

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ANALÝZA A NÁVRH OPTIMALIZACE PROCESU MONTÁŽE VE VÝROBNÍ
SPOLEČNOSTI

ANALYSIS AND OPTIMALIZATION DESIGN OF ASSEMBLY IN A
MANUFACTURING COMPANY

AUTOR: Bc. Jan Brtna

STUDIJNÍ PROGRAM: Řízení průmyslových systémů

VEDOUCÍ PRÁCE: prof. Ing. František Freiberg, CSc.

PRAHA 2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Brtna** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **466418**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Analýza a návrh optimalizace procesu montáže ve výrobní společnosti

Název diplomové práce anglicky:

Analysis and Optimization Design of Assembly in a Manufacturing Company

Pokyny pro vypracování:

Úvod – zdůvodnění zadání a stanovení cílů diplomové práce.

Teoretická část – charakteristika řízení výrobních procesů, výrobní systémy a racionalizace výroby.

Praktická část – představení společnosti, analýza montážních procesů ve společnosti společně s návrhem možností optimalizace procesu vedoucí ke zvýšení efektivity procesu montáže.

Závěr – vyhodnocení dosažených výsledků, shrnutí diplomové práce.

Seznam doporučené literatury:

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Grada Publishing as, 2011.

MONDEN, Yasuhiro. Toyota production system: an integrated approach to just-in-time. CRC Press, 2011

FORD, Henry; CROWTHER, Samuel. My life and work. Doubleday, Page, 1922.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry. Simon and Schuster, 2007.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. František Freiberg, CSc. ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Ing. Václav Michalec ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Datum zadání diplomové práce: **31.03.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **22.07.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **29.09.2023**

prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně a výhradně s využitím literatury uvedené v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis

Anotace

Diplomová práce se zabývá analýzou a optimalizací pracovišť montáže ve výrobní společnosti. Předmětem analýzy je především umístění jednotlivých pracovišť a navržení layoutu pro nové pracoviště. K analýze pracoviště jsou využívány nástroje metodologie Lean Six Sigma, které jsou představeny v teoretické části této práce. Přínosem práce jsou návrhy pracoviště, které jsou realizovatelné v praxi.

Klíčová slova

Optimalizace, štíhlá výroba, montáž, plýtvání, takt, layout

Annotation

The diploma thesis deals with analysis and optimization of the assembly process in a production company. The subject is placement of workstations and designing a layout for the new work lines. Tools used for analysing the assembly include tools from the Six Sigma methodology, which are introduced in the theoretical part of the thesis. The main value of this thesis are the proposed layouts which can be implemented.

Keywords

Optimization, Lean production, assembly, waste, takt, layout

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří přispěli k tvorbě této diplomové práce. V první řadě vedoucímu práce panu prof. Ing. Františku Freibergovi, CSc. a panu Ing. Václavu Michalcovi za cenné a odborné rady při tvorbě práce. Dále bych rád poděkoval společnosti Meva a.s. za možnost spolupráce na tomto projektu a vstřícnou komunikaci v rámci její tvorby. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

Obsah

Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
1. Sériová výroba	10
2. Toyota production system	14
2.1. Historie	14
2.2. Základní principy Toyota production systém	15
2.3. Systém Kanban	19
2.4. Vyhlazování výroby	20
2.5. Zkracování času nastavení	22
2.6. Rozložení procesů	23
2.7. Kaizen.....	23
2.8. Metoda 5S	25
2.8.1. Seiri – Roztřídit	25
2.8.2. Seiton – Dát do pořádku	25
2.8.3. Seiso – Uklidit.....	26
2.8.4. Seiketsu – Standardizovat	26
2.8.5. Shitsuke – Udržovat	27
2.9. Jidoka (Autonomation).....	27
3. Lean Six Sigma.....	28
3.1. Six Sigma.....	28
3.2. Lean Manufacturing (Štíhlá výroba)	30
3.3. DMAIC	31
3.3.1. Krok Define	32
3.3.2. Krok Measure	32
3.3.3. Krok Analyze	36
3.3.4. Krok Improve	37
3.3.5. Krok Control.....	38
PRAKTICKÁ ČÁST	39
4. O společnosti.....	39
4.1. Historie.....	39
4.2. Současná podoba firmy	40

4.3. Produktové portfolio	41
4.4. Výrobní proces	43
5. Definice problémů	44
6. Měření	46
6.1. Rozdělení produktů do skupin	46
6.2. Transport materiálu na montážní haly	49
6.3. Středisko 2840	54
6.4. Středisko 2820	56
7. Analýza	59
7.1. Středisko 2840	63
7.2. Středisko 2820	65
8. Návrh řešení	66
8.1. Lakovna	69
8.2. Předmontážní sklady	69
8.3. Montážní linka pro malé kontejnery	70
8.4. Montážní linka pro velké a speciální kontejnery	74
8.5. Mezisklad a sklad hotové výroby	81
8.6. Návrh layoutu 1	83
8.7. Návrh layoutu 2	85
8.8. Návrh layoutu 3	88
8.9. Porovnání výchozího stavu a návrhů	92
9. Kontrola	94
Závěr	96
Použitá literatura:	98
Seznam obrázků	101
Seznam tabulek	102

Úvod

Tématem diplomové práce je optimalizace procesu montáže ve výrobním podniku. Práce vychází z požadavku sjednocení pracovišť lakování, montáže a skladů do předem určeného prostoru, který byl stanoven vedením společnosti. Cílem práce bylo tato pracoviště navrhnout tak, aby bylo dosaženo eliminace plýtvání v rámci montáže a aby pracoviště kapacitně vyhovovala požadavkům aktuální výroby. Pro dosažení těchto cílů bylo zorganizováno několik návštěv podniku a byla provedena analýza jednotlivých pracovišť. Z těchto analýz byla zjištěna problematika místa, které byla dále zkoumána v návrhové části. Ve výsledku hlavním soustředěním této práce bylo uspořádání montážní haly pro redukci plýtvání přesuny a čekáním pracovníků během pracovní doby a také uspořádání jednotlivých pracovišť pro snížení plýtvání přesuny materiálu vysokozdviznými vozíky mezi jednotlivými pracovišti.

Pro splnění těchto cílů je práce rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou představeny nástroje a principy, které jsou dále využívány v části praktické. Praktická část je strukturována na základě metodiky DMAIC do pěti hlavních částí, tedy definice problému, měření, analýza, návrh řešení a kontrola.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Sériová výroba

Sériová výroba byla nejvíce zpopularizována na počátku 20. století, především na začátku 20. let 20. století Henry Fordem a jeho Ford Motor Company. Fordův výrobní systém se zakládal na výrobně orientovaném marketingu, který vychází z myšlenky, že poptávka převládá nad nabídkou. Distribuce produktu byla v té době ještě velmi jednoduchá a propagace téměř nebyla potřebná, jelikož o produkty byl velký zájem. Bylo tedy velmi výhodné co možná nejvíce minimalizovat náklady spojené s možnou flexibilitou a hlavním cílem bylo vyrábět naprosto totožné produkty (co se barvy, kol, vybavení apod. týče) za co nejnižší ceny. [4]

Sériová výroba ve Fordu začala prve v roce 1908, kdy tehdy uvedený model T byl dvacátým designem za pětileté období. S tímto modelem Ford konečně dosáhl dvou cílů, a to: měl konečně auto, které bylo designované pro výrobu a zároveň bylo uživatelsky přívětivé. Víceméně kdokoliv mohl auto řídit a v případě nouze ho opravit, i bez šoféra nebo mechanika. Splnění těchto dvou cílů dovolilo velkou změnu ve směru celého automobilového průmyslu. Tyto automobily byly jako první vyráběny sériově na pohybující se montážní lince. Klíčem k sériové výrobě nebyla pohybující se montážní linka, ale naprostá a konzistentní vzájemná vyměnitelnost dílů a jednoduchost s jakou se daly smontovat. To byly hlavní body, které umožnily zavedení montážní linky. Aby bylo docíleno vzájemné zaměnitelnosti, trval Henry Ford na tom, aby se pro všechny díly používal stejný měřicí systém v rámci celého výrobního procesu. Trval na tom z důvodu, že si uvědomil, že tato změna umožní společnosti později ušetřit značné náklady za montáž. [4]

Klíčem k zaměnitelnosti dílů bylo navrhnout nástroje, které byly schopné řezat tvrzený kov a lisovat ocelové plechy s absolutní přesností. Klíčem k levné zaměnitelnosti dílů bylo najít takové nástroje, které byly schopny dosáhnout

absolutní přesnosti s minimálním časem stráveným přenastavováním mezi jednotlivými díly. Ford minimalizoval čas na nastavení tím, že používal stroje, které sloužili pouze k jednomu účelu, přičemž inženýři připravili nástroje, které držely materiál v daném stroji. To znamenalo, že stroj mohl být obsluhován pracovníkem, který prošel pouze pětiminutovým školením. Díky tomu, že Ford vyráběl pouze jeden produkt, bylo možné stroje postavit za sebou tak, že každý krok vedl přímo k dalšímu, takže byly eliminovány časy spojené s přesunem. Obrovskou nevýhodou tohoto systému je samozřejmě naprostá eliminace jakékoliv flexibility. Čistá výměna jednoho stroje na provedení nového úkonu stála velké množství časových a finančních prostředků. [4]

První pokusy o konstrukci aut v roce 1903 byly založeny na podstatě, že pracovník je na jednom pracovišti celou pracovní dobu a provádí všechny operace nutné k sestavení automobilu. Jeden takový cyklus, tedy doba, za kterou dělník smontoval celé auto, trval přibližně osm a půl hodiny. Dělníci si museli pro jednotlivé části chodit, čímž ztráceli cenný čas. První krok, který Ford provedl, aby zefektivnil tento proces, byl, že části byly doručovány na pracoviště, aby dělník mohl stát na místě celou pracovní dobu. Následně se mu podařilo dosáhnout vzájemné vyměnitelnosti dílu, a tak se rozhodl, že dělník bude vždy provádět pouze jednu úlohu a přecházet od vozu k vozu v rámci výrobní haly. Těsně před uvedením montážní linky se podařilo Fordovi zredukovat délku jednoho cyklu z 514 minut na pouhých 2,3 minuty. Přirozeně se značně zvýšila produktivita procesu, což bylo částečně způsobeno kompletní obeznámeností jednotlivých pracovníků s konkrétním úkonem. Pracovníci tak mohli dané úkony provádět značně rychleji, a to i díky eliminaci zakládání a seřizování jednotlivých částí. Pracovníci část pouze nasadili a jelikož pokaždé pasovala, tak nemuseli už provádět žádné další operace. Ford si později uvědomil problém s přecházením pracovníků od jednoho pracoviště k druhému. I přesto, že pracovník často šel velmi krátkou vzdáleností, tak i to stálo čas. V roce 1913 byla na zamezení tomuto problému zavedena montážní linka, která auta přivezla vždy před stacionárního pracovníka. Tato inovace zkrátila čas cyklu z 2,3 minuty na 1,19 minuty díky eliminaci pohybu pracovníků a také díky

rychlejšímu tempu, která tato linka vyžadovala od pracovníků. Ford zjistil, že tato technologie mu umožnila zredukovat kapitálové požadavky. Díky velmi malé investici do montážních linek (méně než 3500 amerických dolarů) byla výroba zrychlena natolik, že mohl značně ušetřit na skladových zásobách. ^[4]

Fordův vynález zvýšil produkci, a navíc se mu povedlo snížit požadované lidské zdroje potřebné k montáži automobilu. Zjistil také, že čím více automobilů vyrobí, tím více se mu sníží náklady na jednotlivé kusy. Už v roce 1908 byly ceny Fordových automobilů nižší než u jeho konkurence a na začátku 20. let 20. století se mu povedlo cenu pro zákazníka zredukovat o další dvě třetiny. ^[5]

Jednou z nejdůležitějších charakteristik Fordovi sériové výroby byla pracovní síla. Nebylo totiž docíleno pouze zaměnitelnosti částí, ale také zaměnitelnosti pracovníků. Pracovníci pracující v Highland Parku často ani neuměli anglicky, přesto bylo vyráběno množství automobilů, které si společnost několik let předtím ani neuměla představit. To bylo možné díky rozdělení práce na nejmenší možné části: v roce 1908 měl montér za úkol sesbírat všechny potřebné součástky, nástroje, popř. nástroje opravit, následně provést kompletní montáž automobilu, a nakonec svou práci ještě zkontrolovat. Na rozdíl od toho pracovník na lince během sériové výroby měl vždy jen jeden úkol, a to např. dát dvě matice na dva šroubky nebo namontovat jedno kolo na každé auto. Neobjednával žádné části, nepřipravoval si nástroje, neopravoval nástroje ani nekontroloval kvalitu své práce. Kolem linky samozřejmě museli být pracovníci, kteří rozuměli procesům více, jako např. průmysloví inženýři. Ti navrhovali způsob montáže jednotlivých dílů a určovali úlohy pro jednotlivé pracovníky. Dále pracovníci, kteří měli za úkol opravu špatně vyrobených dílů na konci linky, kteří si ponechali mnoho ze schopností původních montérů. Díky tomuto rozdělení práce stačilo pouze několik minut školení. Rychlost práce byla dána rychlostí linky a pracovníci se museli přizpůsobit. Pokud toho nebyli schopni byli velmi rychle nahrazeni za nové pracovníky. Nepřímí pracovníci se postupně stávali čím dál více prominentními v sériové výrobě se snižováním potřeby montážních pracovníků díky automatizaci. Pracovníci u linky neměli prakticky

žádnou kariérní cestu, protože se během práce na lince prakticky nic nenaučili, oproti tomu inženýři v závodě měli velké možnosti kariérního růstu. ^{[4][5]}

Druhou z důležitých charakteristik byla organizace. Ford na začátku své produkce často nakupoval díly od externích dodavatelů. Například motory původně nakupoval od bratří Dodgových a některé další díly pro kompletní automobilu objednával od dalších firem. Od roku 1915 už všechny díly byly vyráběny interně a Ford byl na cestě ke kompletní vertikální integraci (spojení všeho od materiálu s auty). Ford se o ni snažil z důvodu, že měl perfektně nastavenou sériovou výrobu, a to značně dříve než jeho dodavatelé. Mohl tak dosáhnout velkých úspor díky převedení práce pod svou střechu. Největším důvodem o vlastní výrobu všech součástí byla však neschopnost dodavatelů vyrábět díly s menší tolerancí a za kratší dobu, než kdokoliv dříve vyžadoval, což bylo potřeba pro správné fungování výroby Fordových automobilů. ^[4]

Ford chtěl vyrábět veškeré automobily na jednom místě a následně je dodávat do celého světa. To však nebylo možné hned z několika důvodů: především kvůli dodávacím problémům a obchodním překážkám. Ford se tedy rozhodl auta navrhovat a součásti do automobilů vyrábět v Detroitu a následně je montovat v odlehlých lokacích. V roce 1926 byly Fordovy automobily montovány ve více než 36 amerických městech a 19 dalších zemích. Z toho později vyšlo několik problémů. Mezi nimi například problém, že jeden model nebyl vyhovující pro všechna prostředí: pro některé trhy bylo auto příliš malé, pro jiné zase příliš velké nebo také to, že prodej automobilů mimo spojené státy vyvolalo odpor v americké společnosti. ^[6]

Důležité pro sériovou výrobu je také specifikace samotných automobilů: původní model T byl vyráběn v devíti stylech. Mezi nimi byl například dvoumístný roadster, čtyřmístný krytý sedan nebo dvoumístný nákladní vůz s boxem v zadní části, ale všechny měly stejný podvozek, který obsahoval všechny mechanické části. V roce 1923, kdy bylo vyrobeno nejvíce modelů T, bylo vyprodukováno 2,3 milionů podvozků pro model T, což bylo na dlouhou dobu nejvyšší množství dosažené v sériové výrobě. Úspěch automobilů byl ze značné míry založen na ceně, které od uvedení automobilu stále klesala a v roce

1927, tedy v době, kdy již klesala poptávka po tomto automobilu, však už téměř jistě prodával Ford pod svou výrobní cenou. ^[4]

2. Toyota production system

2.1. Historie

Toyota production systém (dále jen „TPS“) se stal všeobecně, a i mezinárodně známým a postupně se rozšířil do pracovních prostředí nezávisle na odvětví velikosti i národních hranic. Vychází z Taylorova systému (scientific management) a z Fordova systému hromadné produkce. Původně se tento systém vyvinul z nouze způsobené ropnou krizí. Restrikce na trhu si vyžádaly výrobu malého množství v mnoha variantách kvůli malé poptávce, se kterou se potýkalo celé povalečné Japonsko. Tato omezení posloužila pro otestování, zda jsou japonské automobilky schopny upevnit svou pozici na trhu a přežít v souboji na trhu, kde již byla zavedena masová produkce automobilek v Evropě a severní Americe. ^[1]

Nejdůležitějším cílem systému Toyoty bylo zvýšit efektivitu výroby a také snížit plýtvání. Tento koncept vychází, stejně jako úcta k lidstvu, od zakladatele společnosti Toyody Sakichiho a je základem výrobního systému Toyota. TPS byl navržen a krátce poté také implementován po druhé světové válce, ale pozornost japonského průmyslu na sebe přitáhl až v roce 1973, kdy během ekonomické krize dosahovala Toyota neslýchaných výsledků díky své neúnavné snaze o redukci odpadu. Svět se v té době již změnil od doby, kdy průmysl mohl prodat vše co vyprodukoval vyšším společenským vrstvám. Svět se od doby Fordovi sériové výroby značně změnil, v 70. letech 20. století již nebylo možné prodat všem zákazníkům stejné produkty, lidé chtěli uplatnit svůj vkus a požadovali odlišné produkty a průmysl se musel přizpůsobit. Když by se tedy snažili společnosti produkovat stále stejné produkty ve velkých kvantitách, vznikali by jim mnohé druhy plýtvání. To způsobí značné zvýšení nákladů a je tedy mnohem ekonomičtější produkty vyrábět jeden po druhém. ^[1]

O opatření a způsoby, které přivedl TPS, nebyl před rokem 1973 velký zájem a větší zájem o tento systém přišel až v tomto roce. Na podzim roku 1973 totiž přišla ropná krize, která způsobila recesi, jež ovládla vládu, obchod, ale i společnost po celém světě. Japonská ekonomika se dostala do stavu, kdy většina společností trpěla a neměla žádný růst. Toyota si sice nijak zářně nevedla, ale udržovala vyšší výdělků v následujících letech než jiné společnosti právě díky zavedení tohoto systému. ^[1]

2.2. Základní principy Toyota production systém

Profit na základě snížení nákladů

Tato metodika je použitelná pro výrobu produktů hlavně protože je efektivním nástrojem na výrobu toho, na čem opravdu na konci záleží – zisku. Aby toho bylo dosaženo, tak hlavním cílem TPS je snižování nákladů, popř. zvýšení produktivity. Toho je dosahováno pomocí eliminace plýtvání jako např. přebytečné skladové zásoby nebo přebytečné pracovní síly. Náklady v TPS nejsou myšleny pouze jako provozní, ale jako veškeré náklady, tedy např. i prodejní nebo administrativní. ^[2]

Eliminace nadprodukce

Hlavní myšlenkou TPS je snížení nákladů díky úplné eliminaci plýtvání. Ve výrobním procesu je podle TPS možné se setkat s čtyřmi různými druhy plýtvání, a to:

- 1) Nadbytečné zdroje na výrobu
- 2) Nadprodukce
- 3) Přílišný inventář (příliš zásob na skladě)
- 4) Zbytečné kapitálové investice

Hlavním zdrojem plýtvání jsou přílišné zdroje na výrobu, tj. nadbytečná pracovní síla, nadbytečné budovy (zařízení) a přebytečné zásoby. Když těchto prvků má společnost více než je potřeba, a to ať už lidí, vybavení, materiálu nebo

produktů, zvyšují se jí náklady, aniž by získávala jakoukoliv přidanou hodnotu. Například v případě přebytečné pracovní síly, vznikají nadbytečné náklady na personál a z nadbytku vybavení vycházejí nadbytečné náklady na odpisy. [2]

Nadbytečné zásoby způsobují druhý ze způsobů plýtvání a to nadprodukcí, kterou Toyota považuje za nejhorší druh plýtvání. Nadprodukce je pokračování v práci i přesto, že klíčové operace by měly být zastaveny. Nadprodukce také způsobuje třetí ze způsobů plýtvání, a to přílišný inventář. Příliš zásob zvyšuje potřebný personál, s čímž je spojené potřeba více vybavení a prostoru na transport a skladování zásob. Těmito náklady se dále nadprodukce skryje. [2]

