseudo–sekvence je umístění jednoho druhu materiálu do jedné pozice. Kapacita pozice přepravního vozíku pro uložení výrobního materiálu závisí na velikosti a tvaru konkrétního dílu a prostorové kapacitě dané pozice (viz obr. 2.5).

Tepelná clona tunelu **CW kryt** **Tepelná clona malá**

Obr. 2.8 Příklady přípravy dílů pseudo–sekvence

Zdroj: [7], vlastní zpracování

Množství uložených dílů se může pohybovat od několika málo kusů až po několik desítek. Při plánování PSQ je pohlíženo také na obrátkovost a komplexitu jednotlivých dílů, velmi obrátkové díly mohou být uloženy i ve více pozicích.

Velkou výhodou použití metody pseudo–sekvenční přípravy dílů je její jednoduchost. Samotný proces přípravy spočívá v doplnění volného prostoru vozíku konkrétním dílem do maximální kapacity určené pozice. Díly nejsou sekvenčně vychystávané, proto není potřeba zavádět podpůrné logistické systémy a další vybavení pro sekvenční pracoviště. Tím se stává příprava dílů metodou PSQ poměrně levnou a méně pracnou záležitostí oproti sekvenční přípravě dílů.

Naopak nevýhodou metody pseudo–sekvenční přípravy materiálu je nastavení pravidel pro zavážení ze supermarketu na montážní linku. Z důvodu nerovnoměrné spotřeby dílů montážní linkou je výměna vozíků hlídána „na oči“, což přináší pro proces přepravy značné komplikace. Další nevýhodou systému je dodržování metody FIFO (First in, First out) při procesu doplňování materiálu v logistickém supermarketu. Z důvodu nepravidelné spotřeby dílů, jsou do logistického supermarketu vráceny vozíky se zbytkovým množstvím kusů. Pracovník tyto díly musí vyložit z vozíku, doplnit pozici vhodným počtem nových dílů a zpět vrátit do vozíku vyložený materiál.

2.2.5 Přeprava vychystaného materiálu na montážní linku

Sekvenčně připravený materiál je na montáží linku přepravován ve speciálně navrženém transportním obalu, který je označované jako sekvenční vozík. Převozní zařízení je vybaveno univerzálním podvozkem, díky kterému lze vozík přepravovat tažnou soupravou. Soupravu tvoří soustava C-rámů, které jsou spojené pomocí tažné oje. Takto vytvořená tažná souprava je tažena manipulační technikou s obsluhou nebo autonomním vozíkem.

2.2.5.1 Přepravní vozíky

Již při prvotním návrhu přepravního obalu je pohlíženo na materiál výrobku, tvar, velikost, hmotnost a další vlastnosti, tak aby v průběhu přepravy, vkládání nebo odebírání dílu nedošlo k jeho poškození. Na základě zjištěných informací jsou pro výrobu úložného prostoru voleny vhodné materiály, nejvíce používanými jsou kartonplast, pevné textilní látky, pěnový polyethylen nebo kovové profily (obr. 2.7).

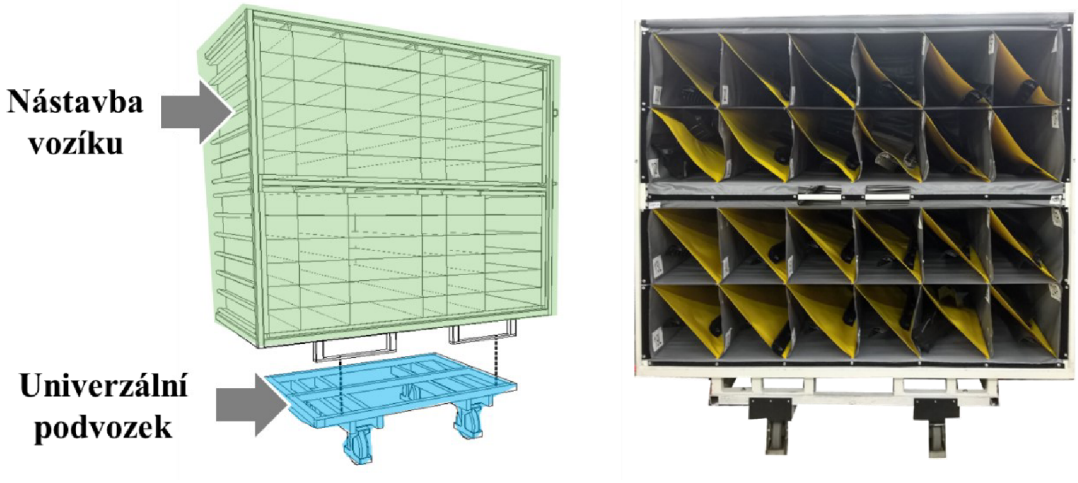
Obr. 2.9 Používané materiály pro výrobu sekvenčních vozíků

Zdroj: vlastní zpracování

Převážná část sekvenčních vozíků se skládá ze dvou základních částí, které jsou pevně spojeny šroubovým spojem. První částí je univerzální podvozek, který je následně využíván pro zapojení do tažné soupravy. Druhým prvkem je nástavba vozíku, která je převážně tvořena svařovanou kovovou konstrukcí s připevněným úložným prostorem (viz obr. 2.8). Rozměry nástavby vozíku se mění v závislosti na velikosti a počtu přepravovaného materiálu, měly by být však dodrženy doporučené maximální půdorysné rozměry vozíku 1600 x 1300 x 2000 mm (délka x šířka x výška). Konstrukce nástavby obsahuje další prvky určené k ruční manipulaci s vozíkem, krycí plachtu, která zabraňuje ztrátě dílu v průběhu přepravy, ocelovou podložku s klipem pro připevnění sekvenčního listu nebo fixační prvky pro uchycení úložného elementu. Další typy přepravních vozíků jsou přizpůsobené pouze k ruční manipulaci nebo pomocí vysokozdvižných vozíků. Ruční manipulace je využívána v případech, kdy je pracoviště přípravy a zástavba na montážní lince v těsné blízkosti a využití transportu by bylo procesem plýtvání. Vysokozdvižné vozíky se využívají v případech, kdy jsou na montážní linku dodávány těžké díly a ruční manipulace nepřipadá v úvahu. Takovými díly jsou například motor nebo převodovka.

Před samotnou fyzickou výrobou prototypu vozíku probíhá odsouhlasení myšlenky pomocí trojrozměrného (3D) vizuálu. Velkou výhodou současné doby je využití 3D modelů výrobků pro návrh a grafické zpracování vozíku. Již v počátcích konceptu lze eliminovat kolize výrobků, odstranit nebezpečné hrany a rohy nebo celkově změnit konstrukci vozíku. Důležitou součástí odsouhlasení přepravního vozíku je pohled ergonomie a bezpečnosti práce. Útvary pracovní ergonomie se zaměřují na ergonomické výšky vkládání a odebírání dílů z vozíku nebo ergonomicky umístěná madla pro ruční

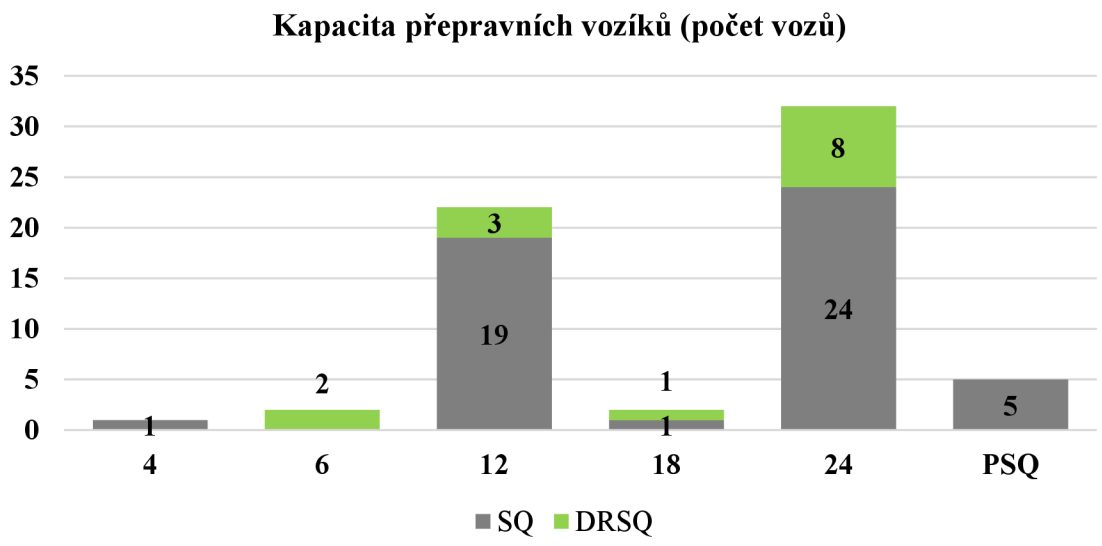
manipulaci. Bezpečnost práce se orientuje na nebezpečné prvky, které mohou způsobit zranění při manipulaci, procesu přípravy nebo odebírání dílů. Odsouhlasením 3D modelu všemi zainteresovanými útvary je fyzicky vyroben prototyp vozíku, který je vyzkoušen v běžném výrobním provoze, následuje odsouhlasení a uvolnění malosériové výroby zbylého počtu vozíků.



Obr. 2.10 Sestava sekvenčního vozíku a ukázka vozíku z provozu

Zdroj: [7], vlastní úprava

Zásadním aspektem tvorby nového vozíku je stanovení jeho plnícího množství. Útvary plánování a závodové logistiky společně stanovily standard, kde nejmenší sekvenčně vychystané množství je pro šest vozů vyráběných montážní linkou, každý vyšší počet musí být násobkem nejmenšího plnícího množství. Kapacita všech sekvenčních vozíků vznikajících v supermarketu dle stanoveného pravidla obsahuje výrobní materiál pro 6, 12, 18, nebo 24 vozů. Velkou výhodou pevně stanového počtu kusů je využití synergií v procesu zavážení, a s tím spojené úspory personálu nebo leasingu manipulační techniky. Zvláštním případem jsou přepravní vozíky s jiným než standardním počtem pozic, jedná se však o objemné díly, u kterých nebylo možné dodržet rozměrové a kapacitní požadavky. Další případem jsou pseudo–sekvence (PSQ), které nejsou sekvenčně vychystávány. Z přehledu kapacity transportních vozíků (viz graf 2.1) je patrné, že z celkové počtu 64 přepravních vozíků mají největší podíl 24 a 12 pozicové sestavy, doplňuje je pět kusů pseudo–sekvenčních typů vozíků. Přehled vozíků a jejich kapacity jsou dále barevně rozděleny dle způsobu přípravy na standardní sekvenční přípravu s plynulou posloupností (SQ) a děravou řadou (DRSQ).



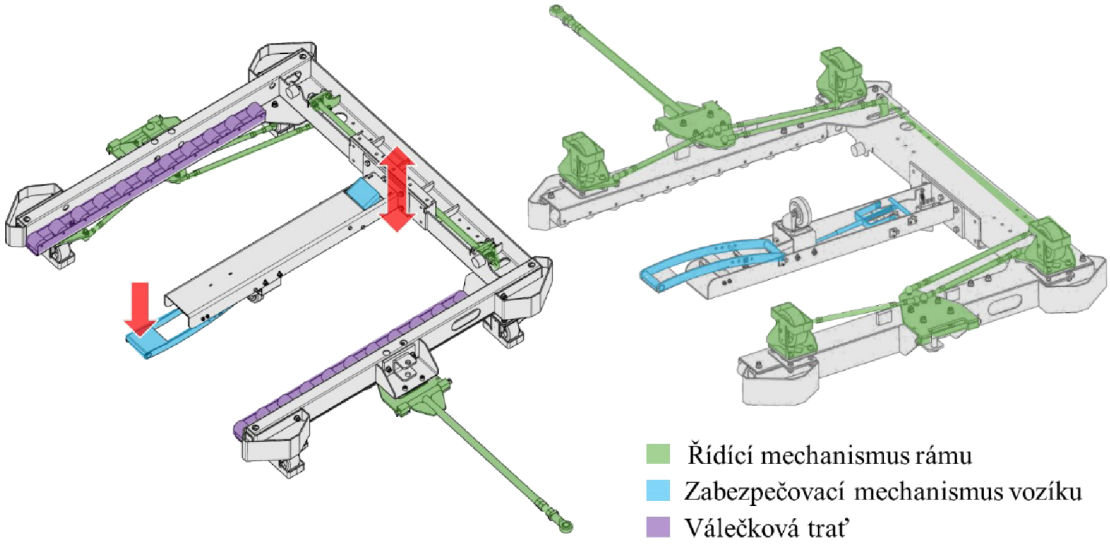
Graf 2.1 Přehled přepravních vozíků z pohledu počtu úložných pozic

Zdroj: [7], vlastní zpracování

2.2.5.2 Tažné soupravy a manipulační technika

Přeprava vozíků z logistického supermarketu na montážní linku je realizována pomocí speciálně navrženého rámu s interním označením C-rám. Označení rámu je poněkud zavádějící, jelikož jeho tvar připomíná písmeno E (viz obr. 2.8). Název zařízení byl převzat z původně navrhovaného přepravního zařízení, které bylo tvarově podobné písmenu C. Sestava rámu je tvořena pevnou ocelovou konstrukcí, válečkovou tratí, zabezpečovacím mechanismem a řídící soustavou. V procesu přepravy je využíván pouze jeden typ transportního rámu, z toho důvodu musí být přepravní vozíky vybaveny univerzálním podvozkem.

