ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Diplomová práce

Optimalizace zavážení materiálu na výrobní linky

Optimization of material supply to production lines

Jan Vrba

Plzeň 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Optimalizace zavážení materiálu na výrobní linky“

vypracoval/a samostatně pod odborným dohledem vedoucí/vedoucího diplomové práce za použití pramenů uvedených v přiložené bibliografii.

Plzeň dne v. r. Jan Vrba

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce prof. Dr. Ing. Miroslavu Plevnému za neocenitelnou pomoc při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval svému odbornému konzultantovi Tomáši Záhrubskému za poskytnutí informací nutných pro zpracování této práce.

Mé další díly patří mé rodině a blízkým přátelům, kteří mi dodávali nápady na zlepšení práce a upozorňovali na případné slohové prohřešky.

Obsah

Úvod **7**

Cíle práce 7

Struktura a metodika práce 8

1. Základní pojmy logistického řízení **9**

1.1 Vymezení termínu logistika 9

1.2 Vývoj podnikové logistiky 10

1.3 Předmět logistiky, logistický řetězec 11

1.4 Logistické činnosti, cíle logistiky 12

1.5 Obaly, manipulační jednotky 14

1.6 Funkce zásob, logistické náklady 15

2. Výrobní proces, výrobní uspořádání **18**

2.1 Vymezení výrobního procesu 18

2.2 Prostorové uspořádání výrobního procesu 18

2.2.1 Předmětné uspořádání haly 19

2.2.2 Technologické uspořádání haly 20

2.2.3 Buňkové uspořádání výroby 20

2.3 Analýza a optimalizace uspořádání materiálového toku 21

2.3.1 Metoda CRAFT 21

2.3.2 Šachovnicová tabulka 22

2.3.3 Metoda souřadnic 22

2.3.4 Metoda kruhová 22

2.3.5 Sankeyův diagram 23

2.3.6 Stochastické modely, simulace 23

2.3.7 Value Stream Mapping (VSM) 24

2.3.8 Spaghetti diagram ... 24

2.3.9 Metoda trojúhelníková ... 25

3. Štíhlá výroba ... 26

3.1 TPS ... 26

3.2 Kaizen ... 27

3.3 5S ... 27

3.4 TQM ... 28

4. Charakteristika společnosti ... 30

4.1 Základní informace o společnosti ... 30

4.2 Poslání a vize společnosti ... 30

4.3 Portfolio výrobků společnosti ... 31

4.4 Organizační struktura ... 32

4.5 Projekty ... 33

4.6 Obecný výrobní proces ... 34

4.7 Nakupované komponenty ... 36

4.8 Rozmístění pracovišť v jednotlivých halách ... 36

5. Projekt Nissan P33B ... 39

5.1 P33B Front bumper ... 40

5.2 P33B Rear ... 42

5.3 Crash can P33B ... 45

5.4 Kalkulace jednicových nákladů na manipulaci ... 47

5.5 Kalkulace nákladů na manipulaci projektu P33B ... 50

6. Navrhovaná zlepšení ... 52

6.1 Návrh 1 – nové kontrolní stanoviště na hale BP3 ... 52

6.2 Návrh 2 – přeuspořádání výrobního procesu P33B Front ... 57

6.3 Návrh 3 – výměna pracoviště Bender 03 za Mach 02 58

6.3.1 Představení projektu nosníků pro Škoda Scala + Kamiq..... 60

6.3.2 Výpočet P33B 63

7. Závěr 68

Seznam použitých zdrojů 70

Seznam použitých zkratek 72

Seznam obrázků 73

Seznam tabulek 74

Úvod

I když se s termínem logistika, ve významu komplexní vědní disciplíny a součásti obchodního podniku, můžeme primárně setkávat až po druhé světové válce, její základy můžeme spatřit už u prvních civilizací. A to především v oblasti vojenství. Pokud šlo vojsko na dlouhou anabázi, tak se muselo vyřešit zejména efektivní stravování, zásobování a rychlé přesuny celé armády. A to byl základ moderního logistického řízení.

Logistické řízení je podle autorova názoru v moderní společnosti a době globalizace přehlíženým tématem. Důležitost jeho významu si zpravidla uvědomujeme až v případě, kdy logistické řízení selhalo. Ambiciózní společnost může mít dokonale zmapovaný zahraniční trh a zpracované podklady pro co nejefektivnější penetraci, ale základním kamenem úspěšné zahraniční expanze je perfektní logistické řízení.

Na novém trhu můžeme rychle vytvořit poptávku po našem produktu, ale pokud produkty na tento trh nezvládneme dodávat v požadovaném množství a deklarované kvalitě, tak se projekt zahraniční expanze značně prodlouží, prodraží a může dojít ke ztrátě důvěryhodnosti v očích zákazníka. Domácnosti si zvykají dostávat bezproblémové zásilky z druhého koutu světa v ten správný čas a v té správné kvalitě. Za tím vším stojí perfektní logistické řízení.

Cíle práce

Tato kvalifikační práce bude řešena ve spolupráci s firmou Shape, která je dodavatelem v oblasti automotive. Tato firma si uvědomuje důležitost logistiky a za použití známých a prověřených metod se neustále snaží o zlepšování svých logistických procesů. Hlavním cílem bude optimalizace procesu zavážení výrobků na linky tak, aby došlo k úspoře nákladů za manipulaci. Ke splnění tohoto cíle má sloužit přesun kontrolního pracoviště z haly BP4 do výrobní haly BP3, na které je vyráběn sledovaný projekt. Cílem autora je tedy za použití vhodné metody zhodnotit výhody, a případné nevýhody tohoto řešení z hlediska nákladů na manipulaci.

K tomu, aby byl splněn tento hlavní cíl práce, musí být splněny následující dílčí cíle:

- Analyzovat současný stav cesty vybraných výrobků výrobním procesem, se zaměřením na přepravní výkon a náklady na manipulaci.
- Provedení analýzy cesty vybraných výrobků výrobním procesem po implementaci nového řešení, se zaměřením na přepravní výkon a náklady na manipulaci.
- Provedení ekonomického zhodnocení navrhovaného řešení.

Struktura a metodika práce

Na následujících stranách bude provedeno rozdělení na teoretickou a praktickou část. V rámci teoretické části dojde k vymezení základních termínů logistického řízení, se zaměřením na výrobní logistiku a zásobování. Nejprve budou představeny základní pojmy hospodářské logistiky a její vývoj po 2. světové válce. Ve druhé části teorie budou představeny metody rozvržení layoutu výrobní haly, společně s metodami zobrazování a optimalizace materiálového toku, které mohou být relevantní pro řešení problému v praktické části. Dále budou představeny některé nástroje štíhlé výroby, které jsou ve společnosti aplikovány. Koncept štíhlé výroby je jedním ze základních motorů snah o neustálé zlepšování a optimalizaci podnikových procesů.

V praktické části kvalifikační práce bude nejprve představena společnost Shape, její organizační struktura a některé významné zakázky. Dále bude provedena analýza současného stavu cesty vybraných výrobků v rámci projektu Nissan P33B. Tento projekt má závěrečné, kontrolní stanoviště v rámci sousední haly BP4 a návrh nového řešení pracuje s přesunutím tohoto stanoviště přímo do haly BP3, ve které probíhá celá výroba těchto komponent. Autor práce se rovněž rozhodl zhodnotit případné úspory z hlediska nákladů na manipulaci. Pro účely této kvalifikační práce byly zvoleny 3 výrobky. Konkrétně se jedná o nosník předního nárazníku, nosník zadního nárazníku a výrobu deformačních plechovek (crash canů). Samotné deformační plechovky jsou obvykle součástí konstrukce nosníků, ale do továrny společnosti Nissan v anglickém Sunderlandu je firma dodává zvlášť.

1. Základní pojmy logistického řízení

1.1 Vymezení termínu logistika

Základ termínu logistika můžeme spatřit ve starořeckém *logistikon* – důmysl, rozum – nebo *logos* – slovo, myšlenka. Z úvodu práce lze dedukovat, že logistiku lze chápat ve dvou oblastech, v rovině vojenské logistiky a v rovině hospodářské (podnikové) logistiky.

Hospodářská logistika, která bude tématem této práce, se vyvinula z vojenské logistiky po druhé světové válce. Nedostatkem této vědní disciplíny je absence jednotného názvosloví a definic. U řady autorů se tak můžeme setkat s rozdílnými definicemi nebo výkladem pojmů ze zahraniční literatury (Pernica, 2005; Daněk, Plevný, 2005).

Podle platné normy ČSN EN 14943 z roku 2005 lze logistiku chápat jako „*plánování, uskutečňování a kontrolu pohybu a umisťování osob a zboží a podpůrných činností vztahujících se k tomuto pohybu a umisťování, v rámci systému k dosažení specifických cílů.*“ (Gros, Barančík, & Čajun, 2016, s. 25).

Americké uskupení Council of Logistic Management (CLM) v roce 1993 logistiku definovalo jako *„proces plánování, realizace a řízení efektivního, výkonného toku a skladování zboží, služeb a souvisejících informací z místa vzniku do místa spotřeby, jehož cílem je uspokojení požadavků zákazníka.“* (Lambert, Stock, & Elram, 2005, s. 3).

Podle autorova názoru je pro chápání logistiky relevantnější spíše druhá definice, která do problematiky vnáší klíčovou zákaznickou perspektivu. V definice organizace CLM také dochází ke srozumitelnějšímu vymezení podnikové logistiky jako vědy.

Zjednodušeně řečeno lze říci, že se logistika zabývá plánováním a organizováním všech nevýrobních činností, které mají zajistit, aby se to správné zboží dostalo k tomu správnému zákazníkovi v ten správný čas, na to správné místo a v té správné kvalitě za využití optimálního množství nákladů (Horváth, 2007).

Hospodářská logistika je velice široké téma. V literatuře se však často můžeme setkat se základním rozdělením na:

- Zásobovací logistiku – zabývá se řízením dodavatelského řetězce, zajištění metody zásobování
- Výrobní logistiku – zabývá se tokem materiálu v rámci výrobního procesu, plánováním výroby a disponibilitou potřebných zdrojů
- Distribuční logistiku – zabývá se alokací skladových prostor, toky spojenými s dopravou finálního produktu k zákazníkovi (Daněk, Plevný, 2005)

1.2 Vývoj podnikové logistiky

Pernica, 2005, rozděluje vývoj podnikové logistiky do čtyř základních etap. Vývoj této vědy ilustruje na dění ve Spojených státech amerických.

- 1. etapa – 50. – 60. léta 20. století – v rámci prvního období byl především znatelný důraz na masovou výrobu. Logistika jako věda se zaměřovala především na co nejrychlejší distribuční logistiku a uspokojování potřeb zákazníka. S tím bylo spojené velké množství zásob ve výrobních podnicích.
- 2. etapa – 70. – 80. léta 20. století – na domácnostech byl znát vliv hospodářských krizí (ropné krize). Navíc je pro Severní Ameriku typický nárůst konkurence, zejména z japonského trhu. S tím vším jsou spojeny zhoršené hospodářské výsledky výrobních podniků. Podniky zjistily, že se jim v zásobách váže obrovské množství kapitálu. Logistika se tak dostala do roviny celého výrobního procesu – nejdůležitější roli nehrála pouze distribuce, ale byla doplněna o myšlenky co nejefektivnější zásobovací a výrobní logistiky. Tyto složky se ale často řešily izolovaně, a neměly návaznost na cíle celého podniku.
- 3. etapa – přelom 20. – 21. století – nástup integrované logistiky. Dříve izolovaně řešená logistika se začala integrovat do celopodnikové roviny a na logistiku se začalo pohlížet jako na celek, který je potřeba řešit od samého počátku ve spolupráci s dalšími útvary podniku – od dodavatelských řetězců až po konečného zákazníka. Kvalitní logistické řízení podniku se stalo konkurenční výhodou.

- 4. etapa – snaha o optimalizaci logistických systémů s využitím informačních technologií – zapojení informačních systémů a velkého množství dat (Pernica, 2005).

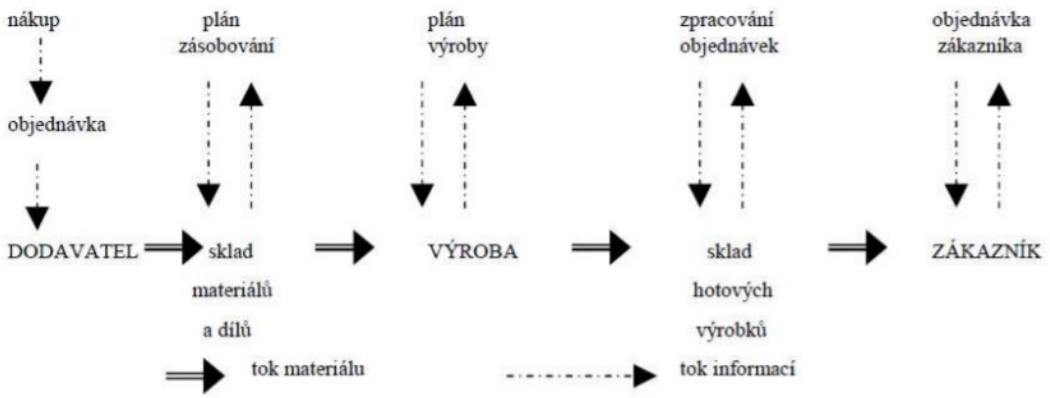
1.3 Předmět logistiky, logistický řetězec

Všechny definice logistiky se shodují v tom, že hlavním předmětem této vědní disciplíny jsou toky (materiálu, informací, energií, obalů, odpadů) od zdroje surovin až po konečného spotřebitele. Materiálový tok lze charakterizovat jako řízený pohyb materiálu od zdroje surovin, přes jejich prvotní zpracování, jejich využití ve výrobním procesu až ke konečnému spotřebiteli a případnému zpracování odpadů (Daněk, Plevný, 2005).

Logistický řetězec zahrnuje kromě materiálového toku a s ním spojeného přepravního řetězce také veškeré činnosti, které s těmito toky souvisejí. Jedná se tedy o různé administrativní procesy, procesy plánování výroby a predikce poptávky. Souhrnně lze tyto procesy zahrnout do informačního toku.

Je důležité podotknout, že tok informací má opačný směr než tok materiálový. Zatímco materiálový tok začíná ziskem nezpracovaného vstupního materiálu, informační tok zpravidla začíná finálním zákazníkem, který dá svou objednávkou impulz k tomu, aby se celý výrobní proces, a s tím spojený materiálový tok zahájil. Souběžně s informačním tokem do logistického řetězce promlouvá také řetězec finančních toků. Finanční toky ale nepatří do předmětu logistiky. Zjednodušeně si lze logistický řetězec představit na obrázku číslo 1 (Daněk, Plevný, 2005).

Obrázek 1 - Zjednodušené schéma logistického řetězce



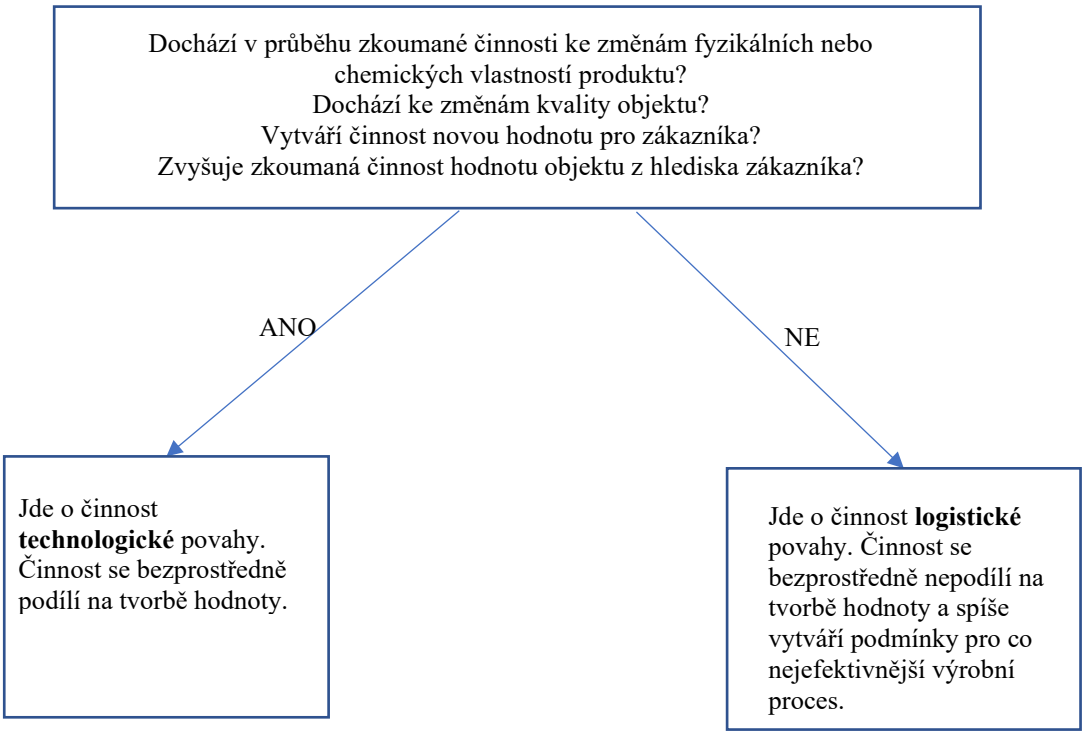
Zdroj: Sixta a Mačát, 2005

1.4 Logistické činnosti, cíle logistiky

V rámci práce již bylo objasněno, že se logistika zabývá nevýrobními činnostmi. Konkrétně lze za oblasti, kterými se logistika zabývá, označit procesy plánování výroby a predikce poptávky, nakupování potřebných komponentů, jejich skladování, pohyb v rámci výrobního procesu a zabezpečení skladování finálních výrobků a jejich expedice ke konečnému zákazníkovi.

Základní pojem o tom, co si pod tímto pojmem ve výrobním procesu můžeme představit, ilustruje následující diagram.