Díky těmto prvním třem druhům plýtvání vzniká čtvrtý druh plýtvání, a to potřeba zbytečných kapitálových investic. Do této kategorie bychom zařadili např. výstavbu nových skladů na uložení zásob, přijímání nových pracovníků do nově vystavěného skladu, nákup vysokozdvizného vozíku pro každého operátora na novém skladě, najmutí dalšího personálu do nového skladu (opraváře, úředníky, IT specialistu). [2]

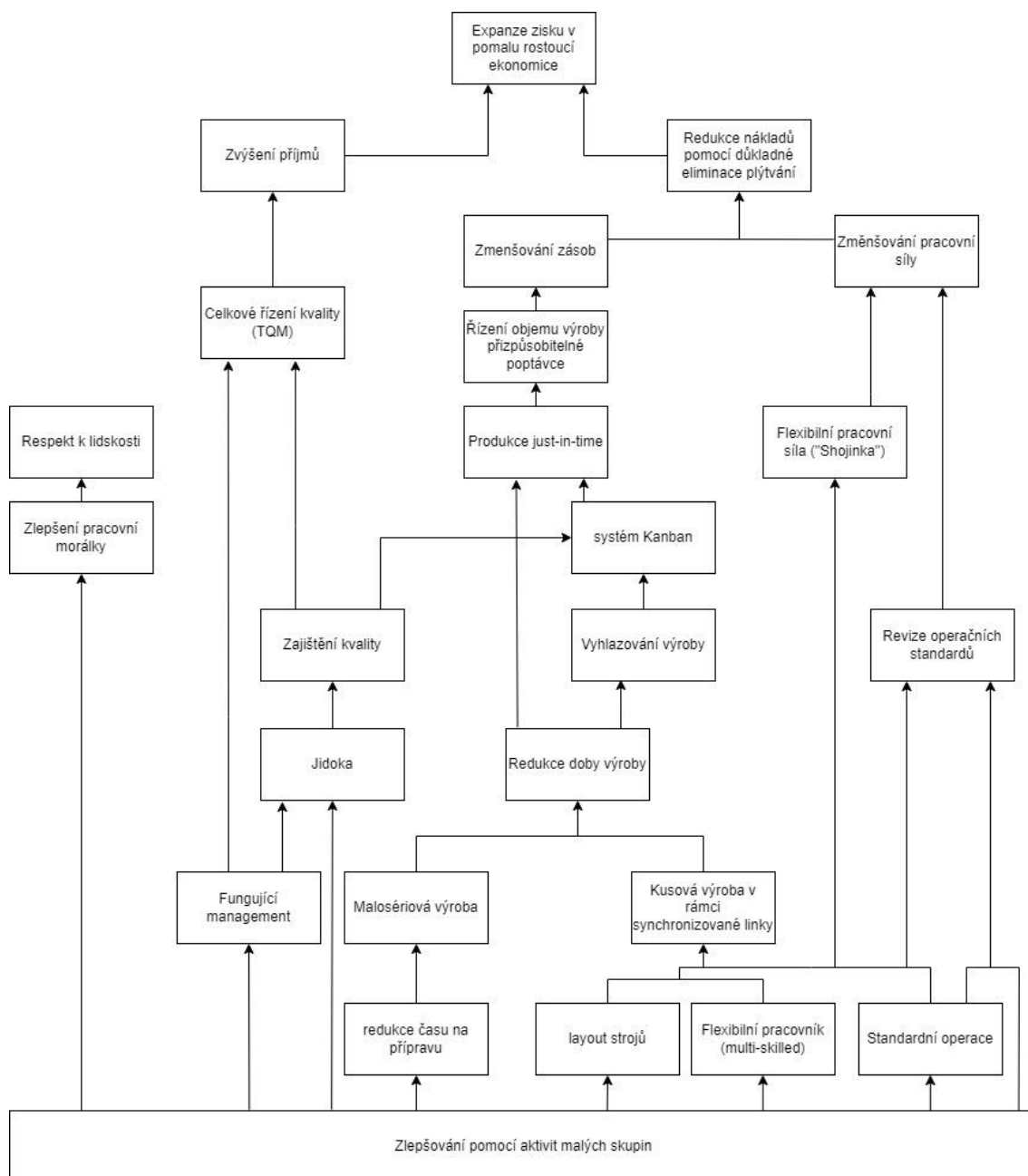
Protože nadbytečná pracovní síla je první vlnou plýtvání, která se objeví v cyklu a začíná další cykly je velmi důležité ji zredukovat nebo nejlépe se jí úplně zbavit. Díky poznatku, že nadbytečná pracovní síla způsobuje čekací časy, mohou být dělnické operace přerozděleny a snížen počet pracovníků. Díky tomu jsou sníženy mzdové náklady a dále také nepřímo sníženy náklady spojeny s druhou, třetí a čtvrtou vlnou plýtvání, které byly již dříve zmíněny. Z toho vyplývá, že klíčovým cílem TPS je kontrolovat nadprodukcí, aby bylo zajištěno, že všechny procesy vyrábí produkty podle požadavků trhu. [2]

Přesto, že hlavním cílem je samozřejmě snížení nákladů, systém má také další podcíle, kterými jsou právě kontrola kvality, záruka kvality a respekt k lidskosti. Je nutno zmínit, že tyto cíle nemohou existovat samostatně, ani být nezávisle dosaženy bez vzájemného ovlivňování se a také bez hlavního cíle: snížení nákladů. Je to specifická náležitost TPS, že primární cíl nemůže být dosažen bez realizace dílčích cílů a naopak. Výrobní systém Toyota se snaží splnit každý z cílů, pro které byl navržen. [2]

Navazující produkce naskrz společností a dodavatelským řetězcem a adaptace na změny požadavků jsou zajišťovány držením se dvou hlavních konceptů, kterými jsou Just-in-Time a Jidoka, které jsou pilíře TPS.

Just-in-time (v češtině právě v čas) vyjadřuje produkci požadovaných produktů v požadovaných kvantitách v požadovaný čas. Například u montáže autodílu je tedy potřeba, aby ze všech předcházejících operací se díly dostaly na montážní linku ve správný čas a ve správném množství. Pokud je tedy just-in-time realizováno v celé firmě, jsou naprosto odstraněny zbytečné zásoby a sklady tedy mohou být naprosto zbytečné. Díky aplikaci JIT se sníží účetní náklady na zásoby a zvýší se podíl obrátu kapitálu. Just-in-time je velmi obtížné realizovat ve všech procesech pro produkt jako např. automobil, pokud se využívá centrálního plánování (systém tlaku technikou MRP), které určuje a rozesílá výrobní plány do všech procesů současně. Proto je tedy nutné na produkční systémy Toyota nahlížet z druhé strany: Lidé zapojení do určitého procesu jdou na předchozí proces a tam odeberou potřebné díly v potřebném množství v nezbytnou dobu. Předchozí proces produkuje pouze dostatek jednotek na nahrazení těch, které byly takto odebrány. Tento systém je založený na principu tahu a staví na decentralizovaném systému. ^[2]

Autonomie (v japonštině “Ninben-no-arū Jidoka,” často zkracováno jako pouze „Jidoka“) může být přeloženo jako autonomní řízení defektů. Podporuje just-in-time tak, že nikdy nepropustí defektní kusy z předchozího procesu dále, a tak nenarušují následující procesy).



Obrázek 1: Struktura Toyota production system. Zdroj: Autor na základě [2].

Další koncepty, které jsou taktéž klíčové pro TPS jsou flexibilní pracovní síla („Stotinka“) a kreativní myšlení a inovativní nápady („Seiko“), tedy využití nápadů vycházejících z řad pracovníků. Aby tohoto bylo možné dosáhnout, Toyota vytvořila systémy a metody na jejich splnění:

- Systém Kanban na udržení just-in-time produkce
- Metoda vyhlazování výroby (pro adaptaci na změny)
- Krácení časů na přípravu

- Standardizace procesů
- Rozložení strojů a multifunkční pracovníci
- Systém na zlepšování (Kaizen)
- Systém vizuální kontroly (pro dosažení konceptu Jidoka)
- Funkční systém řízení (pro podporu celofiremní kontroly nákladů)

2.3. Systém Kanban

V Toyota produkčním systému jsou pro informace o typu a množství potřebného materiálu používány karty nazývané „kanban“, které jsou posílány od pracovníků z jednoho procesu k dalšímu. Díky tomu je mnoho procesů takto spojeno, což umožňuje lepší kontrolu kvality pro různé produkty. Kanban je tedy informačním systémem, který současně kontroluje kvantitu ve všech procesech. Existují tradičně dva druhy kanban karet: kanban na vybrání a kanban na objednávku výroby, které specifikují, jaké množství materiálu nebo meziproductů do procesu vstupuje a jaké meziproducty z procesu vycházejí. ^[2]

Kanban karty jsou tedy nositelem zprávy signalizující vyčerpání produktu, dílu nebo inventáře. Spotřeba tedy pohání poptávku po větší výrobě, a tak kanban napomáhá vytvářet systém řízený poptávkou trhu. V poslední době se značně rozšířily systémy posílající kanban signály elektronicky, i přesto se v dnešní době v mnoha zařízeních využívajících štíhlou výrobu setkáte s fyzickými kanbanovými kartami. Často se kanban využívá pro signalizaci poptávky dodavatelům, když zásoba určitého komponentu klesne pod signální hladinu, tak se vytvoří tzv. „kanbanový spouštěč“ a uvolní se nákupní objednávka s předdefinovaným množstvím na kartě. ^[3]

Pomocí kanbanu lze také provést doladění produkce. Pokud je vyráběno sto koleček denně a další proces vyžaduje, aby kanbanem bylo vždy staženo pět koleček, tak tyto položky budou vyzvedávány až dvacetkrát denně, což znamená, že se vyrobí přesně sto koleček. Pokud podle tohoto plánu je např. potřeba

produkci snížit o deset procent, tak další proces musí položky vyzvednout osmnáctkrát denně, a pak zbylý čas se ušetří, protože bude výroba zastavena. Pokud je naopak potřeba výrobu o deset procent zvýšit, tak se položky musí vyzvednout dvacet dvakrát denně a proces musí vyrobit sto deset koleček a deset koleček tedy bude vyrobeno pomocí přesčasů. [2]

I přesto, že TPS má filozofii, že jednotky mohou být vyrobeny bez jakéhokoliv prodlevy nebo zbytečných zásob, existuje riziko odchylek ve výrobních potřebách. To je potom kryto přesčasy a zlepšováním činností u každého procesu.

Mezi výhody systému kanban patří [28]:

- Snížení rozdělané výroby
- Vizualizace pracovního postupu
- Měření a management materiálového toku
- Jasně stanovení procesních zásad
- Využití modelů pro poznání možností pro zlepšení

System kanban může být využit v mnoha odvětvích mimo výrobní, např. v zdravotnictví, IT nebo ve potravinářském průmyslu.

2.4. Vyhlazování výroby

Vyhlazení výroby je nejdůležitější podmínkou pro výrobu kanbanem a také pro minimalizaci doby nečinnosti pracovníků a zařízení. Vyhlazování výroby je tedy stavebním kamenem pro TPS. Jak již bylo dříve popsáno, každý proces přechází na ten předchozí a odebírá odtud potřebné zboží v nutné době a nutném množství. Podle toho, že následující proces odebírá díly kolísavým způsobem s ohledem na čas nebo množství, pak by předchozí procesy měly připravit co nejvíce inventáře, vybavení a pracovní síly, aby byly připraveny na špičku v rozptylu požadavků. Proto montážní linka hotových aut jako finální proces ve výrobním závodě Toyota bude vyrábět a dopravovat typy automobilů podle toho za jak dlouhý časový interval je možné jednotlivá auta průměrně

prodat (takt). Tato linka bude obdobně dostávat jednotlivé kusy potřebné k montáži aut podobným způsobem z předchozích procesů („vyhlazování produktového mixu“). Ve zkratce konečná montážní linka vyrábí množství jednotlivých produktů v souladu s poptávkou a je minimalizována variabilita v kusech vybraných z jednotlivých procesů, díky čemuž jsou jednotlivé podprocesy schopny vyrábět konstantní rychlostí, popř. vyrábět stálý počet výrobků za hodinu. [2]

Pro vyhlazování výroby je velmi důležité také určení denní výrobní sekvence. Předpokládejme, že je potřeba vyrobit 5000 aut typu A, 2500 aut typu B a 2500 aut typu C za měsíc (20 osmihodinových směn), což po podělení 20 znamená výrobu 250 aut typu A, 125 typu B a 125 typu C každý den. Během osmihodinové směny (480 minut) musí být vyrobeno všech 500 jednotek, čas taktu (čas na výrobu jednoho kusu) je 0,96 minuty neboli 57,5 vteřiny. Správné produkční sekvence je dosaženo díky porovnání reálného času taktu na výrobu jednotlivých druhů výrobků. Např. pro automobil typu A je čas taktu 1 minuta 55 vteřin, který když je porovnán s časem taktu, tak je jasné, že mezi každé dva produkty typu A se vejde jeden jiný produkt, čímž je dosaženo sekvence: produkt typu A, jiný produkt, produkt typu A, jiný produkt atd. Maximální čas na výrobu produktu typu B a C je 3 minuty 55 vteřin, což při porovnání s časem taktu je dosaženo k závěru, že mezi dvěma produkty typu B nebo C je možné vyrobit tři produkty jakéhokoliv typu. Pokud je tedy za produkt A zařazen produkt typu B, vypadala by sekvence následovně: A, B, A, C, A, B, A, C atd. [2]

Posledním důležitým bodem pro vyhlazování výroby je adaptace na variabilitu produktů pomocí univerzálních strojů. Když je zváženo reálné strojní vybavení a nástroje, nastane konflikt mezi variabilitou produkce a vyhlazováním výroby. Pokud není vyráběno velké množství různých produktů, pak je masová produkce silným nástrojem pro snižování nákladů. V Toyotě a v dnešní době už v celém automobilovém průmyslu jsou však různá auta rozdělována podle typů, pneumatik, výbavy, barvy apod. Pro vyhlazení výroby u takové výroby je důležité mít flexibilní stroje a obecný účel. Pomocí určitých nástrojů u jednotlivých strojů specifikovala Toyota výrobní procesy, aby byly vyhovující jejich obecné

užitečnosti. Vyhlazení výroby v reakci na rozmanitost produktů má několik výhod jako např. možnost rychlého přizpůsobení výkyvům denní poptávky díky výrobě malého množství různých produktů každý den. Dále umožňuje také vhodně reagovat na změny v objednávkách zákazníků bez spoléhání se na skladové zásoby. Díky dosažení výroby podle časů taktu je možné se zbavit skladů rozpracované výroby. Realizace plynulejší výroby vyžaduje rychlejší zpracování nových zakázek (od jejich vystavení až po skladování), aby bylo možné včas a rychle vyrábět různé druhy produktů. Snížení doby přípravy pak vyžaduje krácení doby nastavení pro minimalizaci velikosti šarže. Konečným cílem této minimalizace by pak měla být výroba jednoho kusu. [2]

2.5. Zkracování času nastavení

Nejtěžší překážkou v zavedení hladké výroby je problém s časy věnovanými nastavování strojů. Např. u lisování je pro snížení cen přirozeným krokem používání jedné barvy, a tak umožnění zvýšení velikosti šarže a snížení nákladů na nastavení. U procesů v Toyotě je však požadováno vyrábět různé druhy výrobků podle výrobní sekvence ve finálním procesu, což pro jednotlivé předcházející procesy znamená, že musí být schopny dělat časté a rychlé změny. Z toho ve výsledku pro tento konkrétní příklad vychází, že mění barvy podle variability produktů, které jsou odebírány pro následující proces. Do roku 1954 trvaly časy na nastavení na lisovacím oddělení v továrnách Toyota přibližně dvě až tři hodiny, mezi lety 1955 a 1964 byly zredukovány na přibližně patnáct minut, a nakonec po roce 1970 dokonce na tři minuty. Pro zkrácení času nastavení je důležité si proces správně připravit, tedy předem si připravit správné přípravky, nástroje, barvy a materiály pro další proces. Toto je nazýváno externí příprava. Pracovník by se měl také soustředit na výměnu barev, přípravku, nástrojů a materiálu podle specifikací další objednávky během času, kdy se stroj zastavuje. To je nazýváno interní příprava. Nejdůležitějším bodem pro zkrácení je převést co nejvíce interní přípravy do přípravy externí, což ve výsledku znamená značné zkrácení času přípravy. [2]

2.6. Rozložení procesů

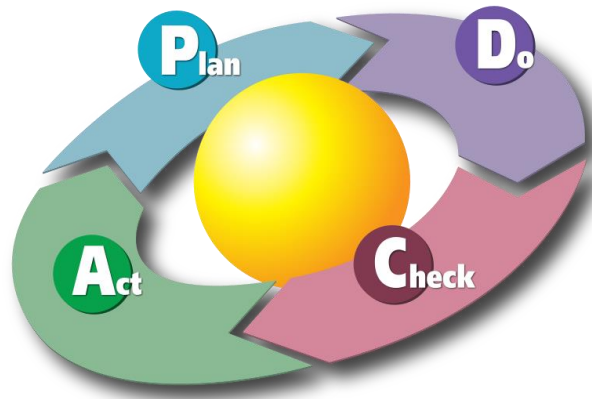
V době před zavedením TPS bylo obvyklé, že pokud továrna měla například pět soustruhů, frézek a vrtaček, tak by vždy byly postaveny vedle sebe. Bylo by tedy vedle sebe pět soustruhů, následně pět frézek atd. a každý pracovník by měl vždy za úkol ovládnutí pouze jednoho stroje. Podle TPS bylo změněno rozložení strojů pro vyhlazení produkčního toku a pracovníci museli kvůli tomu ovládat vždy více než jeden stroj. Pracovník by tedy ovládal např. soustruh, frézku a vrtačku zároveň, a tak se musel stát multifunkčním pracovníkem. Nově v multiprocesní manipulační lince ovládal pracovník několik strojů jeden po druhém a přesouval se k dalšímu stroji až tehdy, kdy splnil požadované úkoly v rámci stanoveného času taktu. Výsledkem tedy bylo, že zavedení každé jednotky na linku je vyvažováno dokončením hotového výrobku podle nařízení času taktu. Takováto výroba se nazývá jednokusová a může vést k následujícím výhodám ^[2]:

- Díky výrobě produktů jednoho po druhém je možné zkrátit dodací lhůty specifikované pro produkty
- Je možné eliminovat zbytečné zásoby mezi jednotlivými procesy
- Koncept multifunkčních pracovníků může snížit požadovaný počet pracovníků, a tak zvýšit produktivitu
- Multifunkční pracovníci si díky nově nabytým vědomostem mohou pomáhat a vzájemně si poradit

2.7. Kaizen

Název Kaizen v japonštině znamená změna k lepšímu, čehož se tato filozofie snaží v podniku dosáhnout, tedy neustálého zlepšování jednotlivých procesů a kvality a snaží se zahrnout všechny členy organizace od ředitele podniku až po pracovníky na montážní lince. Zlepšováním standardizovaných procesů se Kaizen

snaží eliminovat plýtvání a nadbytky. Cyklus aktivit spojených s Kaizenem může být definovaný jako Plan -> Do -> Check -> Act, tedy naplánuj, udělej, zkontroluj a pak se tím řiď. ^[7]



Obrázek 2: PDCA cyklus [8]

Kaizen stojí na 4 stavebních kamenech, a to: ^[9]

- Úklid a organizace pro usnadnění práce
- Sjednocení cílů/Racionalizace systému
- Aktivity v malých skupinách
- Špičková technologie

2.8. Metoda 5S

Metoda 5S je jeden ze základních nástrojů pro aplikaci filozofie Kaizen. Název vychází z pěti kroků, ze kterých se metoda skládá, které v japonštině začínají na písmeno S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, and shitsuke). Vychází z faktu, že pracoviště, které je organizované, je produktivnější a také více bezpečné, a tak se snaží vytvářet co nejlépe organizované a čisté pracoviště.

2.8.1. Seiri – Roztřídit

První krok 5S je zaměřen na roztřídění předmětů na aktuálním pracovišti na potřebné a nepotřebné. Předměty, které nejsou potřebné ke každodennímu výkonu práce, jsou vyhozeny, přemístěny na sklad nebo popř. jiné místo na pracovišti specificky určené pro daný nástroj. Věci používané každodenně jsou ponechány na pracovišti a předměty, které jsou nutné, ale nejsou využívány denně, jsou umístěny v blízkosti pracoviště, aby zbytečně nezpomalovali nejčastější činnosti, ale zároveň nebyly příliš daleko v případě jejich potřeby.