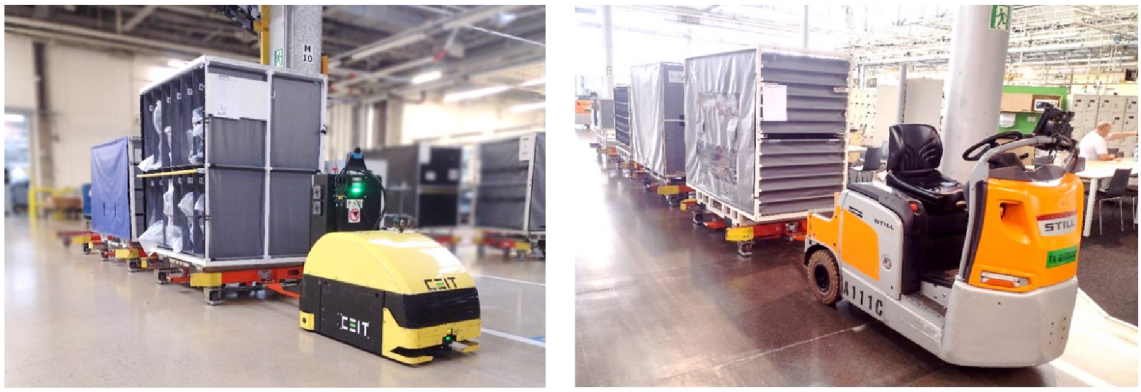
Vozíky s výrobním materiálem jsou obsluhou manuálně vtlačeny do přepravního rámu po válečkových drahách umístěných v krajních pozicích. Tratě jsou v konstrukci připevněné v nízkém náklonu, tím dochází k mírnému zdvihnutí vozíku nad úroveň podlahy haly přibližně o 10 až 20 mm. Zabezpečení vyjetí vozíku z rámu v průběhu přepravy zajišťuje systém aretace vozíku, který tvoří západka s pružinou. Nasunutím univerzálního podvozku do rámu dochází k zatlačení západky, následně je západka pomocí pružiny vysunuta a dochází aretaci vozíku. Principu aretace vozíku v přepravním rámu funguje na stejném principu jako střelka zadlabávacího zámku dveří. K uvolnění vozíku je nutné sešlápnout pedál, tím dojde k zasunutí západky a vozík lze vysunout.



Obr. 2.11 Přepravní rám pro transport vozíků ze supermarketu k montážní lince

Zdroj: [7], vlastní úprava

Důležitým prvkem přepravního rámu je řídící mechanismus tvořený soustavou táhel. Systém táhel je propojený s tažnou ojí vozíku přes vnitřní systém táhel a ukončený prvkem v zadní části vozíku, který slouží k připojení dalšího C-rámu. Mechanismus je spojený s nosnými kolečky podvozku, natočením tažné oje současně dochází k natočení všech koleček, tím je dosaženo lepší průjezdnosti zatáčkou. V případě zapojení více přepravních rámů do tažné soupravy sestava C-rámů přesně kopíruje trasu manipulační techniky. Souprava může obsahovat až pět C-rámů, z důvodu bezpečnosti jsou nastavena interní pravidla počtu tažených rámů. Manipulační technika s obsluhou může obsahovat až čtyři rámy, autonomní vozíky pět rámů. Pro tažení soupravy rámů je využívaná manipulační technika od firmy STILL a autonomní vozíky od firmy CEIT (viz obr. 2.9).



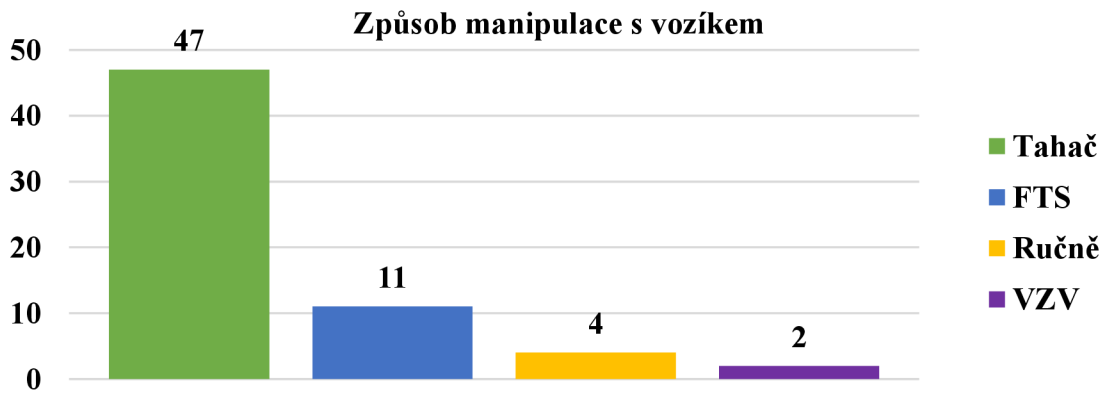
Obr. 2.12 Manipulační technika pro tažení soupravy, zleva CEIT, STILL

Zdroj: [7] vlastní zpracování

Autonomní tahače dodávané do mladoboleslavského závodu představují vhodnou variantou pro optimalizaci logistických procesů. Zařízení našla svá uplatnění v logistických činnostech, které se pravidelně opakují a nedochází k častým změnám. Autonomní tahač je bezobslužné zařízení, které může být řízeno centrální systémem nebo ručním spuštěním. Zařízení je vybaveno systémem skenerů, které v průběhu jízdy monitorují prostor v těsní blízkosti tahače a v případě zjištění překážky okamžitě zastaví. Tahač se orientuje v prostoru haly pomocí laserové navigace a odrazek, které jsou připevněny v určitých vzdálenostech podél celé přepravní trasy. Hlavní výhodou používaných autonomních vozíků je bezobslužná práce zařízení, tedy převoz z místa A do míst B. V místě vzniku a v místě zpracování je stále potřeba lidské ruční činnosti při výměny vozíků, ale transport je prováděn plně automaticky. Z důvodů bezpečnosti je přepraví rychlost autonomních tahačů oproti klasickému zavážení tahačem nižší zhruba o polovinu.

2.2.5.3 Rozvozové okruhy vozíků

Manipulace připravených vozíků vychystané sekvenčním nebo pseudo–sekvenčním způsobem jsou z logistického supermarketu na montážní linku přepravovány několika logistickými procesy. Z grafu 2.2 je patrné, že nejrozšířenější způsob přepravy je pomocí tahače s obsluhou, následuje využití autonomních tahačů, ruční přeprava a přeprava pomocí vysokozdvižných vozíků.



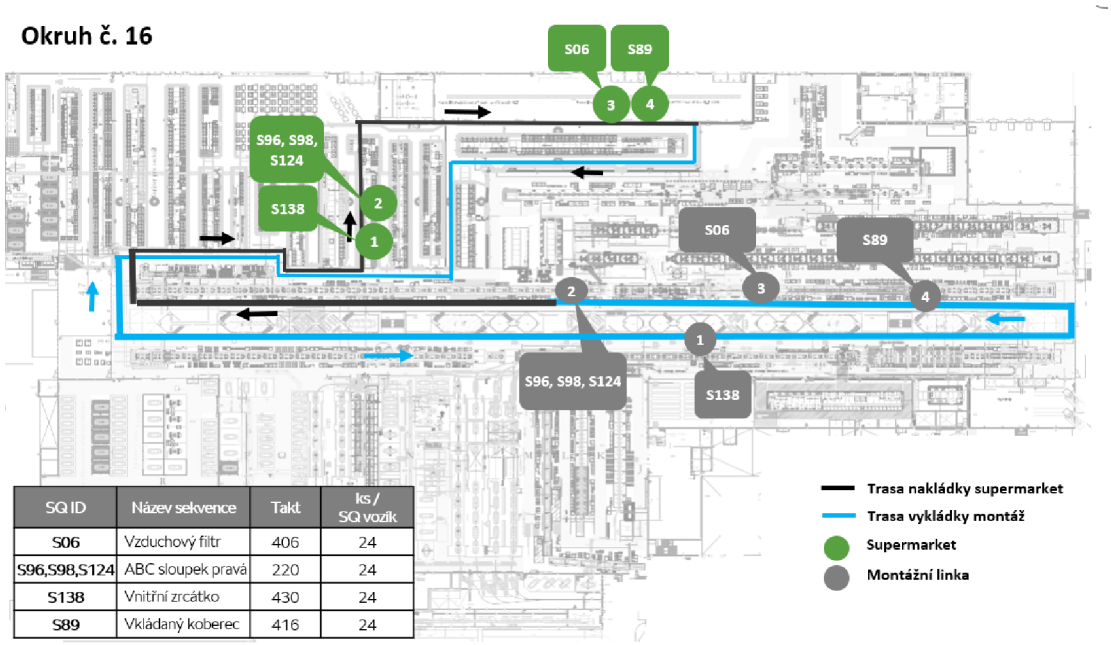
Graf 2.2 Manipulace s vozíkem z logistického supermarketu na montážní linku

Zdroj: [7]

Z celkového počtu 64 sekvenčních vozíků je 58 přepravováno pomocí tažný souprav, zbylý počet vozíků je manipulován ručně nebo pomocí VZV (vysokozdvižný vozík).

Vozíky přepravované tažnými soupravami jsou rozděleny do 21 rozvozových okruhů, kde jednotlivé okruhy obsahují určitý počet vozíků, maximálně však dle použité manipulační techniky. Přeprava pomocí tahače s obsluhou je realizováno 17 rozvozových tras, autonomním tahačem je realizováno pět okruhů. Použití autonomních tahačů pro rozvoz sekvencí má svá omezení a kritéria. Základním předpokladem je vhodná průjezdnost a šíře vnitřní komunikace, aby bylo možné soupravu bezpečně objet manipulační technikou. Z principu nejsou FTS (Fahrerloss Transport Systém, dopravní systém bez řidiče) tahače v hale M13 směřované do slepých komunikací, kde je vysoká pravděpodobnost kolize nebo omezování ostatních přepravních procesů. V současně nastaveném procesu je nastaveno pět rozvozových tras, z důvodu jejich délky a potřeby pravidelného nabíjení techniky je každá z tras obsluhována dvěma nebo více autonomní vozíky. Následkem je zapojení více sekvenčních vozíků v celém procesu zavážení.

Jednotlivé přepravní trasy jsou pevně stanovené, tedy rozváží stále stejný sortiment vozíků. Pro přepravní okruhy jsou vytvořeny mapy průjezdů komunikací uvnitř haly M13, které obsahují základní informace o typu přepravovaných vozíků, označení přepravovaných sekvencí nebo místa nakládky v logistickém supermarketu a místa vykládky v montážní lince (obr. 2.12).



SQ ID	Název sekvence	Takt	ks / SQ vozík
S06	Vzduchový filtr	406	24
S96,S98,S124	ABC sloupek pravá	220	24
S138	Vnitřní zrcátko	430	24
S89	Vkládaný koberec	416	24

Obr. 2.13 Sekvenční rozvozový okruh č. 16

Zdroj: [7]

Vychystané vozíky musí být na montážní linku dodávány v přesném pořadí a přesném čase. Vozíky jsou označeny číslem přípravného pracoviště a taktem zástavby dílů. K určení pořadí vozíku jsou využívané sekvenční listy, které se používají pro přípravu dílů. Po dokončení sekvenční přípravy jsou tyto listy k vozíku připevněny mechanickým klipem s pružinou. Výtisk obsahuje informace o rozsahu vozů nebo číselnou řadu výtisků, dle těchto údajů mohou pracovníci rozvozu ověřit posloupnost na sebe navazujících vozíků. Dokončením přepravy transportního vozíku na místo zástavby je plní výtisk funkci dodacího listu a současně slouží výrobním pracovníkům k orientaci uložených dílů v případě potřeby.

2.2.5.4 Aplikace odjezdů vozíků z logistického supermarketu

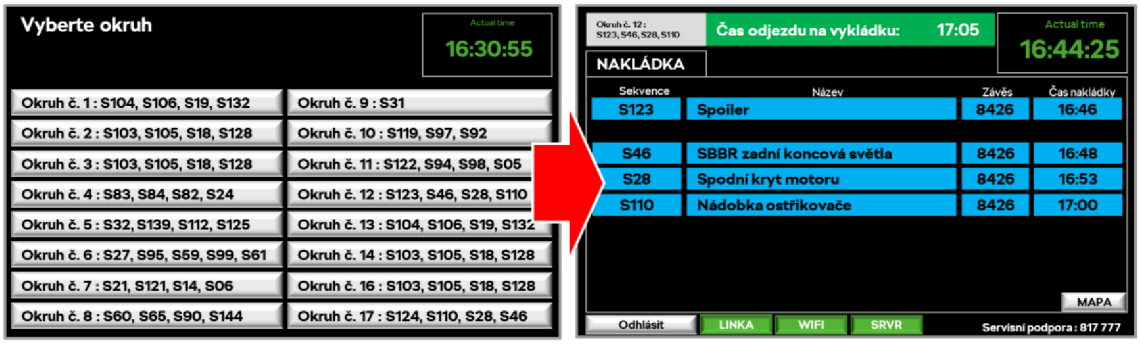
Velké množství sekvenčních vozíků, které musí být přepraveny z logistického supermarketu na montážní linku metodou JIS je rozděleno do 21 pevně stanovených okruhů, kterými je přepravováno 58 druhů sekvenčních nebo pseudo–sekvenčních vozíků. Celkový počet zavážecích okruhů představují pouze ty, které jsou realizované tahačem s obsluhou nebo pomocí autonomních vozíků a umožňují zapojení více C–rámů do tažné soupravy (viz kapitola 2.2.6.2). Ostatní rozvozové trasy, které jsou realizovány ruční manipulací nebo pomocí vysokozdvižných vozíků nejsou do celkové počtu rozvozových okruhů započítány.

Transport vozíků je řízen pomocí logistické aplikace NSQV (Nový sekvenční vizuál), jejíž hlavní funkcí je zobrazení časových informací o odjezdech pevných okruhů z logistického supermarketu. Aplikace NSQV je přímo spojena s výrobním systémem CARRFID. Význam CARRFID je spojením slov anglického CAR (auto) a systému RFID, který slouží k identifikaci určitého zboží na základě radiofrekvenčních vln. Zbožím je v tomto případě automobil vstupující do montážní linky v hale M13, kde na prvním montážní pracovišti je na automobil umístěn aktivní RFID tag o velikosti přibližně 150 x 50 x 40 mm (délka x šířka x výška). Identifikační tag obsahuje základní informace o vozidle a dočasně se tak stává součástí montovaného vozu až do doby, kdy je vozidlo kompletně smontováno a uvolněno konečnou kontrolou k expedici. Aktivní identifikační tagy jsou využívány z důvodu možnosti přepisování nesených informací, tím mohou být zařízení znovu využita stejným procesem, pouze s odlišnými daty.

Komunikace mezi logistickým a výrobním systém probíhá téměř online a z toho důvodu je na propojení výrobních a logistických systémů kladen velký důraz. Průjezdem vozů montážní linkou dochází ke sběru a průběžnému odesílání informací do logistického

systému, který tyto informace zpracuje a zobrazí v podobě požadovaných časů pro odjezd vozíků z logistického supermarketu. Pro zobrazení požadovaných časů odjezdů jednotlivých okruhů jsou použita průmyslová zařízení v podobě tabletů umístěných přímo na manipulační technice nebo monitory či obrazovky v logistickém supermarketu. Obrazovky a monitory jsou v supermarketu umístěné i z důvodu přípravy sekvenčních vozíků. Pracovníci vykonávají sekvenční přípravu dílů nemají informace o pohybu montážní linky, právě obrazovky jim slouží k orientaci příjezdu tažné soupravy.