Obrázek 2 - Logistické činnosti ve výrobním procesu



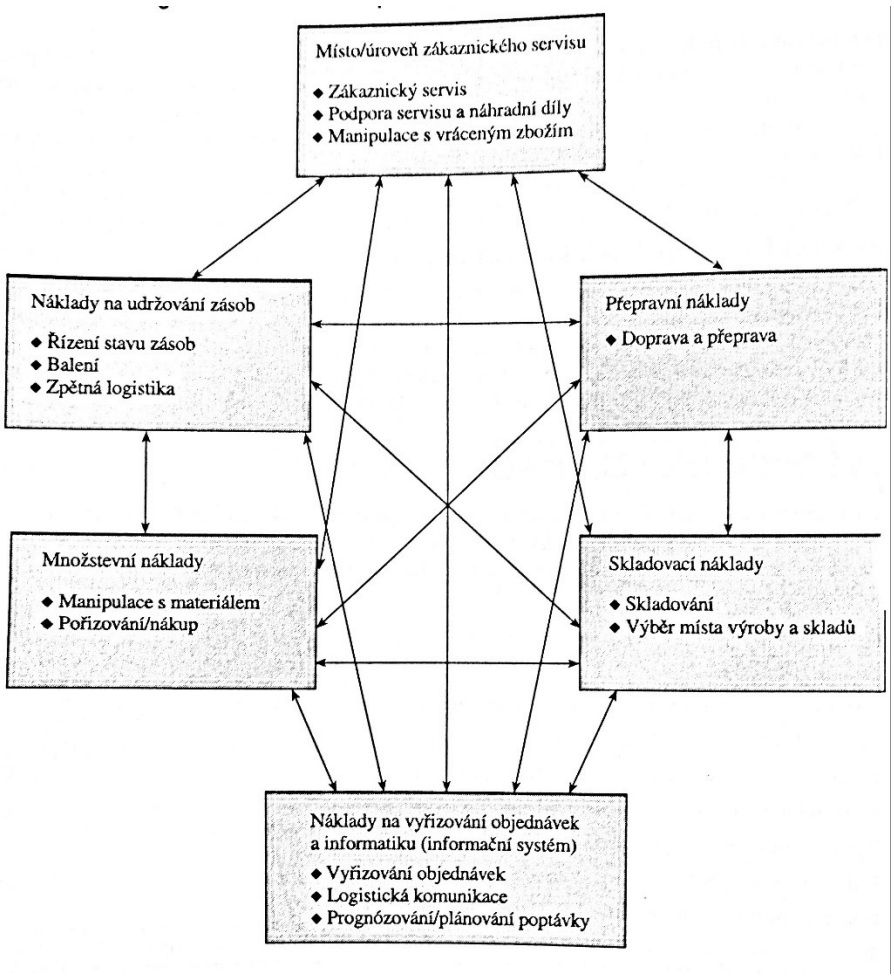
Zdroj: Dle Horváth, 2007

Je důležité si připomenout, že se diagram zabývá pouze výrobní logistikou. Příkladem takových logistických činností může být například zavážení materiálu na výrobní linky, skladování materiálu, označování materiálu / hotových výrobků nebo příprava expedice (Horváth, 2007).

Lze argumentovat, že i logistické činnosti mohou v současném světě vytvářet hodnotu v očích zákazníka. Zpravidla se ale nejedná o činnosti spojené s výrobní logistikou, ale spíše s logistikou distribuční. Řada společností si vydobyla své místo na trhu převážně

díky schopnosti rychlé distribuce zboží k zákazníkovi, nebo za pomoci velké diferenciace unikátním obalem. Je to případ převážně internetových obchodů , například společnosti Amazon nebo Alza. Tyto společnosti se mohou pyšnit tím, že je zboží ke konečnému zákazníkovi schopné dorazit za velice krátký čas, díky vhodně rozmístěným distribučním centrům. Dalo by se říci, že se tato rychlost dodávky podílí na hodnotě celého produktu v očích zákazníka, a kvalita distribučních služeb je důležitým faktorem, ve kterém se skrývá potenciální konkurenční výhoda.

Obrázek 3 - příklady logistických činností v souvislosti s náklady na logistiku



Zdroj: Lambert a kol., 2005

Dalo by se říci, že trvalým cílem útvaru logistiky v rámci podniku je nacházení způsobů, jak logistické činnosti co nejvíce zkrátit. Jak bylo řečeno, tyto činnosti zpravidla nepřidávají výrobnímu procesu hodnotu, a například nadměrná míra manipulace s materiálem je častým zdrojem plýtvání v rámci výrobního podniku. Obecně lze cíle podnikové logistiky formulovat následovně:

1. Zajistit plynulé zásobování materiálem, nakupovanými díly, pomocnými, provozními a energetickými materiály a zajištění plynulého odsunu odpadu.
2. Uspořádat a řídit výrobní proces tak, aby probíhal plynule, s časově a prostorově vyhovujícími a plynulými manipulacemi se zbožím při hospodárné spotřebě zdrojů.
3. Zajistit pohotové dodávky výrobků, které uspokojí požadavky zákazníků, čímž se udrží stávající zákazníci a získají se noví zákazníci (Horváth, 2007).

1.5 Obaly, manipulační jednotky

Pohyb zboží v rámci podniků / dodavatelských systémů ve většině případů není myslitelný bez využití vhodných obalů, které se sdružují do manipulačních a přepravních jednotek. Pernica, 2005, charakterizuje obal jako prostředek, případně soubor prostředků, který chrání materiál před ztrátou a před poškozením, které by mohl během různých logistických činností (manipulace, přeprava, skladování, …) utrpět nebo způsobit (Gros a kol., 2016).

Pernicova definice charakterizuje jednu ze čtyř základních funkcí obalů. Je to funkce ochranná. Obal by měl dále splňovat manipulační funkci. S tou je spojeno například dodržování rozměrů daných normami ISO, maximální hmotnost do 15 kg, snadná otevíratelnost, pevnost a co nejvíce výrobků by se mělo nacházet v jedné vrstvě. Souvisí tedy s co nejmenším snížením pracnosti manipulačních operací. Další funkce obalu je funkce informační. V souvislosti s prodejním obalem je tato funkce spojená s diferenciací produktu, v souvislosti s podnikem to je například štítek s čárovým kódem, s jehož pomocí lze konkrétní obal identifikovat a také lokalizovat. Poslední funkcí obalu je funkce ekologická, se kterou je spojena především možnost opakovaného použití a recyklovatelnost (Gros a kol., 2016).

Již bylo naznačeno, že se výrobky sdružují do manipulačních jednotek. Podle velikosti lze manipulační jednotky rozdělit do čtyř řádů. Manipulační jednotky prvního řádu slouží k běžné ruční manipulaci, výrobky jsou do nich vkládány operátorem, a jsou to například kartonové bedny, KLT boxy a přepravky. Seskupením 16–24 manipulačních jednotek prvního řádu vzniká manipulační jednotka druhého řádu. Mezi typické představitele tohoto řádu patří palety, velice často se můžeme setkat s tzv. europaletou, která má rozměry 1200x800 mm. Palety se v rámci procesu přemisťují specializovanými vozíky.

Palety jsou dále seskupovány do různých paletových kontejnerů, přepravních skříní a vznikají manipulační jednotky třetího řádu. Mezi manipulační jednotky čtvrtého řádu patří například letecké kontejnery nebo lichtery, se kterými se můžeme setkat v rámci námořní dopravy (Gros a kol., 2016).

1.6 Funkce zásob, logistické náklady

Jak bylo naznačeno v kapitole 1.2, která pojednávala o vývoji podnikové logistiky ve Spojených státech, zásoby mohou být velkou a nákladnou investicí, ve které může být vázáno velké množství kapitálu. V souvislosti se zásobami se také projevuje ekonomický koncept nákladů obětované příležitosti. Peníze, které jsou vázány ve velkém množství zásob, může firma často využívat efektivněji prostřednictvím různých investic pro zefektivnění procesů v rámci firmy. I přes to ale pro dobré fungování podniku může být vhodné udržování určité optimální míry zásob. Lambert, 2005, udává 5 důvodů, proč může být ve firmě žádoucí udržovat zásoby.

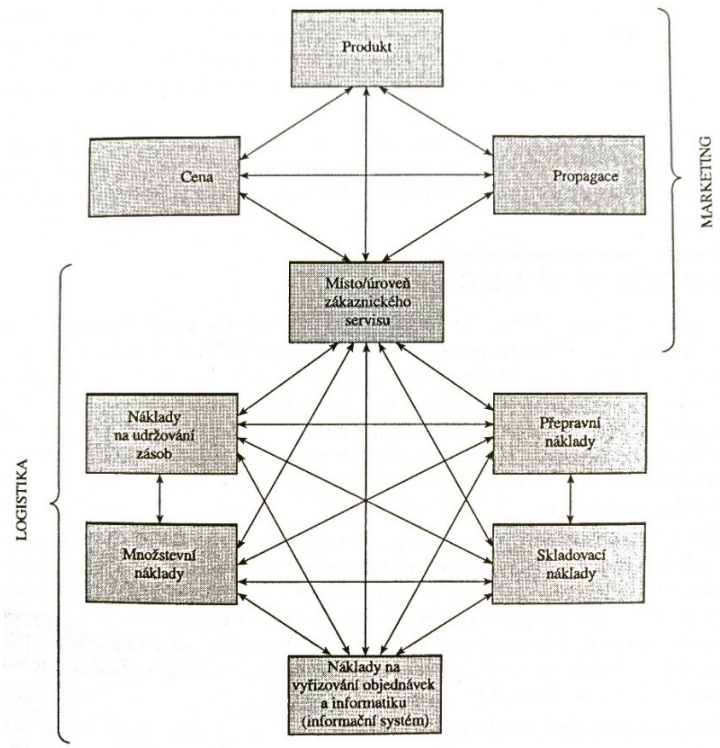
- Umožňují podniku dosáhnout efektů / úspor založených na rozsahu výroby – pokud firma objedná velké množství surovin od dodavatele, můžou se objevit množstevní slevy a nižší přepravní náklady na jednotku zboží. Tento koncept se hodí především pro masovou výrobu, kde se mohou projevit výnosy, respektive úspory z rozsahu. Nevýhodou tohoto důvodu je, že malý odbyt masově vyráběného zboží způsobí, že jsou ve firmě velké zásoby hotových výrobků. Proto jde tento koncept ruku v ruce s úsporami realizovanými ve výrobě.
- Vyrovnávací funkce – zásoby pomáhají pokrývat výkyvy mezi sezónními výkyvy nabídky a poptávky a umožňují plynulý chod výrobního procesu.
- Umožňují specializaci výroby – zásoby umožňují vznik specializovaných továren. V rámci jedné továrny se může vyrábět jenom část z portfolia produktů společnosti, a tyto výrobky jsou dopravovány do sběrných skladů, kde se díly z jednotlivých továren kompletují podle objednávky zákazníka.
- Poskytují ochranu před nepředvídatelnými výkyvy v poptávce a v době cyklu objednávky. Jedná se o spekulativní zásobování. Management například očekává nárůst cen nebo situaci, že bude na trhu nedostatek vstupního materiálu. V tomto případě koupí zásoby s předstihem, aby se těmto faktorům vyhnul.

- Poskytují nárazník mezi kritickými spoji v rámci distribučního kanálu (Lambert a kol., 2005).

Zásoby můžeme dále rozdělovat do dvou základních složek – na běžné a pojistné zásoby. Běžné zásoby jsou objednávány cyklicky, a mají za úkol vyrovnávat nesoulad dodávek a spotřeby v čase. Pojistné zásoby slouží k pokrytí nepředvídatelných výkyvů v poptávce, nebo k pokrytí problému v rámci dodavatelského řetězce.

Zásoby tvoří nezanedbatelnou část nákladů celého podniku. Na obrázku číslo 4 je znázorněna provázanost jednotlivých nákladových položek.

Obrázek 4 - Provázanost logistických nákladů a marketingového mixu



Zdroj: Lambert a kol., 2005

Jak je znázorněno na obrázku číslo 4, logistické náklady nesouvisí pouze s udržováním zásob. Lambert, 2005, rozeznává 6 oblastí logistických nákladů. Jedná se o:

- náklady spojené s úrovní zákaznického servisu
- přepravní náklady
- množstevní náklady
- skladovací náklady
- náklady na informační systém
- náklady na udržování zásob (Lambert, 2005)

Ze schématu je zřejmé, že zásobování má na celkové logistické náklady podniku zásadní vliv. Zásobovací politika není pouze provázána s náklady na udržování zásob, musíme rovněž předpokládat, že se zásobování promítne do přepravních nákladů nebo do nákladů na skladování. Sice bylo v předchozích bodech ukázáno, že je žádoucí udržovat zásoby z důvodu pokrytí pravidelných výkyvů, ale na druhou stranu držení velkého množství zásob v rámci podniku může být neefektivní.

Například z důvodu výskytu již zmiňovaných nákladů obětované příležitosti, ale hlavně se udržování velkého množství zásob negativně projeví na celkovém provozním zisku podniku. Je klíčové, aby si toto podnik uvědomoval a zvolil optimální zásobovací strategii. V současné době můžeme spatřit dva základní směry pohledu na zásoby – japonský a západní přístup (Daněk, Plevný, 2005).

Podle japonského přístupu by hladina zásob měla být velice malá. Nízká míra zásob má za úkol poodhalit neefektivní procesy, u kterých dochází k častým problémům, poukazuje na nedostatečnou pružnost, problémy s nedodržováním termínů a výrobu zmetků. Malá úroveň zásob by tedy měla management přinutit tyto problémy s neefektivností řešit. Západní přístup akceptuje velké množství zásob, protože umožňují plynulý chod výrobního procesu a umožňují pružnou reakci. Na druhou stranu, v západním přístupu k zásobám nikdo management nenutí k tomu, aby řešil neefektivní procesy (Daněk, Plevný, 2005).

2. Výrobní proces, výrobní uspořádání

2.1 Vymezení výrobního procesu

Předmětem našeho zájmu v této kapitole teoretické části je řešení uspořádání materiálového toku ve výrobě. Pod pojmem výroba si lze představit proces, v rámci kterého dochází k přeměně výrobních faktorů (práce, půda, kapitál), za účelem tvorby výrobků a služeb. Gros, 2016, udává, že je výroba uskutečňována v prostředí výrobních procesů, tvořených souborem technologických a logistických operací, jejichž realizace je nezbytná pro výrobu výrobku v požadovaném množství, kvalitě, stanoveném termínu a při požadovaných nákladech (Drahotský, Řezníček, 2003, Gros a kol., 2016).

Samotný výrobní proces začíná v okamžiku, kdy materiál vstoupí do první výrobní operace a končí výstupní kontrolou, po které výrobek putuje na sklad hotových výrobků. Jeden výrobní proces se skládá z výrobních stupňů, které se pak dělí na jednotlivé výrobní operace, které jsou tvořeny konkrétními úkony / pohyby pracovníků (Gros a kol., 2016).

Gros jednotlivé výrobní procesy dále dělí do čtyř kategorií:

- mechanicko-technologické procesy – výsledkem je změna tvaru zpracovávaných materiálů, např. za pomoci lisování nebo obrábění.
- chemicko-technologické procesy – změna zpracovávaného materiálu a výroba nových surovin za použití chemických reakcí
- biochemické procesy – podobný účel jako chemicko-technologické procesy, k přeměně dochází za pomoci mikroorganismů (např. kvašení)
- energetické procesy – přenos energií (tepla, …), výroba nové energie – jaderné procesy (Gros a kol., 2016)

2.2 Prostorové uspořádání výrobního procesu

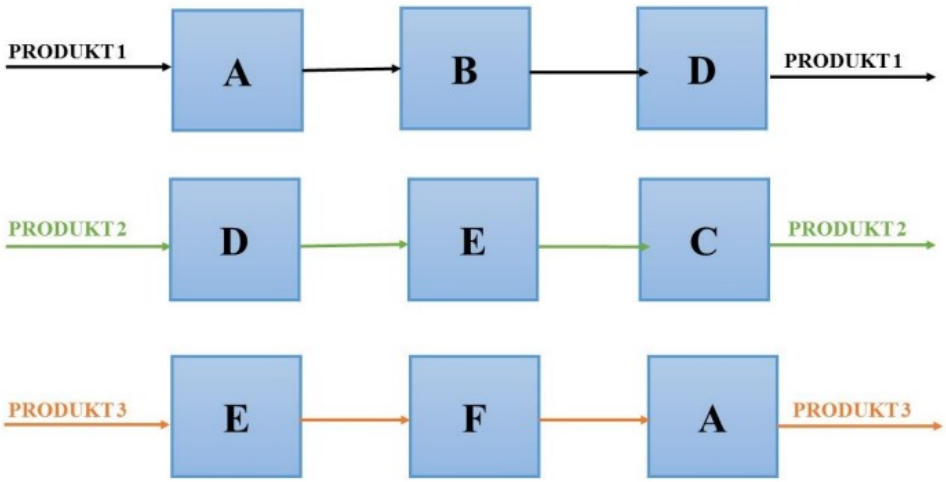
Prostorové uspořádání jednotlivých složek výrobního procesu (systému) má vliv na náklady, které jsou spojeny s přepravou mezi pracovišti – mluvíme tedy především o nákladech na manipulaci. Nalezení optimálního řešení, s co možná nejmenšími nutnými náklady, se odráží už na samotném návrhu (layoutu) výrobní haly. Existují základní typy uspořádání haly, které si představíme na následující straně. Každé uspořádání má své výhody a nevýhody, a to co je efektivní pro jednu společnost, může být neefektivní pro

společnost druhou. V první řadě rozhoduje charakter samotného výrobního procesu a volný prostor v hale. V praxi můžeme nalézt zejména předmětné a technologické uspořádání haly, případně jejich kombinaci(Januška, 2017).