[29][30]

Cílem Seiri je zefektivnění využití pracovní plochy, tedy např. redukce času, který by byl stráven hledáním předmětu díky snížení počtu nepotřebných nástrojů a nářadí na pracovišti, snížení šance na rozptýlení z důvodu nepotřebných předmětů, zjednodušení inspekce, zvětšení užitého prostoru a zvýšení bezpečnosti pomocí odstranění překážek. Díky tomuto kroku se pracoviště stane přehlednějším a má lepší systém uložení nástrojů a nářadí. [29][30]

2.8.2. Seiton – Dát do pořádku

Druhý krok se soustředí na uložení všech potřebných předmětů na optimální místo pro plnění své funkce. Nejčastěji používané předměty by měly být nejbližší pracovišti a s klesající frekvencí využívání jsou předměty umístěny dále od pracoviště. Pro každý předmět by měly být položeny otázky: kdo, co, kdy, kde, proč a jak bude využit. Umístění každého předmětu by mělo být jasné, aby bylo

zajištěno snadné nalezení všech předmětů v případě jejich potřeby. Pracoviště by mělo splňovat ergonomické zásady. Během tohoto kroku se neřeší pouze samotné uspořádání, ale také velikost zásob materiálu, tak aby se nikde nehromadil a byl zajištěn jeho plynulý tok. [29][30]

2.8.3. Seiso – Uklidit

Třetím bodem je Seiso, vyjadřující vyčištění pracoviště, udržení jeho uklizenosti a využití preventivních opatření pro udržení čistoty. Udržování pořádku je dosahováno pomocí pravidelného úklidu, optimálně každodenního, během kterého je také prováděna kontrola pracoviště a nástrojů. Díky uklizenému pracovišti je mnohem snazší odhalit problémy jako např. únik kapalin ze stroje. Mezi další pozitiva udržení pořádku patří: zlepšení produktivity v příjemnějším prostředí, zvýšení bezpečnosti, snížení odpadu, prevence zmetků, vizuální zpříjemnění pracoviště. [29][30]

2.8.4. Seiketsu – Standardizovat

Seiketsu vyjadřuje standardizaci procesů, jak třídit, uspořádávat a uklízet pracoviště. Zajišťuje dodržování a využívání závěrů z prvních tří kroků metodologie. Implementace čtvrtého kroku je zajištěna pomocí vytvoření pracovního prostředí, jenž podporuje nové praktiky, které se stanou novou denní rutinou. Dále také každý pracovník musí znát své odpovědnosti ve vztahu k čistotě a pořádku na pracovišti. V procesu jsou využívány fotografie a vizuální kontroly pro udržení pracovišť v souladu se zásadami a jsou prováděny pravidelné zhodnocení implementace 5S pomocí pravidelných auditů. Přínosy tohoto kroku jsou například snížení nákladů na údržbu nebo zvýšení efektivity procesu. [29][30]

2.8.5. Shitsuke – Udržovat

Shitsuke znamená udržování ve smyslu sebedisciplíny, což vyjadřuje, že pracovníci dělají činnosti podle 5S aniž by jim to někdo musel říkat. Tohoto cíle je dosaženo pomocí školení, pravidelných auditů kontrolujících, jestli jsou definované standardy implementovány. Zaměstnanci jsou podporováni v navrhování změn, které zlepšují pracovní podmínky. Změny, které jsou schváleny, jsou implementovány co nejčastěji. Pracovníci, kteří navrhnou změny, které jsou použity jsou často odměňováni, což je velkou motivací nad celým procesem se zamyslet a snažit se sám přijít s novým zlepšením. ^{[29][30]}

2.9. Jidoka (Automation)

Jak již bylo dříve zmíněno, dvěma hlavními stavebními kameny TPS jsou just-in-time a Jidoka. Na realizaci just-in-time musí do dalších procesů vždy jít 100 % nedefektních kusů a tento proces musí být bez přerušení. Kvůli tomu musí společně s just-in-time být zajištěna i kontrola kvality. Jidoka vyjadřuje zavedení mechanismu, který zamezí masové produkci defektivních kusů na strojích nebo výrobních linkách. Slovo automation neznámá automatizace, ale autonomní kontroly abnormalit v procesu. Autonomní stroj je stroj, ke kterému je připojeno zařízení na automatické zastavování. V továrnách Toyota byly téměř všechny stroje autonomní, aby bylo možné zamezit masové produkci defektů a aby byly automaticky kontrolovány poruchy strojů. U manuálních produkčních linek je mechanismus jiný: pokud se stane něco abnormálního, zmáčkne pracovník tlačítko a zastaví se tak celá linka. V továrnách Toyota byl také zaveden vizuální kontrolní systém, kdy nad jednotlivými pracovišti ve výšce byla umístěna světla, a když pracovník zavolal o pomoc, tak se světlo nad jeho pracovištěm rozsvítilo oranžově, a když zmáčkl tlačítko zastavení, tak se světlo rozsvítilo červeně a zastavila se celá linka, aby bylo možné upravit stroj. ^[2]

3. Lean Six Sigma

V dnešní době se v mnoha společnostech využívá metodiky Lean Six Sigma. Jak již název napovídá jde o kombinaci dvou způsobů, jak zlepšit výrobní schopnost společnosti, a to štíhlé výroby a Six Sigmy. Cílem štíhlé výroby (Lean manufacturing) je vytvořit více z méně, tedy konkrétně méně lidské práce, nástrojů, času a místa. Six Sigma se snaží o redukci variability produktů na úroveň, na které jsou zmetky velmi nepravděpodobné. Tyto dvě metodiky spolu velmi dobře spolupracují díky tomu, že štíhlá výroba odstraňuje největší slabinu Six Sigmy, kterou je rychlost a jsou tak v dnešní době využívány velmi často společně. Pokud je aplikována pouze Six Sigma, přijde společnost o důležité charakteristiky štíhlé výroby, a to:

- Schopnost koncentrovat se na zrychlení procesu
- Schopnost přikládat důležitost snižování nákladů na investice do akcí
- Schopnost rychlého finančního obratu kvůli pomalému procesu směru dat a analýzy

Naopak pokud je aplikována štíhlá výroba bez Six Sigmy, pak přijde o:

- Statistickou kontrolu nad procesem
- Není určena variabilita měřících systémů, podle kterých se provádí rozhodnutí
- Objevují se procesní zlepšení, která nejsou pro systém relevantní

Při společném použití obou těchto nástrojů jsou tyto nedostatky eliminovány.

[15][16]

3.1. Six Sigma

Již od roku 1980 se začaly značně více používat statistické metody nejen pro kontrolu kvality, ale také pro obecné zlepšení podnikání. Alespoň částečně to bylo způsobeno ztrátami, které severoamerické automobilky utrpěly v 70. letech

20. století. Přijmutí statistických metod pomohlo americkým automobilkám vyrovnat se konkurenci co se kvality týče. Bylo vyvinuto mnoho manažerských systémů, které sloužili jako kostra pro implementaci a management aktivit pro zlepšování kvality v rámci celé organizace. TQM neboli total quality management (komplexní řízení kvality) začal na počátku 80. let 20. století. Především z počátku byla však Six Sigma mnohem úspěšnější než TQM například kvůli nedostatečnému závazku vedení a nevyužití plného potenciálu statistických metod.

Six Sigma vychází ze společnosti Motorola, kde v roce 1986 Bill Smith vyvinul program Six Sigma jako řešení na potřebu zvýšení kvality a redukci zmetků v produktech Motoroly. Někdejší ředitel Motoroly, Bob Galvin, byl ohromen výsledky, které program měl, a pod jeho vedením začala Motorola aplikovat Six Sigma v rámci celé organizace s hlavním zaměřením na výrobní procesy a systémy. Podle odhadů dokázala Motorola snížit svou zmetkovitost z roku 1987 za dalších šest let o 94 %.^[11]

Six Sigma se soustředí na redukci variability klíčových charakteristik kvality produktů na úroveň kolem určených cílových hodnot na úroveň, při které jsou selhání nebo defekty velmi nepravděpodobné. Koncept Six Sigma podle Motoroly je snížení variability procesu tak, že specifikační limity jsou alespoň šest směrodatných odchylek od cíle. To ve výsledku znamená, že pouze dvě součásti v miliardě neodpovídají specifikacím.^[11]

Při aplikaci Six Sigma je nejčastěji využíván top-down přístup, který je dlouhodobě značně efektivnější. Jiné aplikaci často mohou narazit na problém, že nejsou dostatečně podporovány vrcholovým managementem. Nezávisle na strategii implementace jsou tři klíče k úspěšné implementaci, a to:

- 1) Odhodlání a zapojení vrcholového managementu
- 2) Využití špičkového talentu
- 3) Podpůrná infrastruktura

3.2. Lean Manufacturing (Štíhlá výroba)

Štíhlá výroba vychází z poznatků Fredericka Taylora a Henryho Forda, které později v 30. letech 20. století využili Shigeo Shingo a Taiichi Ohno v Toyotě. Využívá několik základních principů, kterými jsou ^{[15][17]}:

- Specifikace hodnoty produktu z pohledu zákazníka (pomocí navázání dialogu se zákazníkem)
- Mapování toku hodnot – identifikace toku hodnot pro každý produkt a prozkoumání všech zdrojů plýtvání
- Nechejte produkt nepřetržitě procházet všechny kroky, které přidávají hodnotu
- Zaveďte tah mezi všechny kroky, kde je možný nepřetržitý průtok
- Směřujte k dokonalosti, aby docházelo k redukci času, informací a kroků k obsluze zákazníka

Toyota definovala sedm základních způsobů plýtvání, kterými jsou:

- Nadprodukce
- Čekání
- Zbytečný transport nebo doprava
- Zbytečná komplexita (Overprocessing)
- Nadbytečné zásoby
- Pohyb
- Chyby (zmetky)

Později k nim pro definici základních typů plýtvání byl přidán:

- Nevyužitý potenciál zaměstnanců

Jako další zdroje plýtvání mohou být považovány:

- Nevyužitý potenciál procesu

- Delegace úkolů s nedostatečným školením
- Využívání špatných nebo žádných metrik
- Nesprávné využití výpočetní techniky

3.3. DMAIC

DMAIC je metodikou užívanou pro Six Sigma projekty a je zaměřena na zlepšování již existujících procesů a byla inspirována Demingovým (Plan-Do-Check-Act) cyklem. Druhou využívanou metodikou je DMADV využívána pro vyvážení nových produktů a navrhování procesů. DMAIC je akronymem pro Define, Measure, Analyze, Improve and Control, což je pět kroků této metodiky. Mezi jednotlivými kroky jsou kontroly, na kterých tým prezentuje progres projektu managementu a vedení společnosti. Během nich je zhodnocena, zda je projekt na správné dráze a umožňují poskytnout týmu pomoc při použití specifického nástroje. Tyto kontroly by měly probíhat velmi krátce po dokončení jednotlivých částí. Struktura DMAIC podporuje kreativní myšlení a řešení problému v rámci zadání originálního produktu, procesu nebo služby. Jedním z hlavních důvodů úspěchu DMAIC je využití statistických nástrojů. V tabulce 1 jsou vyjmenovány nejčastěji využívané nástroje společně s jednotlivými etapami projektu, v nichž jsou nejčastěji využity. ^[11]

Nástroj	D	M	A	I	C
Project Charter	X				
Procesní mapy a vývojové diagramy	X	X			
Analýza příčin a následků		X			
Analýza schopnosti procesu		X			
Testy hypotéz, intervaly spolehlivosti			X		
Regresní analýza, vícerozměrné metody			X		
Gage R&R (opakovatelnost a reprodukovatelnost)		X			
FMEA (Failure mode and effects analysis)			X		
DOE (Navrhování experimentů)			X	X	
SPC (Statistická kontrola procesů)		X	X		X

Tabulka 1: Statistické nástroje užívané v rámci DMAIC

3.3.1. Krok Define

Cílem prvního kroku, tedy kroku Define, je identifikovat příležitosti a zjišťovat a ověřovat, jestli je v dané oblasti možné dosáhnout významných výsledků. Je vhodné, aby projekt byl důležitý jak pro společnost, tak i pro zákazníky. ^[11]

Jedna z prvních věcí, která musí být v rámci tohoto kroku zpracována je projektová charta, což je krátký dokument (většinou přibližně dvě strany), který obsahuje popis projektu, jeho rozsah, důležitá data a také metriky, podle kterých bude měřen úspěch samotného projektu. Tento dokument by měl být vytvořen za dva až čtyři dny, přičemž pokud to není možné, tak je pravděpodobné, že rozsah projektu je příliš velký. Měly by zde také být definovány zákazníkovi charakteristiky, které jsou kritické pro kvalitu (CTQ) a jsou ovlivněny tímto projektem. V kroku Define mohou také být využity různé grafické nástroje jako např. vývojové diagramy, procesní mapy nebo value stream mapy (VSM). Tyto nástroje pomáhají porozumění situaci a potřebné změně. Jsou nejužitečnější v organizacích, kde myšlenky procesů, systému a procesního myšlení nejsou běžné jako např. banky, nemocnice, účetní firmy nebo vládní organizace. ^[11]

Posouzení tohoto kroku by se mělo soustředit např. na to, zda se prohlášení o problému soustředí na symptomy tohoto problému, a ne na příčiny nebo řešení, zda jsou všechny klíčové strany identifikovány, finanční výhodnost projektu, vhodnost rozsahu projektu. ^[11]

3.3.2. Krok Measure

Cílem druhého kroku, tedy kroku Measure, je vyhodnotit a porozumět aktuálnímu stavu procesu. To zahrnuje sběr dat týkajících se kvality, nákladů a dob cyklů. Data získaná během tohoto kroku jsou nejčastěji vyobrazována pomocí histogramů, diagramů stonku a listů, korelačních diagramů nebo Paretových diagramů. V tomto kroku mohou být použita i historická data, která však mohou být nevyhovující, protože mohou být nekompletní nebo se mohla

změnit v průběhu času. Na konci kroku Measure by měl tým aktualizovat projektovou chartu a přezkoumat projektové cíle a rozsah projektu. Při hodnocení druhého kroku by měl již existovat rozsáhlý vývojový diagram nebo value stream mapa, musí být identifikovány všechny klíčové procesy a aktivity stejně jako dodavatelé a zákazníci. Musí být vytvořeny seznamy klíčových vstupních a výstupních procesních proměnných a zároveň musí být určeno jaký vztah mají jednotlivé proměnné k zákaznické spokojenosti. Měřící systému musí být zdokumentovány a předpoklady, které byly vytvořeny během získávání dat by měly být poznamenány. ^[11]

Paretova analýza

Paretova analýza je velmi šikovný nástroj pro vizuální vytřídění klíčových problémů, na které bychom se měli dále soustředit, z celku. Paretův diagram je velmi jednoduchý na porozumění a nejčastěji je vytvářen z dat obsahujících, jak častý je výskyt problému v čase. Je ho možné použít například pro vizualizaci defektů ve výrobě, typů zranění v podniku nebo třeba podle druhů připomínek zákazníků. Paretova analýza tedy slouží pro identifikaci problémů, na které by se měla společnost zaměřit nejdříve a jaké mohou přinést co největší návratnost investice (časové, popř. finanční). ^[11]

Základem Paretovy analýzy je pravidlo 80/20, které vyjadřuje, že 80 % následků je způsobeno 20 % příčin. Paretova analýza tedy umožňuje určit klíčových dvacet procent např. druhů defektů, na které se potom lze soustředit, tak aby se provedla co největší pozitivní změna v procesu. Nejvíce se tento princip v dnešní době využívá v kontrole kvality. ^[11]

Sestrojení Paretova diagramu se skládá z několika kroků, prvním z nich, jako u většiny diagramu, je sběr dat, který je hned následován jejich setříděním. Hodnoty následně jsou seřazeny od největší k nejmenší a jsou vyneseny do sloupového diagramu. Nakonec je do grafu přidána Lorenzova křivka, která vyobrazuje kumulativní četnost sledované veličiny (např. zmetků ve výrobě). Pro

tyto účely je nejčastěji využíván MS Excel, popř. mohou být využity i jiné tabulkové procesory. [18]

Pro relevantnost analýzy platí stejné zásady jako pro každou statistickou analýzu, a to:

- Data musí být aktuální, popř. stále relevantní pro aktuální situaci
- Velikost sledované skupiny musí být dostatečně velká, aby nedošlo ke zkreslení dat

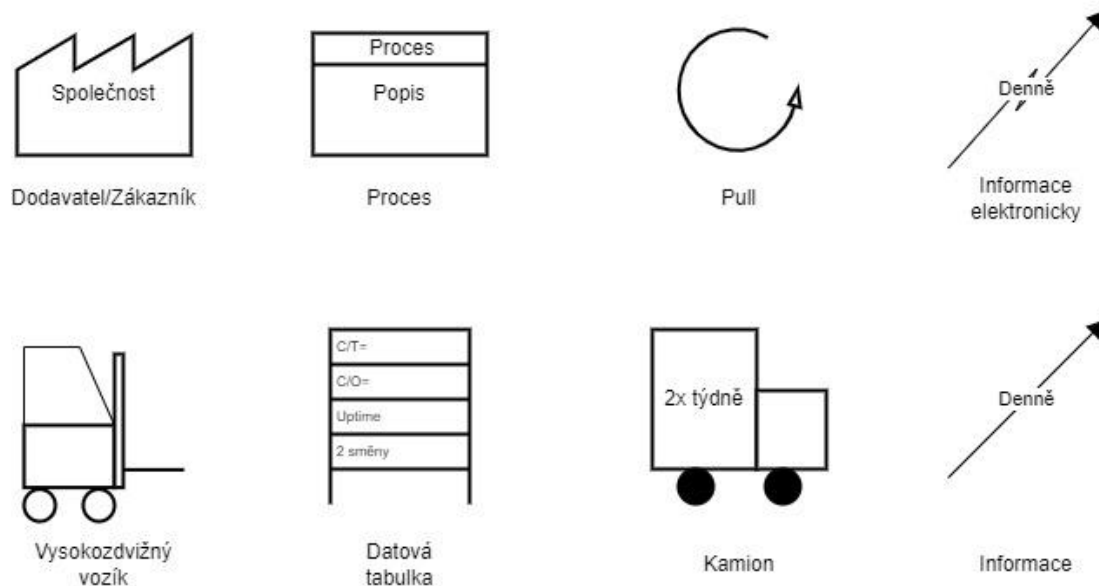
Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (dále pouze VSM) je nástroj používaný ve štihlé výrobě pro analýzu současného stavu a k designu budoucího stavu od začátku specifického procesu až k jeho konci u zákazníka. Jedná se o vizuální nástroj, který vyobrazuje všechny kritické kroky, kterými hlavní materiál prochází a snadno kvantifikuje čas pro jednotlivé části procesu. Jeho hlavními silnými stránkami jsou schopnost vizualizace celého procesu, demonstruje spojení mezi jednotlivými operacemi, identifikace plýtvání a možnost vytvoření více iterací (neustálé zlepšování). [22][23]

Vytvoření VSM mapy začíná průchodem procesem, pokračuje ujasněním zákaznických požadavků, vytvořením hlavních produktových rodin a výběrem primárního toku a hlavního produktu. V dalším kroku se potom proces projde znovu a provede se měření klíčových prvků a zaznamená se velikost inventáře. Nakonec se namaluje samotná mapa VSM. Po sestavení mapy se musí firma zeptat co způsobuje plýtvání, kde jsou úzká místa, kterých by se měla zbavit nebo např. jak vyrovnat výrobu. K dosažení zlepšení je možné např. implementovat kanban, vybilancovat linky nebo pozměnit pořadí pracovních stanic pro lepší efektivitu. [22][23]

V mapě jsou rozlišovány aktivity, které přidávají hodnotu (VA) a aktivity, které hodnotu nepřidávají (NVA), popř. lze odlišovat ještě aktivity, které hodnotu nepřidávají, ale jsou nutné (NNVA). VA aktivity jsou procesy, které mají vliv na podobu nebo funkci výrobku nebo služby, za které je zákazník ochotný zaplatit-

např. instalace koleček na nádobu kontejneru. NVA aktivity jsou naopak aktivity, které žádnou hodnotu nepřidávají a nikdo firmě za ně nezaplatí, tedy např. přesun kontejneru z montážní haly na sklad. [22][23]



Obrázek 3: Přehled znaků používaných ve VSM. Zdroj: autor podle [23]

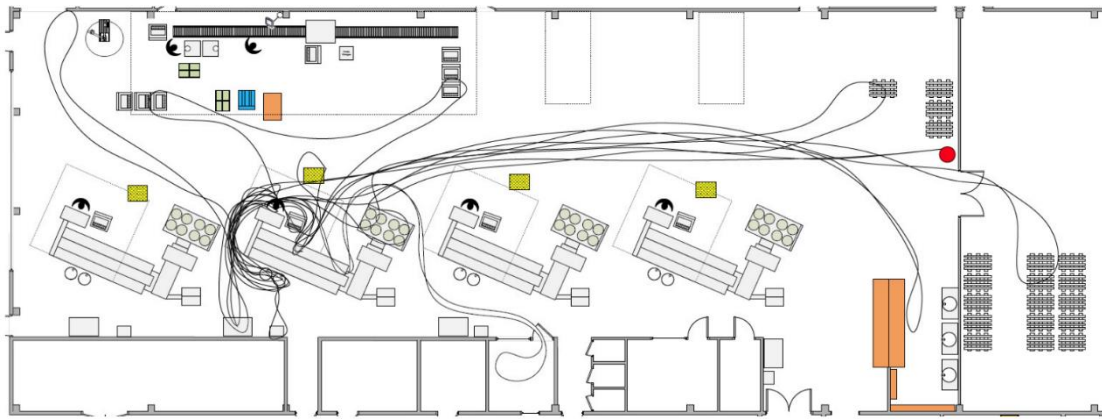
Vývojový diagram

Vývojový diagram byl uveden již ve 20. letech 20. století ve strojírenství. V dnešní době jsou však nejvíce využívány v programování. Jedná se o vhodný nástroj na ukázkou sekvence operací ve výrobním procesu. Skládá se především z obdélníků, symbolizujících jednotlivé procesy, kosočtverců, symbolizujících jednotlivá rozhodnutí např. zda je konkrétní kontejner lakován, a nakonec z šipek spojujících jednotlivé procesy a rozhodnutí.