Původní logistická aplikace vyvinutá ve spolupráci interních útvarů ŠKODA Auto a. s. nesla označení SQV (Sekvenční vizualizace). Originální verze komunikovala s výrobním systémem, avšak nastavení jednotlivých zařízení probíhalo manuálně přímo v provozu, kdy každé zařízení bylo pevně nastaveno na příslušný okruh. Z důvodu zvyšujících se požadavků na útvary interní logistiky bylo rozhodnuto o rozšíření aplikace o další možnosti, kde zásadní změnou byl přechod z pohledu spuštění aplikace skrze webové rozhraní a tím i zjednodušení v nastavení okruhů nebo monitorů či obrazovek. Velkou výhodou upravené verze aplikace je komunikace zobrazovacích zařízení přes Wi-Fi a její přehlednější ovládání, kde po přihlášení pracovník zvolí konkrétní rozvozový okruh, který je pracovníkovi svěřen. V případě defektu zobrazovacího zařízení může pracovník využít jakékoli další zařízení podobného charakteru a pracovat stejným způsobem. Rozložení obrazovek, kterou vidí pracovníci rozvozu je zobrazena v obr. 2.12. V levé části je zobrazena hlavní obrazovka, která obsahuje seznam všech rozvozových okruhů, po kliknutí na konkrétní okruh se obrazovka přepne do zobrazení viz pravá část obrázku. Detail rozvozového okruhu pracovníkovi nabídne seznam sekvencí zahrnutých do pevného okruhu, časové informace požadovaného odjezdu, popřípadě si pracovník může zobrazit obrázek mapy s umístěním sekvencí v montážní lince a supermarketu.



Obr. 2.14 Obrazovka logistické systému NSVQ

Zdroj: [7], vlastní zpracování

3 Změny zásobovacího systému a podmínky jejich zavedení

Tato kapitola se zabývá identifikací úzkých míst a návrhu změny logistického procesu přepravy vychystávaných vozíků ve výrobní hale M13 společnosti ŠKODA Auto a. s.

Téma diplomové práce se týká návrhu optimalizace zavážení sekvenčně vychystaného materiálu na montážní linku s cílem eliminace neproduktivních časů využitím dynamického zavážení pevně stanovených rozvozových okruhů. Rychlý vývoj logistických trendů zaměřený na digitalizaci a automatizaci procesů klade vysoké nároky na logistické činnosti, kde hlavním kritériem je rychlost a efektivita. Neočekávané události posledních let poukázali na problematiku výkonosti procesů, které byly v normální běžné době přehlížené. Omezování produkce výrobních závodů společně s výpadky dodávek potřebných výrobních dílů ukázaly strnulost některých procesů, ale také zapříčinily rychlý vývoj technologií.

V navazujících podkapitolách jsou představena úzká místa interního logistického procesu přepravy sekvencí na montážní linku. Dále jsou navrženy možnosti optimalizace dílčích procesů společně s celkovým konceptem zavážení.

3.1 Identifikace úzkých míst

Předmětem empirického zkoumání byl proces zavážení sekvenčně nebo pseudo–sekvenčně vychystaného materiálu, který je přepravován z logistického supermarketu na montážní linku v hale M13. Pozorování bylo zaměřeno nejen na samotný proces přepravy, ale také na další důležité faktory, které mohou ovlivnit celkový logistický proces. Sledování bylo záměrně směřováno na následující aspekty:

- vzdálenost mezi místem vzniku a spotřeby v montážní lince,
- vytížení manipulační techniky a identifikace časových údajů,
- kapacita transportních vozíků,
- průjezdnost komunikací,
- vhodnost zařazení jednotlivých vozíků do rozvozových okruhů.

3.1.1 Místo vzniku a spotřeby vychystaných vozíků

Pozorováním bylo zjištěno, že převážná část vozíků je na montážní linku přepravována ze severní části haly. Konkrétně se jedná o 75 %, což představuje 48 druhů vozíků z celkového počtu 58 pozorovaných. Největší počet vozíků vzniká v logistickém supermarketu v severozápadní části výrobní haly. Detailním prověřením místa vzniku a místa spotřeby materiálu v montážní lince, společně se zmapováním vzdáleností a průjezdnosti komunikací byla průměrná délka rozvozových tras přibližně 820 m, některé z okruhů přesáhly vzdálenost přes jeden kilometr za jeden přepravní cyklus (viz tab. 3.1 oranžově označené). V tabulce 3.1 jsou rozepsané jednotlivé zavážecí okruhy, označení jednotlivých sekvencí a vzdálenost jednoho přepravního cyklu. Číselné údaje v závorkách uvedené za označením sekvence určují kapacitu přepravního vozíku. Sloupce označené SQ_1 až SQ_4 označují počty přepravovaných vozíků. V případě, že je vyplněný pouze první sloupec je soupravou zavážen pouze jeden druh vozíků. Pokud jsou vyplněné všechny čtyři sloupce, souprava obsahuje čtyři druhy vozíků. Kapacita u PSQ označených vozíků není určena z důvodu nepravidelných časů zavážení.

Tab. 3.1 Vzdálenosti zavážení v závislosti místa vzniku a potřeby materiálu

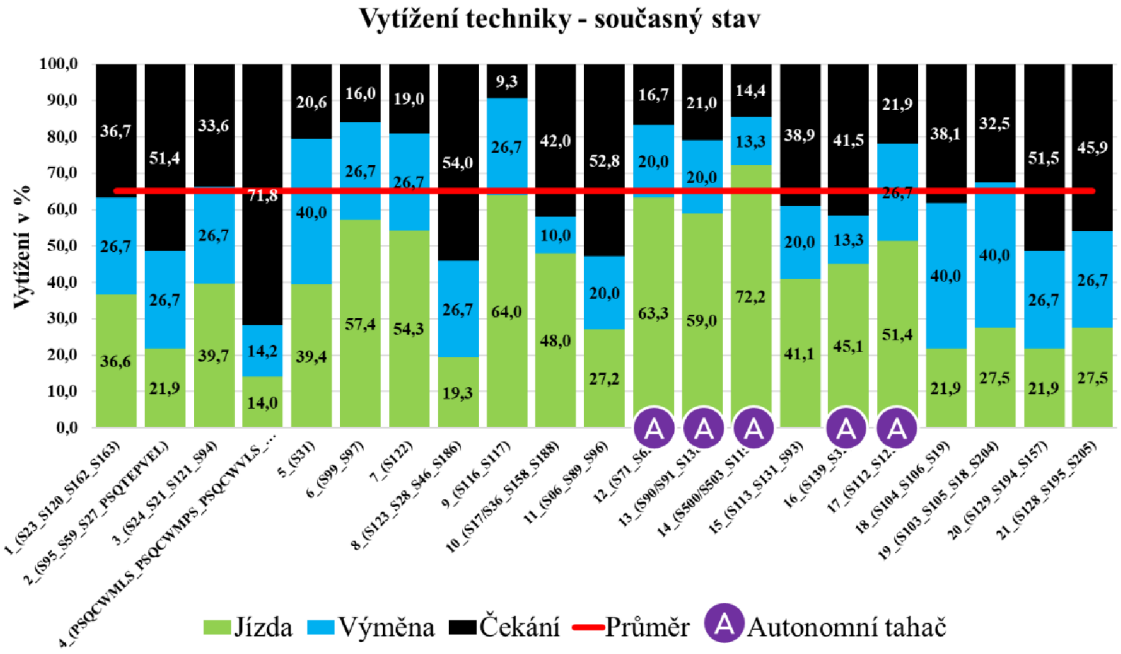
Okruh	SQ_1	SQ_2	SQ_3	SQ_4	Délka trasy (m)
1	S23 (24)	S120 (24)	S162 (24)	S163 (24)	1213
2	S95 (24)	S59 (24)	S27 (24)	PSQTEPVEL	725
3	S24 (24)	S21 (24)	S121 (24)	S94 (24)	1315
4	PSQCWMLS	PSQCWMPS	PSQCWVLS	PSQCWVPS	870
5	S31 (4)	S31 (4)	S31 (4)	S31 (4)	870
6	S99 (24)	S97 (12)			950
7	S122 (12)				900
8	S123 (18)	S28 (24)	S46 (24)	S186 (24)	640
9	S116 (12)	S117 (12)			1060
10	S17/S36 (24)	S158 (12)	S188 (12)		1590
11	S06 (24)	S89 (24)	S96 (24)		900
12	S71 (24)	S62 (12)	S62 (12)		912
13	S90/S91 (12)	S90/S91 (12)	S138 (24)		850
14	S500/S503 (24)	S115 (24)			1040
15	S113 (24)	S131 (24)	S93 (12)		680
16	S139 (24)	S32 (24)			650
17	S112 (12)	S125 (12)			370
18	S104 (12)	S106 (12)	S19 (12)		362
19	S103 (12)	S105 (12)	S18 (12)	S204 (24)	455
20	S129 (12)	S194 (24)	S157 (12)		362
21	S128 (12)	S195 (24)	S205 (24)		455

Zdroj: vlastní zpracování

3.1.2 Vytížení manipulační techniky a identifikace časových údajů

Metoda pozorování byla zaměřena na identifikaci časových informací 21 rozvozových okruhů, které jsou realizované pomocí FTS nebo manipulační technikou s obsluhou. Na základě empirického pozorování byly po dobu jednoho týdne zaznamenávány časové údaje rozvozových okruhů manipulační techniky, ze kterých byl vytvořený graf činností (graf 3.1). Pozorování bylo zaměřeno na tři druhy činností, které jsou vyjádřeny v časových údajích:

1) čas transportu (jízda) – nutný k přepravě vychystaného materiálu ze zdrojového místa na místo montáže,
2) čas výměny vozíků (výměna) – doba potřebná k výměně vozíků v logistickém supermarketu a na montážní lince,
3) čas čekání (čekání) – neproduktivní čas, který tvoří doba mezi vyřízením poslední objednávky a časem zahájení další dodávky.



Graf 3.1 Vytížení manipulační techniky – současný stav

Zdroj: [7], vlastní úprava

Sloupcový skládaný graf představuje využití potřebného času pro dokončení jednoho zavážecího cyklu. V případě kombinovaných okruhů, kde se vyskytují vozíky po 12 a 24 kusech, je v grafu zobrazen průměr z několika měření.

Z grafu je patrné, že rozvozové okruhy nejsou rovnoměrně vytížené, v některých případech tvoří doba čekání dokonce větší část z celkového času pro uskutečnění jednoho cyklu rozvozu vozíků. Celkové vytížení techniky a činností na jeden rozvozový cyklus je 65,3 %, což může být chápáno jako dostačující. Hlavní důvodem může být plánování určité časové rezervy, které je nutné brát v úvahu. Příkladem může být neprůjezdnost komunikace z důvodu vykonávání činností jiného operátora či z jiných důvodů. Časové rezervy procesu přepravy byly velmi dobře viditelné v době pandemie COVID-19 nebo nedostatku mikročipů a dalších výrobních součástek, kdy byla velmi razantně ponížena výroba automobilů.

3.1.3 Kapacita transportních vozíků

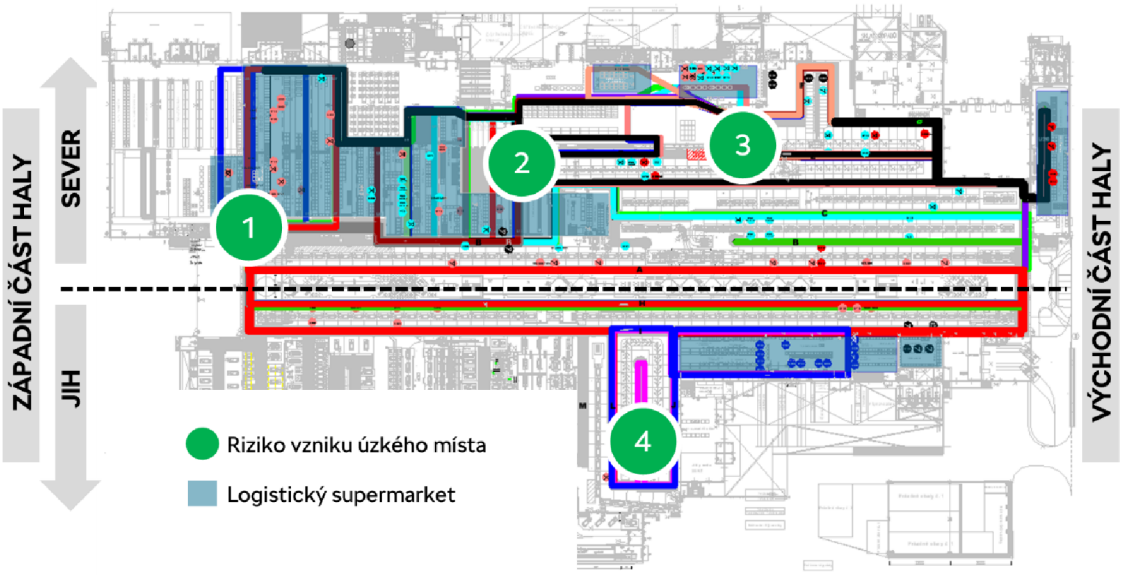
Problematika vytížení komunikací úzce souvisí s kapacitou transportních vozíků, obzvláště u přepravních prostředků obsahující méně než 24 úložných pozic. Jedná se tedy o vozíky s kapacitou 4, 6 a 12 pozic, které dosahují z celkového počtu 58 transportních vozíků zavážených pomocí FTS nebo tahače s obsluhou téměř 40 % (22 typů vozíků). Maximální kapacita výrobní linky 1 360 vozů/den představuje dobu jednoho výrobního taktu 0,95 min (57 vteřin), což pro je pro rozvozové okruhy s nízkými počty kritickým prvkem. Kapacita přepravního vozíku je odvozena od rozměrů a objemu přepravovaného výrobního materiálu společně s maximálně možném využití přepravních prostředku, které jsou 1600 x 1200 x 2100 mm (délka x šířka x výška). Některé v současné době využívané transportní vozíky jsou pozůstalostí zastaralých procesů a tím, že rozměrově vyhovovaly nebylo nutné je razantně měnit nebo chyběla potřebná motivace pro změnu. Zaměřením se na problematiku kapacity transportních prostředků je možné nalézt možnosti optimalizace procesu zavážení.

3.1.4 Průjezdnost komunikací

Část pozorování byla věnována průjezdnosti vnitřních komunikací v hale M13. Základním bodem sledování bylo prověřit možná úzká místa celkového procesu zavážení. Následně bylo nutné ověřit neproduktivní časy manipulační techniky na základě identifikovaných časových údajů (viz. graf 3.1).