2.2.1 Předmětné uspořádání haly

Cílem tohoto uspořádání je co nejkratší vzdálenost mezi jednotlivými prvky výrobního procesu. Jednotlivé stroje nejsou řazeny podle příbuznosti technologie (př. část haly je vyhrazena pro soustruhy, druhá část haly výhradně pro lisy) ale podle pořadí technologických operací. Layout haly se tedy snaží co nejvíce kopírovat cestu výrobku výrobním procesem (Januška, 2017).

Obrázek 5 - Předmětné uspořádání haly



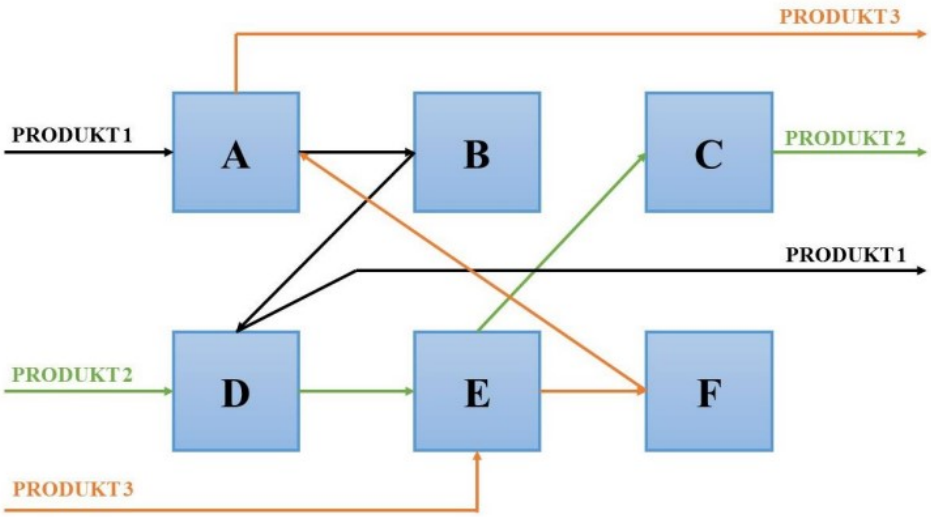
Zdroj: Marečková, 2016

Výsledkem je kromě minimalizace přepravních cest také snížení míry rozpracované výroby, se kterou je opět spojena úspora nákladů. Hlavní nevýhoda tohoto uspořádání souvisí s teorií omezení a úzkými místy. Pokud dojde k poruše jednoho výrobního zařízení, tak může snadno dojít k zastavení celého výrobního procesu. Je to tedy výroba s velice malou pružností. S tímto rizikem jsou spojeny nároky na co nejnižší poruchovost strojů. Dochází tedy ke zvýšení nákladů na údržbu strojů. Toto uspořádání je vhodné zejména pro sériovou a hromadnou výrobu úzkého sortimentu výrobků (Januška, 2017).

2.2.2 Technologické uspořádání haly

V tomto případě jsou jednotlivé prvky rozmisťovány podle technologie. Hlavním cílem tedy, na rozdíl od předmětného uspořádání, není co nejkratší výrobní proces, ale je to spíše možnost větší operativnosti a pružnosti celého výrobního procesu. Výrobní hala je rozdělena podle technologie – část haly je vyhrazena pro soustruhy, další pro frézy, … Hlavní výhodou je zastupitelnost jednotlivých strojů. Jestli dojde k poruše na jednom ze strojů, tak to nutně neznamená výrazný problém pro celý výrobní proces, protože práce může pokračovat na sousedním stroji. Hlavní nevýhodou celého uspořádání je obtížnější mapování materiálového toku – cesty výrobků se často kříží. Jsou také delší v porovnání s předmětným uspořádáním (Januška, 2017).

Obrázek 6 - Technologické uspořádání výroby



Zdroj: Marečková, 2016

2.2.3 Buňkové uspořádání výroby

Při buňkovém uspořádání výroby se hala rozděluje do jednotlivých skupin výrobních zařízení podle podobnosti výrobního postupu jednotlivých součástek. Kritériem pro rozřazení je tedy počet společných pracovišť. Při buňkovém uspořádání se relativně snadno automatizuje výroba a dochází k redukci zásob rozpracované výroby. Nevýhodou tohoto uspořádání jsou nároky na kvalifikaci jednotlivých pracovníků, je to spojeno s větší investicí a jednotlivé buňky mohou být nevyvážené (Januška, 2017).

2.3 Analýza a optimalizace uspořádání materiálového toku

Jak už bylo naznačeno, prostorové uspořádání výrobního procesu má vliv na logistické náklady. Možným problémem může být nevhodné poskládání jednotlivých výrobních prvků. Například mezi nimi existuje zbytečně velká vzdálenost, a s onou vzdáleností jsou právě spojeny náklady na manipulaci. K nalezení ideálního rozpoložení materiálového toku a jeho analýzu se používá řada technik, mezi ty základní se řadí například:

- Metoda CRAFT
- Šachovnicová tabulka
- Metoda souřadnic
- Metoda kruhová
- Sankeyův diagram
- Simulace
- Value Stream Mapping
- Trojúhelníková metoda
- Spaghetti diagram (Januška, 2021; Jurová, Koráb, Bartošek, Juřica, & Videcká, 2016)

2.3.1 Metoda CRAFT

Metoda CRAFT (Computer Relative Allocation of Facilities Technique) nám umožňuje nalezení exaktního řešení nákladů na manipulaci, za pomoci nalezení minima sestavené funkce. Za pomoci matematického modelu se snažíme o nalezení rozpoložení pracovišť, při kterém jsou náklady na manipulaci co nejmenší. K sestavení této funkce je potřeba znát vzdálenost mezi pracovišti, náklady na manipulaci jedné jednotky materiálu na jednu jednotku vzdálenosti a tok materiálu mezi pracovišti. V praxi při použití této metody často existuje celá řada možných řešení, proto se můžeme setkat s tím, že se jednotlivé iterace počítají počítačem. Konečné řešení má smysl implementovat pouze tehdy, kdy celkové úspory z nákladů na manipulaci převyšují náklady na přemístění strojů (Klimek, 2007).

Samotný vzorec na výpočet hledaných nákladů vypadá následovně:

$$N_k = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} * l_{ij}$$

kde:

- c_{ij} = náklady na přesun materiálu mezi pracovištěm i a j na jeden metr vzdálenosti
- l_{ij} = vzdálenost mezi pracovištěm i a j
- N_k = celkové náklady na manipulaci (Januška, 2021)

2.3.2 Šachovnicová tabulka

Šachovnicová tabulka se používá především pro analýzu toku materiálu a znázornění materiálového toku mezi jednotlivými pracovišti za určité časové období. Alternativně lze použít rovněž pro znázornění toků mezi podnikem a jeho okolím. Tabulka zobrazuje přepravované množství (Januška, 2017).

Šachovnicovou tabulku lze rovněž využít při výpočtech za pomoci metody CRAFT nebo při implementaci trojúhelníkové metody. Do tabulky (matice) můžeme znázornit tok materiálu mezi jednotlivými pracovišti, a také náklady na manipulaci jedné jednotky.

2.3.3 Metoda souřadnic

Metodu souřadnic lze charakterizovat jako velice univerzální metodu. Účelem této metody je nalezení optimálního centrálního objektu vzhledem k okolním pracovištím. Typicky se jedná o vhodné místo pro centrální sklad. Pracoviště jsou zanesena do souřadnicové sítě vzhledem k jejich relativní vzdálenosti. Centrální pracoviště se nalezne prostřednictvím váženého průměru souřadnic na x-ové, respektive y-ové ose. Tyto souřadnice jsou děleny celkovým objemem přepravy za jednotku času. Hlavní nevýhodou této metody je její zkreslenost (Tomek, Vávrová, 2000).

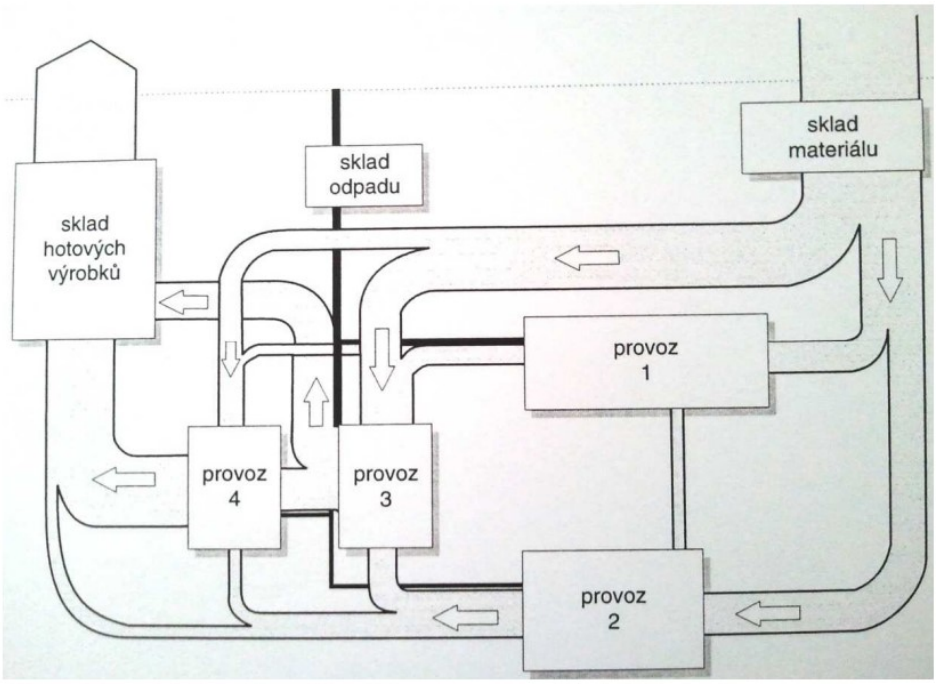
2.3.4 Metoda kruhová

Tato metoda je velice podobná s metodou CRAFT. Optimalizačním kritériem je minimalizace součtu součinů přepravního výkonu a vzdálenosti. Na rozdíl od metody CRAFT však ve výpočtu přímo nefigurují náklady na manipulaci (Hlavenka, 2008).

2.3.5 Sankeyův diagram

Sankeyův diagram je jedním z nejznámějších a nejpoužívanějších způsobů vizualizace materiálového toku v rámci podniku. Graficky znázorňuje směr, délku a intenzitu materiálového toku. Čím tlustší je čára mezi jednotlivými pracovištěmi, tím větší je množství materiálu přepravovaného na této trase. Za pomoci různého typu čar (plná, čerchovaná, …) lze rovněž specifikovat plynulost materiálového toku nebo jeho druh (Jurová a kol., 2016).

Obrázek 7 - Sankeyův diagram



Zdroj: Tomek, Vávrová, 2000

2.3.6 Stochastické modely, simulace

Složité a nákladné problémy se mohou řešit za pomoci simulace. Pod tímto pojmem můžeme chápat zkoumání hypotetického vývoje sledovaných jevů. Jedná se o virtuální napodobeninu reálného systému, za účelem poskytnutí podkladů pro manažerské rozhodování. Na základě dat lze například nalézt a zkoumat potenciální úzká místa výrobního procesu, přehodnocovat dávky nebo vytížení kapacit. Celá simulace má často řadu omezujících podmínek, a vstupuje do ní řada proměnných. Data, která jsou základem pro simulace jsou často výsledkem dlouhodobého pozorování nebo složitých pravděpodobnostních modelů (např. simulace Monte Carlo) (Tomek, Vávrová, 2000).

2.3.7 Value Stream Mapping (VSM)

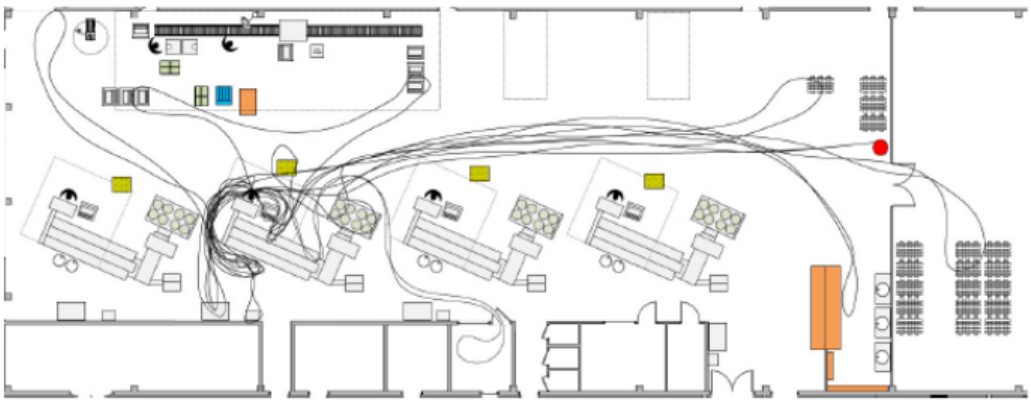
Mapování hodnotových toků je metoda, která je jedním ze základních komponent filozofie štíhlé výroby, se kterou přišla společnost Toyota. Kromě materiálového toku se ve VSM zobrazuje rovněž tok informací. Cílem této metody je vizualizace plýtvání v rámci procesu. Výsledkem je rovněž přehledné zpracování materiálového a informačního toku, ve kterém se vyzná zaměstnanec firmy a případně i zákazník. Průběžná doba výroby / procesu je rozdělena na čas, po který je výrobku přidávána hodnota (VA), a čas který výrobku hodnotu nepřidává (NVA). NVA se tedy dá označit za plýtvání a jsou to zejména činnosti spojené s výrobní logistikou. V praxi je běžné, že se výrobku přidává hodnota jenom zhruba po 5-10 % času celého výrobního procesu. Mapy hodnotových toků se zpracovávají prostřednictvím specializovaných softwarových nástrojů, jedním z nejpoužívanějších je Microsoft Visio (Jurová a kol., 2016).

V souvislosti s metodou se rovněž objevují termíny takt time a cycle time. Takt time udává maximální počet časových jednotek (minut), které výrobek musí strávit na pracovišti, aby byl splněn požadavek zákazníka, cycle time udává počet časových jednotek, které výrobek stráví na pracovišti. K tomu, aby byl splněn požadavek zákazníka, musí platit, že je cycle time menší než takt time. Případ, kdy by se cycle time rovnal takt time samozřejmě není vůbec ideální, a pracoviště by se mělo přednostně řešit jako úzké místo.

2.3.8 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram se používá k znázornění materiálového toku, výrobního procesu jednotlivých produktů nebo pohybu konkrétního pracovníka. Výsledek je možno vidět na obrázku číslo 8. V případě nutnosti je samozřejmě možné barevně rozlišit jednotlivé produkty / pracovníky. Z diagramu je možno zjistit příčiny plýtvání / zbytečného pohybu nebo zbytečného křížení tras jednotlivých produktů (Senderská, Mareš, & Štěpán, 2017).

Obrázek 8 - Spaghetti diagram

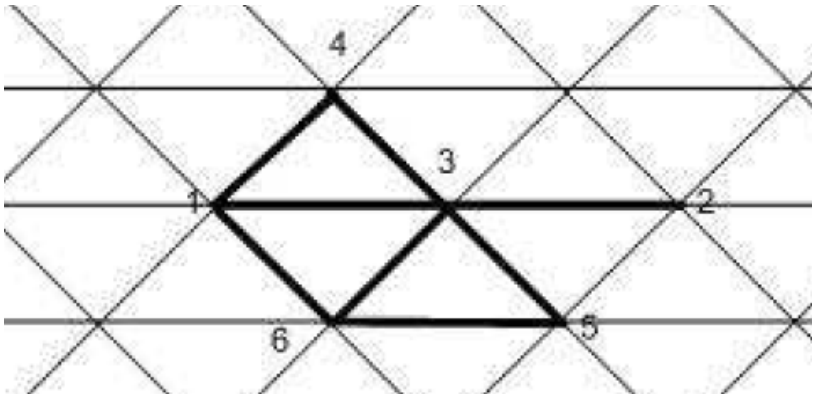


Zdroj: Senderská, Mareš, Štěpán, 2017

2.3.9 Metoda trojúhelníková

Základem trojúhelníkové metody je myšlenka, že by pracoviště s co intenzivnějším tokem materiálu měla být co nejblíž u sebe. Ideální rozložení pracovišť a frekvence materiálového toku se běžně vyhodnocuje na základě šachovnicové tabulky. Nejprve se pracoviště s největší intenzitou materiálového toku umístí do sousedních vrcholů trojúhelníkové sítě. Poté se snažíme najít pracoviště, které je pro frekventovaná pracoviště společné. Pokud ho nalezneme, stane se toto pracoviště vrcholem našeho trojúhelníku. Pokud nalezneme pracoviště, které je spojené jenom s jedním z nejfrekventovanějších pracovišť, tak je nalezené pracoviště spojené pouze s tím jedním pracovištěm (Vavruška, nd).

Obrázek 9 - Trojúhelníková metoda



Zdroj: Januška, 2021

3. Štíhlá výroba

3.1 TPS

Koncept štíhlé výroby byl rozvinut japonskou firmou Toyota v rámci Toyota Production Systemu. Tento výrobní systém navazuje na myšlenky amerického podnikatele Henryho Forda, hlavním cílem TPS je eliminace plýtvání a dosáhnutí stavu one piece flow – co nejplynulejšího procesu. Firma vyrábí pouze to, co požaduje zákazník, v co nejkratší době a za použití nejnižších možných nákladů. Pro koncept štíhlé výroby je nezbytné zapojení na celopodnikové rovině, pro řešení problémů je uplatňována zásada GENBA. Problémy se musí řešit přímo tam, kde se vytvářejí (Šimon, 2019).