Spagetti diagram

Spagetti diagram se využívá pro vyobrazení pohybu objektu v systému s pomocí čar. Sledovaným objektem může být například pracovník, materiál nebo určitý nástroj. Systém, ve kterém objekt je sledován potom bývá např. výrobní hala. Jednotlivé toky v systému připomínají špagety, z čehož vychází název tohoto

diagramu. Pomocí tohoto diagramu je možné vyobrazit pohyb produktů, pracovníků, materiálu apod. Po vytvoření diagramu lze sledovat délku a počet jednotlivých cest, a tak určit neefektivní pohyb a provést změny v rozložení pracoviště pro redukci zbytečných pohybů. [25]



Obrázek 4: Příklad Spagetti diagramu [26]

3.3.3. Krok Analýze

V třetím kroku (Analyze) jsou využívána data z předchozího kroku k tomu, aby se začaly určovat vztahy mezi příčinami a následky v procesu a aby se lépe porozumělo různým zdrojům variability. V kroku Analyze je tedy cílem určit potenciální zdroje zmetků, zdroje problémů s kvalitou, zdroje zákaznických problémů nebo také zdroje plýtvání. V kroku Analyze je možno využít mnoho různých statistických nástrojů jako např. grafické vyobrazení dat, regulační diagramy, testování hypotéz, odhad intervalu spolehlivosti, regresní analýzu, design experimentů anebo také FMEA (failure mode and effects analysis). Nástroje na analýzu jsou často využívány s historickými daty, popř. s daty získanými z předchozích kroků, která jsou velmi užitečná pro detekci potenciálních problémů, které proces má, popř. mohou dokonce pomoci navést tým k specifickým zlepšením. Zlepšovací strategie jsou dále vyvíjeny a testovány v kroku improve. Při hodnocení tohoto kroku by se měl tým zaměřit na to, jaké příležitosti budou déle prozkoumávány, jaké příležitosti nebudou testovány a proč a zda je projekt na správné dráze, co se času a očekávaných výsledků týče. [11]

Ishikawův diagram

Ishikawův diagram neboli také diagram rybí kosti, popř. diagram příčin a následků, byl velmi zpopularizován v 60. letech 20. století Kaoru Ishikawou, který zavedl procesy kontroly kvality ve společnosti Kawasaki. Při využívání nástroje jsou čtyři hlavní kroky:

- Identifikace problému
- Nalezení hlavních faktorů
- Identifikace možných příčin
- Analýza diagramu

Příčiny jsou většinou seskupovány do větších skupin podle zdrojů neshod. Nejtypičtěji jsou rozlišovány kategorie:

- Lidé – Všechny personál zapojený do procesu
- Metody – Jak je proces prováděn a jaké jsou specifické požadavky na provedení
- Stroje – Veškeré vybavení, které je používáno v procesu (např. nástroje, počítače atd.)
- Materiál – kompletní materiál (vyráběný i nakupovaný) používaný k výrobě produktu
- Měření – Data generovaná procesem, která se používají k jeho vyhodnocení
- Prostředí – např. Lokace, teplota, vzduch apod.

Ishikawův diagram umožňuje grafické vyobrazení vztahů mezi následkem a jednotlivými příčinami. V Diagramu platí, že „rybí hlava“ je sledovaný problém a „kostra“ ryby jsou příčiny, které daný následek způsobují. ^[27]

3.3.4. Krok Improve

Během přechodných kroků (konkrétně Measure a Analyze) se rozhodne jaké klíčové procesní vstupní a výstupní proměnné je třeba studovat, jaká data sbírat,

jak je analyzovat, identifikují se potenciální zdroje variability a probíhá interpretace dat. Během tohoto kroku jsou potom tyto výstupy přeměněny na kreativní myšlenky týkající se konkrétních změn, které mohou být provedeny pro požadovaný výsledek na procesní výkonnosti. ^[11]

Během tohoto kroku je možné využívat mnoho nástrojů, mezi které patří např. znovu vývojové diagramy a value stream mapy, poka-yoke nebo design experimentů. Cíle tohoto kroku je tedy navrhnout řešení problému a následně ho otestovat. Během revize kroku by mělo být zahrnuto adekvátní dokumentace získání řešení problému, dokumentace alternativních řešení, kompletní analýza pilotního testu, plány na implementaci pilotního testu ve větším měřítku a analýza rizik souvisejících s implementací řešení. ^[11]

3.3.5. Krok Control

Cílem posledního kroku Control je dokončit zbývající práci a předat zlepšený proces. Měla by být poskytnuta data před a po zavedení nových opatření, vyučující dokumentace a aktualizované procesní mapy.

Revize tohoto kroku by se měla skládat z data vyobrazující stav před a po změnách, kontroly, zda je procesní kontrolní plán kompletní, kontroly, zda je všechna potřebná dokumentace dostupná, shrnutí ponaučení z projektu (lessons learned), seznam příležitostí, které nebyly dále prozkoumány a seznam příležitostí, které mohou být využity v jiné části podniku. ^[11]

PRAKTICKÁ ČÁST

4. O společnosti

4.1. Historie

Historie firmy Meva sahá až do doby Rakouska-Uherska, kdy v roce 1898 byla firma založena v Praze. Za tu dlouhou dobu firma vyráběla mnoho různých produktů. V roce 1901 získala firma S. Mestitz oprávnění k tovární výrobě a postavila si na Urbance továrnu. Začali výrobou železných koleček a příslušenství k dětským kočárkům, dvířka ke kamnům, plechové rámy střešních oken a žaluziové ventilace.

V roce 1916 byla potom firma Mestitz a syn začleněna do Akciové společnosti pro průmysl se zbožím kovovým. Během první světové války potom firma vyráběla hlavně sudy pro vojenské účely a kvůli nepraktičnosti příliš dlouhého německého názvu firmy byla zavedena nová zkratka firmy MEWA (MEtal WAreN). Se vznikem Československa se německé „W“ změnilo na „V“ (z francouzštiny MEtaux VArieux). ^[12]

Z důvodu hospodářské krize začala Meva na začátku 30. let 20. století bojovat o své přežití a to tím, že např. zavedla výrobu cisternových voznic na fekálie, koupacích van nebo necek na prádlo z pozinkovaného plechu. Kvůli potížím s odbytem musela firma odprodat dva ze svých čtyř závodů, konkrétně závod v Novém Strašenci a také hlavní smíchovský závod. Divizí firmy, kterou se však budeme zabývat v této práci je divize Bezděkov. Pozemek získala firma v roce 1940 díky arizaci majetku ústecké firmy Orel bratří Krausů, kdy si ji nejdříve pronajímala a následně zde v roce 1941 dokončila stavbu nové továrny. ^[12]

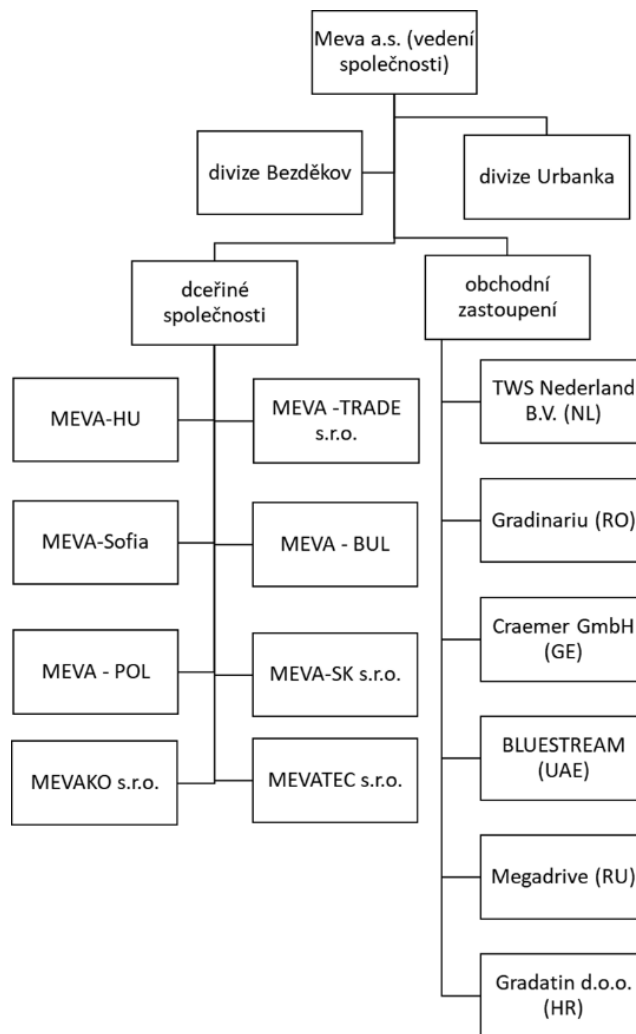
Továrna byla v roce 1946 podle prezidentských dekretů znárodněna a v roce 1948 byla vymazána z obchodního rejstříku, ale již v roce 1950 se stala znovu samostatnou firmou se sídlem v Roudnici a několika vlastními závody. Se změnou politického režimu v roce 1989 přišlo mnoho změn i pro firmu Meva, ta

se téměř ihned po sametové revoluci stala akciovou společností a postupně rozšířila svou působnost na další, především evropské, trhy. ^[12]

4.2. Současná podoba firmy

V dnešní době má společnost čtyři divize, z nichž jsou dvě divize výrobní, které se nacházejí v Roudnici nad Labem. Vyrábějí rozdílné výrobky, mají své vlastní zákazníky, dodavatele, umístění a každá divize má svého vlastního ředitele. Obě divize odpovídají za svou vlastní činnost v oblasti zásobování, výroby, obchodu a spolupráce s dalšími divizemi. Druhé dvě divize jsou nevýrobní, jednou z nich je divize vedení společnosti, vedené generálním ředitelem, zabývající se účetnictvím, finančním řízením, plánováním, údržbou informačního systému, personalistikou nebo třeba ekologií. Poslední divizí je divize Řízení dceřiných společností, která zajišťuje obchod mezi společnostmi v rámci skupiny MEVA, obchodní vedení a společnou obchodní politiku. Společnosti celkem podle webových stránek má 350 zaměstnanců. Podle výroční zprávy z roku 2020 měla společnost 255 zaměstnanců ve společnosti Meva a.s. a 124 zaměstnanců v dceřiných společnostech, takže firma má přibližně 380 zaměstnanců. ^{[13][14]}

Meva a.s. má v dnešní době osm dceřiných společností a obchodní zastoupení v dalším šesti zemích.



Obrázek 5: Struktura společnosti; vlastní zpracování na základě webu Meva a.s.

4.3. Produktové portfolio

Společnost Meva a.s. se za dobu své působnosti na trhu zaměřovala na mnoho různých produktů, přičemž některé z nich jsou popsány v kap. 4.1. o historii společnosti. Divize, kterou se tato práce zabývá, tedy divize Bezděkov, se v dnešní době soustředí především na výrobu kontejnerů. V divizi jsou vyráběny především tři hlavní skupiny kontejnerů. Firma se s těmito kontejnery zaměřuje na trhy B2B i B2C, přičemž mezi nejvýznamnější zákazníky patří města a vesnice po celé Evropě.

Společnost poskytla rozmanitý výběr produktů s jejich parametry (viz. tabulka 2), způsobem jejich skladování a nakládání a jejich výrobními postupy. Při prvotních návštěvách byl společností Meva poskytnut a dodán souhrn všech

jejich produktů společně s ostatními informacemi a podklady pro zpracování této práce. Zejména rozměry, hmotnost, ale také způsob skladování a výrobní postup společně s kusovníkem.

název kontejneru	délka [mm]	šířka [mm]	výška [mm]	objem [l]	nosnost [Kg]	standard	Skladování
1106	1370	780	1300	660	265	EN 840-2	6-7 ks
1116	1260	790	1220	660	265	EN 840-2	6-7 ks
1107	1370	780	1400	770	310	EN 840-2	6-7 ks
1117	1250	790	1340	800	320	EN 840-2	6-7 ks
1280	1250	860	1260	800	320	-	2 ks
1132	1370	1010	1420	1100	440	EN 840-3	2 ks
1273	2250	1400	1650	2500	625	EN 12574-1	2 ks
1842	1950	1400	1600	2500	625	EN 12574-1	-
1845	1950	2420	1650	5000	1250	EN 12574-1	-
15209	1350	1250	1750	2000	800	-	-
1334	-	-	-	1600	-	-	3 ks

Tabulka 2: Základní parametry sledovaných kontejnerů a způsob jejich skladování

První skupinou jsou takzvané „malé kontejnery“, které mají objem 660-3300 litrů a jsou nejčastěji využívány na sběr domovních i průmyslových odpadů. U některých kontejnerů jsou možné varianty s jinými kolečky, víky apod.

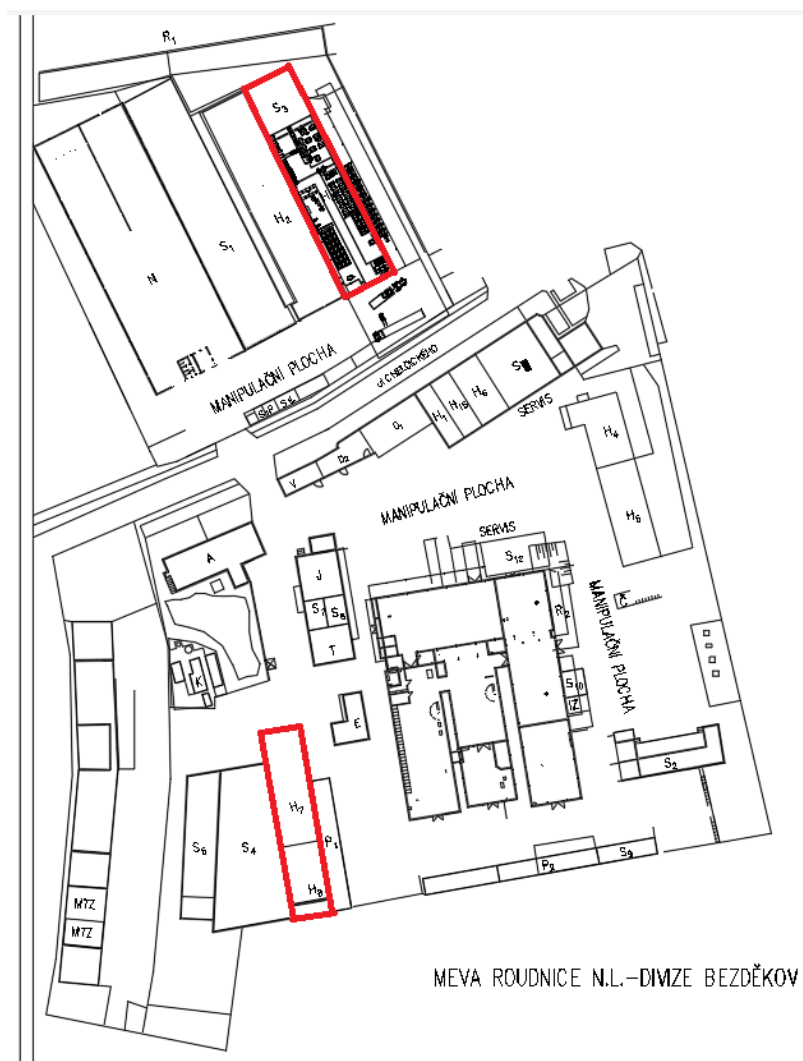
Druhou skupinou jsou takzvané „velké kontejnery“, jenž mají objem 2500-8000 litrů, které mohou být například využívány v obchodních centrech, průmyslových zónách, u čerpacích stanic, rekreačních oblastech, sportovních areálech apod. Pro zákazníky je možné provádět modifikace na kontejneru co se koleček, víka apod. týče.

Poslední skupinou jsou tzv. „speciální kontejnery“, tudíž kontejnery na specifické účely jako např. podzemní kontejnery, kontejnery na zpětný odběr, elektroniku, textil apod., které jsou často odolné proti vniknutí a zabezpečené proti převrácení. Pro tento kontejner jsou možné různé typy vybírání a vhozů.

4.4. Výrobní proces

Provoz ve společnosti Meva a.s. v divizi Bezděkov je dvousměnný. Střediska v severní části objektu se soustředí především na výrobu kontejnerů nad 2500 litrů, kontejnerů pro speciální účely a popř. i menších pro vyrovnání vytíženosti jednotlivých středisek. V jižní části jsou vyráběny kontejnery menších rozměrů (660-3300 litrů) a také je zde prováděno lakování všech kontejnerů.

Technologický proces probíhá následovně: Nejprve se z nakoupeného materiálu vytvářejí díly (např. dno kontejneru, víko, trubky, kapsy). Z těchto dílů se následně skládají podsestavy (tělo kontejneru, víko atd.), které se následně povrchově upravují zinkováním. To je prováděno u externího dodavatele sousedícího s objektem v jeho jižní části. V případě potřeby lakování pokračují produkty na lakovací linku nacházející se v jižní části firemního objektu. Po povrchových úpravách projde kontejner očištěním a kontrolou a je následně montován v jedné z montážních hal (zvýrazněné na obrázku 5 – malé kontejnery v jižní části, velké a speciální kontejnery v severní části), po montáži jsou kontejnery skladovány a po určité době expedovány.



Obrázek 6: Rozložení areálu divize Bezděkov se zvýrazněnými pracovišti montáže

5. Definice problémů

Při prvotním setkání s vedením společnosti bylo kromě seznámení nutné získat informace popisující očekávaný výstup spolupráce. Při domluvě s firmou byly poskytnuty informace související s problémem. Vedení podniku následně určilo konkrétní cíle, které je třeba vyřešit a také definovalo podmínky, které požadované řešení musí splňovat. Obecným cílem společnosti byl přesun a spojení montáže veškerých produktů na jednotné místo, tedy jak malých, tak i velkých a speciálních kontejnerů, při již předem definovaných prostorách.

Výstupem této práce by měl být návrh spojení montáže společně s dodržáním společností předem definovaných podmínek a to:

- Sklad pro pozinkované produkty na dvoudenní produkci
- Spojení nového pracoviště montáže s novým pracovištěm lakovny, které firma plánuje vybudovat
- Sklady pro výrobky před a po lakování dostačující na skladování jednodenní produkce
- Sklady hotové výroby na minimálně třídenní produkci (optimálně pětidenní)
- Případné řešení výroby pro minimalizaci zvedání břemen, aby bylo více možné do výroby zapojit ženy

Rozhodnutí firmy o optimalizaci montáže má mnoho faktorů. Tím asi nejdůležitějším je fakt, že obě aktuální montážní pracoviště mají přetížené sklady a často tak produkty ať už před nebo po montáži jsou v prostorech, které nejsou určené k těmto účelům. Dalším faktorem je, že objekt divize Bezděkov je rozdělen poměrně frekventovanou cestou, což znamená, že velké a speciální kontejnery musí při přesunu např. na zinkování nebo lakování překonávat tuto překážku. To může často způsobit poměrně značné plýtvání a také redukovat výslednou kvalitu produktů.