Výchozím podkladem pro určení úzkých míst v hale M13 byla identifikace všech rozvozových okruhů z místa vzniku jednotlivých vozíků v logistickém supermarketu

na místo zástavby v montážní lince. Na základě zanesení jednotlivých okruhů do layoutu haly bylo provedeno zkoumání hustoty průjezdů křižovatek a komunikací. Výsledkem byl návrh prověření čtyř oblastí, kde vzniká riziko úzkého místa z pohledu průjezdnosti tažných souprav se sekvenčními vozíky (obr. 3.1). Barevné linie v layoutu haly představují jednotlivé zavážecí okruhy.



Obr. 3.1 Identifikace úzkých míst průjezdnosti vnitřních komunikací v hale M13

Zdroj: vlastní zpracování

Pozorováním navržených oblastí byly zjištěny následující informace:

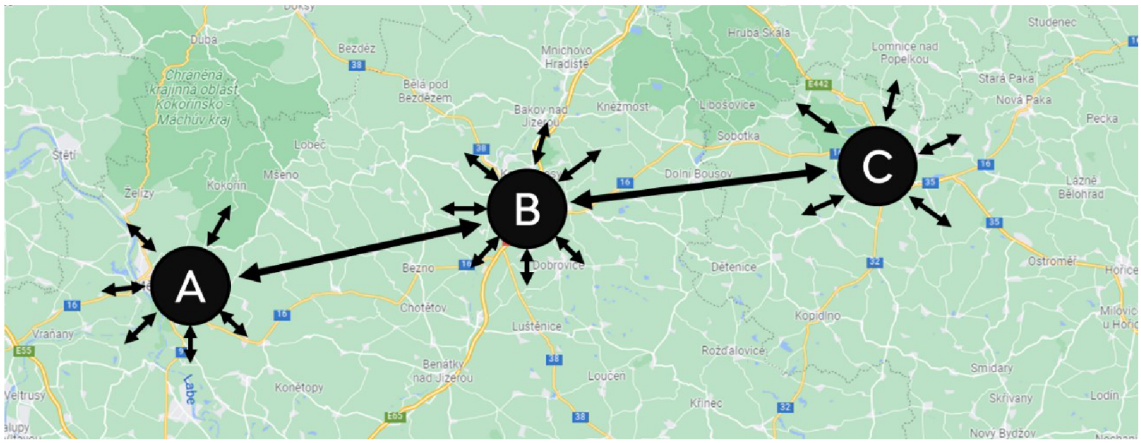
První dvě oblasti se nachází v krajních oblastech logistického supermarketu umístěného v severozápadní části haly, které jsou současně vjezdem a výjezdem z největší logistické oblasti na montážní linku. Sekvence jsou z této oblasti přepravovány pomocí FTS nebo tahačů s obsluhou. Současně stejnými komunikacemi je realizována přeprava výrobního materiálu v KLT a GLT paletách na montážní linku. (obr. 3.1 označené 1 a 2).

Třetí oblast označuje prostor v těsné blízkosti nádraží sekvenčních vozíků ve skladu 70 (obr 3.1 označené 3). V této oblasti dochází ke křížení přepravních cest sekvenčních rozvozů z logistického nádraží, rozvozu sekvencí pomocí FTS a vysoké frekvenci manipulací vysokozdvižných vozíků, které přepravují na podvozkovou část linky těžké externí sekvence.

Čtvrtou oblastí byla označena linka dveří (obr. 3.1. označení 4), která je sestavena do písmen U. Hlavním argumentem je jednosměrná komunikace okolo celé předmontáže a slepá komunikace ve střední části linky. Další příčinou je velké množství sekvenčních vozíků s kapacitou 12 pozic, které jsou zaváženy ve vysoké frekvencí. Z celkového počtu 13 sekvenčních vozíků je do prostoru předmontážní linky dveří přepravováno 9 vozíků s kapacitou 12 pozic.

3.2 Návrh změny procesu

Návrh optimalizace procesu zavážení sekvenčně a pseudo–sekvenčně vychystaného materiálu z logistického supermarketu na montážní linku v hale M13 vznikl na základě zjištění neproduktivních časů a myšlenky využití principu logistické technologie Hub and Spoke v interních logistických procesech. Základní princip logistické technologie spočívá ve sdružování menších zásilek z určité oblasti do centrálního skladiště například A, společná přeprava do skladiště B nebo C a následné rozdružení do menších jednotek konkrétním zákazníkům. Ilustrativní obrázek zobrazuje princip logistické technologie mezi městy Mělník, Mladá Boleslav a Jičín (obr. 3.2). Pro představu tuto logistickou technologii využívají pro přepravu menších jednotek společnosti jako Česká pošta, PPL, DHL, apod.



Obr. 3.2 Ilustrativní obrázek – princip logistické technologie Hub and Spoke

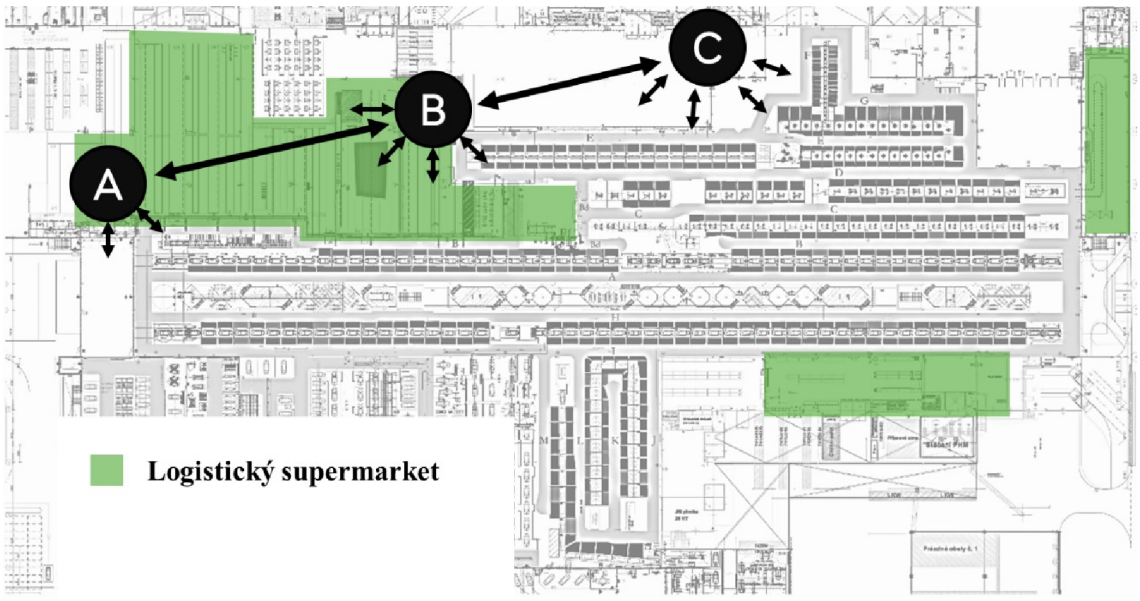
Zdroj: vlastní zpracování

Na základě shromážděných informací procesu zavážení bylo rozhodnuto v první fázi připravit optimalizaci pro transportní vozíky, které jsou na montážní linku dodávané ze severní části výrobní haly. Jedná se tedy o návrh optimalizace 45 skupin vozíků

z celkového počtu 58, které jsou přepravované pomocí tahače s obsluhou nebo FTS. Dle základních principů metody Hub and Spoke, který využívá více centrálních skladů pro sdružování zásilek, byly pro návrh optimalizace sekvenčního rozvozu navrženy tři nádraží v logistické oblasti s označením A, B a C (obr. 3.3). Jednotlivé prostory byly voleny na základě hustoty průjezdů jednotlivých komunikací.

Zásadním faktorem návrhu změny procesu je jeho rozdělení na dvě oblasti. První oblast bude sloužit pro svoz plných vozíků z přípravných zón na vhodně zvolená nádraží, zároveň z nádraží bude prováděn rozvoz prázdných vozíků zpět na přípravná pracoviště. V případě potřeby je možné využít stejný proces pro přepravu vozíků např. z nádraží A do nádraží B nebo C. V podstatě lze proces definovat jako kyvadlovou přepravu vozíků mezi určitými body (SSQ-Shuttel Sequence, vlastní návrh).

Druhou oblastí bude rozvoz vozíků z nádraží přímo na montážní linku, který bude využívat pevné rozvozové okruhy s dynamickou volbou přepravy, tím by mělo dojít k odstranění neproduktivních časů zjištěných v průběhu zkoumání.



Obr. 3.3 Návrh nádraží pro sekvenční vozíky v hale M13

Zdroj: vlastní zpracování

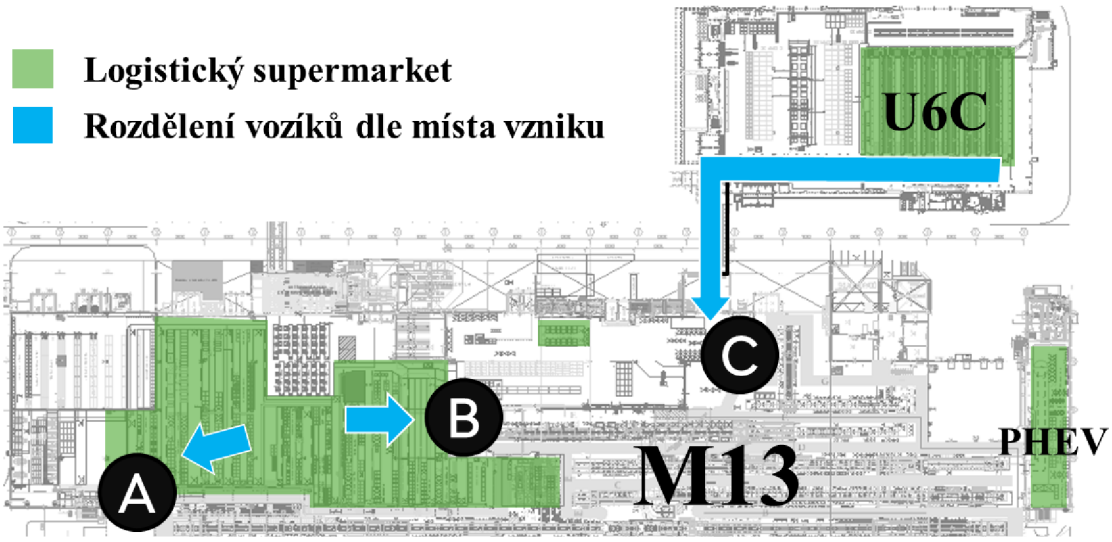
3.2.1 Podmínky pro zavedené změny procesu

Celková změna procesu zahrnuje celou řadu podmínek, které je nutné splnit, aby bylo možné návrh optimalizace implementovat do praxe. Níže jsou uvedené základní podmínky:

- vytvoření nádraží a přiřazení vozíků,
- nastavení procesů kyvadlové přepravy,
- návrh optimalizace kapacity přepravních vozíků,
- změna procesu přípravy dílů a zavážení pseudo–sekvencí
- návrh nových rozvozových okruhů,
- úprava systému zavážení NSQV.

3.2.2 Vytvoření nádraží a přiřazení vozík

Výchozím bodem přiřazování vozíků konkrétnímu nádraží byla identifikace místa vzniku jednotlivých vozíků. Za nejvýznamnější zdrojová místa přípravy vozíků byl označen hlavní logistický supermarket v severozápadní části haly M13 a hala U6C. Dalším místem přípravy je přístavba PHEV ve východní části haly, kde se nacházejí čtyři sekvenční pracoviště (obr. 3.4). V supermarketu M13 budou vozíky rozděleny na nádraží A a B, aby vzdálenost přepravy z nádraží na montážní linku byla co nejkratší. Vozíky do nádraží C jsou přepravované dopravníkovou technologií z haly U6C. Rozdělení vozíků je zobrazeno v obrázku 3.5.



Obr. 3.4 Rozdělení vozíků dle místa jejich vzniku k nádraží

Zdroj: vlastní zpracování

A	B	C	PHEV
S162 - STŘEŠNÍ NOSIČ LS	S32 - KLOUBOVÝ HŘÍDEL LS	S112 - HLAVA KOLA LS	S116 - AB SLOUPEK LS
S163 - STŘEŠNÍ NOSIČ PS	S139 - KLOUBOVÝ HŘÍDEL PS	S124 - HLAVA KOLA PS	S117 - AB SLOUPEK PS
S120 - SEI 5.DVEŘÍ	S95 - ALTERNÁTOR	S27 - KONZOLE ŘAZENÍ	S99 - HADICE CHLAZENÍ
S23 - LŮŽKO MOTORU	PSQ - TEPELNÁ CLOVA VELKÁ	S59 - STARTÉR	S93 - TEPELNA CLONA
S122 - OBLOŽENÍ 5.DVEŘÍ	S60, S65, S94 - ABC SLOUPEK LS	S21 -SVĚTLOMET LS	
S158 - PRAHOVÁ LIŠTA ENYAQ LS	PSQ - CW KRYT LS	S121 - SVĚTLMET PS	
S188 - PRAHOVÁ LIŠTA ENYAQ PS	PSQ - CW KRYT PS	S24 - LŮŽKO MOTORU	
S31 - BOČNÍ OBL. ZAV. PROST.	PSQ - CW KRYT VELKÝ LS	S46 - SBBR VNĚJŠÍ	
S96,S98, S124 - ABC SLOUPEK PS	PSQ - CW KRYT VELKÝ PS	S186 - SBBR VNITŘNÍ	
S62 - HADICE KLIMA	S97 - BATERIE	S17, S36 - AC SLOUPEK LS+PS	
S71 - ABS	S123 - SPOILER	S06 - FILTR VZDUCHU	
S90,S91 - PEDÁL,POSILOVAČ	S28 - SPODNÍ KRYT MOTORU	S89 - KOBEREC ZAV. PROSTORU	
S500, S503 - LITERATURA	S93 - TEPELNA CLONA	S131 - TLUMIČ	
S115 - NÁŘADÍ		S113 - PRUŽINA	
S138 - KIT ZRCÁTKA			

Vozíky přepravované pomocí FTS

Obr. 3.5 Přiřazení vozíků konkrétnímu nádraží dle místa jejich vzniku

Zdroj: vlastní zpracování

Následujícím krokem byla identifikace místa potřeby vozíků v montážní lince a určení vhodného nádraží pro rozvoz. Určení rozvozového místa bylo navrženo na základě následujících předpokladů. Prvním je nejkratší vzdálenost z nádraží na místo zástavby v montážní lince, druhým předpokladem je budoucí využití autonomní techniky pro rozvoz vozíků na montážní linku. Na základě určení místa spotřeby a možnosti budoucích změn v procesu přepravy bylo navrženo přesunutí čtyř vozíků z nádraží C do nádraží A pomocí nově nastaveného procesu kyvadlové přepravy vozíků v rámci interní logistiky (obr. 3.6).