Toyota Production System stojí na pěti základních principech:

1. Určení hodnoty v očích zákazníka

   Na prvním místě stojí spokojený zákazník. Zákazníka v rámci tohoto principu nelze vnímat pouze jako externí subjekt ale také v rovině samotného podniku – jedná se tedy také zákazníka konkrétního procesu. Firma si musí uvědomovat, co je od výstupu očekáváno a jak má výstup fungovat (Šimon, 2019).
2. Identifikace toku hodnot a zamezení plýtvání

   Pro identifikaci toku hodnot jsme si v rámci předchozí části představili metodu Value Stream Mapping a rozdělení trvání procesu na value added time (VA) a non value added time (NVA). Toyota definuje 8 základních druhů plýtvání:

   - zmetkovitost
   - nadměrná manipulace
   - nadměrná výroba
   - zásoby
   - prostoje
   - pohyby
   - zbytečné procesy
   - nevyužití lidského potenciálu (Liker, 2016)

3. Vytvoření toku hodnot taženého zákazníkem

   Pro štíhlou výrobu je charakteristický výrobní systém tažený zákazníkem (pull systém). Zakázky jsou řízeny skutečnou spotřebou, dochází k minimalizaci úzkých míst a rozpracované výroby. Cílem je stav one piece flow.

4. Zapojení a zplnomocnění zaměstnance

   Tato zásada se opírá o myšlenku, že samotný proces zná nejlépe ten, kdo ho každý den vykonává. Řadový zaměstnanec je více vtažen do výrobního procesu, stará se o preventivní údržbu zařízení a přichází s nápady na zlepšení procesu.

5. Neustálé zlepšování ve snaze o dokonalost

   Tento princip souvisí s předchozím bodem. Pro TPS je velice typická snaha o neustálé zlepšování a zefektivňování výrobního procesu. Podněty velice často přichází od samotných řadových zaměstnanců. Základním kamenem štíhlé výroby je standardizace. Stále platí myšlenka, že to, co není standardizované, nemůžeme plnohodnotně měřit, a co nemůžeme měřit tak to nemůžeme zlepšovat (Šimon, 2019).

3.2 Kaizen

Japonské sousloví Kaizen lze chápat jako „změna k lepšímu“. V rámci působnosti podniku dochází ke kontinuálním a diskontinuálním inovacím. Typickým příkladem diskontinuální (jednorázové) inovace je procesní reengineering, mezi typické představitele kontinuálního (nepřetržitého) zlepšování patří právě kaizen. Při této filozofii je aplikován čtvrtý a pátý princip Toyota Production Systemu, řadový zaměstnanec je motivován k tomu, aby drobnými změnami a zlepšovacími návrhy napomohl k zefektivnění / zlepšení celého procesu. Mezi základní nástroje pro správné fungování Kaizenu patří například PDCA a SDCA cyklus, v rámci kterých dochází k implementaci nových nápadů a jsou klíčovými nástroji kontinuálního zlepšování (Šimon, 2019).

3.3 5S

Při zavádění štíhlé výroby je tato metoda implementována jako jedna z prvních. Je relativně jednoduchá na implementaci, a navíc přináší rychlé výsledky. Metoda se zaměřuje na omezení plýtvání prostřednictvím důkladného úklidu a vizualizace celého

pracoviště. Na pracovišti zůstává pouze to, co pracovník skutečně potřebuje k výkonu práce a jsou znázorněny kontrolní hladiny potřebných komponent (Vlčan, 2009).

Metoda 5S se nazývá podle 5 japonských slov značící jednotlivé fáze její implementace:

- Seiri (vytřídit)
- Seiton (vizualizovat)
- Seiso (čistit)
- Seiketsu (standardizovat)
- Shitsuke (nepřetržitě zlepšovat) (Šimon, 2019)

3.4 TQM

Jedním ze základních nástrojů štíhlé výroby je filozofie Total Quality Maintenance. S konceptem TQM přišel Japonec Seichi Nakajima, který se v průběhu padesátých až šedesátých let zaměřoval na zvyšování produktivity údržby amerických a japonských výrobních podniků. Ve své práci se zaměřil na řešení poznatku zanedbávání tohoto útvaru – údržbář ve většině případů přichází až při závažné poruše výrobního zařízení.

TQM se tedy zaměřuje na prevenci těchto závažných poruch. Při těchto poruchách dochází k zastavení celého stroje a vznikají tak prostoje – tedy ztrátové činnosti. Nakajima do prevence nezapojuje pouze oddělení údržby, ale každého pracovníka výrobního procesu, který by prostřednictvím každodenních činností (čištění, promazávání, zjišťování případných anomálií v chodu stroje, …) měl stroj udržovat v provozuschopném stavu. Základním předpokladem je tedy uchování pořádku na pracovišti (metoda 5S). Tato autonomní údržba je klíčovou složkou TQM (Šimon, 2019).

Rakyta, 2002, definuje 4 vývojové stupně údržby v rámci výrobního podniku.

1. Breakdown Maintenace – „údržba po poruše“. Údržba se provádí až v případě závažné poruchy
2. Preventive Maintenance – preventivní údržba. Jsou vypracovány plány údržby zařízení a předchází se závažným poruchám
3. Productive Maintenace – produktivní údržba. Oddělení údržby se nestará pouze o prevenci, ale snaží se zlepšit chod výrobního zařízení, například za použití metody SMED.
4. Total Productive Maintenance – autonomní údržba. Na údržbě se podílí každý pracovník procesu (Zoubek, 2014)

4. Charakteristika společnosti

4.1 Základní informace o společnosti

Tabulka 1 - záznam z obchodního rejstříku

Název společnosti	Shape Corp Česká republika
Právní forma	Společnost s ručeným omezením
Sídlo	Podnikatelská 1183/41, Skvrňany, 301 00 Plzeň
Datum založení	1. února 2011
Základní kapitál	51 000 000 Kč

Zdroj: justice.cz, 2022

4.2 Poslání a vize společnosti

Americká společnost Shape byla založena v roce 1974. Její současná centrála, která se nachází ve městě Grand Haven v Michiganu, byla otevřena v roce 1978. Společnost se zaměřuje na konstrukci dílů automobilové karoserie, její hlavní činností je především výroba ocelových nosníků nárazníků. V rámci globálního portfolia se ovšem setkáme i s výrobou plastových komponent. V plzeňské pobočce se ale setkáme pouze se zpracováváním výrobků z ocele. Plastové komponenty, které rovněž patří do portfolia společnosti, nechává plzeňská pobočka zpracovávat externím společnostem.

Do dnešního dne je otevřeno 18 poboček po celém světě. 14 z nich se zabývá samotnou výrobou, 4 se zabývají vývojem inovací a obchodní podporou. Plzeňská pobočka se zabývá zásobováním především evropského trhu, její obchodní podpora se nachází v německém Frankfurtu nad Mohanem a ve francouzské Paříži. Základním kamenem rozvoje podniku jsou inovace, což se odráží ve firemních hodnotách a také ve firemní misi (Shapecorp.com, 2019).

Poslání společnosti je jasně komunikováno na hlavních internetových stránkách společnosti. Shape chce poskytovat inovativní řešení, včetně bezchybného provedení a provozní dokonalosti. Interním posláním a motivátorem zaměstnanců je heslo, že

společnost Shape chce lidem umožnit zlepšovat technologie, zlepšovat jejich životy a také životy celé komunity. Vize společnosti praví, že se Shape chce stát průkopníkem ve vývoji inovativních řešení, která dělají výrobky jejich zákazníků lehčí, bezpečnější a funkčnější (Shapecorp.com, 2019).

4.3 Portfolio výrobků společnosti

V rámci plzeňského výrobního závodu se můžeme setkat s následujícími výrobky:

- Front bumper beam – nosník předního nárazníku
- Crash can – deformační plechovky
- Roof rail – boční sloupky (výztuha střechy)
- Front leg catcher – podrážedlo (chodec nespadne pod auto)
- Rear bumper beam – nosník zadního nárazníku
- Energy absorber – pohlčovač energie při nárazu

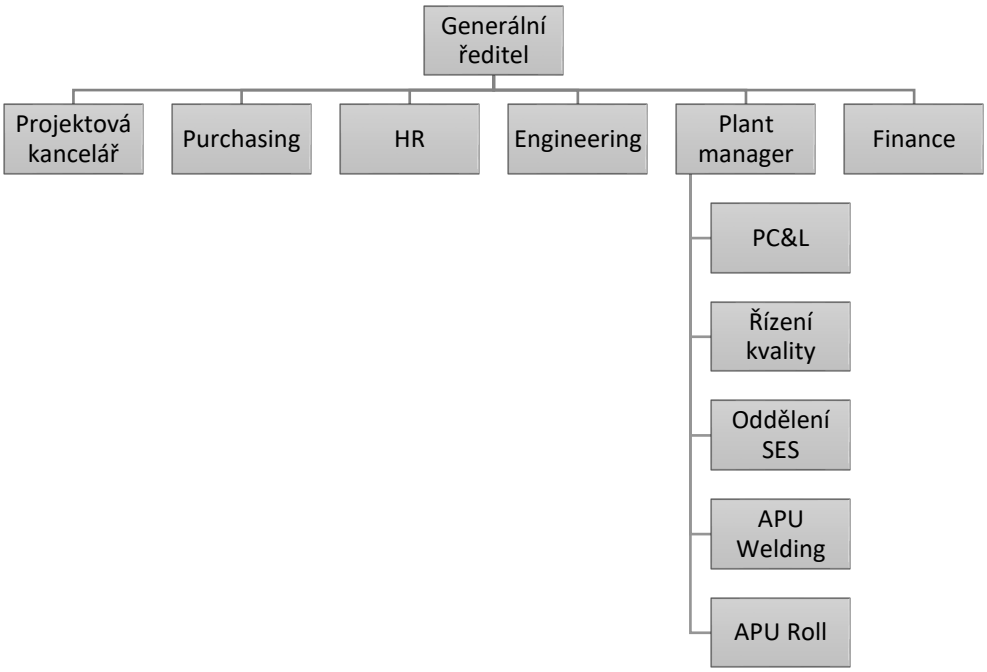
Obrázek 10 - portfolio plzeňské pobočky

Zdroj: shapecorp.com, 2019

4.4 Organizační struktura

V čele plzeňské pobočky stojí generální ředitel pro Evropu, který zároveň dohlíží nad činností frankfurtské a pařížské pobočky. Ředitel pod sebou má šest přímých podřízených. Nejdůležitějším podřízeným je plant manager – ředitel celého závodu, kterému se zodpovídá mnoho dalších útvarů společnosti jako je kvalita, controlling nebo oddělení SES. Přiblížení vybraných útvarů proběhne v další části této kapitoly.

Obrázek 11 - ukázka organizační struktury společnosti



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

- Projektová kancelář – Klíčovým útvarem podniku je vlastní projektová kancelář. Kancelář zprostředkovává komunikaci mezi jednotlivými odděleními, zabývá se designem nových řešení a produktů pro konkrétní projekty. Velice často se objevuje více zakázek od stejného zákazníka, pro tyto účely se tvoří specializované programové týmy.
- Oddělení PC&L – Zkratka PC&L znamená Parts Control and Logistics. Tento útvar se tedy zabývá logistikou a monitorováním materiálového toku. Klíčovou je jejich spolupráce s projektovou kanceláří a relativně nově zformovaným oddělením SES.

- Oddělení SES – Shape Excelence System je útvar, který se zabývá inovační činností a monitoruje procesní vyspělost podniku prostřednictvím stanovených cílů. Je rovněž zodpovědné za řádný chod nástrojů štíhlé výroby, které jsou ve firmě aplikovány. Konkrétně se jedná o metodiku 5S, Kaizen, Value Stream Mapping a TQM.
- APU Welding – útvar, který se zabývá svařovacími linkami
- APU Roll – útvar, který se zabývá válcovacími linkami

4.5 Projekty

Výroba nárazníků probíhá pouze v rámci projektů – jednotlivých zakázek. Na počátku každé zakázky stojí zákazník, který společnost osloví prostřednictvím poptávky. Poptávka může zahrnovat pouze konkrétní část karosérie (například pouze přední nárazník), nebo celé portfolio výrobků společnosti.

Na základě požadavků sestaví designér návrh řešení, který musí být úspěšně projít studií proveditelnosti. V hodnotící komisi jsou zastoupeny téměř všechny útvary společnosti. Nalezneme zde například zástupce oddělení nákupu, procesní inženýry nebo zástupce oddělení kvality a VSM analytika, který v týmu hraje klíčovou roli.

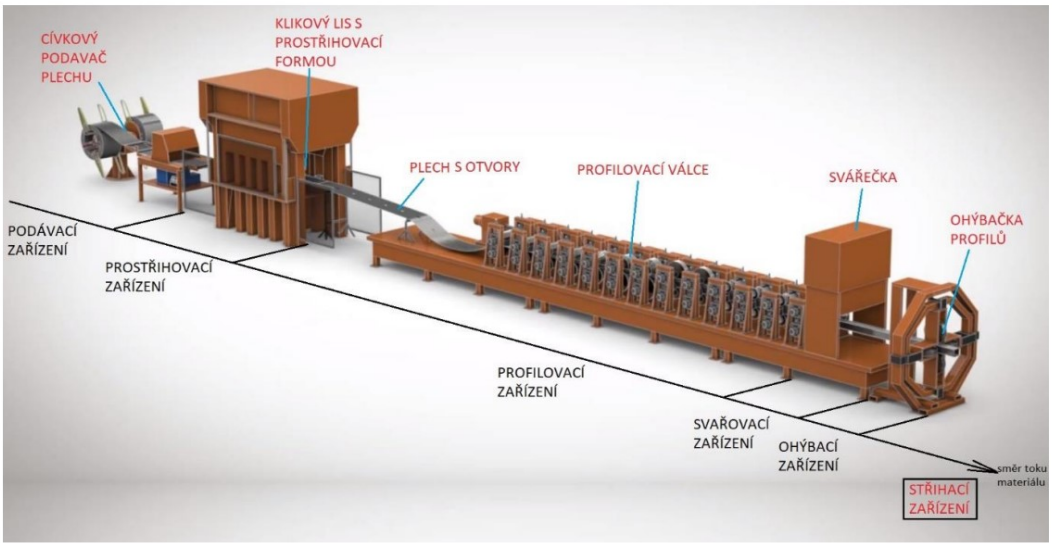
Po schválení návrhu oddělení nákupu zpracovává konkrétní nabídku, která zahrnuje předpokládanou cenu výroby zakázky, do které jsou zahrnuty například případné nutné investice do nových výrobních zařízení, odhady ceny jednotlivých vstupních komponent nebo cena případného lakování, které provádí externí společnost. Na základě nabídky se zákazník rozhoduje, jestli projekt bude pokračovat. Samozřejmě se velice často stává, že zákazník své požadavky mění i v průběhu zakázky, která trvá několik let.

Po schválení zakázky ze strany zákazníka se začíná s plánováním výroby a plánováním zásobování. Po spuštění výroby musí výrobky zpravidla po dobu tří měsíců procházet závěrečnou kontrolou na pracovišti safe launch. U některých projektů je tato kontrola dlouhodobější, příkladem je například projekt P33B pro společnost Nissan, který bude řešen v rámci této kvalifikační práce, nebo projekt lakovaných nárazníků pro automobilový koncern PSA (Stellantis).

4.6 Obecný výrobní proces

Společnost Shape se při zobrazování materiálového toku inspiruje štíhlou výrobou a využívá Value Stream Mapping. Výhodou této metody je přehlednost, v hlavičce mapy jsou uvedeny základní informace o projektu, například počátek sériové výroby nebo předpokládaný lead time výrobku (průběžná doba výroby). VSM rovněž funguje jako zásadní nástroj při plánování kapacit jednotlivých strojů. Každé pracoviště výrobního procesu je označeno názvem stroje a příslušným číslem. Znázorněny jsou rovněž případné nakupované komponenty potřebné k výrobě na konkrétním pracovišti.

Obrázek 12 - proces roll formingu na lince



Zdroj: Shape Corp, 2022

Na počátku procesu dochází k válcování ocelových cívek různé tloušťky. U těchto ocelových cívek je v rámci VSM znázorněn konkrétní dodavatel. Podle průměru válce se válcovací linky (rolly) dělí na dvoupalcové a třípalcové. Jak je znázorněno na obrázku, proces válcování ocelových cívek se dá rozdělit do pěti etap. Na počátku je podávací zařízení, z něhož je několikatunová cívka odmotávána do prostřihovacího zařízení. V rámci prostřihovacího zařízení dochází k tvorbě otvorů prostřednictvím klikového lisu s prostřihovací formou (Michal, 2020).

Každý polotovar, který prochází válcovací linkou ve společnosti Shape je prostřiháván, a to ze tří důvodů:

- požadavek zákazníka
- požadavek technologického postupu
- Tvorba referenčních otvorů pro kontrolu parametrů výstupu na měřícím zařízení (Michal, 2020)

Následuje fáze profilování nárazníku za pomoci profilovacích válců. Výstupem této fáze je hotový profil samotného nárazníku, který je posléze svařován, pokud se jedná o uzavřený profil. Svařování probíhá kontinuálně a dochází k podélnému spojování profilu k zamezení tvorby mezer ve spoji. Po svařování následuje fáze ohýbání. Inovační přínos společnosti Shape pro oblast válcování ocelových cívek spočívá především v této fázi. Firma má na toto řešení dokonce celosvětový patent. Ohyb je prováděn za pomoci speciálních válců. Finální fází je proces stříhání profilů do podoby konečných nosníků (Michal, 2020).

Výstupem dvoupalcových linek je základ deformačních plechovek (crash canů), výstupem třípalcových linek je základ nosníků nárazníků. Další cesta nárazníku záleží na požadavcích zákazníka. Může například požadovat větší ohnutí nosníku a v tom případě nosník putuje na ohýbací linku (bender).

Ohyby prochází přísnou kontrolou, pokud díl neodpovídá parametrům tak je okamžitě vyřazen. Na další úpravy / osekávání konců nosníku se používá stanoviště laser nebo hydro, případně mach. Laser je na rozdíl od ostatních automatizovaný, s čímž jsou ale spojeny větší pořizovací náklady, které jsou ale kompenzovány větší přesností. Pokud produkt projde touto úpravou tak je možné, že půjde na odtřepovací zařízení (Deburr). Vedlejším produktem propalování na laseru nebo machu jsou otřepy. Je na požadavcích zákazníka, jestli se jich bude chtít zbavit či nikoliv. Pokud ano, tak jde výrobek na Deburr, kde se těchto otřepů zbaví. Posledním výrobním pracovištěm před závěrečnou kontrolou / expedicí jsou svařovací buňky (weldery).