Při rozhodování je důležité vycházet z aktuálních nebo alespoň stále relevantních dat. Pro tvorbu řešení bylo postupováno z přístupu DMAIC, kde jako vstupy byly využity informace poskytnuté vedením firmy, popř. data, která byla naměřena a získána návštěvami společnosti, a to například:

- Výrobní postupy (strukturované kusovníky)
- Historická data o zakázkách
- Pozorování výroby
- Měření ve výrobě
- Budoucí plány firmy

Výrobní postupy mají velké množství dat a také značné množství pracovišť, které je každé označené vlastním číslem. Operace prováděné na pracovištích nejsou přesně definované a často se popisy operací liší mezi jednotlivými strukturovanými kusovníky. Není tak vždy zřejmé, co jaká operace přesně

zahrnuje. Kusovníky také mají pro každý produkt tři úrovně názvů, kdy je tak možné rozeznat, zda se jedná již o montáž finálního produktu na montážní hale. Právě tyto operace patřící do montáže finálního produktu, které nás zajímaly pro účely této práce. Vedení společnosti poskytlo data o výrobních zakázkách kontejnerů z období od 1.8.2021 do 11.10.2021. Tato data byla dále filtrována, aby byla získána pouze data o kontejnerech, na které se tato práce primárně soustředí.

6. Měření

Cílem kroku měření je porozumět aktuálnímu stavu procesu montáže a skladování ve společnosti a získat relevantní data pro další kroky metodiky DMAIC. Pro účely měření byly navštíveny prostory montáže společnosti Meva a.s. Na základě těchto návštěv byly vytvořeny diagramy v kroku měření, které graficky vyobrazují procesy a operace související s montáží probíhající v podniku. Byly také naměřena data, která jsou využita pro ověření relevance dat z výrobních postupů poskytnutých firmou. První krok v rámci měření bylo zpracování dat výrobních zakázek společnosti a určení produktů, na které se bude práce v dalších částech soustředit.

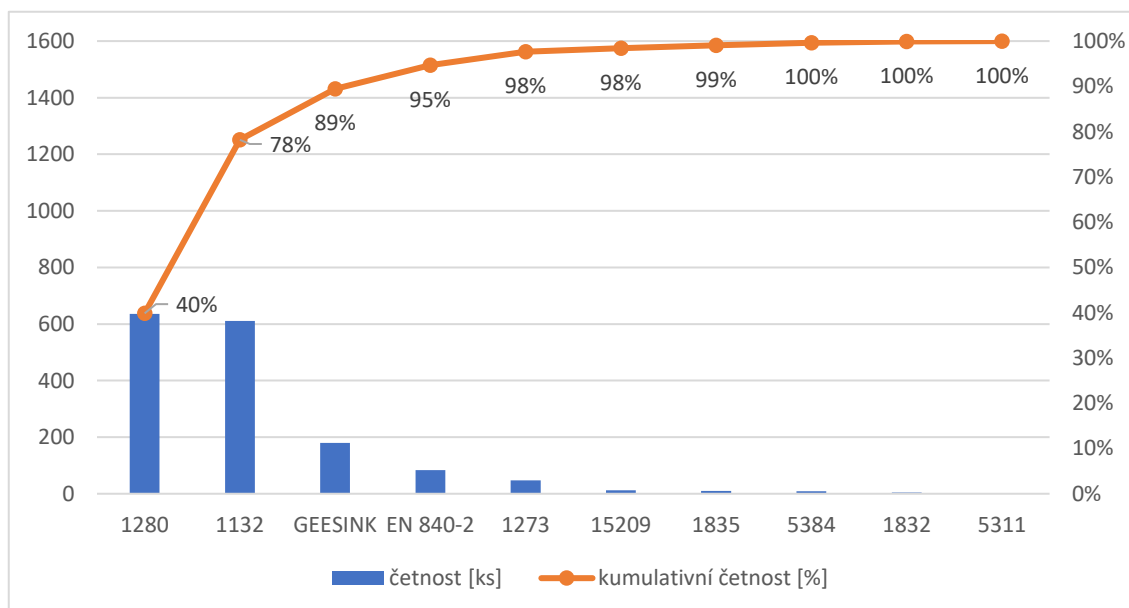
6.1. Rozdělení produktů do skupin

Pro další postup bylo nutné si výrobky seskupit podle jejich příbuznosti, aby bylo možné soustředit se na ty nejdůležitější produkty. Výrobní postupy byly od společnosti dodány přibližně k deseti produktům, které jsou pro společnost nejrelevantnější. Produkty jsou rozděleny do skupin podle jejich podobnosti sledů operací a také podle mezinárodních standardů (např. EN 840-2) viz. tabulka 3. Jako data pro počty vyrobených kusů za měsíc byla použita data z přehledu výrobních zakázek, ze kterých byly vyfiltrovány nekontejnerové výrobky a následně byly přepočteny na jednoměsíční produkci.

označení skupiny	výrobky ve skupině	počet ks za měsíc
1280	1280;1282;1283	635
1132	1132	611
GEESINK	1330;1331;1332;1333;1334	180
EN 840-2	1101;1106;1107;1116	83
1273	1273	47
15209	15208;15209	12
1835	1835;1845	10
5384	5384	9
1832	1832;1842	4
5311	5311	2

Tabulka 3: Rozdělení kontejnerů do skupin. Zdroj: autor na základě dat poskytnutých společností.

Následně byla data vytřízená z přehledu zakázek uspořádána podle velikostí jednotlivých skupin a byla vložena do Paretova diagramu, který pomáhá identifikovat skupiny výrobků, na které by se mělo zaměřit soustředění práce.



Obrázek 7: Paretův diagram pro množství výrobků v jednotlivých skupinách

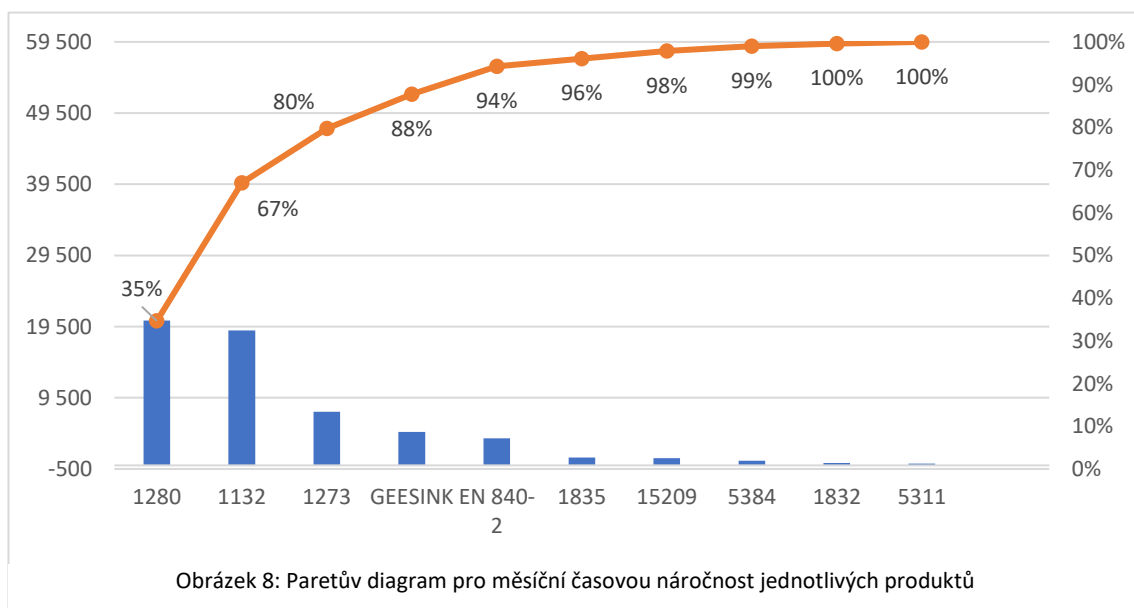
Podle Paretovy analýzy by se soustředění práce mělo nejvíce zaměřit na skupiny 1280, 1132 a GEESINK (1330-1334), protože tyto skupiny dohromady tvoří více než 80 % všech zkoumaných skupin viz. obrázek 6.

Protože jednotlivé kontejnery mají velmi rozdílné časové náročnosti, co se montáže týče, bylo provedena ještě Paretova analýza pro časovou náročnost jednotlivých skupin. Očekávání bylo, že závěry z druhé Paretovy analýzy budou velmi podobné jako ty z první Paretovy analýzy.

označení skupiny	výrobky ve skupině	časová náročnost na kus [min]	měsíční časová náročnost [min/měsíc]
1280	1280;1282;1283	32	20 336
1132	1132	31	18 954
1273	1273	160	7 520
GEESINK	1330;1331;1332;1333;1334	26	4 680
EN 840-2	1101;1106;1107;1116	46	3 818
1835	1835;1845	109	1 090
15209	15208;15209	85	1 020
5384	5384	72	669
1832	1832;1842	82	346
5311	5311	146	247

Tabulka 4: Skupiny kontejnerů podle jejich celkové měsíční časové náročnosti

Po přepočtení dat na celkové časové náročnosti byla data znovu aplikována v Paretově diagramu viz. obrázek 7.

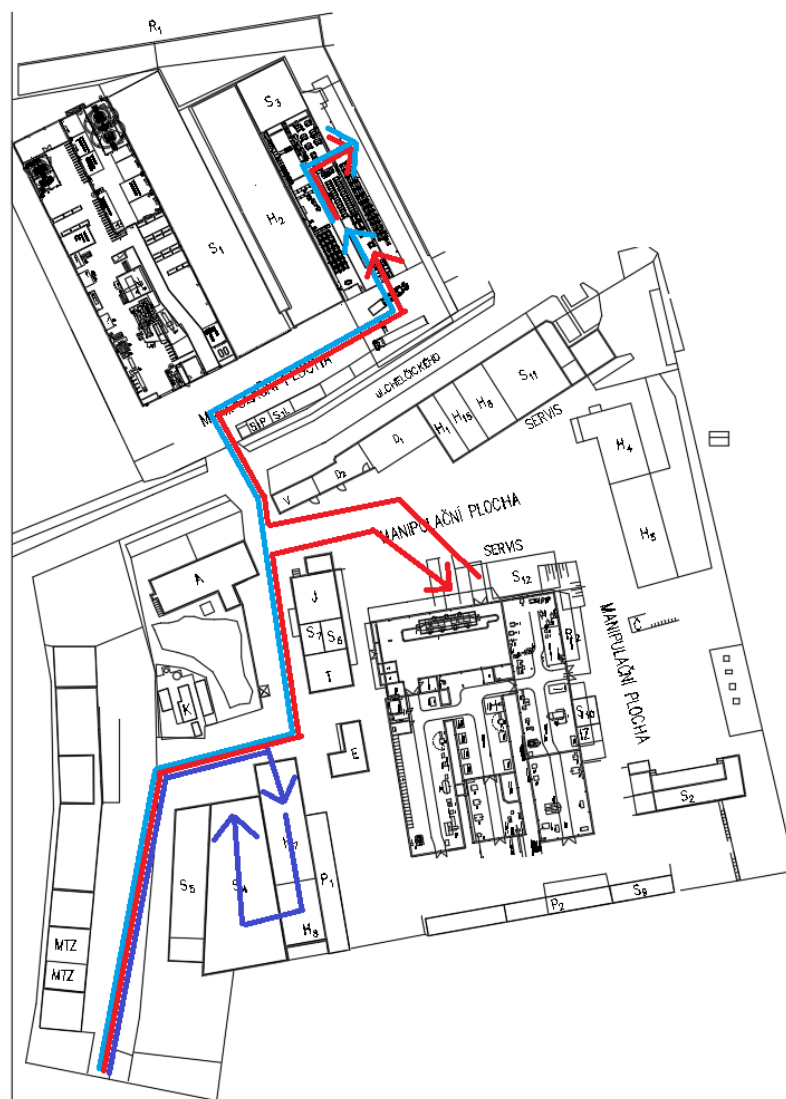


Obrázek 8: Paretoův diagram pro měsíční časovou náročnost jednotlivých produktů

Znovu z Paretovy analýzy lze pozorovat podobné výsledky s jedním velkým rozdílem, že zde je 80 % celkového času stráveného montáží tvořeno výrobky 1280, 1132 a 1273. Výrobní skupina 1273 je co se celkové časové náročnosti jednou z důležitých skupin kvůli času potřebnému na výrobu jednoho tohoto produktu. Bylo tedy rozhodnuto, že pro další kroky, především potom návrhová část, bude klást větší důraz na produkty skupin 1280, 1132, 1273 a GEESINK.

6.2. Transport materiálu na montážní haly

Při návštěvě objektu bylo zřejmé, že vysokozdvizné vozíky musí překonávat poměrně dlouhou vzdálenost. Pro přezkoumání vzdáleností, které musí překonávat operátoři s vysokozdviznými vozíky byla sestrojena mapa toků hlavního materiálu – těl kontejnerů (obrázek 8). Na ní lze vidět cesty pro jednotlivé typy kontejnerů: malé kontejnery (tmavě modrá), velké kontejnery (světle modrá) a speciální kontejnery (červená).



Obrázek 9: Tok hlavního materiálu pro malé kontejnery (tmavě modrá), velké kontejnery (modrá) a speciální kontejnery (červená) v rámci montáže

Podle výkresů objektu poskytnutých vedením společnosti byla stanovena přibližná vzdálenost, kterou jednotlivé kontejnery překonávají při převozu na určené středisko montáže viz. tabulka 5.

Typ kontejneru	Vzdálenost ze zinkovny na halu montáže
malé	170 m
velké	300 m
speciální	380 m

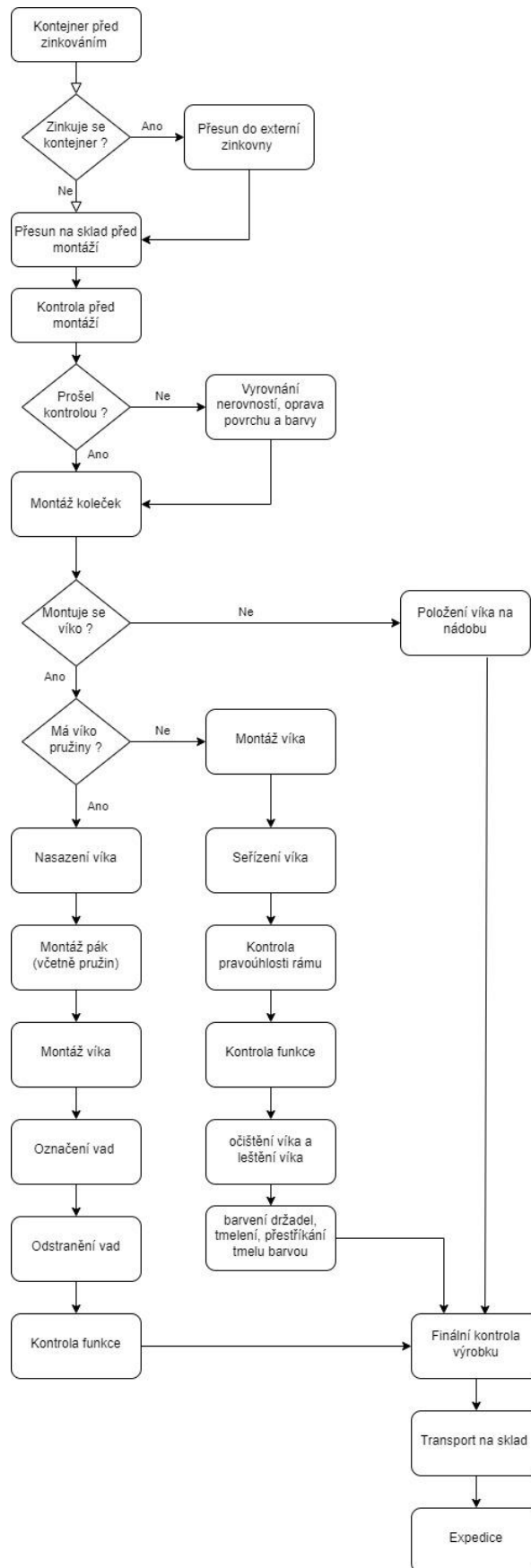
Tabulka 5: vzdálenosti pro vysokozdvizné vozíky mezi bránou do zinkovny a halou montáže

Je možné vidět, že vzdálenosti, které musí kontejnery naložené na vysokozdvizné vozíky překonat jsou poměrně značné. Pro velké a speciální kontejnery navíc musí operátoři navíc přejíždět veřejnou silnici, což je nebezpečí

pro ně i pro výrobky. Speciální kontejnery jsou většinou před montáží ještě lakovány, proto je jejich cesta ze zinkovny ještě delší. To bude zvaženo v návrhové části, kde bude snahou této práce navrhnout takový layout, aby lakovna byla blízko montážní lince pro speciální kontejnery.

Proces montáže kontejnerů

Kontejnery během montáže prochází několika operacemi, které jsou pro malé kontejnery naznačeny i ve vývojovém diagramu na obrázku 9. Malé kontejnery téměř vždy prochází operacemi: montáž koleček, vyrovnání nerovností, montáž víka a kontrola kontejnerů, z čehož práce vychází i při nastavování linky pro malé kontejnery. U velkých kontejnerů je proces často velmi podobný, s rozdílem, že některé operace jsou časově značně náročnější z důvodu rozměrnosti výrobků. U kontejnerů speciálních se montážní operace velmi liší podle účelu, kterému je vyráběný kontejner využíván (např. textil, elektroodpad apod.)



Obrázek 10: Vývojový diagram pro proces výroby „malých“ kontejnerů

Value Stream Mapping

Mapování hodnotových toků je zaměřeno na montáž kontejnerů 1132 a 1280, což jsou dva nejčastěji vyráběné malé kontejnery. Montáž těchto kontejnerů je prováděna ve středisku 2820, kde je prováděna montáž všech malých kontejnerů. Tvorba VSM byla založena na datech poskytnutých společností (výrobních postupech) a vlastním pozorováním a měřením na místě montáže. Průchod materiálu pracovištěm startuje dovezením materiálu operátorem na pracoviště, který na toto pracoviště ve většině případů přichází z pozinkování. Pozinkování kontejnerů je poskytováno externím dodavatelem v sousedním objektu v jižní části. V mapě jsou uvedeny pouze operace, jejichž časová náročnost je větší než jedna minuta. Po provedení montáže pokračují kontejnery po vlastních kolečkách na mezisklad, kde jsou odmaštěny a také je na nich provedena finální kontrola. Odtud následně kontejnery pokračují na sklad hotové výroby, kde jsou připraveny na expedici. Provoz skladu je omezenou pouze na osm hodin, jelikož personál je zde pouze na ranní směnu. Proto v podniku existuje mezisklad, kde se během odpolední směny hromadí hotové produkty.

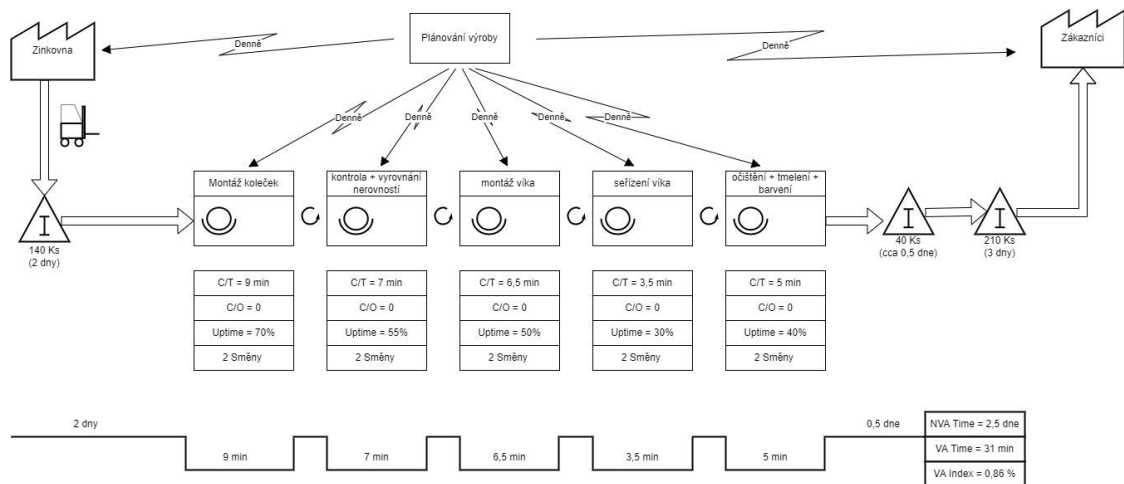
Pro všechny operace je v diagramu na obrázku 10 uvedeno:

C/T – Doba cyklu, která je založená na výrobních postupech

C/O – Čas přetypování

Uptime – doba provozuschopnosti – stanovena z počtu pracovníků na pracovišti a časové náročnosti jednotlivých operací

Směnnost jednotlivých pracovišť – použita na základě slovního popisu vedoucího technické přípravy výroby



Obrázek 11: Value Stream Mapping pro současný stav. Zdroj: Autor

Na základě součtu časů nepřidávajících hodnotu (NVA) a časů přidávajících hodnotu (VA) byl stanoven VA index, který má hodnotu 0,86 % pro výrobu malých kontejnerů.