A	B	C	PHEV
S162 - STŘEŠNÍ NOSIČ LS	S32 - KLOUBOVÝ HŘÍDEL LS	S112 - HLAVA KOLA LS	S116 - AB SLOUPEK LS
S163 - STŘEŠNÍ NOSIČ PS	S139 - KLOUBOVÝ HŘÍDEL PS	S124 - HLAVA KOLA PS	S117 - AB SLOUPEK PS
S120 - SEI 5.DVEŘÍ	S95 - ALTERNÁTOR	S27 - KONZOLE ŘAZENÍ	S99 - HADICE CHLAZENÍ
S23 - LŮŽKO MOTORU	PSQ - TEPELNÁ CLOVA VELKÁ	S59 - STARTÉR	S93 - TEPELNA CLONA
S122 - OBLOŽENÍ 5.DVEŘÍ	S60, S65, S94 - ABC SLOUPEK LS	S21 -SVĚTLOMET LS	
S158 - PRAHOVÁ LIŠTA ENYAQ LS	PSQ - CW KRYT LS	S121 - SVĚTLMET PS	
S188 - PRAHOVÁ LIŠTA ENYAQ PS	PSQ - CW KRYT PS	S24 - LŮŽKO MOTORU	
S31 - BOČNÍ OBL. ZAV. PROST.	PSQ - CW KRYT VELKÝ LS	S46 - SBBR VNĚJŠÍ	
S96,S98, S124 - ABC SLOUPEK PS	PSQ - CW KRYT VELKÝ PS	S186 - SBBR VNITŘNÍ	
S62 - HADICE KLIMA	S97 - BATERIE	S17, S36 - AC SLOUPEK LS+PS	
S71 - ABS	S123 - SPOILER	S06 - FILTR VZDUCHU	
S90,S91 - PEDÁL,POSILOVAČ	S28 - SPODNÍ KRYT MOTORU	S89 - KOBEREC ZAV. PROSTORU	
S500, S503 - LITERATURA	S93 - TEPELNA CLONA	S131 - TLUMIČ	
S115 - NÁŘADÍ		S113 - PRUŽINA	
S138 - KIT ZRCÁTKA			
S24 - LŮŽKO MOTORU			
S17, S36 - AC SLOUPEK LS+PS			
S89 - KOBEREC ZAV. PROSTORU			
S06 - FILTR VZDUCHU			

PŘEVOZ SQ

Vozíky přepravované pomocí FTS

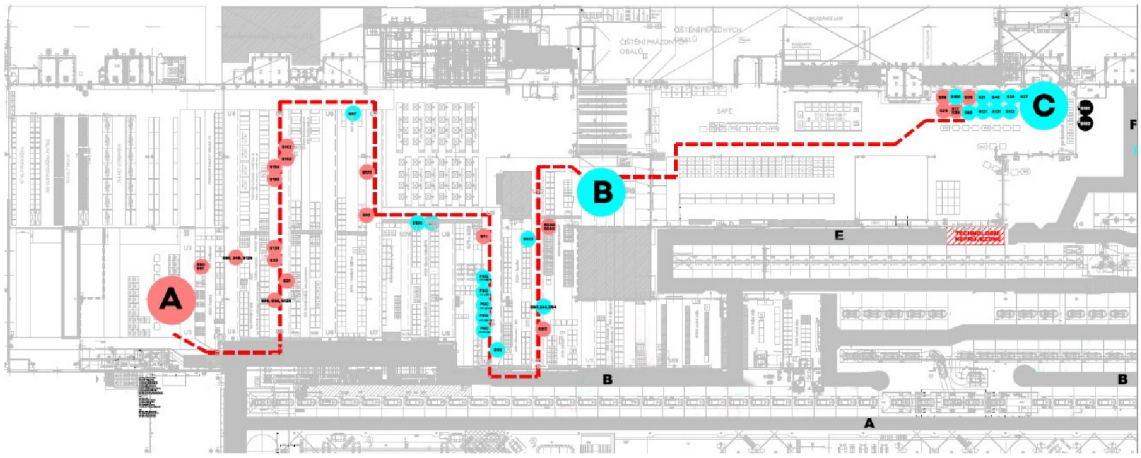
Změna rozvozového nádraží

Obr. 3.6 Přesun sekvencí z nádraží C do nádraží A

Zdroj: vlastní zpracování

3.2.3 Nastavení procesu kyvadlové přepravy vozíků

Pro správnou funkčnost jednotlivých nádraží musí být nastaven nový proces kyvadlové přepravy vozíků z logistického supermarketu na konkrétní nádraží nebo transport vozíků mezi nádražím A, B nebo C. Důležitou součástí procesu je nastavení trasy pro svoz a rozvoz sekvenčních nebo pseudo–sekvenčních vozíků z logistického supermarketu. Návrh trasy procesu kyvadlové přepravy vozíků je zobrazena v obrázku 3.7 červenou čárkovanou linkou. Podstatným bodem je změna umístění vychystaných vozíků v prostoru každého sekvenčního pracoviště, kde umístění vozíku s materiálem musí být na trase kyvadlové přepravy. Na obrázku jednotlivé vozíky představují barevné body. Barva bodu označuje náležitost k určitému rozvozovému nádraží, červené body jsou směrovány na nádraží A, modré body na nádraží B nebo C.



Obr. 3.7 Trasa kyvadlové přepravy mezi nádražím A, B, C

Zdroj: vlastní zpracování

3.2.4 Optimalizace kapacity přepravních vozíků

Přiřazením vozíků k jednotlivým nádražím, která jsou nejblíže místa zástavby v montážní lince, bylo nutné reorganizovat rozvozové trasy. Před návrhem rozvozových tras bylo na proces přepravy vozíků nahlíženo také z pohledu optimalizace, která byla cíleně zaměřena na omezení vozíků s kapacitou 12 pozic a zavážení pseudo–sekvenčně vychystaných vozíků. Hlavním důvodem výběru vozíků s nízkou kapacitou byla vysoká frekvence zavážení, zaměřením se na pseudo–sekvenční vozíky byl jejich vysoký neproduktivní čas (vycházíme z grafu 3.1 v kap. 3.1.2). Optimalizace byla zaměřena konkrétně na vybrané sekvence z rozvozových okruhů 4, 6, 7 a 15, které jsou oranžově označeny v tabulce 3.2.

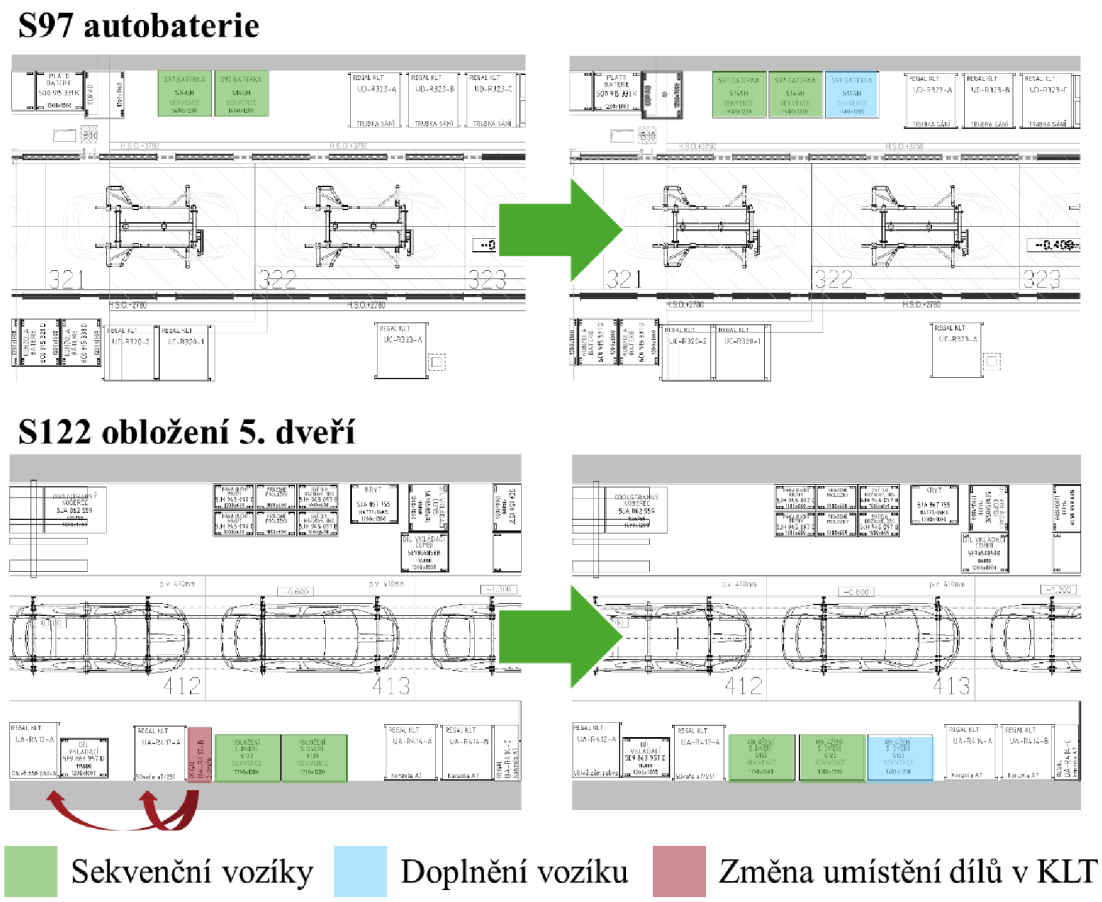
Tab. 3.2 Vybrané sekvence pro návrh optimalizace

Okruh	SQ_1	SQ_2	SQ_3	SQ_4
4	PSQCWMLS	PSQCWMPS	PSQCWVLS	PSQCWVPS
6	S99 (24)	S97 (12)		
7	S122 (12)			
15	S113 (24)	S131 (24)	S93 (12)	

Zdroj: vlastní zpracování

Zavážení více vozíků stejného typu

Návrh optimalizace je zaměřen na dva typy sekvenčně vychystávaných vozíků. Jedná se o sekvenčně vychystávané přepravní prostředky z okruhů 6 a 7, které jsou interně označené S97 – autobaterie a S122 – obložení 5. dveří. Přeprava na místo zástavby probíhá u zmíněných sekvencí jedním vozíkem, tedy každých 12 minut. Cílem návrhu optimalizace zavážení bylo zvýšení kapacity vozíků, bohužel zvýšení nebylo možné realizovat z důvodů navýšení celkové hmotnosti vozíku u sekvence S97 – autobaterie, u sekvence S122 – obložení 5. dveří bylo hlavním důvodem velikost vychystávaných dílů. Držením se cíle zvýšení kapacity na 24 pozic vznikla myšlenka zařadit do rozvozového okruhu další vozík stejného druhu, tedy stejným okruhem zavážet dva totožné vozíky s kapacitou 12 pozic. Doplnění dalšího vozíku do okruhu nedojde k optimalizaci sekvenční přípravy, ale zásadně lze optimalizovat proces zavážení, který může být realizován ve frekvenci 24 minut. Orientace se tedy přenesla na materiálovou zónu u montážní linky, kde bylo nutné nalézt požadovaný prostor pro umístění třetího sekvenčního vozíku (obr. 3.8). V případě sekvence S97 – autobaterie je možné návrh realizovat bez dalších zásahů v prostorů montážní linky. Pro umístění třetího vozíku S122 – obložení 5. dveří je nutné odstranit spádový regál s materiálem v KLT přepravkách, které lze přemístit do volných pozic spádového regálu v okolí. Následně po přetaktování výrobního materiálu lze umístit třetí sekvenční vozík k montážní lince.



Obr. 3.8 Příklad optimalizace přepravy autobaterií a obložení 5. dveří

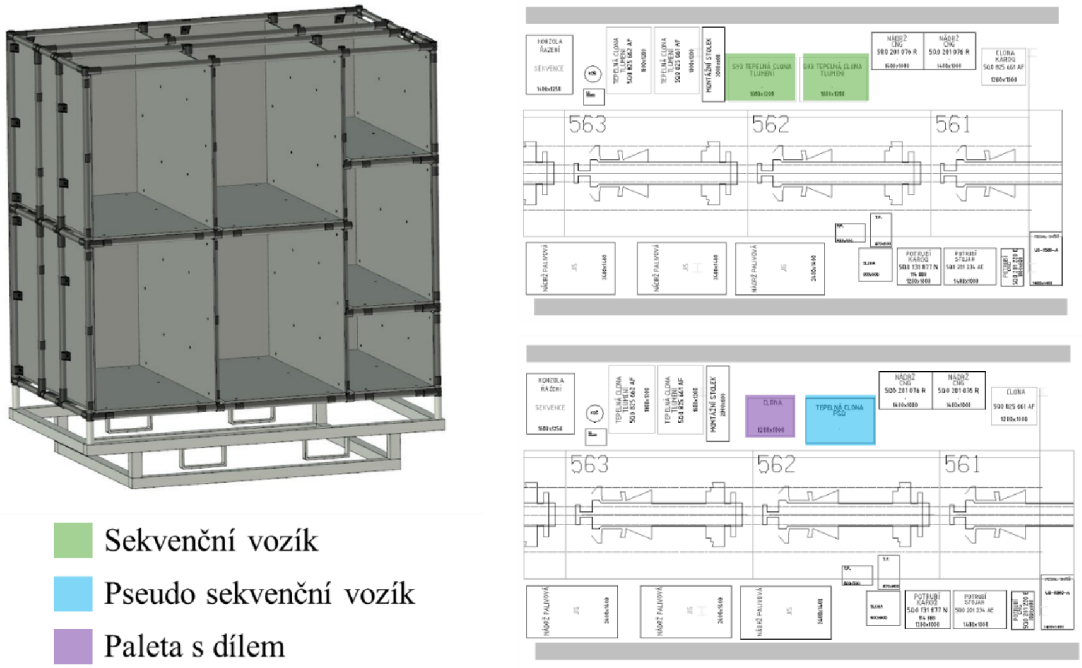
Zdroj: vlastní zpracování

3.2.5 Změna procesu přípravy dílů

Optimalizace procesu sekvenčního vychystání se týká sekvence v rozvozovém okruhu 15 S93 – tepelná clona malá. Návrh umístění více vozíků k montážní lince obdobným způsobem jako S97 a S122 nebyl možný z důvodu omezeného prostoru. Sekvence proto byla prověřena detailně, a to z pohledu změny procesu přípravy dílů. Změnou procesu je myšleno zrušení současné sekvenční přípravy a zavedení pseudo–sekvenčního vychystání. Důležitým faktorem pro změnu procesu je komplexita výrobního materiálu umístěného na pracovišti společně s jeho obrátkovostí. Komplexita malé tepelné clony (S93) byla v době prověřování osm druhů výrobního materiálu, který je používán pouze pro vozy s konvenčním motorem. Díly tepelné clony jsou určené k ochraně podvozkových částí vozu proti vznikajícímu teplu z motorové části nebo výfukové soustavy. Zohledněním současného vývoje a strategie společnosti je budoucnost výroby

v plně elektrifikovaných vozech, výroba automobilů s konvenčním motorem bude mít klesající směr. Komplexita dílů by se z těchto důvodů neměla více rozšiřovat.