Svařovací buňky se mohou rozdělovat podle velikosti na jedno robotové, dvou robotové a čtyř robotové. Je logické, že jsou s největšími náklady spojené buňky se čtyřmi svařovacími roboty, které jsou zároveň velice prostorově nákladné a složité na konstrukci. Proto se v rámci společnosti začíná být tyto buňky zastupovány jedno a dvou robotovými.

Je ale logické, že jsou tyto buňky méně efektivní a na jednu linku je jich potřeba víc než v případě čtyř robotových.

4.7 Nakupované komponenty

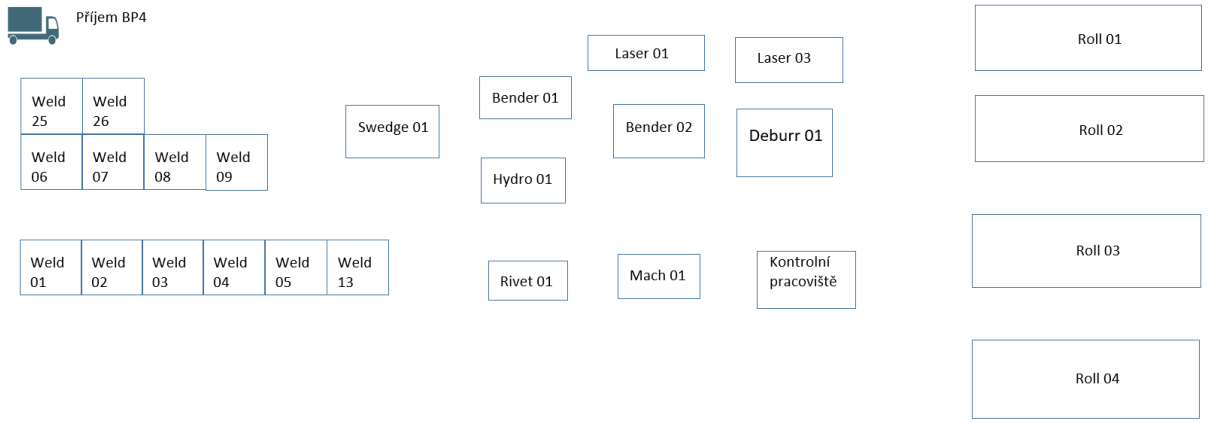
K výrobě jsou samozřejmě zapotřebí nakupované komponenty. Dodavatelů je velké množství, mezi ty nejvýznamnější patří českobudějovická společnost Keytec, mezi další patří například Bolhoff nebo Fastenal. Mezi významné dodavatele ocelových cívek patří společnost ArcelorMittal. Celkově lze nakupované díly do následujících kategorií:

- back plate – deska na zadní části nosníku nárazníku. Slouží k další montáži na karoserii
- beam plate – deska na přední části nárazníku, Slouží k montáži dalších částí nosníků, například deformačních plechovek (crash canů)
- river nut – nýty, které slouží k další montáži
- weld nut – Svařovací matice
- bushing – objímka
- bracket – Držák, který plní například ochrannou funkci
- crash can – deformační plechovka

4.8 Rozmístění pracovišť v jednotlivých halách

Výroba jednotlivých komponent v plzeňském závodu je rozdělena do dvou výrobních hal, které se nachází na Borských Polích – BP3 a BP4. Větší rozlohu má druhá jmenovaná, na které také probíhá většina válcovacích procesů. Nachází se zde 4 válcovací linky, tři třípalcové a jedna dvoupalcová. Kromě válcovacích a svařovacích linek zde rovněž nalezneme naprostou většinu kanceláří managementu firmy a také hlavní pracoviště údržby.

Obrázek 13 - zjednodušený layout haly BP4



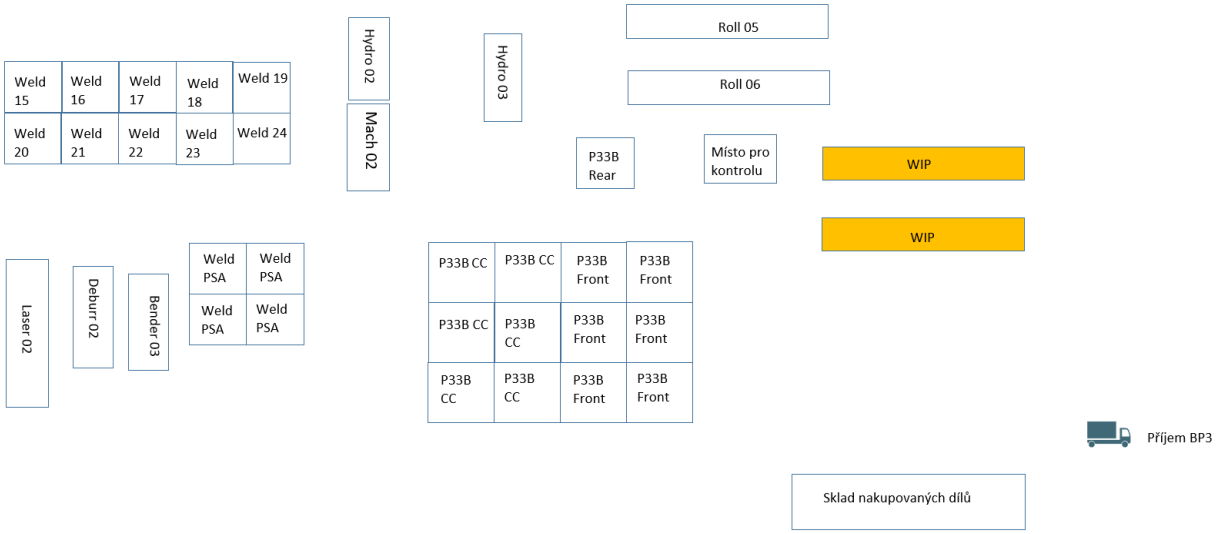
Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Na rozdíl od sousední haly BP3 zde nenalezneme dostatečný prostor pro expedici, řada nakupovaných dílů je umístěna v regálech po celé hale podle blízkosti k potřebnému pracovišti. Rozložení haly bylo navrženo tak, aby měla expedice dostatečný prostor, a mohlo vzniknout jednotné a hromadné místo pro skladování potřebných nakupovaných komponent. Hala dříve sloužila jako sklad, vzhledem ke vzrůstajícímu počtu zakázek a rychlému růstu společnosti, se z BP3 stala výrobní hala a hlavní sklad společnosti se přesunul do průmyslové zóny poblíž Štěnovic.

Na hale BP3 také bude provedeno řešení našeho problému. Pro svařovací linky na projekt Nissan P33B bylo vyhrazeno speciální místo, ale zatím chybí blízké stanoviště výstupní kontroly, která byla dosud prováděna v areálu výrobní haly BP4.

Svařovacích linek pro tento projekt je velké množství a vzdálenosti mezi nimi jsou minimální. Volná část haly vedle projektu P33B je vyhrazená čistě pro logistiku a skladování. Nachází se zde mezioperační WIP kontejnery, skladují se zde ocelové cívky pro rolly a nachází se zde také jednotný sklad nakupovaných dílů, které jsou z něj za pomoci logistického vlaku dopravovány na jednotlivá pracoviště.

Obrázek 14 - zjednodušený layout haly BP3



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5. Projekt Nissan P33B

Pro potřeby této kvalifikační práce se autor rozhodl zmapovat výrobní proces tří výrobků v rámci tohoto projektu. Konkrétně se bude jednat o nosníky předního a zadního nárazníku společně crash cany. Pro potřeby výpočtu přepravního výkonu je nutné si uvědomit, že se jednotlivé součástky převáží na paletách a vozících, takže je nutné přepočítat roční vyrobené množství na manipulační jednotky.

Pro potřeby kalkulace nákladů na manipulaci by bylo vhodné zmapovat i zásobování výrobních linek nakupovanými díly. Toto zásobování probíhá ze zmiňovaného skladu nakupovaných dílů, který je poblíž oblasti vyhrazené pro svařovací linky P33B. Nakupované díly nicméně nejsou na linky přepravované za pomoci logistického vlaku, jako tomu je u ostatních pracovišť na výrobní hale, ale jednotlivá pracoviště jsou zásobovány logistickým operátorem, který má z podnikového informačního systému přehled o aktuálním stavu zásob nakupovaných na konkrétním pracovišti a materiál je doplňován podle potřeby. Pro značnou část projektů společnosti je charakteristické, že je celý výrobní proces rozdělen do obou výrobních hal. Příkladem je projekt nosníků pro automobily Škoda Kamiq a Scala, válcování v tomto případě probíhá na hale BP4, zatímco svařování probíhá na hale BP3. Výrobní proces projektu P33B však probíhá výhradně v areálu BP3.

Tabulka 2 - výrobní proces jednotlivých komponent

Název komponenty	Název pracoviště					
Front bumper	Roll 05	Bender 03	Laser 02		Deburr 02	Weld P33B
Rear bumper	Roll 05	Bender 03				Plasma (P33B Rear)
Crash can	Roll 06			Mach 02	Deburr 02	P33B CC

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5.1 P33B Front bumper

Odhadované roční vyrobené množství nosníku předního nárazníku P33B je 150 000 kusů. Jak bylo naznačeno v tabulce, cesta tohoto nosníku vede z válcovací linky na stanoviště Bender, kde dochází k dodatečnému ohnutí podle požadavků zákazníka, a po kontrole jde polotovar na stanoviště laser, kde dochází k tvorbě otvorů na okrajích nosníku.

Laser zanechává otřepy, proto je nutné, aby výrobek šel na odtřepovací linku Deburr. V rámci výrobního procesu se výrobky pohybují ve speciálním kontejneru pro rozpracovanou výrobu (WIP = Work in Progress), po svařování se výrobky balí do menších kontejnerů, které jdou po závěrečné kontrole na expedici. Na kontrolu do haly BP4 jde každý desátý kontejner, zbytek jde na expedici. Do jednoho WIP se vejde 234 kusů nosníku po pracovišti Roll, po ohnutí se kapacita mírně snižuje na 230 kusů. Do finálního balení před expedicí se vejde 20 nárazníků.

Tabulka 3 - Výrobní proces P33B FRT

Cesta	Počet ks	Počet ks v jednom kontejneru	Způsob přepravy kontejneru	Počet kontejnerů / rok
Roll 04 → Bender 03	150 000	234	VZV	641,02
Bender 03 → Laser 02	150 000	230	VZV	652,17
Laser 02 → Deburr 02	150 000	230	VZV	652,17
Deburr 02 → P33B Weld	150 000	230	VZV	652,17
P33B Weld → Expedice	135 000	20	VZV	6 750
P33B Weld → Kontrola	15 000	20	VZV	750
Kontrola → Expedice	15 000	20	VZV	750

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Ke kalkulaci nákladů na manipulaci celého výrobního procesu je potřeba přístup ke kusovníku, který je součástí dokumentace každého projektu. Nakupované díly jsou v případě haly BP3 periodicky dopravovány z externího skladu na expedici, skladníci posléze jednotlivé přepravky přeskládají na manipulační vozíky, a vozíky jsou zaváženy do skladu nakupovaných dílů.

Tabulka 4 - nakupované díly pro P33B Front

Název komponenty	Počet ks na jeden výrobek	Celkový počet ks	Počet ks v boxu	Počet boxů za rok
River nut	6	900 000	2 500	360
Weld Nut	4	600 000	3 000	200
Back Plate LH	1	150 000	60	2 500
Back Plate RH	1	150 000	60	2 500
Bushing	1	150 000	730	205,48
Fat Bracket	1	150 000	500	300
Beam Plate	2	300 000	400	750
Celkem na Weld				6 815,48

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Je tedy vypočteno, kolik nakupovaných dílů se potřebuje pro výrobu nosníku předního nárazníku pro projekt P33B. Z tabulky je patrné, že komponenty půjdou ze skladu rovnou na svařovací linky.

Pokud tedy znázorníme cestu celým výrobním procesem, tak vypadá následovně. Pro účely vyčíslení nákladů na manipulaci potřebujeme znát přepravní výkon. Přepravní výkon se skládá z objemu výroby a vzdálenosti mezi jednotlivými pracovišti. Objem výroby v tomto případě znamená objem převážených manipulačních jednotek (přepravek, boxů, kontejnerů, …) na konkrétní trase mezi dvěma pracovišti. Výsledný přepravní výkon vznikne vynásobením tohoto objemu a vzájemné vzdálenosti zkoumaných pracovišť.

Tabulka 5 – kalkulace přepravního výkonu P33B Front

Cesta	Vzdálenost mezi pracovišti (m)	Počet přepravených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 05 → Bender 03	40,3	642	VZV	25 872,6
Bender 03 → Laser 02	6	653	VZV	3 918
Laser 02 → Deburr 02	3	653	VZV	1 959
Deburr 02 → Weld P33B	10,5	653	VZV	6 856,5
Sklad → Weld P33B	8,5	6 816	dělník	57 937
Weld P33B → Expedice BP3	8,5	6 750	VZV	57 375
Weld P33B → Kontrolní stanoviště (BP4)	120	750	VZV	90 000
Stanoviště → Expedice BP4	24,3	750	VZV	18 225
Celkový PV				262 142,1

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Předchozí tabulku můžeme rovněž vizualizovat za pomoci Sankeyova diagramu, který byl představen v rámci teoretické části této práce.

5.2 P33B Rear

Nosník zadního nárazníku nemá tak zajímavou cestu jako přední nosník. Nechybí ohnutí na pracovišti Bender, nicméně nosník neprochází klasickým svařováním, jenom se za pomoci plasmy na specializovaném pracovišti propalují otvory na okrajích nárazníku, a pak jde výrobek na závěrečnou kontrolu. Stejně jako u předního nosníku se odhaduje výroba 150 000 ks ročně. Do jednoho kontejneru WIP se vejde 250 kusů, do finálního balení před expedicí do externího skladu se vejde 50 ks nosníku zadního nárazníku. Opět

platí, že na kontrolu jde každý desátý kontejner po weldu – v tomhle případě se jedná pouze o plasmu.

Tabulka 6 - Výrobní proces P33B Rear

Cesta	Počet kusů	Počet ks v jednom kontejneru	Způsob přepravy kontejneru	Počet kontejnerů / rok
Roll 05 → Bender 03	150 000	250	VZV	600
Bender 03 → Plasma (P33B Rear)	150 000	245	VZV	612,24
Plasma → Expedice (BP3)	135 000	50	VZV	2 700
Plasma → Kontrolní stanoviště	15 000	50	VZV	300
Kontrolní stanoviště → Expedice (BP4)	15 000	50	VZV	300

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Opět je nutné podívat se do kusovníku projektu pro zmapování cesty nakupovaných dílů.

Tabulka 7 – Nakupované díly pro P33B Rear

Název komponenty	Počet ks na jeden výrobek	Celkový počet	Počet ks / box	Počet boxů za rok
Rivet Nut	6	900 000	2 500	360
Tow bushing	1	150 000	730	205,48
Back plate LH	1	150 000	60	2 500
Back plate RH	1	150 000	60	2 500
Celkem na plasmu				5 566

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

K dispozici máme tedy všechny informace potřebné k tomu, abychom spočítali přepravní výkon.

Tabulka 8 - Kalkulace přepravního výkonu P33B Rear

Cesta	Vzdálenost mezi pracovišti	Počet přepravených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 05 → Bender 03	40,3	600	VZV	24 180
Bender 03 → Plasma	8,5	613	VZV	5 210,5
Sklad → Plasma	9,5	5 566	dělník	52 307
Plasma → Expedice (BP3)	9,5	2 700	VZV	25 650
Plasma → Kontrolní stanoviště (BP4)	116	300	VZV	34 800
Kontrolní stanoviště → Expedice (BP4)	24,3	300	VZV	7 290
Celkový PV				149 407,5

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5.3 Crash can P33B

Již bylo naznačeno, že výroba deformačních plechovek probíhá na dvoupalcových válcovacích linkách. Výstup roll formingu je ale nutné manuálně rozdělit na dvě poloviny na stanovišti Mach 02. V tomto případě tedy platí výjimka – z procesu rollformingu vystupuje 150 000 kusů, zatímco po pracovišti Mach 02 se ve výrobním procesu objevuje 300 000 součástek. Po tomto rozdělení je třeba zbavit se otřepů na stanovišti Deburr. Po Deburru dochází ke svařovacím operacím. Crash cany jsou obvykle zpracovávány v levé části oblasti svařovacích linek.

Tabulka 9 - Výrobní proces P33B Crash Can

Cesta	Počet kusů	Počet kusů v jednom kontejneru	Způsob přepravy kontejneru	Počet kontejnerů / rok
Roll 06 → Mach 02	150 000	161	VZV	931,68
Mach 02 → Deburr 02	300 000	350	VZV	857,14
Deburr 02 → P33B CC (Weld)	300 000	350	VZV	857,14
P33B CC → Expedice (BP3)	270 048	288	VZV	753,14
P33B CC → Kontrolní stanoviště (BP4)	29 952	288	VZV	104
Kontrola → Expedice (BP4)	29 952	288	VZV	104

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Deformační plechovka má na rozdíl od nosníků jen velice málo komponent. Potřebné díly zachycuje opět následující tabulka.

Tabulka 10 - Nakupované díly P33B Crash Can

Název komponenty	Počet ks na jeden výrobek	Celkový počet ks	Počet ks v boxu	Celkový počet boxů za rok
Bushing	1	300 000	730	410,96
Bracket	1	300 000	500	600
River Nut	2	600 000	2 500	240
Celkem na Weld				1 250,96

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Z výše uvedených informací je opět možno kalkulovat přepravní výkon pro P33B crash can.