6.3. Středisko 2840

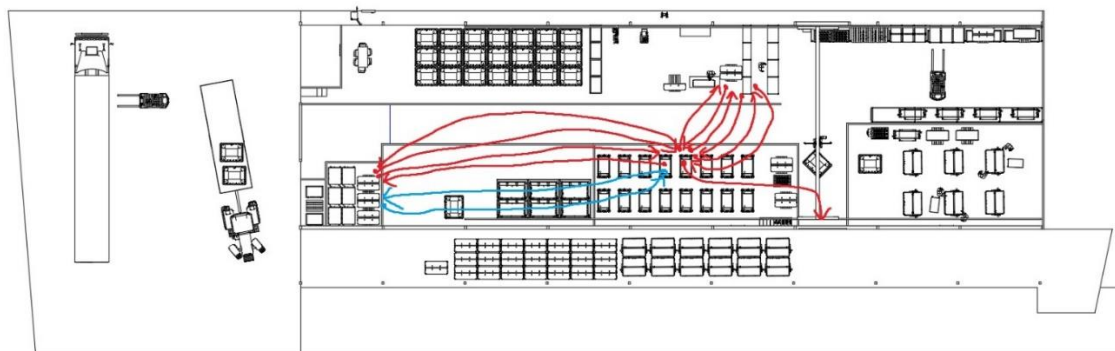
Středisko 2840, které je situované v severní části objektu, se soustředí především na výrobu velkých a speciálních kontejnerů, tedy kontejnerů nad 2500 litrů a kontejnerů např. na textil. Ze skupin definovaných v kapitole 6.1. tudy prochází především výrobky patřící do skupin 1273, 1832 (1842), 1835 (1845) a 15209. Je pro ně typické, že jejich výroba je časově náročnější než pro výrobky ve středisku 2820.



Obrázek 12: Montážní hala střediska 2840; Zdroj: autor

Na pracovišti obvykle jsou každou směnu tři až čtyři pracovníci, kteří spolu často spolupracují kvůli náročnosti některých operací (např. pro sklopení kontejnerů). Těla kontejnerů si pracovníci rozmístí na pracovní plochu s rozestupy pro manipulaci s nástroji a pohyb a následně si postupně donášejí potřebný materiál a nástroje pro jednotlivé operace k jednotlivým kontejnerům. Např. pro montáž koleček si postupně z krabice roznesou kolečka a montážní prvky k jednotlivým kontejnerům a následně s akumulacím šroubovákem obchází jednotlivé kontejnery a provádí samotnou montáž jednotlivých koleček. Operace, které nevyžadují kooperaci, provádí pracovníci samostatně ve stejnou dobu, aby operace vyžadující kooperaci nenarušovaly jejich práci.

Pohyb pracovníka při výrobě jednoho kontejneru (červeně) a asistenci druhého pracovníka (modře) je vizualizován na spaghetti diagramu na obrázku 12. Je zřejmé, že pracovníci na pracovišti pro výrobu jednoho kontejneru stráví značnou část času chozením pro materiál, popř. nástroje. Podle našeho měření ujdou pracovníci pro výrobu jednoho velkého kontejneru kolem 200 metrů, což odpovídá přibližně třem minutám. Toto plýtvání je zhoršeno nedostupností skladových prostor, kdy pracovníci musí často po montáži kontejneru odvézt dále než na jejich určené místo.



Obrázek 13: Vizualizace pohybů na pracovišti 2840 pro výrobek 1273; Zdroj: Autor

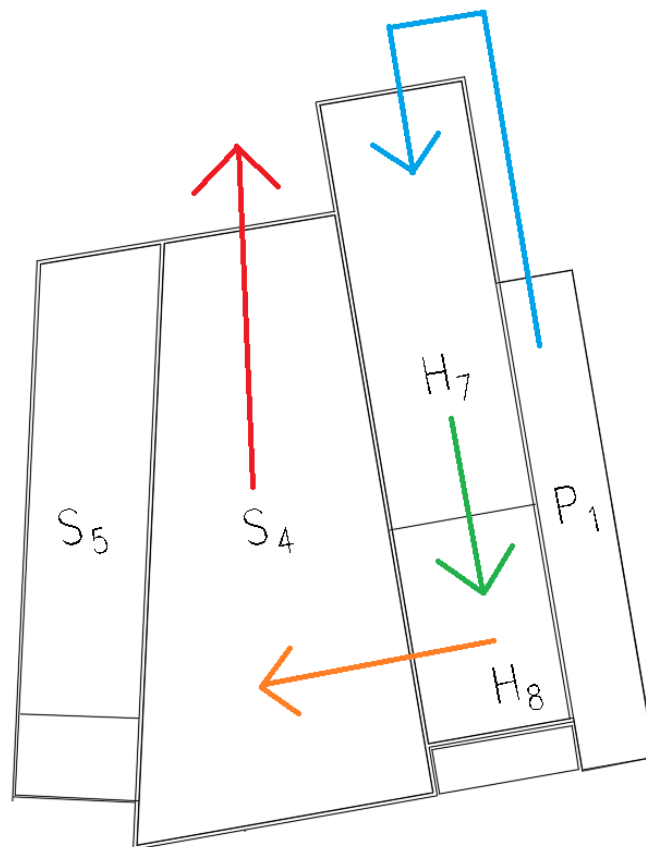
6.4. Středisko 2820

Druhé montážní pracoviště patří pod středisko 2820 a nachází se v jižní části objektu společnosti a soustředí se především na montáž malých kontejnerů, což jsou kontejnery do objemu 3300 litrů. Ze skupin definovaných v kapitole 6.1. tudy prochází především produkty ze skupin 1280, 1132, GEESINK (1330-1334) a EN 840-2 (1101-1116). Tyto produkty jsou časově méně náročné na montáž a obvykle jsou smontovány za přibližně 30 minut. Na pracovišti v době návštěvy podniku byli vždy čtyři pracovníci, na které dohlížel mistr dílny. V případě menších kontejnerů je kolaborace mezi pracovníky potřebná méně, a tak často pracují nezávisle na ostatních. Oproti velkým kontejnerům, kdy se v jednu dobu pracuje na velkém množství kontejnerů, pracují v případě malých kontejnerů pracovníci častěji každý na jednom kontejneru. To sice eliminuje přechody pracovníku mezi kontejnery, ale stále musí chodit pro materiál a nástroje potřebné na montáž každého kontejneru.

Většina materiálu je skladována pod přístřeškem (P1) poblíž haly montáže. Odtud jsou produkty převezeny do haly montáže kontejnerů II. (H7) (modrá šipka), kde je provedena kompletní montáž kontejnerů. Ta zahrnuje hlavně očištění a rozměrovou kontrolu, montáž koleček, montáž víka, a nakonec kontrolu funkce. V případě některých kontejnerů se víka nemontují a kontejnery jsou zákazníkům dodávány bez vík a víka jsou montována až na místě z důvodu efektivního naplnění kamionu (např. u kontejneru 1832). Odtud je následně

pracovníci montáže převezou do zařízení pro odmaštění (zeleně), kde je provedena finální kontrola a úprava kontejneru. Dále jsou potom kontejnery odvezeny do skladu hotové výroby (oranžově), kde je většina kontejnerů skládána na sebe. Nakonec jsou kontejnery nakládány do kamionů (červeně), přičemž zde není žádná rampa, takže je operace značně časově náročnější.

Pohyb pracovníků na této hale spočívá především v přinášení materiálu a nástrojů na vlastní pracovní plochu, jejich následné uklizení a přinesení nástrojů a materiálu pro další operaci. Dalším pohybem je potom transport kontejnerů na mezisklad.



Obrázek 14: Tok materiálu na montážní hale pro malé kontejnery; Zdroj: autor

Ověření validity poskytnutých dat

V době návštěvy podniku byly vyráběny síťové kontejnery 1232SPEC01A a speciální kontejnery na textil 15209. Pro ověření dat poskytnutých společností byl využit síťový kontejner, jelikož bylo možné za jeden den vidět všechny

operace potřebné pro jeho montáž. Pro síťový kontejner 1232SPEC01A bylo provedeno měření časové náročnosti jednotlivých operací a naměřená data byla porovnána s daty poskytnutými vedením společnosti pro kontrolu jejich použitelnosti pro účely této práce. Do tabulky na pracovišti naměřených dat jsou zanesena data z měření a je rozlišeno, zda daná operaci přidává nebo nepřidává hodnotu. Operace, které hodnotu nepřidávají, by měly být v rámci optimalizace, pokud možno eliminovány, popř. redukovány. Chůze pro materiál/nástroje je rozprostřena mezi operacemi. Uvedena je v jedné operaci z důvodu přehlednosti.

Operace	čas [min]	VA/NVA
Prvotní čištění kontejneru	0,4	VA
Montáž koleček	6	VA
Navrtání děr	0,5	VA
Očištění/zarovnání kontejneru	2	VA
Nýtování štítků	1,5	VA
Čištění kontejneru	11	VA
Čištění dveří	1,5	VA
Montáž dveří – mazání	4	VA
Chůze pro materiál/nástroje*	1,5	NVA
Transport	2	NVA
SUMA	30,4	-

Tabulka 6: časová náročnost jednotlivých operací na základě vlastního měření (* Cesty pro materiál/nástroje probíhají mezi jednotlivými operacemi – pro zjednodušení jsou sjednoceny)

Operace	čas [min]
kontrola rozměrů přes čepy +štítek	6,65
BARVA oprava +montáž koleček +STOHOVAT	27,08
Finální kontrola dle NAVOD09863/1	0,00
Transport	2,14
SUMA	35,87

Tabulka 7: časová náročnost jednotlivých operací na základě pracovního postupu. Zdroj: autor na základě informací poskytnutých vedením společnosti

Na základě porovnání měření zaznamenaného v tabulce 6 a délek operací ve výrobních postupech v tabulce 7 a následné konzultace s vedením společnosti bylo rozhodnuto využívat časy uvedené v pracovních postupech, jelikož jsou velmi blízké datům naměřeným na pracovišti a je tak možné pokrýt větší množství kontejnerů, než by jinak bylo možné naměřit a zařadit do práce.

7. Analýza

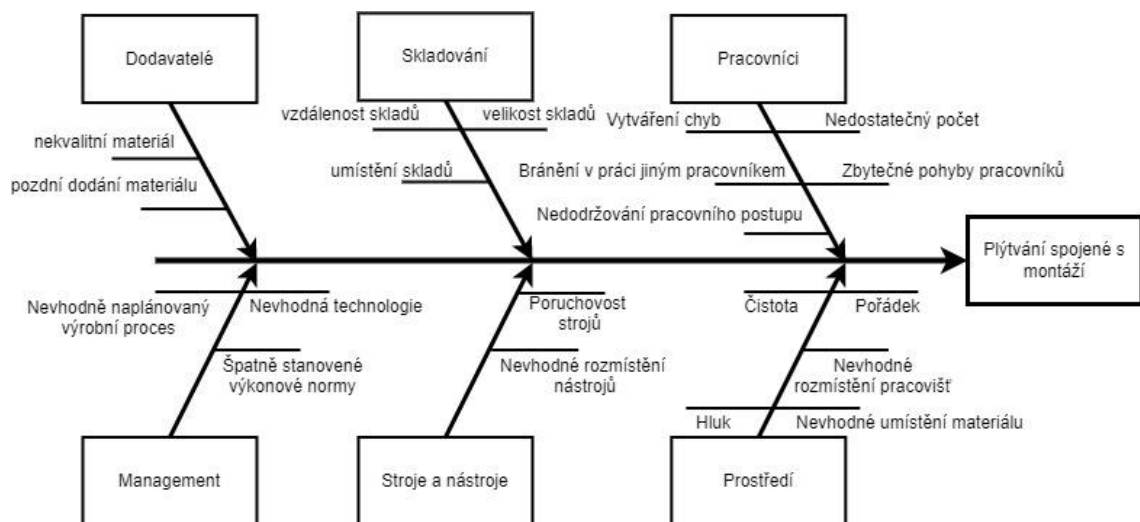
Už při měření si bylo možné povšimnout mnohých zdrojů plýtvání. První zdroj plýtvání je extrémně dlouhá vzdálenost, kterou musí operátoři s vysokozdvihnými vozíky překonávat při převážení primárního materiálu (těl kontejnerů). Při této cestě musí překonávat i veřejnou komunikaci, což může způsobit další nečekané prodlevy v případě silnějšího provozu a také se zamezí možnému poškození při přepravě výrobku. Problém je způsoben nevhodným rozložením pracovišť, kdy pracoviště, která následují po pozinkování u externího dodavatele za jižní hranicí podniku, jsou pro velké kontejnery v severní části objektu.

Dalšími zdroji plýtvání, vztahujícími se již k samotným pracovištím, jsou nadbytečné pohyby a činnosti nepřidávající hodnotu např. chůze pro materiál a nástroje, hledání materiálu, popř. nástrojů. Tento zdroj plýtvání je způsoben nedostatečně organizovaným a systematizovaným pracovištěm, kdy např. na hale montáže II. (středisko 2820) nemá většina materiálu ani nástrojů své určené místo, a tak je pracovníci musí déle hledat. Mimo nedostatečné organizace je nadbytečná chůze způsobena také faktem, že pracovníci provádí všechny operace na jednom místě, a tak je všechny pohyb, který by mohly vykonávat kontejnery převeden právě na pracovníky, což plýtvá časem. Podle pozorování montáže byly určeny pohyby pracovníků na obou pracovištích, kdy pracovníci provádějící montáž malých kontejnerů průměrně na montáž jednoho kontejneru ujdou přibližně 100 metrů, což trvá přibližně 1,5 minuty a pracovníci montující velké kontejnery přibližně 200 metrů, což odpovídá přibližně třem minutám.

Zdrojem plýtvání, který naleznete spíše na pracovišti pro velké a speciální kontejnery, je čekání. Některé operace vyžadují spolupráci dvou pracovníků, tudíž jeden čeká na druhého jako např. překlopení kontejneru. Pracoviště je vybaveno nástroji pro pomoc alespoň s některými z těchto činností, nejsou však příliš využívány. To vypovídá o tom, že stropní manipulátor není na tyto operace příliš vhodný a časově náročný, a tak pracovníci provádí veškeré operace raději ručně.

Posledním, ale asi největším sledovaným zdrojem plýtvání, jsou nedostatečné skladové prostory. Není dostatek prostoru pro materiál, rozpracovaný produkt ani pro hotovou výrobu. To způsobuje umístění subjektu do jiného prostoru, což redukuje prostor, který je určený pro jiné účely, což způsobuje další problémy. Produkt by měl mít v každé fázi montáže své fixní místo, čímž by se omezila doba potřebná pro manipulaci a zamezilo by se často strávenému hledáním materiálu.

Na základě návštěv podniku a konverzaci s vedením společnosti byl vytvořen diagram příčin a následků (Ishikawův diagram) pro oblast montáže v podniku.



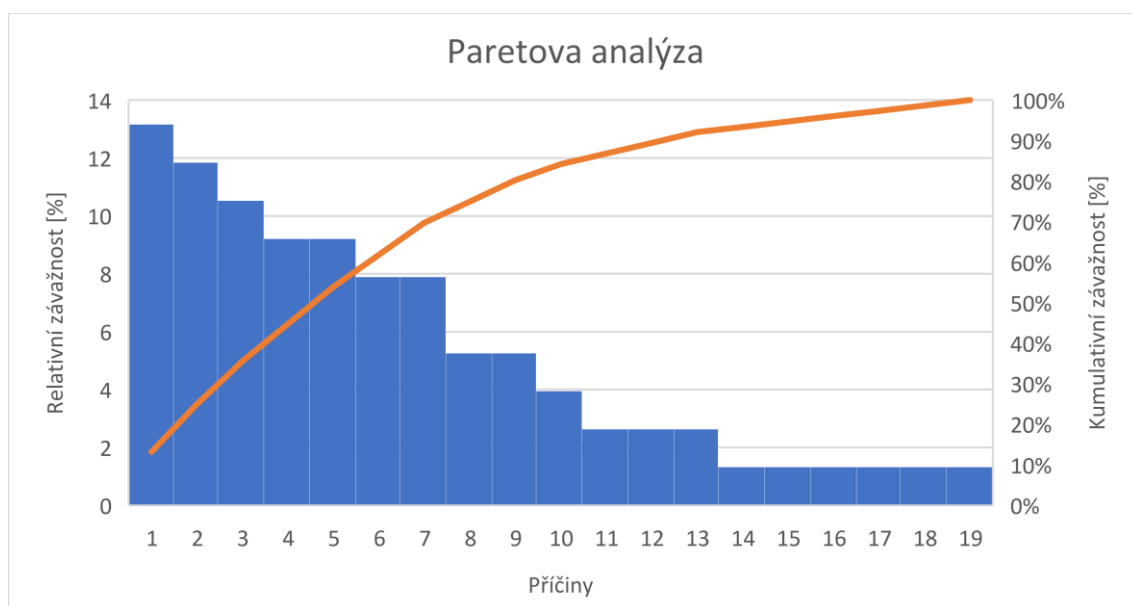
Obrázek 15: Ishikawův diagram pro zdroje plýtvání související s montáží; Zdroj: Autor

Pro identifikaci klíčových příčin byly stanoveny závažnosti jednotlivých příčin na základě návštěvy podniku a pozorování montáže.

	Příčiny	závažnost	relativní závažnost [%]	kumulativní relativní závažnost [%]
1	Velikost skladů	10	13,16	13,16
2	Zbytečné pohyby pracovníků	9	11,84	25,00
3	Umístění skladů	8	10,53	35,53
4	Vzdálenost skladů	7	9,21	44,74
5	Nevhodné umístění materiálu	7	9,21	53,95
6	Pořádek	6	7,89	61,84
7	Nevhodné rozmístění nástrojů	6	7,89	69,74
8	Bránění v práci jiným pracovníkem	4	5,26	75,00
9	Nevhodné rozmístění pracovišť	4	5,26	80,26
10	Nevhodně naplánovaný výrobní proces	3	3,95	84,21
11	Vytváření chyb	2	2,63	86,84
12	Čistota	2	2,63	89,47
13	Špatně stanovené výkonové normy	2	2,63	92,11
14	nekvalitní/pozdní materiál	1	1,32	93,42
15	Nedostatečný počet	1	1,32	94,74
16	Nedodržování pracovního postupu	1	1,32	96,05
17	Hluk	1	1,32	97,37
18	Poruchovost strojů	1	1,32	98,68
19	Nevhodná technologie	1	1,32	100,00

Tabulka 8: Určení relativních a kumulativních závažností

Následným krokem pro identifikaci oblastí pro optimalizaci bylo použití Paretova pravidla, které efektivně vytřídí příčiny, kterým stojí za to věnovat čas od těch, kde by očekávaná návratnost časové, popř. finanční investice byla značně nižší.



Obrázek 16: Paretova analýza pro možné příčiny plýtvání v oblasti montáže

Z Paretovy analýzy vychází, že by se práce dále měla soustředit především na prvních devět příčin. Pokud se je povede eliminovat, mělo by být dosaženo odstranění 80 % všech následků. V tomto případě se jedná především o příčiny vycházející především z nevyhovujících skladů (vzdálenost, velikost a umístění skladů), layoutů pracovišť montáže (zbytečné pohyby pracovníků, nevhodné umístění pracovišť, materiálu, nevhodné rozmístění nástrojů a bránění v práci jiným pracovníkem) a nedostačujícího systému organizace (pořádek), což jsou příčiny, na které se bude práce dále soustředit.