Na základě zjištěných informací komplexity byl vypracován návrh pseudo–sekvenčního vozíku pro sedm druhů výrobního materiálu (obr. 3.9). Množství jednotlivých druhů výrobního materiálu umístěných do navrženého vozíku musí splňovat podmínku minimálního plnícího množství 24 kusů. Umístění zbývajícího výrobního materiálu, který nebylo možné umístit do vozíků, byl navržen přímo do materiálové zóny v montážní lince v ucelené balící jednotce. Realizací návrhu bude možné díly tepelné clony zavážet v intervalu minimálně 24 minut, tím dojde k úspoře času přepravy.



Obr. 3.9 Návrh pseudo–sekvenčního vozíku a umístění u montážní linky

Zdroj: [7] vlastní zpracování

3.2.6 Nastavení pravidelné výměny pseudo–sekvencí

Problematika nepravidelné spotřeby dílů nejvíce zatěžuje přepravu vozíků, které jsou pesudo sekvenčně vychystávané. V době zkoumání bylo na montážní linku přepravováno pět druhů vozíků, v případě realizace návrhu zrušení sekvenční přípravy naroste počet pseudo–sekvenčně vychystávaných vozíků na šest. Identifikací časů rozvozových okruhů

(viz graf 3.1. kap. 3.1.2) byl okruhu číslo čtyři identifikován neproduktivní čas téměř 72 %. Vysoké číslo neproduktivního času je dáno neřízenou výměnou vozíků z důvodu nerovnoměrné spotřeby výrobního materiálu montážní linkou, proto časy výměny byly odhadnuty. Samotná výměna vozíků je hlídána tzv. na oči, což může graf využití času zkreslovat. Návrh změny procesu spočívá v nastavení pravidelných časů výměny pseudo–sekvenčně vychystávaných vozíků. Vzhledem k nejčetnější skupině vozíků přepravovaných na montážní linku s kapacitou 24 pozic je návrh stanovení intervalu výměny rovněž 24 minut. Realizací v praxi může být kapacita vozíků navýšena. Důvodem nastavení intervalu výměny 24 minut je začlenění pseudo–sekvenčních vozíků do rozvozových tras a využití synergií v procesu zavážení.

3.2.7 Návrh rozvozových okruhů

Návrh rozvozových tras je určen pro transportní vozíky, které jsou zavážené ze severní části výrobní haly M13. Jedná se o návrh 16 okruhů, kterými bude přepravováno 45 druhů vozíků (tab. 3.3). Přeprava jednotlivých okruhů bude probíhat z konkrétního nádraží, v posledním sloupci tabulky je zobrazena délka celé rozvozové trasy z nádraží na místa zástavby v montážní lince a zpět. Rozvozové okruhy s označením FTS jsou přepravovány autonomním tahačem, ostatní okruhy s využitím personálu. Z celkového počtu jsou tedy čtyři okruhy zavážení autonomním tahačem bez obsluhy a 12 okruhů tahačem s obsluhou. Jednotlivé okruhy se skládají ze sekvenčních nebo pseudo–sekvenčních vozíků, sekvence jsou označené písmenem S a určitým číslem (např. S23), označení pseudo–sekvencí začíná písmeny PSQ a zkratkou popisující přepravovaný materiál (např. PSQTEPCLM – pseudo–sekvence tepelná clona malá). Sloupce s označením SQ_1 až SQ_4 zobrazují počet přepravovaných vozíků v okruhu, pokud jsou všechna pole okruhu vyplněna identifikačním označením, jsou v okruhu přepravovány čtyři vozíky. Číselné označení uvedené v závorkách za identifikačním číslem vozíků udává počet pozic s připraveným výrobním materiálem. Pozice vyplněná šedou barvou označují prázdná místa, oranžovou barvou jsou označené vozíky, které byly optimalizované vybraným způsobem (např. S122 a S97 zavážení více vozíků stejného druhu jedním přepravním cyklem, apod.). Realizací navržených opatření bylo možné využít synergií v rámci procesu přepravy vozíků a oproti původnímu stavu bylo možné jeden přepravní okruh úplně odstranit.

Tab. 3.3 Návrh rozvozových okruhů

Nádraží	Okruh	SQ_1	SQ_2	SQ_3	SQ_4	Délka trasy (m)
A (FTS)	1	S90/S91 (12)	S90/S91 (12)	S62 (12)	S62 (12)	812
A (FTS)	2	S500/S503 (24)	S115 (24)	S138 (24)	S71 (24)	812
A	3	S31 (4)	S31 (4)	S31 (4)	S31 (4)	850
A	4	S158 (12)	S162 (12)	S23 (24)		647
A	5	S89 (24)	S122 (12)	S122 (12)		812
A	6	S06 (24)	S24 (24)	S96 (24)	S17/S36 (24)	812
A	7	S120 (24)	S163 (24)	S188 (12)		812
B, C	8	S186 (24)	S94 (24)	S123 (18)	S28 (24)	610
B, C	9	S97 (12)	S97 (12)	S113 (24)		534
B, C	10	S59 (24)	S95 (24)	S99 (24)		685
B, C	11	S131 (24)	S27 (24)	PSQTEPCLM (24)	PSQTEPCLV (24)	290
B, C	12	S21 (24)	PSQCWMALLS (24)	PSQCWVELLS (24)		820
B, C	13	PSQCWMALPS (24)	PSQCWVELPS (24)	S121 (24)	S46 (24)	564
B, C (FTS)	14	S139 (24)	S32 (24)			650
B, C (FTS)	15	S112 (12)	S125 (12)			370
PHEV	16	S116 (12)	S117 (12)			1060

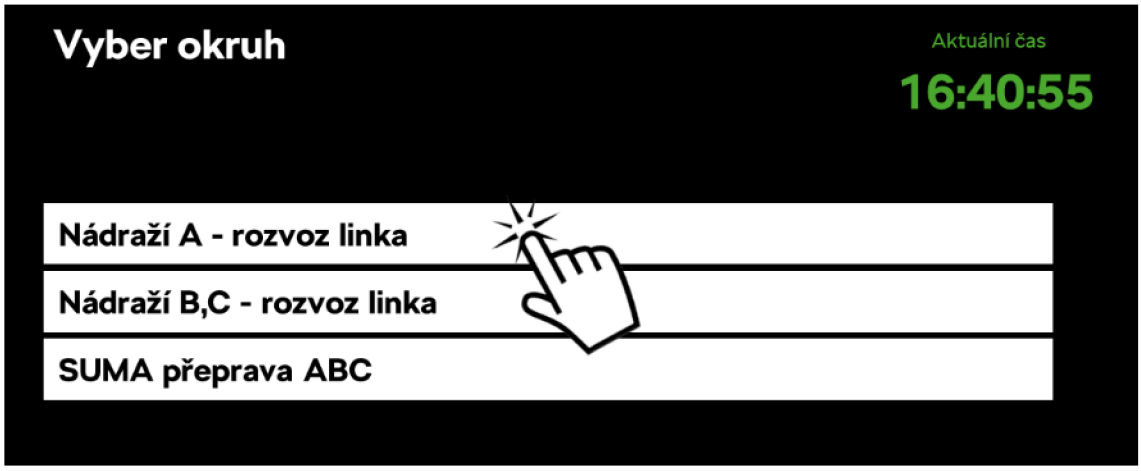
Zdroj: vlastní zpracování

3.2.8 Úprava systému zavážení NSQV

Důležitou změnou pro zavedení dynamického rozvozu sekvenčně nebo pseudo–sekvenčně vychystávaných vozíků je úprava řídícího systému odjezdu vozíků z logistického supermarketu. Využívaná logistická aplikace NSQV je v současném stavu pro optimalizaci rozvozu nevyhovující. Úpravu systému zobrazují níže popsané návrhy obrazovek tabletu, který je umístěný na manipulační technice a je ovládán pracovníky rozvozu.

Úvodní obrazovka upraveného systému (obr. 3.10) bude rozcestníkem pro výběr rozvozového procesu. Tlačítka označená nádraží A a B, C – rozvoz linka slouží k rozvozu

sekvencí z konkrétního nádraží na montážní linku. Oblast nádraží B, C je úmyslně sloučena do stejné oblasti rozvozových okruhů z důvodu nedostatku prostoru pro umístění vozíků z logistického supermarketu v prostoru nádraží C. Oblast označená SUMA přeprava ABC bude sloužit k rozvozu a svozu plných a prázdných vozíků, která byla popsána jako kyvadlová přeprava vozíků v rámci interní logistiky s návrhem označení SSQ (Shattel Sequence).



Obr. 3.10 Úvodní obrazovka tabletu s možností výběru rozvozového procesu

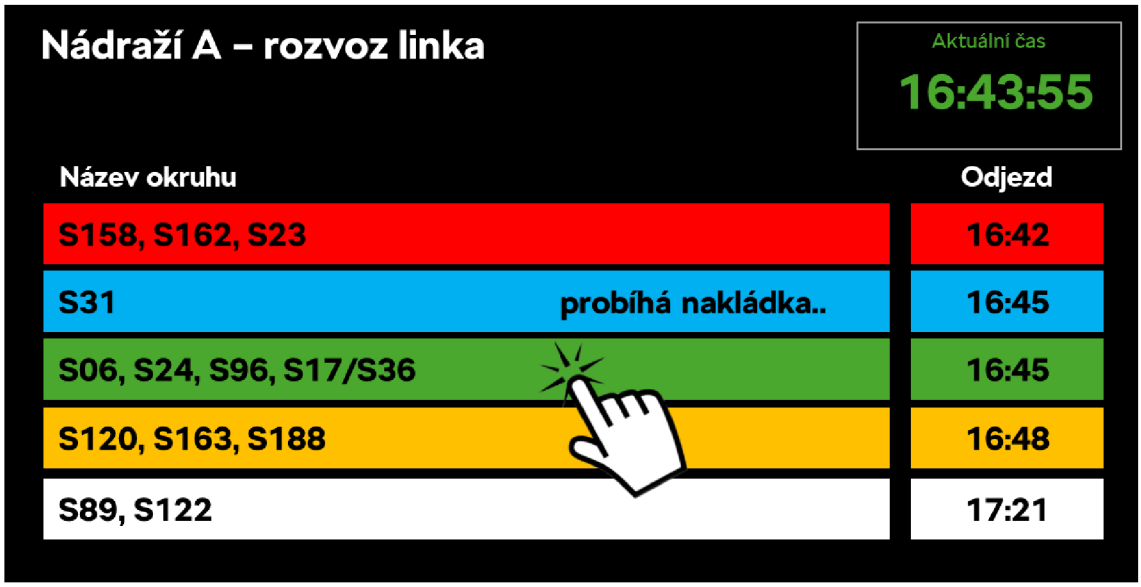
Zdroj: vlastní zpracování

Výběrem okruhu nádraží A – rozvoz linka bude pracovníkovi zobrazen seznam sekvencí, které je možné z konkrétního nádraží přepravovat na montážní linku (obr. 3.11). Jednotlivé rozvozové okruhy budou popsány identifikátorem sekvencí v rozvozovém okruhu (např: S158, S162, S23), u každého okruhu bude zobrazen požadovaný čas odjezdu z nádraží na montážní linku. Pořadí okruhů bude na obrazovce tabletu řazeno vzestupně dle času požadavku odjezdu, tedy okruh s nejbližším časem odjezdu bude vždy na první pozici. Současně bude aplikace vybavena barevným notifikačním semaforem, který bude pracovníky rozvozu vizuálně upozorňovat k potřebě blížícího se odjezdu. Semafor bude nabývat čtyř barev:

- BEZ BARVY – zbývá určitý čas do nakládky, pouze informace o blížícím se požadovaném odjezdu,
- ORANŽOVÁ – příprava na odjezd z nádraží, např. 5 min. před nakládkou,
- ZELENÁ – doporučený čas odjezdu z nádraží,

- ČERVENÁ – zpoždění odjezdu, okruhu je přiřazena priorita odjezdu, odesláno upozornění na všechny rozvozové okruhy přihlášené ke konkrétnímu nádraží,
- MODRÁ – pracovník je přihlášený ke konkrétnímu okruhu a probíhá nakládka vozíků.

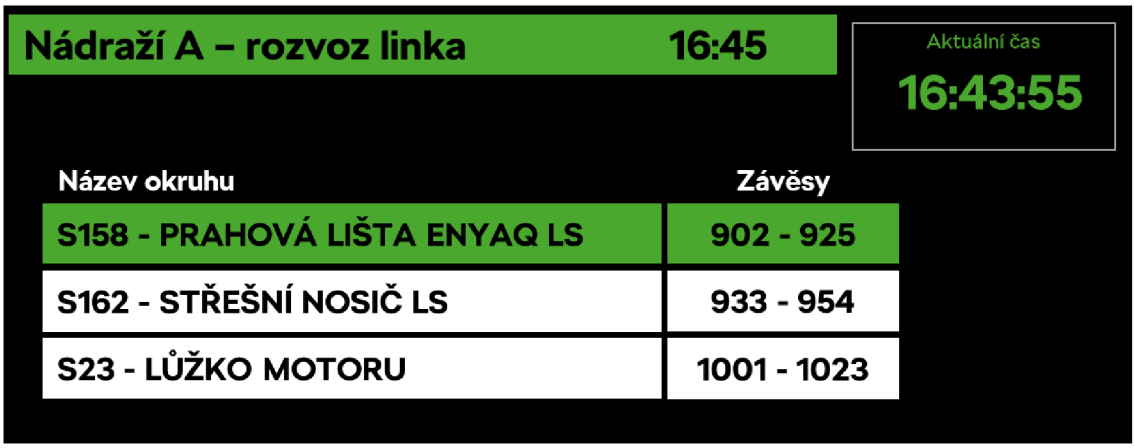
Důležitou součástí systému je nepřetržitý přístup a zobrazení úkonů všech přihlášených pracovníků do stejné oblasti nádraží. Tím je myšleno, že všichni pracovníci mají stejné informace o potřebě odjezdu téměř online. Souběžně dochází ke změně statusu jednotlivých okruhů na všech přihlášených zařízení v oblasti nádraží A, informace o zahájení nakládky nebo překročení doporučené doby odjezdu.