Tabulka 11 - přepravní výkon P33B Crash Can

Cesta	Vzdálenost mezi pracovišti (m)	Počet přepravených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 06 → Mach 02	28,2	932	VZV	26 282,4
Mach 02 → Deburr 02	7,8	858	VZV	6 692,4
Deburr 02 → Weld P33B CC	8,5	858	VZV	7 293
Sklad → Weld P33B CC	9,5	1 251	dělník	11 884,5
Weld P33B CC → Expedice (BP3)	8,5	754	VZV	6 409
Weld P33B CC → Kontrolní pracoviště (BP4)	114,5	104	VZV	11 908
Kontrolní pracoviště → Expedice (BP4)	24,3	104	VZV	2 527,2
Celkový PV				72 996,5

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5.4 Kalkulace jednicových nákladů na manipulaci

Pro náš výpočet budeme potřebovat znalost náklad přepravy jednoho kusu na jeden metr vzdálenosti mezi jednotlivými pracovišti. Jak bylo zmíněno, kontejnery s rozpracovanou a hotovou výrobou jsou přepravovány za pomoci vysokozdvižných vozíků, zatímco

nakupované díly jsou na oblast P33B dopravovány samotnými skladníky a zbytek haly je zásobován logistickým vlakem. S převážením součástek za pomoci logistického vlaku se setkáme v návrhové části této práce.

Co se týče nákladů, tak je nejsnáze ohodnotitelný lidský faktor – v tomto případě skladník. U skladníka budeme vycházet zejména ze znalosti hodinové sazby. Dále budeme předpokládat, že se skladník pohybuje rychlostí 4 kilometry za hodinu. Převedením na metry za sekundu nám vyjde, že se skladník pohybuje rychlostí 1,1 m/s. Z toho nám vychází, že 1 metr ujde zhruba za 0,91 sekund.

Tabulka 12 - kalkulace nákladů skladníka na metr vzdálenosti (bez břemene)

Faktor	Počet skladníků	Hodinová sazba	Čas na jeden metr vzdálenosti	Náklady na 1 metr vzdálenosti
Skladník	1	155 Kč/h	0,91 s	0,39 Kč/m

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Jsou tedy známy náklady na jeden metr cesty, kterou urazí skladník bez břemene. U manipulačních prostředků budou náklady na jeden metr složitější a budou se skládat z více faktorů. V případě vysokozdvižných vozíků, které využívá společnost Shape, je třeba počítat se spotřebou energie a náklady na pronájem vozidel. Maximální rychlost logistické techniky v rámci haly je stanovena na 10 km/h, což odpovídá 2,78 m/s. 1 metr je tedy vysokozdvižný vozík schopný ujet za 0,38 vteřiny.

Tabulka 13 - Fixní náklady logistické techniky na jeden metr

Položka nákladů	Počet vozidel	Pronájem za rok	Pronájem za den	Pronájem za hodinu	Čas na jeden metr	Pronájem za 1 m * počet vozidel
Pronájem VZV	1	182 500 Kč	500 Kč	20,83 Kč	0,38 s	0,0022 Kč
Pronájem logistického vlaku	1	230 400 Kč	631,23 Kč	26,30 Kč	0,38 s	0,0028Kč

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Do variabilních nákladů je třeba započítat již zmiňované náklady na skladníka, které se spočítaly v rámci tabulky číslo 12. U spotřeby energií bylo od společnosti Shape řečeno, že je spotřeba vysokozdvižného vozíku stanovena na 98,8 Kč/h, u logistického vlaku je spotřeba energie stanovena na 120,3 Kč/h. Tato čísla jsou výstupem důkladné analýzy vytíženosti jednotlivých strojů, ke které autor nemá přístup (byly sděleny pouze výsledky). U servisu se počítá se změnou pneumatik u jednoho VZV a vlaku jednou za rok, v tabulce níže jsou tyto náklady rozpočítány na jeden měsíc (T. Záhrubský, 2022).

Tabulka 14 - Variabilní náklady logistické techniky na jeden metr

Položka nákladů	Počet položek	Náklady za měsíc	Náklady za hodinu	Čas na jeden metr	Náklady na jeden m vzdálenosti
Spotřeba energií VZV	1		98,8 Kč/h	0.38 s	0,01 Kč/m
Spotřeba energií vlaku	1		120,3 Kč/h	0,38 s	0,013 Kč/m
Servis VZV	1	416,32 Kč	1,18 Kč/h	0,38 s	0,00012 Kč/m
Servis vlaku	1	432,28 Kč	1,64 Kč/h	0,38 s	0,00017 Kč/m
Obsluha VZV	1		155 Kč/h	0,91 s	0,39 Kč/m
Obsluha vlak	1		155 Kč/h	0,91 s	0,39 Kč/m
Náklady VZV					0,4 Kč/m
Náklady vlak					0,403 Kč/m

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Ze znalosti fixních a variabilních nákladů je možné celkové náklady na obsluhu logistické techniky.

Tabulka 15 - Celkové náklady logistické techniky na jeden metr/

Fixní náklady VZV	0,0022 Kč/m
Fixní náklady vlak	0,0028 Kč/m
Variabilní náklady VZV	0,4 Kč/m
Variabilní náklady vlak	0,403 Kč/m
Celkové náklady VZV	0,402 Kč/m
Celkové náklady vlak	0,406 Kč/m

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5.5 Kalkulace nákladů na manipulaci projektu P33B

Z nám již známých informací můžeme kalkulovat náklady na manipulaci projektu Nissan P33B. Pro připomenutí je znázorněna tabulka celkového přepravního výkonu pro jednotlivé zkoumané produkty.

Tabulka 16 - celkový přepravní výkon

P33B Front Bumper	262 142,1 MJ*m
P33B Rear Bumper	149 407,5 MJ*m
P33B Crash Can	72 996,5 MJ*m
Celkový PV	485 670 MJ*m

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Celkové náklady na manipulaci zjistíme tak, že přepravní výkony mezi jednotlivými pracovišti vynásobíme jednotkovými náklady na manipulaci, v závislosti na používaném způsobu přepravy. Výpočet pro zkoumané produkty je rozepsán na následujících řádcích.

- N_{FR} = Náklady na manipulaci P33B Front
- N_{RB} = Náklady na manipulaci P33B Rear
- N_{CC} = Náklady na manipulaci P33B Crash Can

$$N_{FR} = 25\,872{,}6 \times 0{,}402 + 3\,918 \times 0{,}402 + 1\,959 \times 0{,}402 + 6\,856{,}5 \times 0{,}402 + 57\,937 \times 0{,}39 + 57\,375 \times 0{,}402 + 90\,000 \times 0{,}402 + 18\,225 \times 0{,}402 = 104\,686{,}28$$

N_{FR} = 104 687 Kč

$$N_{RB} = 24\,180 \times 0{,}402 + 3\,918 \times 0{,}402 + 52\,307 \times 0{,}39 + 25\,650 \times 0{,}402 + 34\,800 \times 0{,}402 + 7\,290 \times 0{,}402 = 58\,926{,}6$$

N_{RB} = 58 927 Kč

$$N_{CC} = 26\,282{,}4 \times 0{,}402 + 6\,672.4 \times 0{,}402 + 7\,293 \times 0{,}402 + 11\,884{,}5 \times 0{,}39 + 6\,409 \times 0{,}39 + 11\,908 \times 0{,}402 + 2\,527{,}2 \times 0{,}402 = 29\,116$$

N_{CC} = 29 117Kč

Celkové shrnutí výsledků analýzy současné stavu zachycuje tabulka číslo 17.

Tabulka 17 - přehled přepravního výkonu a nákladů na manipulaci

Výrobek	Přepravní výkon	Náklady na manipulaci
P33B Front	262 142,1 MJ*m	104 687 Kč
P33B Rear	149 407,5 MJ*m	58 927 Kč
P33B CC	72 996,5 MJ*m	29 117 Kč
Celkem	485 670 MJ*m	192 942 Kč

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

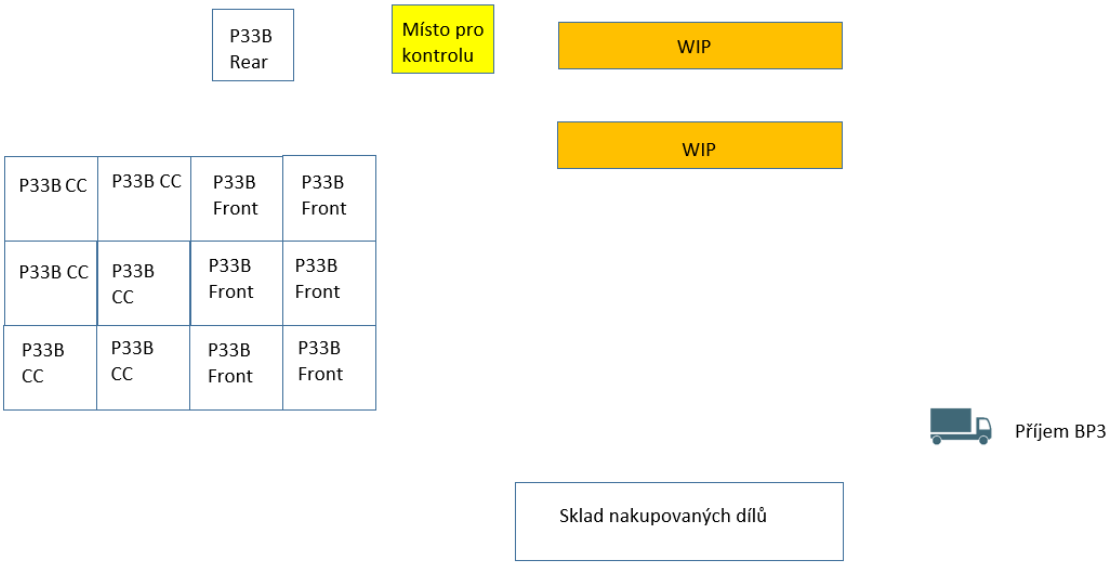
6. Navrhovaná zlepšení

6.1 Návrh 1 – nové kontrolní stanoviště na hale BP3

Prvním návrhem je již několikrát zmiňovaný vznik nového kontrolního stanoviště na halu BP3. Toto místo vzniklo uvolněním plochy pro logistiku, kontrolní stanoviště je sice na nepříliš přehledném místě, ale i přesto je v zákrytu a i přes frekventované vytížení uličky jsou pracovníci v bezpečí. Autor předpokládá, že jenom u výrobního procesu P33B Front se uvolní desítky tisíc korun, což by v dohledné době převyšovalo náklady vzniku kontrolního stanoviště. Kontrolní stanoviště je od ostrova svařovacích linek P33B vzdáleno jenom několik metrů, zatímco stanoviště na BP4 je vzdáleno přes 100 metrů.

Stanoviště BP4 zůstane na místě, jelikož se na této hale rozjíždí projekt pro společnost Tesla. Jak bylo psáno dříve, každý projekt / zakázka musí v prvních třech měsících procházet kontrolou. Kontejnery pro finální balení (po welderu) jsou umístěny na manipulační prostředek a sám operátor ve výrobě může tuto základnu bez problému dotáhnout na kontrolní stanoviště.

Obrázek 15 – detail zjednodušeného layout BP3 po vzniku stanoviště



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Na následujících stranách bude opět kalkulován přepravní výkon pro všechny zkoumané výrobky.

Tabulka 18 - Přepravní výkon P33B Front po vzniku kontrolního stanoviště

Cesta	Vzdálenost	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (PV)
Roll 05 → Bender 03	40,3	642	VZV	25 872,6
Bender 03 → Laser 02	6	653	VZV	3 918
Laser 02 → Deburr 02	3	653	VZV	1 959
Deburr 02 → Weld P33B	10,5	653	VZV	6 856,5
Sklad → Weld P33B	8,5	6 816	dělník	57 937
Weld P33B → Expedice BP3	8,5	6 750	VZV	57 375
Weld P33B → Kontrolní stanoviště (BP3)	2	750	dělník	1 500
Kontrolní stanoviště (BP3) → Expedice (BP3)	7,5	750	VZV	5625
Celkový PV				161 043,1
Původní PV				262 142,1
Rozdíl				101 099

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

$$N_{FR1} = 25\,872{,}6 \times 0{,}402 + 3\,918 \times 0{,}402 + 1\,959 \times 0{,}402 + 6\,856{,}5 \times 0{,}402 + 57\,937 \times 0{,}39 + 57\,375 \times 0.402 + 1\,500 \times 0{,}39 + 5\,625 \times 0{,}402 = 64\,026{,}08$$

N_{FR1} = 64 027 Kč

N_{FR0} = 104 687 Kč

Tabulka 19 - Přepravní výkon P33B Rear po vzniku kontrolního stanoviště

Cesta	Vzdálenost (m)	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 05 → Bender 03	40,3	600	VZV	24 180
Bender 03 → Plasma	8,5	613	VZV	5 210,5
Sklad → Plasma	9,5	5 566	dělník	52 307
Plasma → Expedice (BP3)	9,5	2 700	VZV	25 650
Plasma → Kontrolní stanoviště (BP3)	3	300	dělník	900
Kontrolní stanoviště → Expedice (BP3)	7	300	VZV	2 100
Celkový PV				110 347,5
PV původní				149 407,5
Rozdíl				39 060

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

$$N_{RB1} = 24\,180 \times 0{,}402 + 5\,210{,}5 \times 0{,}402 + 52\,307 \times 0{,}39 + 25\,650 \times 0{,}402 + 900 \times 0{,}39 + 2\,100 \times 0{,}402 = 43\,721{,}21$$

N_{RB1} = 43 722 Kč

N_{RB0} = 58 927 Kč

Tabulka 20 - Přepravní výkon P33B Crash Can po vzniku nového kontrolního stanoviště

Cesta	Vzdálenost (m)	Počet přepravených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 06 → Mach 02	28,2	932	VZV	26 282,4
Mach 02 → Deburr 02	7,8	858	VZV	6 692,4
Deburr 02 → Weld P33B CC	8,5	858	VZV	7 293
Sklad → Weld P33B CC	9,5	1 251	dělník	11 884,5
Weld P33B CC → Expedice (BP3)	8,5	754	VZV	6 409
Weld P33B CC → Kontrolní stanoviště (BP3)	3,5	104	dělník	364
Kontrolní stanoviště → Expedice (BP3)	7	104	VZV	728
Celkový PV				59 653,3
Původní PV				72 996,5
Rozdíl				13 343,2

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

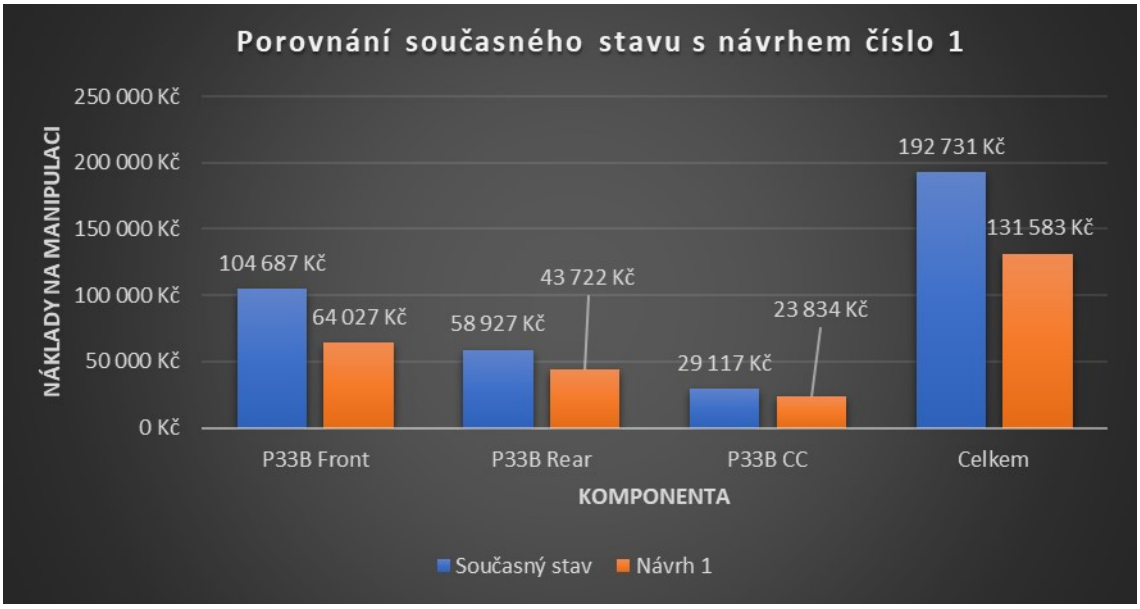
$$N_{CC1} = 26\,282{,}4 \times 0{,}402 + 6\,692{,}4 \times 0{,}402 + 7\,293 \times 0{,}402 + 11\,884{,}5 \times 0{,}39 + 6\,409 \times 0{,}402 + 364 \times 0{,}39 + 728 \times 0{,}402 = 23\,833{,}64$$

N_{CC1} = 23 834 Kč

N_{CC0} = 29 117 Kč

Rozdíl mezi současným stavem a návrhem číslo 1 lze zobrazit pomocí sloupcového grafu.

Obrázek 16 - Srovnání současného stavu a stavu po implementaci prvního návrhu



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Z grafu je vidět, že tvorba nového pracoviště kontroly přinese roční úsporu 61 148 Kč z hlediska nákladů na manipulaci. Co se týče nákladů na tvorbu pracoviště, tak je největší část spojena s operátorem, který bude provádět vizuální kontrolu. Na stanovišti se budou střídat 2 operátoři, jeden zkušený z kontrolního pracoviště BP4, který bude na počátku dohlížet nad prací kolegy. Novému pracovníkovi kontroly se bude muset zvýšit mzdové ohodnocení.