Problémy se sklady vychází především z nedostatečné kapacity, kdy je poměrně časté, že musí materiál nebo hotové výrobky být umístěny na plochu, která jim není určena. To způsobuje např. plýtvání při hledání materiálu a při transportu materiálu nebo hotových výrobků, protože pracovník, popř. operátor vozíku musí hledat místo, kam je možné daný subjekt uložit. Skladuje se bohužel i venku, kdy jsou výrobky ohroženy nepříznivým počasím a v případě deště mohou kontejnery zabírat pracovní plochu v některé z hal, což zpomalí, popř. znemožní práci. V podniku díky nedostatečným skladovým kapacitám není možné udržet systém, kde by materiál/výrobky měly své určené (fixní) místo.

Nevhodné umístění pracovišť vyjadřuje, že těla kontejnerů musí na vozících být převážena příliš dlouhou vzdálenost. Pracoviště, kam se materiál vozí jsou totiž

v případě velkých a speciálních kontejnerů na druhé straně silnice, než je předchozí operace, kterou je pozinkování kontejnerů zajištěné externím dodavatelem.

Nevhodné layouty pracovišť způsobují, že pracovníci musí více chodit mezi svým pracovištěm a materiálem nebo nástroji. Vychází to z faktu, že na montážních halách se nehýbou těla kontejnerů, ale vždy člověk. Mohou také způsobit, že pracovníci méně často vrací nástroje, díky čemuž je následně další pracovníci hledají. To je ostatně poslední kategorie identifikovaných příčin, kterou je pořádek, kdy na montážních halách pracovníci často nevrací nástroje na určená místa, popř. nástroje ani nemají žádná místa určená.

7.1. Středisko 2840

Plýtvání na hale 2840 na základě měření způsobují:

- Nadbytečné pohyby – pracovníci si musí materiál vždy přinést k jednotlivým kontejnerům, než s ním mohou pracovat a stráví tím značnou část pracovní doby. Při některých operacích si musí pomáhat, což znamená že musí opustit své pracovní stanoviště a přesunout se na pracoviště druhého pracovníka montáže a po provedení práce se vrátit na své místo.
- Příliš velké zásoby/nedostatek skladových prostor – způsobuje, že mnoho materiálu i produktů se nenachází na místě, které je jim určené, proto je potřeba více času pro transport materiálu na a z pracovišť. Dále znemožňuje implementovat systém, pomocí kterého by všechny subjekty měly určené místo a všichni pracovníci by vždy věděli, kde je hledat.
- Na hale se nachází velká platforma na montáž podzemních kontejnerů, která se využívá zřídka, a tak většinu doby zabírá místo a kvůli ní musí pracovníci chodit delší trasy pro materiál a nástroje.

- Čekání na další pracovníky – jelikož některé operace vyžadují kooperaci, je možné, že jeden z pracovníků musí na druhého čekat, na dokončení aktuální operace.

Mnoho produktů je tedy skladováno mimo zastřešené prostory, což může ve výsledku způsobit snížení kvality produktů.



Obrázek 17: Hotové produkty uskladněné před montážní halou střediska 2840; Zdroj: autor

V prostřední části haly je platforma na montáž podzemních kontejnerů zabírající přibližně třicet metrů čtverečních. Její umístění způsobuje, že všechny cesty pro materiál jsou zbytečně delší, jelikož ji pracovníci musí obcházet.



Obrázek 18: Montážní platforma na montážní hale střediska 2840; Zdroj: autor

7.2. Středisko 2820

Plýtvání na hale montáže kontejnerů II. Na základě měření vychází především z:

- Transportu materiálu – pracovníci si musí materiál vždy přinést k jednotlivým kontejnerům a i přesto, že materiál je na této hale většinou blíže než na montážní hale střediska 2840, zabírá to stále zbytečný čas. Z pozorování montáže tvoří transport materiálu až 20 % pracovní doby.
- Hledání materiálu – na pracovišti není jasně daný prostor pro jednotlivý materiál, a tak při přípravě k jednotlivým krokům musí pracovníci materiál hledat. Nejasně zadané umístění materiálu také způsobuje, že je mnohem složitější sledovat množství materiálu, které je k dispozici a může mít za následek pozdní dodání materiálu, a tak zpomalení výroby.

Na dílně najdete mnoho materiálu (např. spojovacích prvků) neoznačeného v krabicích (viz. obrázek 18), takže pracovníci stráví hledáním potřebného materiálu více času, než je nutné. Nástroje na dílně nemají určená místa, popř. nejsou označená (viz. obrázek 19.), takže je běžné, že některý z pracovníků hledá specifický nástroj.



Obrázek 19: Police s neoznačeným materiálem; Zdroj: autor

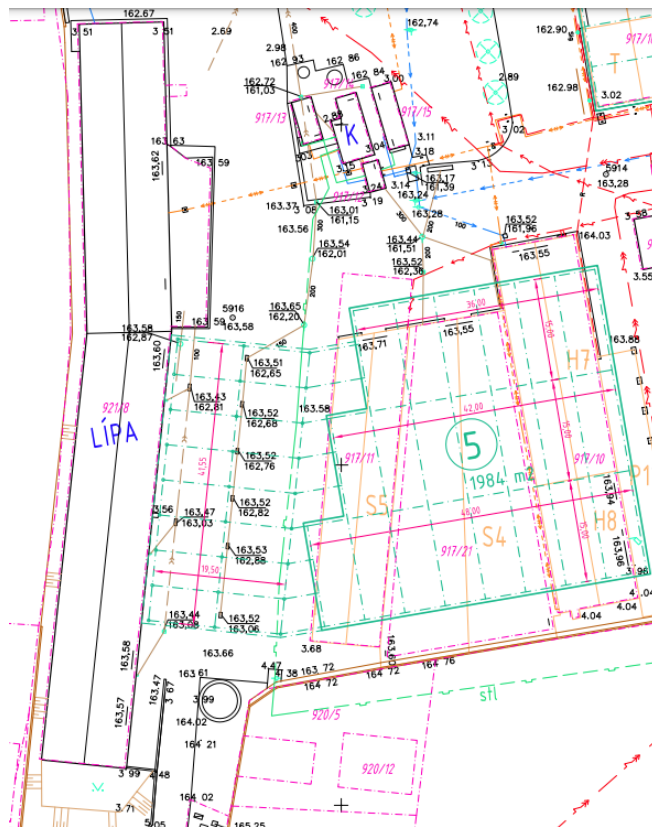


Obrázek 20: Nástroje a materiál na neurčených místech; Zdroj: autor

8. Návrh řešení

Analýza montážních hal nastínila, že největším problémem je nedostatek skladových prostor a jejich umístění. Z analýzy také vyšlo, že druhým problémem, na který by se práce měla dále zaměřit je nadměrné množství pohybu, které pracovníci musí za směnu vykonat. Vedení společnosti poskytlo návrh rekonstrukce objektu a specifikovalo jaké z budov plánují dedikovat montáži kontejnerů a skladování hotových výrobků. Prostory pro montáž

a skladování se skládají z prostor dnešní montáže malých kontejnerů, skladů hotové výroby, prostor mezi skladem hotové výroby a budovou LÍPA a samotnou budovou LÍPA (viz. obrázek 20). Budova LÍPA neprojde žádnou rekonstrukcí, a tak jsou zde návrhy omezeny její výškou, která není dostatečná např. pro účely lakovny, pro jiné účely by však měla její výška být dostačující. Úkolem návrhové části je vytvořit plán pracovišť lakování, montáže a skladování produktů na této ploše s ohledem na tok materiálu, potřebnou výrobní kapacitu a kapacity skladů.



Obrázek 21: Navrhované prostory pro montáž; Zdroj: vedení společnosti Meva a.s.

Problémem, jehož řešení bylo nutné si ujasnit nejdříve, byl přesun jednotlivých kontejnerů v rámci pracoviště, jelikož cílem bylo vytvořit taková pracoviště, aby pohyb pracovníků byl nahrazen pohybem materiálu (těl kontejnerů). Z řešení, která byla navržena, bylo rozhodnuto dále pokračovat se dvěma z nich, a to:

- 1) Dva podlahové pásy (jeden pro malé kontejnery, jeden pro velké a speciální kontejnery)
- 2) Na míru vyrobená svařená vozítka (jeden typ pro malé kontejnery, jeden typ pro velké a jeden typ pro speciální kontejnery)

3) Kombinace prvních dvou přístupů

Jelikož všechny malé kontejnery z hlavní nabídky společnosti mají kolečka, je poměrně zbytečné, aby pracoviště pro malé kontejnery mělo pás, který by byl využíván pouze pro přesun kontejnerů ze skladu na první pracoviště zaměřené na montáž koleček. Proto se všechny návrhy soustředí na pracoviště malých kontejnerů využívající vozítka, která jsou ekonomičtější, co se pořizovacích nákladů týče, jelikož společnost má nástroje na jejich vlastnoruční výrobu a mohou zajistit větší flexibilitu v oblasti nakládání kontejnerů na vozítka/pás. Byly tedy vypracovány návrhy zaměřující se na přesun pomocí vozítek v oblasti malých kontejnerů a na přesun pomocí pásů i vozítek v oblasti velkých a speciálních kontejnerů.

Mimo montážních pracovišť by měl návrh celé části objektu pro montáž a skladování zahrnovat lakovnu, která je využívána především pro speciální kontejnery. Proto by měla být umístěna v blízkosti pracoviště zaměřeného na montáž těchto kontejnerů, aby tyto kontejnery nebyly dále zbytečně přesouvány. Lakovna vyžaduje ve své blízkosti dva sklady, a to sklad výrobky putující do lakovny a sklad na výrobky putující z lakovny. Oba tyto sklady by měly pojmout jednodenní výrobu procházející lakovnou. Sklady na pozinkované výrobky by měly být co nejbližší jižní části, kde je cesta vedoucí do partnerské firmy, kde je prováděno pozinkování kontejnerů. Tyto sklady by měly podle požadavků společnosti mít kapacitu na dvoudenní výrobu jednotlivých produktů. Dále potom do objektu bylo nutné zahrnout mezisklad pro hotové výrobky, jelikož skladníci pracují pouze jednu (ranní směnu), proto je potřeba prostor, kde se mohou hromadit produkty vyrobené za alespoň osm hodin, velikost tohoto skladu vycházet z průměrné výroby za 12 hodin. Větší kapacita meziskladu v návrhu není problém, jelikož se předpokládá, že tento mezisklad bude v blízkosti skladu finálních výrobků, a tak může být v případě nouze využit i pro účely skladování hotových výrobků. Nakonec je potřeba ještě sklad pro hotové výrobky, který musí dle zadání společnosti pojmout minimálně tří denní výrobu, optimálně by měl však pojmout pětidenní výrobu. V celém objektu budou

uličky pro průjezd a manipulaci s materiálem a produkty pro vysokozdvizné vozíky, které mají šířku pět metrů.

8.1. Lakovna

Pro lakování bude vystavěna nová lakovna, která by podle vedení společnosti měla rozměrově zabrat přibližně 6x25 metrů, což představuje lakovací linku zahrnující jednotlivé operace související s lakováním. Dále je k lakovně potřeba mít již zmíněné skladové prostory pro pozinkované kontejnery putující na lakovnu a také pro nalakované kontejnery. Nalakované kontejnery podle vedení společnosti musí přibližně jeden den strávit na skladě, než mohou přejít do procesu montáže. Lakovány jsou v dnešní době především speciální kontejnery, a tak bude lakování nastaveno především pro tyto kontejnery. Jednodenní maximální produkce na základě domluvy s vedením společnosti je stanovena podle maximální kapacity lakovny pro kontejner 15209 (15208). Pro tento kontejner by podle výrobních postupů a konverzace s vedením společnosti mělo lakování jednoho kontejneru trvat přibližně 30 minut, což znamená, že za jeden den (16 hodin) je možné nalakovat až 32 kontejnerů. Skladové prostory by měly být na obou koncích lakovací linky, tedy tam kde linka začíná ale i tam kde linka končí. Zde byl v návrzích přidán ještě prostor pro manipulaci s kontejnery pro vysokozdvizné vozíky. Linka by optimálně měla končit co nejbližší začátku linky montáže speciálních kontejnerů, aby bylo zamezeno větším přesunům produktů, a tak i redukcí jejich kvality, což bylo zohledněno také při tvorbě návrhů pracovišť.

8.2. Předmontážní sklady

Malé kontejnery

Dle požadavků společnosti by měl sklad po zinkování pojmout dvoudenní výrobu kontejnerů. Z přehledu zakázek bylo zjištěno, že se denně vyrábí přibližně 70 malých kontejnerů, takže na dvoudenní výrobu bude potřeba sklad s kapacitou

alespoň 140 kontejnerů. Prostor je určován podle největšího, ale zároveň jednoho z nejběžněji vyráběných malých kontejnerů, tedy kontejneru 1132, jehož rozměry jsou 1370x1010x1420 (délka x šířka x výška). Vzhledem k tomu, že kontejnery v této fázi výroby ještě nemají kolečka, tak jsou skladovány na boku. Pro velikosti skladů jsou tedy relevantní vždy výška a dále délka nebo šířka podle druhu výrobku (různé typy kontejnerů leží na kratší/delší straně). Pro velikost skladu se předpokládá, že kontejnery nejdou skladovat na sebe i přesto, že reálně je to u některých typů možné. Prostory by tedy teoreticky měly stačit pro větší množství kontejnerů. Pro propočty prostoru je použit kontejner 1132, jehož délka a výška jsou 1370 mm a 1420 mm. Pro 140 takovýchto kontejnerů s rozestupy 10 až 20 cm mezi jednotlivými kontejnery je potřeba plocha cca 315 m².

Velké kontejnery

Stejně jako je tomu u malých kontejnerů, i u velkých je potřeba navrhnout sklad tak, aby pojmul dvoudenní výrobu. U velkých kontejnerů je v dnešní době denní produkce cca 30 kontejnerů, pro dvoudenní výrobu jsou tedy potřebné sklady navržené alespoň na 60 kontejnerů. Velké kontejnery jsou většinou skladovány na svém dně, takže pro výpočet potřebné velikosti skladu zde budou relevantní jejich šířka a délka, které v případě toho největšího kontejneru jsou 1950x2420 mm. Pro dvoudenní produkci s drobnými rozestupy mezi kontejnery je potřeba plocha přibližně 450 m². V obou skladech budou minimální cesty pro vozítka, vzhledem k tomu, že podle aktuálního způsobu skladování je možné předpokládat, že stejný druh produktů bude vždy vyřazen v jedné linii, takže není potřebný přímý přístup k zadním kontejnerům.

8.3. Montážní linka pro malé kontejnery

Na pracovišti pro malé kontejnery je cílem minimalizovat pohyby pracovníků jak z důvodu ergonomie, tak i důvodu eliminace plýtvání, kdy dle pozorování na pracovišti a odhadů pracovníci stráví až 20 % pracovní doby hledáním nebo

přenášením materiálu. Proto je důležité do montáže zavést způsob převážení materiálu, přičemž budou využity vyrobené vozíky o rozměru 1400x1400 mm, které by měly být dostatečně velké pro všechny malé kontejnery položené na bok. Ty budou ve skladu vozíků, kde na ně budou pracovníci jezdící s vysokozdvíhými vozíky nakládat jednotlivá těla kontejnerů. Z tohoto skladu si vždy pracovník z prvního pracoviště vezme vozík s kontejnerem a převezde si ho na své pracoviště, kde provede montáž koleček. Po provedení operace prázdný vozík vrátí a vezme si vozík s dalším tělem kontejneru.

Pro návrh montážní linky pro „malé“ kontejnery byly jako referenční použity časy operací pro kontejnery 1132 a 1280, jelikož v Paretově analýze bylo zjištěno, že významné změny je možné dosáhnout zaměřením se na tyto kontejnery. Aktuálně se ve společnosti vyrábí přibližně 70 malých kontejnerů denně (za dvě osmihodinové směny), což bude použito pro maximální výrobní takt linky, tak aby pokryla alespoň aktuální výrobu. Aby linka pokryla aktuální poptávku je jí potřeba navrhnout tak, aby měla nižší takt než 14 minut neboli aby nejdelší operace trvala maximálně 14 minut.

Operace	montáž koleček	kontrola + vyrovnání nerovností	montáž víka I.	montáž víka II. + kontrola + odvezení na sklad
čas [min]	9	7	7	6

Tabulka 9: rozdělení operací montáže malých kontejnerů na jednotlivá stanoviště pro čtyři pracovníky

Na základě počtu pracovníků na pracovišti a také podle výrobních postupů pro kontejnery 1132 a 1280 bylo rozhodnuto, že se návrhy budou soustředit na čtyři pracoviště. Pro návrh linky je cílem rozdělit operace do čtyř stanovišť, která budou mít podobnou časovou náročnost, aby byl chod linky co nejplynulejší. Proto pro malé kontejnery bylo zvoleno rozdělení operací na čtyři pracoviště s hlavními operacemi (montáž koleček, kontrola + vyrovnání nerovností, montáž víka I. a montáž víka II. + kontrola + odvezení na sklad) viz. tabulka 9. S tímto rozdělením operací vychází takt linky na devět minut, a tak je možné vyrábět až 106 výrobků denně, což je přibližně 150 % aktuální výroby. Přičemž pokud by

bylo dosaženo redukce doby požadované na montáž koleček pro jeden kontejner pod sedm minut, přeměnila by se montáž malých kontejnerů na proces, který je schopný vyrobit až 137 kontejnerů denně, což vyjadřuje přibližně dvounásobek dnešní produkce. Při měření trvala montáž čtyř koleček pouze šest minut, takže je možné, že nebudou zapotřebí žádné změny, protože taková délka operace je naprosto dostačující. Po případném zavedení změn by bylo vhodné provést vybilancování procesů, aby procesy byly podobně časově náročné. Na lince by neměly být žádné operace výrazně delší nebo kratší než ostatní, aby byl její chod co nejplynulejší a pracovníci na pracovištích nemuseli příliš čekat na předchozí pracoviště. V ideálním stavu by tedy na všech stanovištích byly prováděny operace, které zaberou stejnou dobu.

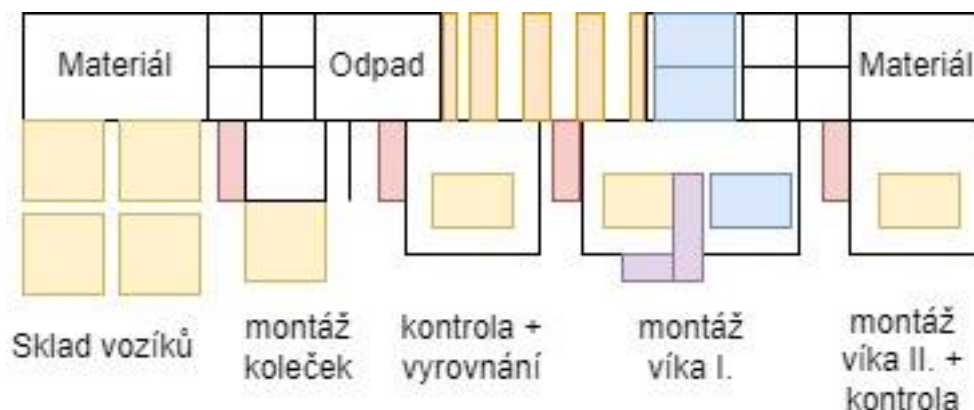


Obrázek 22: Časové náročnosti operací na jednotlivých pracovištích

I přesto je možné provést drobné modifikace jednotlivých pracovišť, které zajistí optimalizaci procesu. Pro první pracoviště soustředící se na montáž koleček by byl přidán montážní stůl, kde by byly krabičky se všemi potřebnými spojovacími prvky (šrouby apod.) a také všechny potřebné nástroje pro provedení montáže, tedy v tomto případě pouze akumulární šroubovák na přišroubování koleček k tělu kontejneru. Po levé straně pracoviště by mohl být drát na uchování většího množství koleček nebo alternativní zařízení pro uchování, popř. podávání menšího množství koleček. První pracoviště by pro možnost zaměstnání žen v montáži mělo mít zařízení pro pomoc pro zvedání

kontejneru jako např. automatický naviják, který by pomohl při zvedání kontejneru z boku na kolečka. Obdobný stůl s materiálem a nástroji potřebnými na operaci by byl u každého pracovního stanoviště. U stanoviště montáže víka I. by byl přidán manipulátor, který by ulehčil fyzickou zátěž na pracovišti, a tak umožnil ve výrobě zaměstnávat i ženy. Zároveň by mohl zkrátit časovou náročnost této operace.