Obr. 3.11 Obrazovka tabletu – nádraží A rozvoz linka

Zdroj: vlastní zpracování

Rozkliknutím rozvozového okruhu je zobrazen detail nakládaných sekvencí s informacemi o statusu a času odjezdu, seznam požadovaných vozíků s určením požadovaného rozsahu závěsů (označení vozů v montážní lince). Pro zahájení nakládky vozíků je nutné naskenovat jejich sekvenční list, který slouží k identifikaci konkrétního vozíku. Rozsah požadovaných závěsů konkrétní sekvence zobrazený v aplikaci musí odpovídat rozsahu závěsů na sekvenčním výtisku. V případě shody dojde ke změně statusu konkrétní sekvence, jak je vidět v obrázku 3.12, v případě rozdílných závěsů aplikace zobrazí chybu.



Obr. 3.12 Detail rozvozového okruhu

Zdroj: vlastní zpracování

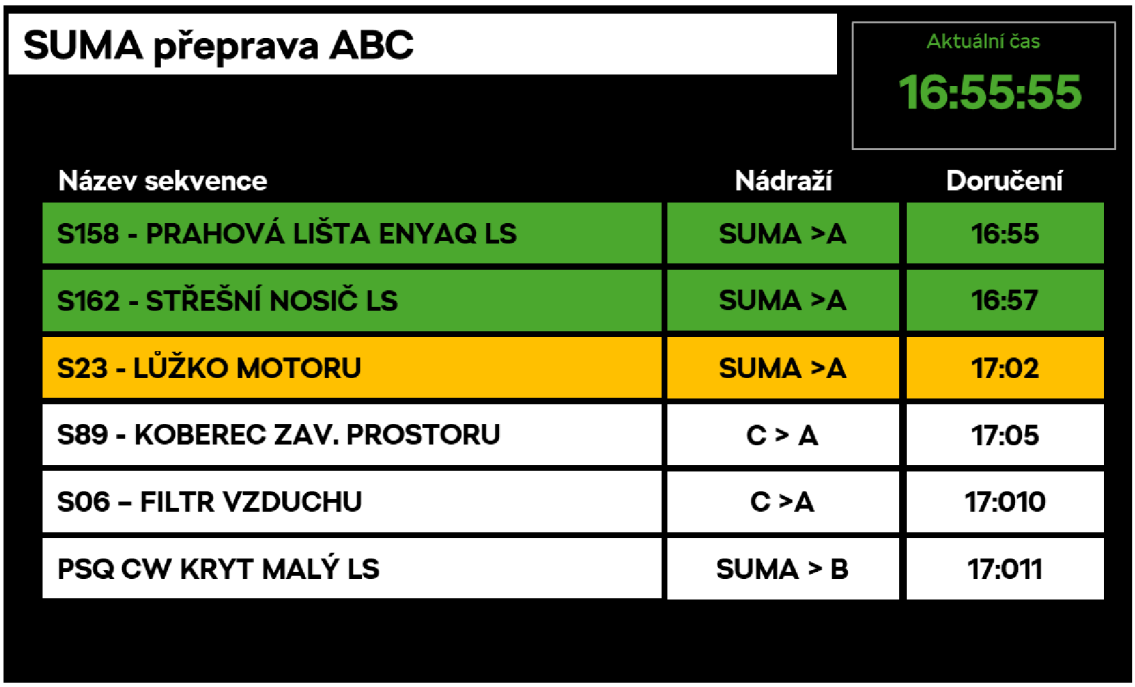
Ukončením nakládky všech požadovaných sekvencí v okruhu bude obrazovka automaticky změněna na proces vykládky s informacemi o umístění vozíků v montážní lince a požadovaném čase doručení na místo zástavby. Vykládka bude probíhat skenováním kódu umístěného v montážní lince na taktu zástavby dílů. Naskenováním příslušného čárového kódu bude ukončena vykládka konkrétního vozíku a řádek sekvence změní své barevné zobrazení (obr. 3.13). Vyložením všech přepravních vozíků okruhu bude obrazovka automaticky přepnuta do zobrazení viz obr. 3.11 a celý proces se opakuje.

Obr. 3.13 Obrazovka vykládky sekvencí

Zdroj: vlastní zpracování

Pracovník zajišťující přepravu vozíků z logistického supermarketu na jednotlivá nádraží nebo mezi nádražími bude pro proces kyvadlové přepravy využívat aplikaci s obrazovkou 3.14. Pracovníkům budou na obrazovkách zobrazeny veškeré druhy vozíků

s požadovaným časem doručení na místo potřeby (nádraží). Podobně jako v části rozvozu budou měněny statusy jednotlivých přepravních vozíků společně se vzestupným řazením vozíků dle nejbližšího požadavku.



Obr. 3.14 Obrazovka kyvadlové přepravy mezi supermarketem a nádražím

Zdroj: vlastní zpracování

4 Hodnocení efektivnosti návrhu

Kapitola se zaměřuje na procesní a ekonomické vyhodnocení návrhů optimalizace procesu přepravy sekvenčně a pseudo–sekvenčně vychystávaných vozíků z logistického supermarketu na montážní linku. První část kapitoly se zabývá ověřením mnou navržených opatření pomocí počítačové simulace a následně její vyhodnocení. Druhá část kapitoly se věnuje zhodnocení potenciálních úspor a finančních nákladů pro pořízení nezbytného vybavení logistického procesu.

4.1 Simulace navrženého procesu

Na základě návrhu rozvozových okruhů byla vytvořena simulace procesu přepravy sekvenčních a pseudo–sekvenčních vozíků z vytvořených nádraží v logistickém supermarketu na montážní linku za podpory interních útvarů ŠKODA Auto a. s. zabývajících se digitalizací procesů. Simulace modelu byla prováděna v programu Plant Simulation s mnoha omezujícími podmínkami, níže jsou uvedené pouze vybrané:

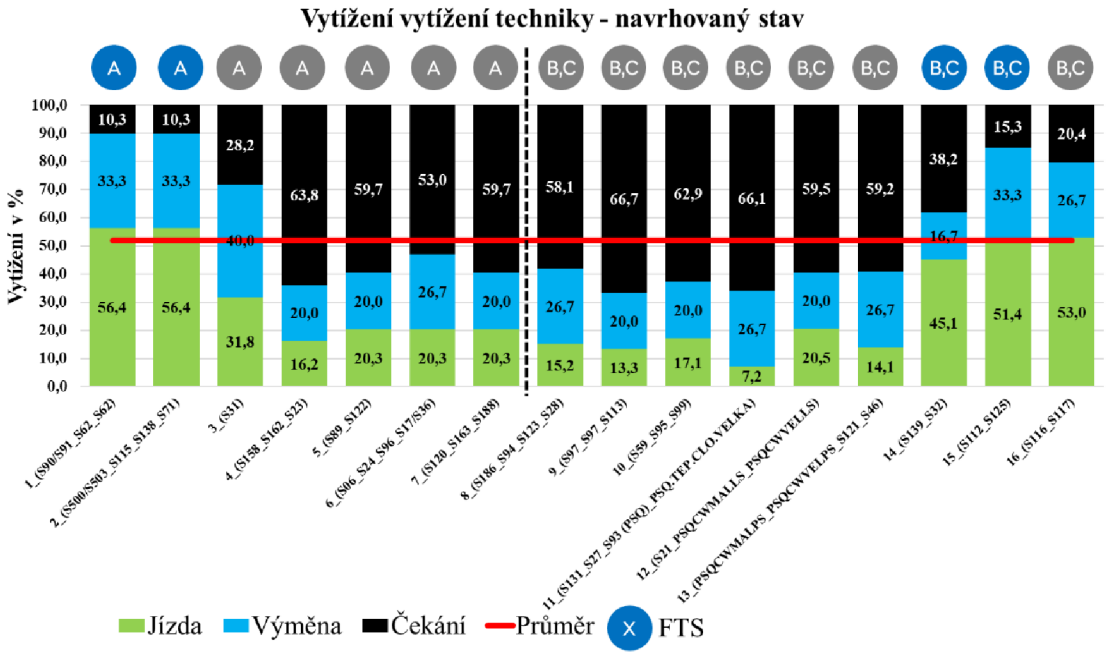
- odběr dílů montážní linkou v čase 60 vteřin bez uvažované poruchovosti,
- model byl uvažován bez poruchovosti manipulační techniky,
- rychlost tahače s obsluhou je 2,78 m/s (10 km/h), rychlost FTS 1 m/s,
- povolené předjíždění manipulační techniky,
- čas výměny vozíků v okruhu 96 s/vozík (2 x 48 s), FTS 120 s/vozík (2 x 60 s).

Výstupem simulace je graf vytížení manipulační techniky rozvozu vozíků (graf. 4.1) z nádraží A a nádraží B, C při kapacitě vyráběných vozů 1 360 denně, což přestavuje plnou výrobní kapacitu montážní linky v hale M13. Graf je rozdělen přerušovanou čarou, která odděluje rozvozové trasy z jednotlivého nádraží. Nad jednotlivými rozvozový trasami jsou v grafu umístěny symboly nádraží, modře zbarvené označují okruh přepravovaný pomocí autonomních vozíků. Simulace procesu byla vytvořena pouze pro rozvozové okruhy z konkrétního nádraží, kyvadlová přeprava vozíků v rámci logistického supermarketu nebyla simulována.

Porovnáním grafů současného stavu vytížení manipulační techniky (graf 3.1) a simulací procesu navrhované změny (graf 4.1) kleslo průměrné vytížení téměř o 10 %. Snížením průměrného vytížení je patrné, že návrhem vybudování nádraží k přepravě vozíků došlo

ke zrychlení a zefektivnění procesu. Snížením pracnosti vznikl větší prostor pro zavedení systému pro podporu dynamického zavážení, který proces přepravy ještě více zefektivní.

Problematika modelu spočívá pouze v simulaci navržených přepravních tras, model neosahuje další přepravní procesy jako přeprava dílů v KLT, GLT, externí JIS dodávky apod. Z výše zmíněných důvodů musíme počítat s rezervou procesu zavážení.



Graf 4.1 Simulace vytížení manipulační techniky navrhovaného procesu

Zdroj: [7], vlastní úprava

Na základě vytížení jednotlivých okruhů byla sestavena tabulka (tab. 4.1), ve které je porovnán proces přepravy z pohledu využití personálu. Personál přiřazený ve sloupci statické zavážení představuje současně používaný model procesu, kdy každý přepravní okruh pro svou správnou činnost vyžaduje obsluhu. Přepravní okruhy zavážení pomocí autonomních vozíků jsou bez obsluhy, výměnu vozíků provádí pracovníci na pracovišti v logistickém supermarketu nebo na montážní lince. Přiřazení personálu v dynamickém procesu zavážení je úmyslně zapsáno desetinným číslem u všech okruhů, jejichž vytížení je pod 50 %. Význam desetinného čísla představuje pouze polovinu pracovní činnosti personálu k zavezení konkrétního okruhu, druhá polovina pracovního fondu bude využita k zavezení dalšího okruhu. Nasazením aplikace pro dynamický rozvoz sekvencí vzniká potenciál pro úsporu personálu a manipulační techniky.

Tab. 4.1 Porovnání statického a dynamického procesu zavážení z pohledu personálu

Okruh	Nádraží	Vytížení man. techniky návrh (%)	Personál statický proces	Personál dynamický proces
1	A (FTS)	89,7	0	0
2	A (FTS)	89,7	0	0
3	A	71,8	1	1
4	A	36,2	1	0,5
5	A	40,3	1	0,5
6	A	47,0	1	0,5
7	A	40,3	1	0,5
8	B, C	41,9	1	0,5
9	B, C	33,3	1	0,5
10	B, C	37,1	1	0,5
11	B, C	33,9	1	0,5
12	B, C	40,5	1	0,5
13	B, C	40,8	1	0,5
14	B, C (FTS)	61,8	0	0
15	B, C (FTS)	84,7	0	0
16	PHEV	79,6	1	1
			12	**7**

Zdroj: vlastní zpracování

Celkový souhrn potřebného vytížení a s tím spojena potřeba personálu je zobrazena ve spodní části tabulky 4.1. Rozdíl mezi statickým a dynamickým procesem přepravy je pět pracovníků. Potřeba personálu nového logistického procesu kyvadlové přepravy vozíků v rámci logistického supermarketu je odhadnuta na dva pracovníky.

4.2 Ekonomické zhodnocení

Realizací návrhu dynamického zavážení je odhad úspory personálu čtyři pracovníci na jednu výrobní směnu, celková úspora tedy činní 12 pracovníků na pracovní den. Odhadovaná průměrná hrubá měsíční mzda pracovníka ŠKODA Auto a. s. je 53 775 Kč. Z této částky jsou vypočteny celkové firemní náklady na jednu pracovní pozici ve výši 1,34 % průměrné hrubé měsíční mzdy. Celkové náklady společnosti na jednu pracovní pozici činní 2 590 272 kč/rok.

$$náklady\ na\ pracovní\ pozici\ = 53\,775\ \cdot 1{,}34\ \cdot 12\ \cdot 3 =\ 2\,590\,272\ Kč/rok$$

Úspora personálu, který vykonával proces přepravy vozíků z logistického supermarketu, je úzce spojena s úsporou manipulační techniky. Počet uspořené techniky je roven počtu pracovních pozic, tedy čtyři kusy. Manipulační technika je hrazena formou měsíčního leasingu v odhadované hodnotě 9.000 Kč/měsíc. V tabulce 4.2 je u položky manipulační technika uveden počet kusů 36, jedná se o součin tří kusů manipulační techniky a doby jejího používání v měsících, tedy 12.

Pro realizaci návrhu optimalizace je nutné pořízení určité techniky, kterou představuje pořízení přepravních vozíků různých druhů, úprava systému pro dynamický rozvoz a obnovu technologie pro zobrazování a načítání. Cenové náklady na pořízení vozíků se liší od jejich složitosti a použitého materiálu, odhad ceny jednoho vozíku je proto stanoven na 65.000 Kč za jeden vozík. Úprava systému NSQV pro dynamický rozvoz je odhadnuta na 2.000.000 Kč.