Dále je třeba počítat s tím, že jeden ze dvou operátorů onemocní, nebo se z nějakého důvodu nemůže dostavit do práce. Proto by bylo vhodné počítat s dvěma náhradními pracovníky a poskytnout jim školení. Pro kontrolní pracoviště je samozřejmě třeba zajistit stůl s osvětlení – s tím souvisí spotřeba elektřiny. Dále je třeba v potaz proces případného vyscrapování („neuznání, vyhození“) celého kontejneru pokud by nosníky nebo deformační plechovky byly ve špatném stavu a nepřišlo by se na to v průběhu výrobního procesu. Počítá se, že zřízení nového pracoviště bude stát 77 500 Kč. Provozní náklady budou stejné jako v případě stanoviště na hale BP4, a proto se s nimi v rámci úspor nepracuje. Je tedy na místě zhodnotit návratnost celé investice. Vydělením celkových nákladů na zřízení pracoviště a celkových úspor nám vyjde, že se celá investice splatí za necelých 463 dní.

6.2 Návrh 2 – přeuspořádání výrobního procesu P33B Front

Při pohledu na výrobní proces předního nosníku P33B vzniká hypotetická otázka, jestli pracoviště Bender, tedy ohnutí nárazníku, musí předcházet stanovišti Laser , tedy propálení otvorů. Otřepy, které po laseru vznikají, by neměly být překážkou. Navíc by mohlo dojít k výhodnějšímu přepravnímu výkonu. Po pracovišti Bender se snižuje kapacita kontejneru WIP, zatímco pracoviště Laser na kapacitu WIP nemá vliv. Je počítáno s implementací návrhu číslo 1.

Tabulka 21 - přepravní výkon P33B Front po úpravě

Cesta	Vzdálenost	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (PV)
Roll 05 → Laser 02	46,5	642	VZV	29 853
Laser 02 → Deburr 02	3	642	VZV	1 926
Deburr 02 → Bender 03	3	642	VZV	963
Bender 03→ Weld P33B	7,5	653	VZV	4 897,5
Sklad → Weld P33B	8,5	6 816	dělník	57 937
Weld P33B → Expedice BP3	8,5	6 750	VZV	57 375
Weld P33B → Kontrolní stanoviště (BP3)	2	750	dělník	1 500
Kontrolní stanoviště (BP3) → Expedice (BP3)	7,5	750	VZV	5 625
Celkový PV				160 076.5
Původní PV				161 043,1
Rozdíl				966,6

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

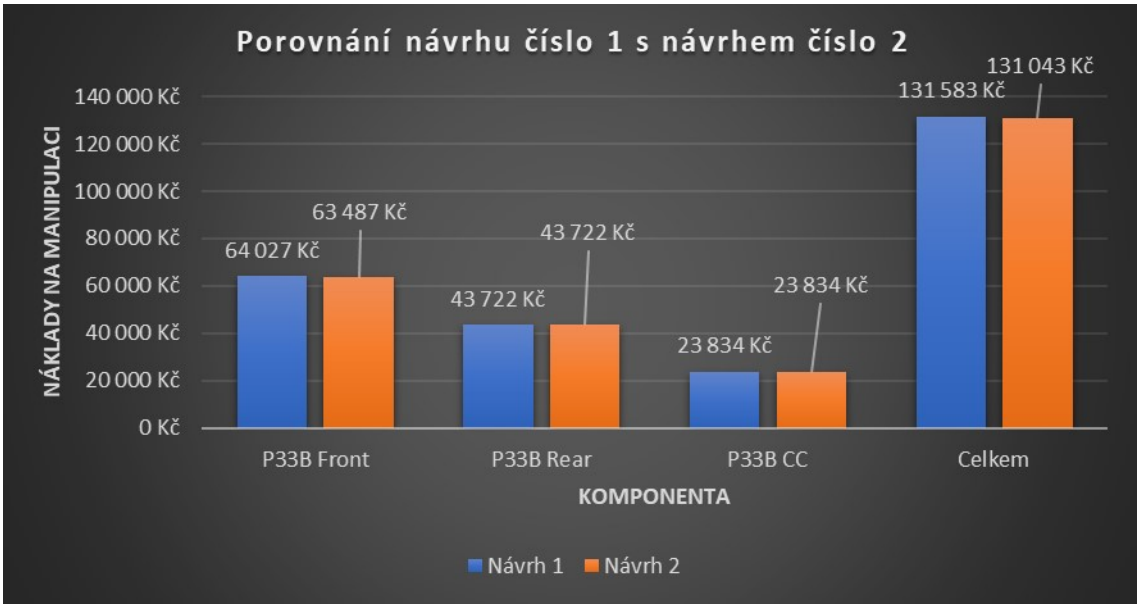
$$N_{FR} = 29\,853 \times 0{,}402 + 1\,926 \times 0{,}402 + 963 \times 0{,}402 + 4\,897{,}5 \times 0{,}402 + 57\,937 \times 0{,}39 + 57\,375 \times 0{,}402 + 1\,500 \times 0{,}39 + 5\,250 \times 0{,}402 = 63\,486{,}76$$

N_{FR2} = 63 487 Kč

N_{FR1} = 64 027 Kč

Ze srovnání je patrné, že změna sledu pracovišť přinese úsporu z hlediska nákladů na manipulaci. Autorovo předpoklad se tedy ukázal být správným a pouhým přeuspořádáním výrobních aktivit se nalezla úspora 540 Kč ročně.

Obrázek 17 - Rozdíl mezi návrhem 1 a návrhem 2



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

6.3 Návrh 3 – výměna pracoviště Bender 03 za Mach 02

Třetí návrh je ze všech nejkomplikovanější. První návrh spočívá pouze v tvorbě nového kontrolního pracoviště a v rámci druhého se jedná pouze o přeuspořádání výrobního procesu. Třetí návrh už pracuje s fyzickým přemístěním pracovišť. Nejdříve si musíme stanovit náklady na přemístění jednotlivých pracovišť. Náklady přemístění obou pracovišť se pohybují v rámci desítek tisíc. U tohoto návrhu se počítá s implementací návrhu číslo 1. Rovněž se musí brát v potaz další projekty, které na těchto pracovištích fungují. Kromě P33B Front a P33B Rear je to také výroba nosníků zadního nárazníku pro

Škoda Kamiq a Scala, které využívají pracoviště Bender 02. Nejdříve si tedy tento výrobní proces musíme představit podobným způsobem jako v analýze současného stavu produktů P33B.

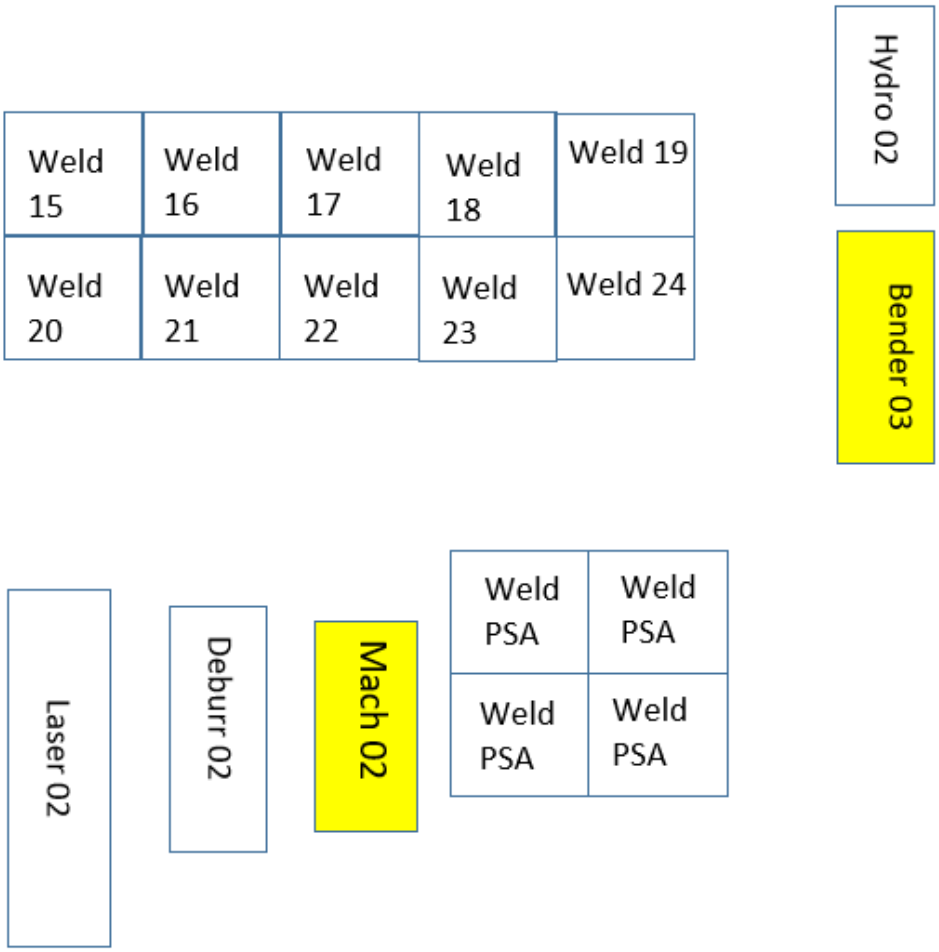
Tabulka 22 - náklady na přemístění pracovišť

Přemístění Mach 02	25 000 Kč
Přemístění Bender 03	50 000Kč
Celkové náklady na přemístění	75 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Po úpravě vypadá zjednodušený layout haly BP3 takto.

Obrázek 18 – Detail layout BP3 po změně pracovišť



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

6.3.1 Představení projektu nosníků pro Škoda Scala + Kamiq

Výroba těchto dvou nosníků je specifická v tom, že probíhá v rámci obou výrobních hal. Usekávání konců a svařování probíhá na hale BP3, zatímco hlavní část válcování probíhá na hale BP4. Současně s tímto válcováním na Rollu 02 (BP4) dochází k válcování ocelových tyčí za účelem tvorby deformačních plechovek, které jsou následně osekávány trubkovým laserem a dopravovány na Welder 023, kde dochází k finálnímu svařování. Rovněž nepotřebují tolik komponent jako v případě nosníků P33B. Celý výrobní proces znázorňuje následující tabulka. Pro přehlednost je šedě vyznačena část, která probíhá na hale BP4. Kapacita finálního balení pro Škoda Kamiq je 24 ks, v případě Scaly je to 35 ks. Předpokládaný roční objem je 185 000 kusů, 92 500 pro Scalu a 92 500 pro Kamiq. Tento projekt byl pilotní při pokusu o implementaci fyzických kanbanových karet. Tyto kanbanové karty měly spíše pouze informační funkci, a cílem bylo zpřehlednění toku materiálu mezi výrobou a externím skladem. Zjednodušený systém v rámci podniku funguje dlouhodobě, „kanbanové karty“ existují elektronicky a jsou součástí označení samotných manipulačních jednotek – kontejnerů, rolejnerů, atd.

Tabulka 23 - Výrobní proces Škoda Scala + Kamiq

Projekt	Pracoviště				
Scala + Kamiq	Roll 02	Roll 06	Bender 03	Laser 02	Weld 23

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Pokud si rozepíšeme tento výrobní proces a doplníme ho o počet převezených manipulačních jednotek vznikne následující tabulka.

Tabulka 24 - Výrobní proces Scala + Kamiq obohacený o manipulační jednotky

Cesta	Počet převezených kusů	Počet ks v jednom kontejneru	Způsob přepravy kontejneru	Počet převezených kontejnerů
Roll 02 (BP4) → Bender 03	185 000	250	VZV	740
Roll 06 → Laser 02	185 000	500	VZV	370
Laser 02 → Weld 023	370 000	250	VZV	1 480
Weld 023 → Expedice	82 500	24	VZV	3 437,5
Weld 023 → Expedice	82 500	35	VZV	2 357,1

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Kusovník projektu je rozepsán v následující tabulce. Je důležité podotknout, že jsou nakupované komponenty dopravovány za pomoci logistického vlaku.

Tabulka 25 - Nakupované díly Scala + Kamiq

Komponenta	Na výrobu 1 ks	Počet ks ročně	Počet ks v boxu	Celkový počet boxů
Mounting Plate LH	1	185 000	150	1 233,3
Mounting Plate RH	1	185 000	150	1 233,3
Winkel Bracket	1	185 000	500	370
Bushing	1	185 000	730	253,4

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Celkový přepravní výkon projektu Škoda + Kamiq před úpravou vypadá následovně. Z nám již známých informací můžeme poté kalkulovat celkové náklady na manipulaci.

Tabulka 26 - Přepravní výkon Škoda Scala + Kamiq před úpravou

Cesta	Vzdálenost	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 02 → Bender 03	102,2	740	VZV	75 628
Bender 03 →Weld 023	2	750	VZV	1 500
Roll 06 → Laser 02	48,5	370	VZV	17 945
Laser 02 → Weld 023	3,5	1 480	VZV	5 180
Sklad → Weld 023	13,5	3 090	vlak	41 715
Weld 023 → Expedice	13	3 438	VZV	44 694
Weld 023 → Expedice	13	2 358	VZV	30 654
Celkový PV				217 316

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

$$N_{ŠK0} = 75\,628 \times 0{,}402 + 1\,500 \times 0{,}402 + 17\,945 \times 0{,}402 + 5\,180 \times 0{,}402 + 41\,715 \times 0{,}406 + 44\,694 \times 0{,}402 + 30\,654 \times 0{,}402 = 87\,527{,}89$$

$N_{ŠK0}$ = 87 528 Kč

Po prohození pracoviště Mach 02 a Bender 03 vypadá přepravní výkon následovně.

Tabulka 27 - Přepravní výkon Škoda po změně

Cesta	Vzdálenost	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon
Roll 02 → Bender 03	94,2	740	VZV	69 708
Bender 03 → Weld 023	2,5	755	VZV	1 887,5
Roll 06 → Laser 02	48,5	370	VZV	17 945
Laser 02 → Weld 023	3,5	1 480	VZV	5 180
Sklad → Weld 023	13,5	3 090	vlak	41 715
Weld 023 → Expedice	13	3 438	VZV	44 694
Weld 023 → Expedice	13	2 358	VZV	30 654
Celkový PV				211 783,5

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

$$N_{\check{S}K1} = 69\,708 \times 0{,}402 + 1\,887{,}5 \times 0{,}402 + 17\,945 \times 0{,}402 + 5\,180 \times 0{,}402 + 41\,715 \times 0{,}406 + 44\,694 \times 0{,}402 + 30\,654 \times 0{,}402 = 85\,183{,}23$$

$N_{\check{S}K1}$ = 85 184 Kč

$N_{\check{S}K0}$ = 87 528 Kč

6.3.2 Výpočet P33B

Dále je třeba spočítat náklady na manipulaci pro produkty P33B, které jsou touto změnou dotčeny. Nosníky nárazníků používají pracoviště Bender 03 a P33B Crash Can využívá Mach 02, kde dochází k rozdělování polotovarů z rollů.

Tabulka 28 - přepravní výkon P33B Front po úpravě

Cesta	Vzdálenost	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (PV)
Roll 05 → Bender 03	27,2	642	VZV	17 462,4
Bender 03 → Laser 02	12	653	VZV	7 836
Laser 02 → Deburr 02	3	653	VZV	1 959
Deburr 02→ Weld P33B	10,5	653	VZV	6 856,5
Sklad → Weld P33B	8,5	6 816	dělník	57 937
Weld P33B → Expedice BP3	8,5	6 750	VZV	57 375
Weld P33B → Kontrolní stanoviště (BP3)	2	750	dělník	1 500
Kontrolní stanoviště (BP3) → Expedice (BP3)	7,5	750	VZV	5 625
Celkový PV				156 550,9
Původní PV				161 043,1
Rozdíl				4 492,2

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

$$N_{FR3} = 17\,462{,}4 \times 0{,}402 + 7\,836 \times 0{,}402 + 1\,959 \times 0{,}402 + 6\,856.5 \times 0{,}402 + 57\,937 \times 0{,}39 + 57\,375 \times 0{,}402 + 1\,500 \times 0{,}39 + 5\,625 \times 0{,}402 = 62\,220{,}22$$

N_{FR3} = 62 221 Kč

N_{FR1} = 64 027 Kč

Ze srovnání výsledku s prvním návrhem je zřejmé, že se v případě nosníku předního nárazníku tato investice vyplatí. Autor předpokládá, že v případě deformačních plechovek taková situace nenastane. Je ale třeba postupovat systematicky a tak přichází na řadu výpočet nákladů na manipulaci nosníku zadního nárazníku. Autor předpokládá, že se v tomto případě investice vyplatí a dojde k úspoře nákladů na manipulaci.

Tabulka 29 - Přepravní výkon P33B Rear po změně

Cesta	Vzdálenost	Počet převezených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon
Roll 05 → Bender 03	27,2	610	VZV	16 592
Bender 03 → Plasma	3,5	613	VZV	2 145,5
Sklad → Plasma	9,5	5 566	dělník	52 307
Plasma → Expedice (BP3)	9,5	2 700	VZV	25 650
Plasma → Kontrolní stanoviště (BP3)	3	300	dělník	900
Kontrolní stanoviště → Expedice (BP3)	7	300	VZV	2 100
Celkový PV				99 694,5
PV původní				110 347,5
Rozdíl				10 653

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

$$N_{RB3} = 16\,592 \times 0{,}402 + 2\,145 \times 0{,}402 + 52\,307 \times 0{,}39 + 25\,650 \times 0{,}402 + 900 \times 0{,}39 + 2\,100 \times 0{,}402 = 39\,438{,}5$$

N_{RB3} = 39 439 Kč

N_{RB1} = 43 722 Kč

Ukázalo se, že je autorovo předpoklad správný. Ovšem v konečném důsledku se reálně může stát, že bude mít jenom samotné přesunutí pracovišť (bez úvahy nákladů na přesun)

negativní vliv na celkové náklady. K rozluštění této otázky je třeba spočítat náklady na deformační plechovky (crash cany).

Tabulka 30 - Přepravní výkon P33B CC po změně

Cesta	Vzdálenost mezi pracovišti (m)	Počet přepravených MJ	Způsob přepravy MJ	Přepravní výkon (MJ*m)
Roll 06 → Mach 02	41,3	932	VZV	38 491,6
Mach 02 → Deburr 02	2,5	858	VZV	2 145
Deburr 02 → Weld P33B CC	8,5	858	VZV	7 293
Sklad → Weld P33B CC	9,5	1 251	dělník	11 884,5
Weld P33B CC → Expedice (BP3)	8,5	754	VZV	6 409
Weld P33B CC → Kontrolní stanoviště (BP3)	3,5	104	dělník	364
Kontrolní stanoviště → Expedice (BP3)	7	104	VZV	728
Celkový PV				67 315,1
Původní PV				59 653,3
Rozdíl				-7 661,8

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

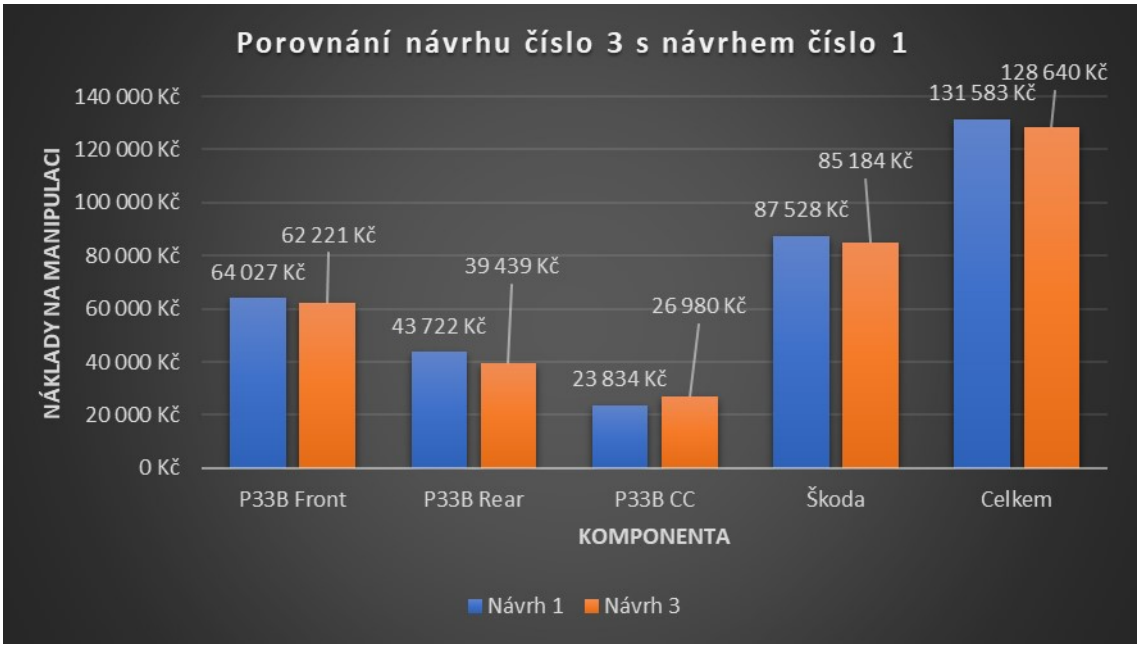
$$N_{CC3} = 38\,491{,}6 \times 0{,}402 + 2\,145 \times 0{,}402 + 7\,293 \times 0{,}402 + 11\,884{,}5 \times 0{,}402 + 6\,409 \times 0{,}39 + 364 \times 0{,}39 + 728 \times 0{,}402 = 26\,979{,}39$$

N_{CC3} = 26 980 Kč

N_{CC1} = 23 834 Kč

Vyšlo najevo, že je autorův předpoklad chybný. V konečném důsledku by opravdu došlo ke snížení nákladů na manipulaci, jak ukazuje následující graf.

Obrázek 19 - Srovnání návrhu číslo 3 a návrhu číslo 1



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Dochází sice k úspoře nákladů na manipulaci, ale nesmí se zapomenout na náklady na přemístění pracovišť, které byly zmíněny na začátku této kapitoly. Celkové náklady na přemístění Mach 02 a Bender 03 jsou 75 000 Kč a při uvážení této skutečnosti je jasné, že se tento návrh nevyplatí realizovat. Roční úspora nákladů na manipulaci vyšla 2 943 Kč, což by znamenalo, že by se investice splatila za 25,5 roku. Z krátkodobého a střednědobého hlediska je tedy tato investice nesmyslnou.

7. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce, která byla vypracována ve spolupráci se společností Shape Corporation Česká republika, bylo zmapování materiálového toku výrobního procesu, a vyčíslení nákladů na manipulaci po zřízení nového kontrolního stanoviště pro projekt Nissan P33B, který probíhá na výrobní hale BP3. Tento hlavní cíl práce byl splněn.

Práce byla rozdělena do dvou částí, a to části teoretické a části praktické. V rámci úvodu teoretické části bylo provedeno krátké představení oblastí hospodářské logistiky. Autor posléze seznamuje čtenáře s uspořádáním výrobního procesu / výrobní haly, a představuje některé metody zobrazování a optimalizace materiálového toku. V rámci této části byly představeny možné metody řešení, které lze použít k řešení hlavního cíle práce. Ve třetí části teoretické oblasti byl představený koncept štíhlé výroby, který je jedním z impulzů snah o neustálou optimalizaci procesů a má tedy spojitost s cílem této diplomové práce.

V rámci praktické části autor nejprve představuje společnost Shape. Je představen základ jejich strategického směřování, firemních hodnot a organizační struktury. Dále je popsán průběh řešení projektů a ilustrován výrobní proces na němž jsou představeny jednotlivé stroje a komponenty, které mohou být použity pro výrobu produktů, zejména ocelových nosníků předního a zadního nárazníku.

V rámci analýzy současného stavu je rozebrán materiálový tok projektu P33B pro společnost Nissan, jehož výroba probíhá výhradně v rámci výrobní haly BP3. Pro tento projekt je dále specifické, že je výstupní kontrola prováděna po celou dobu trvání této zakázky, v jiných případech to je pouze v prvních třech měsících. Pro nosníky předního a zadního nárazníku (P33B Front a Rear) a deformační plechovky (P33B Crash Can) byly vypočteny roční náklady na manipulaci ze znalosti přepravního výkonu a nákladů na manipulaci na jednu jednotku vzdálenosti. Z hlediska celkových nákladů se nejnákladnější ukázala výroba nosníku předního nárazníku s ročními náklady na manipulaci 104 684 Kč.

Největší překážkou je nevhodně postavené kontrolní pracoviště, které se nachází až na sousední hale BP4. Na hale BP3 se ovšem podařilo uvolnit místo v oblasti pro skladování rozpracované výroby. Toto místo lze bez problému využít pro kontrolní pracoviště. Toto

řešení bylo vyhodnoceno v rámci návrhu číslo 1. Po přepočítání nákladů na manipulaci vyšlo, že kontrolní stanoviště poblíž ostrova svařovacích linek P33B přinese roční úsporu 61 148 Kč z hlediska nákladů na manipulaci. Pokud uvážíme náklady na vytvoření pracoviště, tak se celá investice splatí za necelých 463 dní. Tím došlo ke splnění hlavního cíle této práce.

Při pohledu na výrobní proces P33B Front autora napadlo, že by bylo vhodné přeskupit posloupnost technologických operací a pouze v rámci materiálového toku zaměnit pracoviště Bender 03 a Laser 02. Nosník předního nárazníku šel po válcování přímo na pracoviště Bender což způsobilo počet přepravovaných manipulačních jednotek prakticky na počátku celého výrobního procesu. Autora tak napadl scénář, že by se po válcování šlo na propalování otvorů na pracovišti Laser 02 a počet manipulačních jednotek by po většinu času zůstával beze změny. Ukázalo se, že je tento předpoklad správný a k úspoře nákladů na manipulaci dojde, byť je tato úspora minimální.

Posledním pokusem o optimalizaci výrobního procesu byla vzájemná výměna pracoviště Bender 03 a Mach 02. Tato změna ovlivnila všechny produkty rozebrané v rámci analýzy současného stavu a rovněž proces výroby nosníků zadních nárazníků pro společnost Škoda. Ukázalo se, že by navrhovaná změna přinesla úspory v rámci ročních nákladů na manipulaci. Při uvážení nákladů na přemístění pracovišť však vyšlo najevo, že je tato změna neefektivní protože by se celá investice splatila až za necelých 26 let.

Seznam použitých zdrojů

Daněk, J., & Plevný, M. (2005). *Výrobní a logistické systémy.* Plzeň, Česko: Západočeská univerzita v Plzni.

Drahotský, I., & Řezníček, B. (2003). *Logistika: procesy a jejich řízení*. Brno, Česko: Computer Press.

Gros, I., Barančík, I., & Čajun, Z. (2016). *Velká kniha logistiky.* Praha, Česko: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

Horváth, G. (2007). *Logistika ve výrobním podniku.* Plzeň, Česko: Západočeská univerzita v Plzni.

Hlavenka, B. (2008). *Manipulace s materiálem* (4. vyd.). Brno, Česko: Akademické nakladelství CERM.

Jurová, M., Koráb, V., Bartošek, V., Juřica, P., & Videcká, Z. (2016). *Výrobní a logistické procesy v podnikání.* Praha, Česko: Grada Publishing.

Januška, M. (2017). *Úvod do operativního řízení podniku.* Plzeň, Česko: Západočeská univerzita v Plzni.

Januška, M. (2021). Přednášky z předmětu Operativní management. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, Česká republika.

Klimek, M. (2007). *Multimediální výuka projektování výrob.* (Bakalářská práce). Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Česká republika.

Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (2005). *Logistika* (2. vyd.). Brno, Česko: CP Books.

Liker, J. K., & Meier, D. (2016). *Toyota Talent: řízení rozvoje zaměstnanců podle Toyoty.* Praha, Česko: Grada Publishing.

Marečková, S. (2016). *Studie výrobní logistiky ve vybraném podniku.* (Bakalářská práce). Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Česká republika.

Michal, J. (2020). *Vliv konstrukčního řešení na funkčnost střihacích nožů ve firmě Shape corp.* (Diplomová práce). Zápodočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Česká republika.

Pernica, P. (2005). *Logistika pro 21. století: (supply chain management). 1. díl*. Praha, Česko: Radix.

Shape Corp. s. r. o. (2020). *Vize a příslib značky*. Dostupné online 19. 2. 2022 z https://www.shapecorp.com/cs/kariera/

Sixta, J., & Mačát, V. (2005). *Logistika: teorie a praxe.* Brno, Česko: Computer Press.

Šimon, M. (2019). Přednášky z předmětu Průmyslové inženýrství, Západočeská univerzita, Fakulta strojní, Česká republika.

Senderská, K., Mareš, A., & Štefan, V. (2017). Spaghetti diagram application for workers´ movement analysis. *U.P.B. Science. Bulletin.,* 74(1), 139-150. Dostupné z scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/full5a2_608068.pdf

Tomek, G., & Vávrová, V. (2000). *Řízení výroby* (2. vyd.). Praha, Česko: Grada

Vavruška, J. (nd). Přednášky z předmětu Řízení výroby II., Technická univerzita v Liberci, Česká republika.

Vlčan, M. (2009). *Zavedení štíhlé výroby* (Bakalářská práce). Masarykova univerzita, Fakulta Ekonomicko-správní, Česká republika

Veřejný rejstřík a Sbírka listin – Ministerstvo spravedlnosti České republiky. Dostupné online 17. 4. 2022 z https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=673110&typ=PLATNY

Zoubek, M. (2014). *Řízení údržby ve výrobních podnicích* (Bakalářská práce). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Česká republika.

Seznam použitých zkratek

a kol.	a kolektiv
Corp.	Corporation
CC	Crash Can (deformační plechovka)
CLM	Council of Logistics Management
CRAFT	Computer Relative Allocation of Facilities Technique
ČSN EN	Česká technická norma, převzatá z evropské legislativy
m	Metr
MJ	manipulační jednotka
NVA	Non-value added time
PC&L	Parts Control and Logistics
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PV	přepravní výkon
SES	Shape Excelence Systém
SDCA	Standardize, Do, Check, Act
s. r. o.	společnost s ručením omezením
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Maintenance
VA	Value Added Time
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work In Progress (rozpracovaná výroba)

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zjednodušené schéma logistického řetězce 11

Obrázek 2 - Logistické činnosti ve výrobním procesu 12

Obrázek 3 - příklady logistických činností v souvislosti s náklady na logistiku 13

Obrázek 4 - Provázanost logistických nákladů a marketingového mixu 16

Obrázek 5 - Předmětné uspořádání haly 19

Obrázek 6 - Technologické uspořádání výroby 20

Obrázek 7 - Sankeyův diagram 23

Obrázek 8 - Spaghetti diagram 25

Obrázek 9 - Trojúhelníková metoda 25

Obrázek 10 - portfolio plzeňské pobočky 31

Obrázek 11 - ukázka organizační struktury společnosti 32

Obrázek 12 - proces roll formingu na lince 34

Obrázek 13 - zjednodušený layout haly BP4 37

Obrázek 14 - zjednodušený layout haly BP3 38

Obrázek 15 – Zjednodušený layout BP3 po vzniku stanoviště 52

Obrázek 16 - Srovnání současného stavu a stavu po implementaci prvního návrhu 56

Obrázek 17 - Rozdíl mezi návrhem 1 a návrhem 2 58

Obrázek 18 - Layout BP3 po změně pracovišť 59

Obrázek 19 - Srovnání návrhu číslo 3 a návrhu číslo 1 67

Seznam tabulek

Tabulka 1 - záznam z obchodního rejstříku 30

Tabulka 2 - výrobní proces jednotlivých komponent 39

Tabulka 3 - Výrobní proces P33B FRT 40

Tabulka 4 - nakupované díly pro P33B Front 41

Tabulka 5 – kalkulace přepravního výkonu P33B Front 42

Tabulka 6 - Výrobní proces P33B Rear 43

Tabulka 7 – Nakupované díly pro P33B Rear 44

Tabulka 8 - Kalkulace přepravního výkonu P33B Rear 44

Tabulka 9 - Výrobní proces P33B Crash Can 45

Tabulka 10 - Nakupované díly P33B Crash Can 46

Tabulka 11 - přepravní výkon P33B Crash Can 47

Tabulka 12 - kalkulace nákladů skladníka na metr vzdálenosti (bez břemene) 48

Tabulka 13 - Fixní náklady logistické techniky na jeden metr 48

Tabulka 14 - Variabilní náklady logistické techniky na jeden metr 49

Tabulka 15 - Celkové náklady logistické techniky na jeden metr/ 50

Tabulka 16 - celkový přepravní výkon 50

Tabulka 17 - srovnání přepravního výkonu a nákladů na manipulaci 51

Tabulka 18 - Přepravní výkon P33B Front po vzniku kontrolního stanoviště 53

Tabulka 19 - Přepravní výkon P33B Rear po vzniku kontrolního stanoviště 54

Tabulka 20 - Přepravní výkon P33B Crash Can po vzniku nového kontrolního stanoviště 55

Tabulka 21 - přepravní výkon P33B Front po úpravě 57

Tabulka 22 - náklady na přemístění pracovišť 59

Tabulka 23 - Výrobní proces Škoda Scala + Kamiq 60

Tabulka 24 - Výrobní proces Scala + Kamiq obohacený o manipulační jednotky 61

Tabulka 25 - Nakupované díly Scala + Kamiq 61

Tabulka 26 - Přepravní výkon Škoda Scala + Kamiq před úpravou 62

Tabulka 27 - Přepravní výkon Škoda po změně 63

Tabulka 28 - přepravní výkon P33B Front po úpravě 64

Tabulka 29 - Přepravní výkon P33B Rear po změně 65

Tabulka 30 - Přepravní výkon P33B CC po změně 66

Abstrakt

Vrba, J. (2022). *Optimalizace zavážení materiálu na výrobní linky* (Diplomová práce), Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, Česká republika

Klíčová slova: optimalizace, logistické náklady, materiálový tok, logistika, hospodářská logistika, rozmístění pracovišť, metoda CRAFT

Předložená diplomová práce se zabývá optimalizací materiálového toku ve společnosti Shape Corporation Česká republika s. r. o. Práce je rozdělena na dvě základní části. V rámci první, teoretické, části autor nejprve seznamuje čtenáře s základními pojmy hospodářské logistiky. V druhé kapitole se zaměřuje na možnosti rozvržení layoutu výrobní haly a představuje metody zobrazování a optimalizace materiálového toku v rámci výrobního procesu. V poslední kapitole teoretické části autor představuje koncept štíhlé výroby, která je jedním z motorů snahy o neustálé zlepšování a optimalizaci procesů.

Na poznatky z teoretické části plynule navazuje část praktická. Autor nejprve poskytuje základní informace o společnosti Shape. Stěžejní část práce je věnována rozboru projektu P33B pro společnost Nissan. V rámci závěrečné části autor představuje návrhy na optimalizaci materiálového toku za účelem snížení nákladů na manipulaci. Výsledky práce jsou zveřejněny v textu.

Abstract

Vrba, J. (2022). *Optimization of material supply to production lines* (Master Thesis), University of West Bohemia, Faculty of Economics, Czech Republic.

Keywords: Optimization, logistic costs, material flow, logistics, business logistics, workplace allocation, CRAFT

Handed master thesis is focused on optimization of material flow in the company Shape Corporation Česká republika s. r. o. The thesis is divided into two main parts. In the first, theoretical one, author firstly introduces the reader to basic terms of business logistics. In the second chapter, he focuses on the possible ways of planning a layout of a production hall, and he introduces some methods of visualizing and optimization of the material flow within a production process. In the last chapter, he introduces the concept of Lean Production, which is one of the main engines of efforts regarding the continuous improvement and optimization of business processes.

Author builds upon these theoretical findings in the practical part. Firstly, he introduces basic information about the company Shape. The key part of the thesis is focused on the analysis of material flow for the Nissan P33B project. In the last chapter of the thesis, author introduces suggestions of material flow optimization, with focus on reducing the manipulation costs. The results are shown in the thesis.