Tab. 4.2 Přehled potenciálních úspor a nákladů

Potenciál úspory

Název položky	Jednotková cena (Kč)	Počet kusů	Celkem (Kč)
Pracovní pozice	2 590 272	4	10 361 088
Manipulační technika	9 000	36	432 000
			10 793 088

Náklady

Název položky	Jednotková cena (Kč)	Počet kusů	Celkem (Kč)
Úprava systému NSQV	2 000 000	1	2 000 000
Tablet	30 000	10	300 000
Čtecí zařízení	90 000	10	900 000
SQ vozíky	65 000	30	1 950 000
			5 150 000

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výpočet doby návratnosti navrženého procesu byl zvolen způsob výpočtu podílu celkové sumy nákladů a potenciálních úspor. Náklady představují vynaložené finanční prostředky pro správné fungování procesu přepravy. Potenciální úspora představuje čtyři pracovní pozice a stejný počet manipulační techniky. Celková návratnost investice na realizaci dynamického procesu zavážení je 0,48 roku.

$$TN_p = \frac{IN}{CF} = \frac{vybavení\ procesu}{personál\ a\ leasing\ (1rok)} = \frac{5\ 150\ 000}{10\ 793\ 088} = 0{,}48 \tag{4.1}$$

Kde*:* *IN ….náklady na investici*

CF….roční peněžní tok (úspora nákladů)

Přínosy dynamického systému zavážení sekvencí

Implementace dynamického systému do procesu zavážení bude zásadní změnou v procesu přepravy sekvenčně vychystaného materiálu na montážní linku. Transformace statického procesu zavážení na dynamický může být komplikovanou záležitostí, nicméně poskytuje značné výhody:

- eliminace neproduktivních časů,
- zvýšení produktivity pracovníků,
- zvýšení efektivity procesu,
- zkrácení přepravních cest,
- adaptabilní systém zavážení,
- využití procesu v dalších výrobních provozech podobného charakteru,
- úspora personálu a manipulační techniky.

Závěr

Diplomová práce si kladla za cíl objasnit problematiku přepravy sekvenčně vychystaného materiálu z logistického supermarketu na montážní linku z pohledu interní logistiky. Záměrem práce bylo navrhnout změny v zásobování montážní linky s cílem zvýšit efektivnost systému přepravy.

Úvodní kapitola byla věnována teoretickým základům řízení výrobních a kompletačních systémů. Dále byly v kapitole objasněny základní prvky tvorby hodnoty, transformační proces výrobku nebo vlastnosti a typologie výrobních procesů. Závěr kapitoly byl věnován vědeckému přístupu řešení logistických procesů.

Praktická část se zabývala popisem interního materiálového toku od vstupu do výrobního závodu, skladování v logistickém centru U6 společně s provázaností na další výrobní procesy ve společnosti ŠKODA Auto a. s. Navazující podkapitoly byly zaměřeny na podrobný popis procesu sekvenční přípravy dílů a problematiku přepravy sekvenčních vozíků z logistického supermarketu na montážní linku ve výrobní hale M13.

Třetí kapitola byla zaměřena na identifikaci úzkých míst a optimalizaci přepravního procesu. Autor práce navrhl koncept přepravy s vybudováním nádraží pro sekvenční vozíky, odkud bude probíhat jejich převoz na montážní linku. Současně autor práce navrhl změny konkrétních činností, kterými lze kvalitněji využití v procesu přepravy. Konkrétně zrušení sekvenčního vychystání dané sekvence nebo návrh řešení pro vozíky s nízkou kapacitou výrobního materiálu. Dále autor práce navrhl úpravu řídícího systému využívaného v současném procesu přepravy z logistického supermarketu na montážní linku. Transformací statického řídící systému na dynamický dojde ke zvýšení efektivnosti celkového procesu přepravy sekvenčních a pseudo–sekvenčních vozíků.

Poslední kapitola byla zaměřena na ověření autorových návrhů využitím simulačního modelu a ekonomické zhodnocení případné implementace do praxe. Na základě porovnání současného procesu přepravy a navržené změny procesu lze konstatovat, že cíl práce na zefektivnění procesu přepravy byl splněn. Autorem navrženou optimalizaci lze následně rozšířit o využití autonomní přepravní techniky v jednotlivých částech procesu. Závěrem lze konstatovat, že obor logistika je stále vyvíjejícím se procesem a neustálé hledání způsobu optimalizace je cestou k trvalému zlepšování a zvyšování efektivity jejich procesů.

Seznam zdrojů

[1] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu.* 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.

[2] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.

[3] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

[4] LAMBERT, Douglas M., Douglas M. LAMBERT, James R. STOCK a Lisa M. ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Přeložil Eva NEVRLÁ. Praha: Computer Press, 2000. Praxe manažera. ISBN 80-7226-221-1.

[5] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.

[6] LUKOSZOVÁ, Xenie. *Logistické technologie v dodavatelském řetězci*. Praha: Ekopress, 2012. ISBN 978-80-86929-89-7.

[7] ŠKODA AUTO A.S. *Dokumentace ŠKODA AUTO*. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2020. Dostupné také z: společnost ŠKODA AUTO.

[8] SCHULTE, Christof. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2

[9] PERNICA, Petr. *Logistika (supply chain management) pro 21. století*. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.

[10] ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. V Praze: C.H. Beck, 2007. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-534-6.

[11] PERNICA, Petr. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: Radix, 1998, 664 s. ISBN 80-86031-13-6.

[12] SIXTA, Josef a MAČÁT, Václav. *Logistika – teorie a praxe*. Brno: Computer Press a. s., 2005. ISBN 80-251-0573-3.

[13] GROS, Ivan a Jakub DYNTAR. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-910-5.

Seznam grafických objektů

Obr. 1.1 Princip metody Just-in-Time 24
Obr. 1.2 Kanbanová karta 25
Obr. 1.3 Kanban systém – zásobovací okruhy 26
Obr. 1.4 Hmotné a nehmotné toky v logistickém řetězci 29
Obr. 1.5 Základní členění materiálů 31
Obr. 1.6 Funkce obalů 32
Obr. 1.7 Dodavatelská závěska 34
Obr. 1.8 Ukázka plastových přepravek – manipulační jednotka I. řádu 37
Obr. 1.9 Příklad umístění sortimentu zboží, princip statické kompletace 40
Obr. 2.1 ŠKODA ENYAQ iV – historicky první elektromobil ŠKODA Auto a. s. 43
Obr. 2.2 Umístění logistického centra U6, výrobní závod Mladá Boleslav 45
Obr. 2.3 Logistické centrum – U6A 46
Obr. 2.4 Centrální sklad drobných dílů v hale U6B 48
Obr. 2.5 Sekvenční pracoviště v regálové technologii a dopravní do haly M13 49
Obr. 2.6 Plochy logistického supermarketu pro montážní halu M13 51
Obr. 2.7 Rozdíl mezi sekvencí a sekvencí s děravou řadou 53
Obr. 2.8 Příklady přípravy dílů pseudo–sekvence 54
Obr. 2.9 Používané materiály pro výrobu sekvenčních vozíků 56
Obr. 2.10 Sestava sekvenčního vozíku a ukázka vozíku z provozu 57
Obr. 2.11 Přepravní rám pro transport vozíků ze supermarketu k montážní lince 59
Obr. 2.12 Manipulační technika pro tažení soupravy, zleva CEIT, STILL 59
Obr. 2.13 Sekvenční rozvozový okruh č. 16 61
Obr. 2.14 Obrazovka logistické systému NSVQ 63
Obr. 3.1 Identifikace úzkých míst průjezdnosti vnitřních komunikací v hale M13 68
Obr. 3.2 Ilustrativní obrázek – princip logistické technologie Hub and Spoke 69
Obr. 3.3 Návrh nádraží pro sekvenční vozíky v hale M13 70
Obr. 3.4 Rozdělení vozíků dle místa jejich vzniku k nádraží 71
Obr. 3.5 Přiřazení vozíků konkrétnímu nádraží dle místa jejich vzniku 72
Obr. 3.6 Přesun sekvencí z nádraží C do nádraží A 72
Obr. 3.7 Trasa kyvadlové přepravy mezi nádražím A, B, C 73
Obr. 3.8 Příklad optimalizace přepravy autobaterií a obložení 5. dveří 75

Obr. 3.9 Návrh pseudo–sekvenčního vozíku a umístění u montážní linky 76
Obr. 3.10 Úvodní obrazovka tabletu s možností výběru rozvozového procesu 79
Obr. 3.11 Obrazovka tabletu – nádraží A rozvoz linka 80
Obr. 3.12 Detail rozvozového okruhu 81
Obr. 3.13 Obrazovka vykládky sekvencí 81
Obr. 3.14 Obrazovka kyvadlové přepravy mezi supermarketem a nádražím 82

Seznam schémat

Schéma 1.1 Hodnotový řetězec podniku 11
Schéma 1.2 Transformační proces 12
Schéma 1.3 Propojení činností v transformačním procesu 13
Schéma 1.4 Druhy materiálové toku ve výrobním procesu 17
Schéma 1.5 Koncept MRP I 21
Schéma 1.6 Koncept MRP II 22
Schéma 1.7 Úzká místa výrobního procesu 27
Schéma 2.1 Materiálový tok od dodavatelů na montážní linku ve ŠKODA Auto a. s... 44

Seznam tabulek

Tab. 1.1 Hlavní prvky prováděcího plánu 19
Tab. 2.1 Srovnání konvenčního a elektromotoru z pohledu využití dílů 52
Tab. 3.1 Vzdálenosti zavážení v závislosti místa vzniku a potřeby materiálu 65
Tab. 3.2 Vybrané sekvence pro návrh optimalizace 74
Tab. 3.3 Návrh rozvozových okruhů 78
Tab. 4.1 Porovnání statického a dynamického procesu zavážení z pohledu personálu.. 85
Tab. 4.2 Přehled potenciálních úspor a nákladů 86

Seznam grafů

Graf 2.1 Přehled přepravních vozíků z pohledu počtu úložných pozic 58
Graf 2.2 Manipulace s vozíkem z logistického supermarketu na montážní linku 60
Graf 3.1 Vytížení manipulační techniky – současný stav 66
Graf 4.1 Simulace vytížení manipulační techniky navrhovaného procesu 84

Seznam zkratek

3D	3-Dimension (trojrozměrný)
a. s.	akciová společnost
CRP	Capacity Requirement Plan (Plán kapacit)
ČLA	Česká Logistická Asociace
DPR	Distribution Requirements Plan (Plán distribuce)
FIFO	Fisrt in, First out (první do skladu, první ze skladu)
FTS	Fahrerloss Transport System (dopravní systém bez řidiče)
GLT	Großladungsträger, velký manipulační kontejner
JIS	Just-In-Sequence
JIT	Just-In-Time
KLT	Kleinladungsträger, malé manipulační kontejnery
LED	Light-Emitting Diode (světelná dioda)
LKW	LastKraftWagen (nákladní automobil)
MPS	Master production Plan (Plán výroby)
MRP I	Material Requirements Plan (Plán zásobování)
MRP II	Manufacturing Resource Planning (plán výrobních zdrojů)
NSQV	Nový sekvenční visuál
PSQ	Pseudo sekvence
RFID	Radio-Frequency Identification (radiofrekvenční identifikace)
SQ	Sekvence
SQV	Sekvenční Visuál
SSQ	Shuttel Sequence (kyvadlová přeprava sekvečních vozíků)
SSW	Sensor Signal Warehouse
TOC	Theory of Constrains (Teorie systémů)

USA	United Stated of America (Spojené státy americké)
VW	Volkswagen
VZV	Vysokozdvižný vozík
Wi-Fi	Wireless Fidelity (bezdrátová technologie přenosu dat)
WMS	Warehouse Management System (Systém řízení skladu)
z.o.o.	Společnost s ručením omezeným (přeloženo z polštiny)
MX–X	manipulační technika od firmy STILL

Seznam příloh

Příloha A Sekvenční list

Příloha A

Sekvenční list

AUTO a.s. SOFIST II -P4P- Form: 1
Tisk: 09.05.2022 12:46 List: 8554 Zaves (od-do) 4317-4322

Sekvence: SBBR velke(S186)

P	Zaves	Mod.	KNR	Cislo dilu	Kod	Mn	PR dilu	Pozn.
1	4317	5AZ	1129333	5LG807394A	M7	1	K8G,8VG	---
1	4317	5AZ	1129333	5LG807393A	M8	1	K8G,8VG	---
2	4318	NX3	1916910	5E3945207	M12	1	K8B,8VG	---
2	4318	NX3	1916910	5E6807378	M2	1	K8B,8VG	LIMO A8
2	4318	NX3	1916910	5E6807377	M1	1	K8B,8VG	LIMO A8
2	4318	NX3	1916910	5E3945208	M11	1	K8B,8VG	---
3	4319	NX5	1917566	5E3945207	M12	1	K8D,8VG	---
3	4319	NX5	1917566	5E3945208	M11	1	K8D,8VG	---
3	4319	NX5	1917566	5E7807377	M5	1	K8D,8VG	---
3	4319	NX5	1917566	5E7807378	M6	1	K8D,8VG	---
4	4320	NX5	1959664	5E7807377	M5	1	K8D,8VG	---
4	4320	NX5	1959664	5E7807378	M6	1	K8D,8VG	---
4	4320	NX5	1959664	5E3945208A	M9	1	K8D,8VG	---
4	4320	NX5	1959664	5E3945207A	M10	1	K8D,8VG	---
5	4321	5AZ	1129345	5LG807394A	M7	1	K8G,8VG	---
5	4321	5AZ	1129345	5LG807393A	M8	1	K8G,8VG	---
6	4322	NX5	1916991	5E3945208A	M9	1	K8D,8VG	---
6	4322	NX5	1916991	5E3945207A	M10	1	K8D,8VG	---
6	4322	NX5	1916991	5E7807377	M5	1	K8D,8VG	---
6	4322	NX5	1916991	5E7807378	M6	1	K8D,8VG	---

Autor DP	Bc. Tomáš Pavel
Název DP	Návrh optimalizace rozvozu sekvencí na montážní linku
Studijní obor	Logistika
Rok obhajoby DP	2022
Počet stran	79
Počet příloh	1
Vedoucí DP	prof. Ing. Ivan Gros, CSc.
Anotace	Diplomová práce se zaměřuje na problematiku procesu přepravy sekvencí z logistického supermarketu na montážní linku. Praktická část se zabývá popisem současného stavu logistických procesů ve společností ŠKODA Auto a. s. Následně jsou představena úzká místa procesu přepravy a návrhy jejich řešení.
Klíčová slova	Montážní linka, sekvence
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	