Z druhé strany pracovního prostoru by byl prostor pro materiál a odpad viz. obrázek 22, kdy by pro materiál používaný u více produktů (např. šroubky, kolečka apod.) byl využíván kanban, který by zajistit, aby na pracovišti nebylo příliš zbytečného materiálu a pro materiál využívaný pouze v případě konkrétního produktu by zde byl materiál pouze pro danou sérii, popř. i jenom jeho část. Zbytek by byl umístěný ve větším skladě materiálu, kde nebude překážkou pro snadné a rychlé nalezení potřebného materiálu a dojde tak k redukci plýtvání časem způsobeným hledáním materiálu. Určený pracovník by vždy zajišťoval doplnění materiálu ze skladu a také zodpovídal za zajištění objednávky materiálu. Po provedení výše zmíněných změn by bylo vhodné provést vybilancování procesu a zvážit jaké drobné operace je možné přesunout na vedlejší pracoviště, aby všechny pracoviště měly přibližně stejnou časovou náročnost operací a snížil se tak takt celé linky.



Obrázek 23: Schéma navrhovaného pracoviště pro malé kontejnery

Z měření vyplynulo, že pracovníci ujdou při montáži jednoho kontejneru průměrně přibližně 100 metrů, což zabere 90 vteřin během montáže každého kontejneru. Díky navrhovaným opatřením se sníží nejen vzdálenost, kterou musí

pracovník montáže každou směnu ujít, ale i čas, který stráví hledáním materiálu, jelikož veškeré materiálu bude na svém určeném místě.

8.4. Montážní linka pro velké a speciální kontejnery

Stejně jako u malých kontejnerů je cílem na pracovišti/pracovištích pro velké a speciální kontejnery co nejvíce eliminovat pohyby pracovníků a převést pohyb pracovníků na pohyb materiálu.

Pro velké a speciální kontejnery práce řeší dvě verze pracovišť: jednu pro pracoviště využívající společný pás pro oba druhy kontejnerů a druhou verzi pro dvě pracoviště využívající vozítka k přesunu materiálu.

Pro nastavení montážní linky pro velké kontejnery se vychází především z časů v pracovních postupech pro kontejner 1273 s ohledem na kontejnery 1842 (1832) a 1845 (1835).

	kontejner	montáž koleček	montáž vík +	montáž zámku +
Operace	1273	montáž koleček	+ montáž pružin	+ zajištění pružin
	1842	montáž koleček	+ hrazdy	+ montáž kapes, zátek, oprava povrch. Úpravy
	1845	montáž koleček	+ vzpěr	+ montáž kapes, zátek, oprava povrch. Úpravy
Časy [min]	1273	53	61	44
	1842	34	25	18
	1845	34	50	18

Tabulka 10: rozdělení operací montáže velkých kontejnerů pro tři pracovní stanoviště

U velkých kontejnerů je započteno mnoho výrobků, u kterých není známá časová náročnost jejich montáže, a tak pro počet pracovišť se vychází spíše z aktuálního počtu pracovníků na pracovišti.

Pro montážní linku na speciální kontejnery vychází nastavení stanovišť z kontejneru 15209 (15208), jelikož je vyráběn nejčastěji a vedením společností byl považován za klíčová, jelikož k němu poskytnut výrobní postup.

operace	montáž vhozu	závěrečná montáž +	lepení samolepek +
čas [min]	27	27*	30

Tabulka 11: rozdělení operací montáže speciálních kontejnerů pro tři pracovní stanoviště (* - operace vyžaduje dva pracovníky)

8.4.1. Společná linka pro velké a speciální kontejnery

Místo dvou pracovišť rozdělených pro velké a speciální kontejnery je možné tato pracoviště spojit do jedné linky. Toto rozložení by zachovalo stávající rozdělení pracovišť ze středisek 2820 a 2840 a mimo toho by i ušetřilo prostory, které tak mohou být využity na jiné účely.

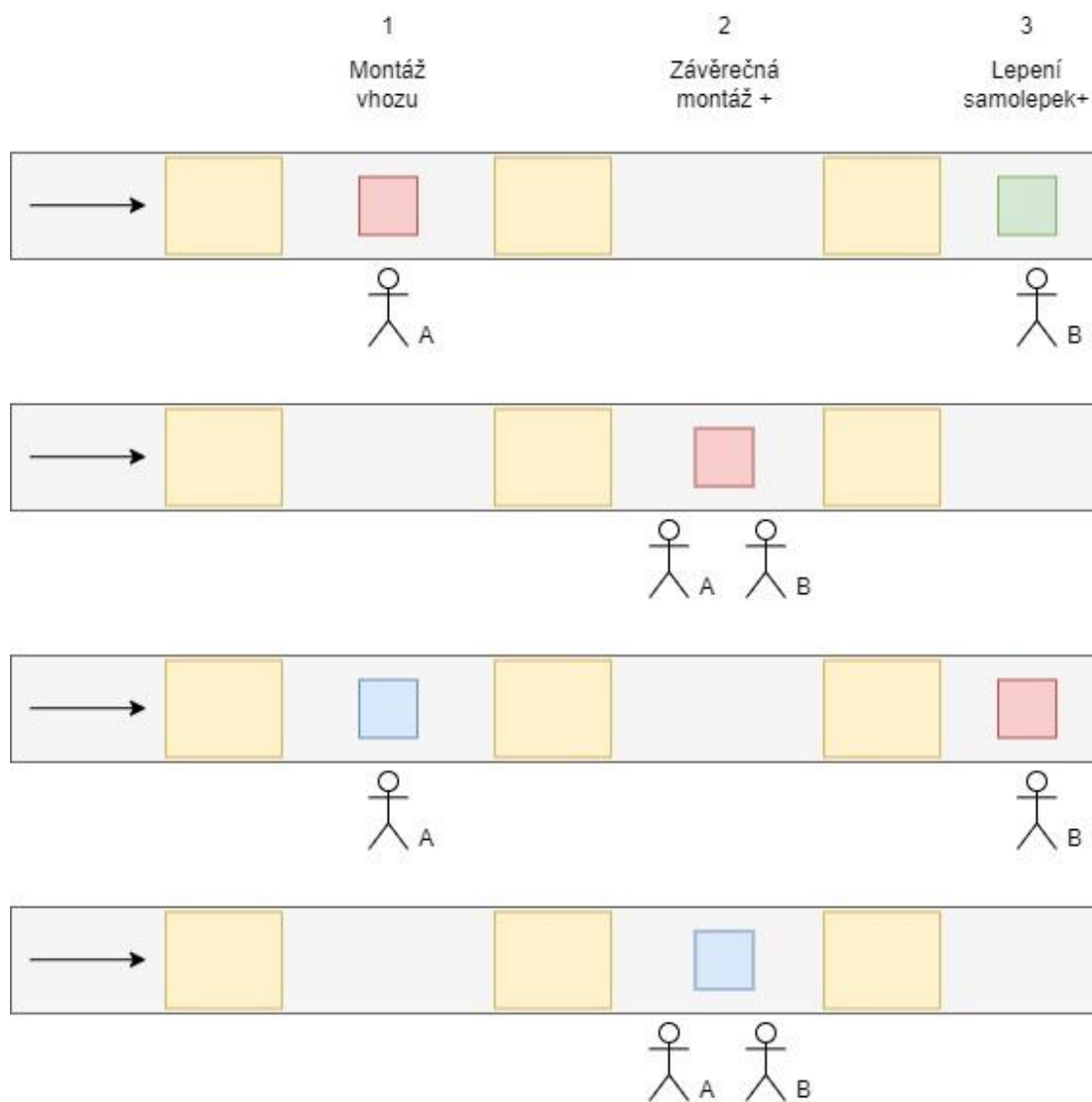
Pro spojené pracoviště je nutné řešit i sekvence v jakých budou kontejnery vyráběny, jelikož v dnešní době je vyráběno přibližně třikrát více velkých než speciálních kontejnerů, což musí také v návrhu linky zohledněno. Druhý faktor, na který se nesmí zapomenout, jsou rozdíly v časové náročnosti montáže různých velkých kontejnerů: např. u kontejneru 1273 nejdelší operace, která by stanovovala takt montáže linky, trvá 61 minut a u kontejneru 1842 pouze 34 minut. Proto by linka měla být využívána jinak při výrobě různých produktů.

V případě montáže jednoho z časově náročnějších velkých kontejnerů (např. 1273) by byla tři stanoviště pro montáž velkých kontejnerů a tři stanoviště pro montáž speciálních kontejnerů. Pro montáž speciálních kontejnerů by byli potřeba dva pracovníci, kteří by polovinu času mezi posuny linky pracovali na společném stanovišti, jelikož na závěrečnou montáž jsou potřeba dva pracovníci. Druhou polovinu doby mezi přesuny by se jeden z nich přesunul na první stanoviště montáže speciálních kontejnerů, kde by prováděl montáž vhozu a druhý by se přesunul na třetí pracoviště montáže speciálních kontejnerů, kde by prováděl lepení samolepek a dokončovací operace. Montáž speciálních kontejnerů by vždy probíhala pouze část směny, jelikož poměr vyráběných kusů

mezi velkými a speciálními kontejnery je přibližně 3:1. Mohly by tedy být montovány např. dvě třetiny jedné směny, zatímco velké kontejnery by byly montovány po celou délku obou směn. V době, kdy by se nemontovaly speciální kontejnery, pracovalo by se stále na stejném pracovišti, přičemž by byla vynechávána místa pro montáž speciálních kontejnerů.

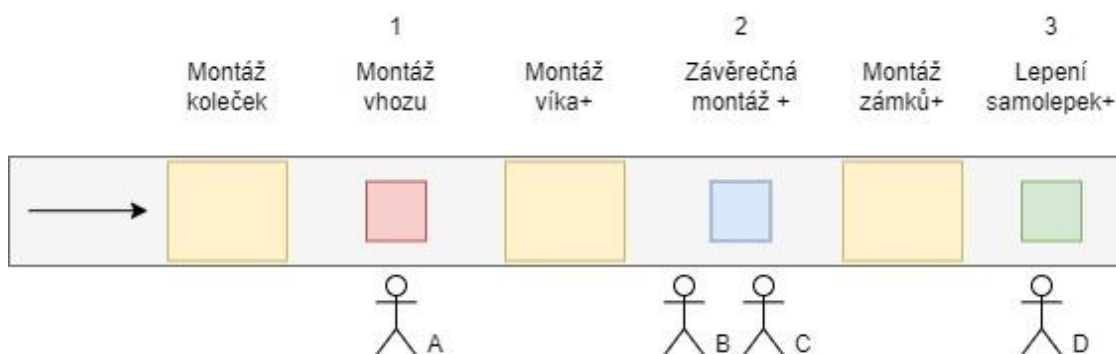
V případě výroby jednoho z menších kontejnerů (např. 1842) existují dvě možnosti: zapojení dvou pracovníků do procesu montáže speciálních kontejnerů nebo zapojení čtyř pracovníků do procesu montáže speciálních kontejnerů.

V případě využití dvou pracovníků by kontejnery jezdili v sekvenci V-S-V-0-V-S. Pracovník A by provedl montáž vhozu na stanovišti 1, zatímco pracovník B by prováděl lepení samolepek na pracovišti 3. Následně by se oba přesunuli na pracoviště 2, kde by společně provedli finální montáž speciálního kontejneru viz. obrázek 23.



Obrázek 24: Montáž speciálních kontejnerů s využitím dvou pracovníků (pozice pracovníků pouze symbolické)

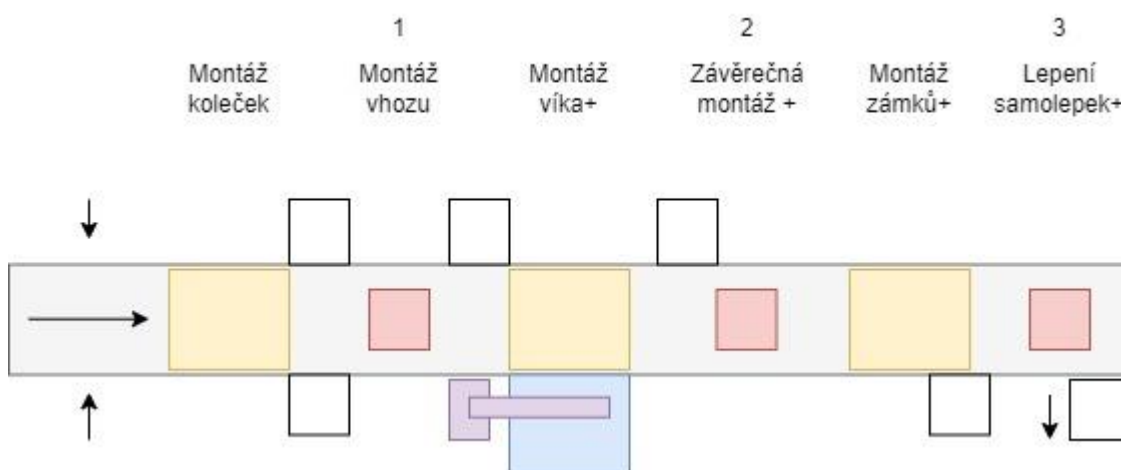
Druhá možnost je, že by se speciální kontejnery vyráběly znovu pouze menší část směny. V tomto případě by byly využity dedikovaní pracovníci pro jednotlivá pracoviště: první by vždy prováděl montáž vhozů na stanovišti 1, další dva by společně prováděly finální montáž na pracovišti 2 a čtvrtý pracovník by lepil samolepky na kontejnery a prováděl finální operace viz. obrázek 24. V případě využití čtyř pracovníků by kontejnery jezdily v sekvenci V-S-V-S-V-S viz. obrázek 24.



Obrázek 25: Montáž speciálních kontejnerů s využitím čtyř pracovníků (pozice pracovníků pouze symbolické)

Vzhledem k počtu aktuálních pracovníků v podniku a velikosti produkce speciálních kontejnerů je řešení se dvěma pracovníky pravděpodobně vhodnější.

Rozložení navrhované linky je vidět na obrázku 26: žlutě jsou vyobrazeny velké kontejnery, červeně speciální kontejnery, bílé pracovní stoly, fialově manipulátor na víka a modře modře víka pro velké kontejnery. Vybavení jednotlivých pracovišť je podobné jako u linky na malé kontejnery, kdy jednotlivá pracoviště jsou vždy vybavena stoly, kde jsou všechny potřebné nástroje a také materiál na danou operaci. Pracoviště zaměřené na montáž víka velkých kontejnerů by bylo vybaveno manipulátorem, pomocí kterého by pracovníci mohli snadněji nasadit víka na nádobu a následně provést kompletní montáž víka.



Obrázek 26: Návrh linky pro velké a speciální kontejnery

Stejně jako u malých kontejnerů je snaha co nejvíce eliminovat lidské pohyby a nahradit je pohybem materiálu. V aktuálním stavu musel jeden pracovník při výrobě jednoho velkého kontejneru podle našeho měření ujit přibližně 200

metrů (cca tři minuty), přičemž při využití pásu by měly pohyby pracovníků pro materiál být redukovány na naprosté minimum, jelikož mají vždy materiál potřebný pro svůj proces na stolku, popř. přímo za svými zády.

8.4.2. Samostatná linka pro velké kontejnery

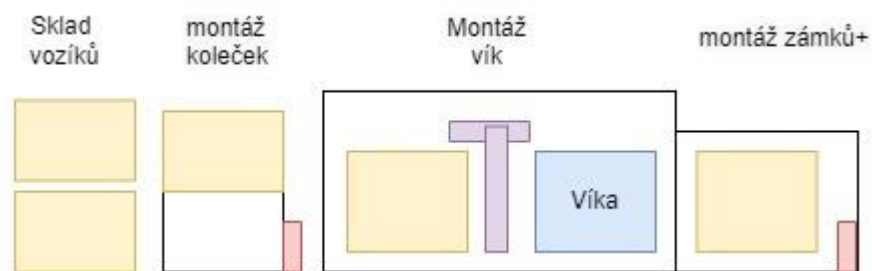
Pro návrhy nepoužívající společné pracoviště pro montáž velkých a speciálních kontejnerů byl proveden návrh samotného pracoviště pro velké kontejnery, kde je znovu cílem eliminovat především plýtvání způsobené čekáním a přesuny pracovníků na pracovišti. Pro přesun materiálu tentokrát i pro velké kontejnery budou využity vlastnoručně vyráběná vozítka. Ta by pro velké kontejnery měla mít rozměr 2500x2000 mm podle největšího z velkých kontejnerů. Ty zde však z důvodu velkého rozměru využijeme pouze dva, aby nezabíraly zbytečný prostor. Stejně jako v případě využití pásu k přesunu materiálu budou procesy rozděleny na tři pracoviště, na kterých se budou především provádět operace: na prvním montáž koleček, na druhém montáž vík a na třetím montáž zámků (viz. tabulka 12).

	kontejner	montáž koleček	montáž vík +	montáž zámků +
Operace	1273	montáž koleček	+ montáž pružin	+ zajištění pružin
	1842	montáž koleček	+ hrazdy	+ montáž kapes, zátek, oprava povrch. Úpravy
	1845	montáž koleček	+ vzpěr	+ montáž kapes, zátek, oprava povrch. Úpravy
Časy [min]	1273	53	61	44
	1842	34	25	18
	1845	34	50	18

Tabulka 12: rozdělení operací montáže velkých kontejnerů pro 3 pracovní stanoviště

Proces bude probíhat obdobně jako u malých kontejnerů: na skladě vozíků budou pomocí vysokozdvížných vozíků kontejnery nakládány na vozítka a odtud

si je bude brát první pracovník zaměřující se na montáž koleček. Na konci procesu je pracovník s pomocí navijáku, popř. kolegy z druhého pracoviště postaví kontejnery na kolečka a vozík přesune zpět do skladu. Na druhém pracovišti druhý pracovník provede montáž vík pomocí manipulátoru, což by mělo zkrátit dobu jakou tato operace zabere a mohlo tak snížit takt linky pro některé výrobky. Na třetím pracovišti poslední pracovník provede především montáž zámku a připraví kontejner k převozu na sklad. Pracoviště budou znovu vybavena stoly se vším potřebným materiálem a nástroji používanými k hlavním procesům prováděným na daném stanovišti. Nástroje používané pouze pro určité výrobky budou uklizeny a označeny mezi materiálem nacházejících se za pracovníky.



Obrázek 27: Layout samostatného pracoviště montáže pro velké kontejnery

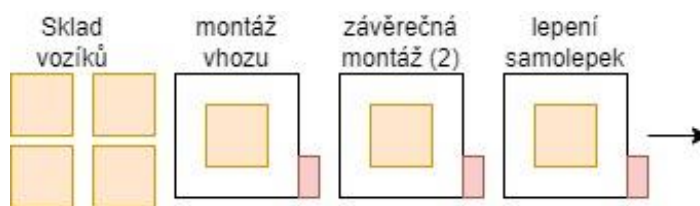
8.4.3. Samostatné pracoviště pro speciální kontejnery

Na rozdíl od druhých dvou typů kontejnerů většina speciálních kontejnerů nemá kolečka, takže je potřeba navrhnout způsob jejich přesunu nejen na první pracoviště, ale i v rámci celého procesu montáže těchto kontejnerů. Pracoviště je navrženo na základě domluvy s vedením společnosti podle procesu montáže kontejneru 15209 (15208), ke kterému byl poskytnut výrobní postup. Postup se skládá ze tří hlavních operací, kterými jsou montáž vhozu, závěrečná montáž a lepení samolepek. Závěrečná montáž je specifická tím, že vyžaduje dva pracovníky.

operace	montáž vhozu	závěrečná montáž +	lepení samolepek +
čas [min]	27	27*	30

Tabulka 13: rozdělení operací montáže speciálních kontejnerů pro 3 pracovní stanoviště (* - operace vyžaduje dva pracovníky)

Proces bude rozdělen na tři pracoviště, která budou vždy obsazena polovinu pracovní doby (v případě využití dvou pracovníků, v případě využití čtyř, by byla obsazena 100 % času). Při využití dvou pracovníků oba nejdříve provedou svou vlastní operaci (na dvou různých kontejnerech), a to montáž vhozu pro pracovníka A, lepení samolepek pro pracovníka B a následně společně provedou závěrečnou montáž kontejneru na druhém pracovišti (stejně jako v kapitole 8.4.1.). Každé pracoviště by mělo být vybaveno potřebným nářadím, které se používá k nejběžnějším procesům a nástroje používané méně by měly být uloženy dále od procesu dle zásad 5S. V tomto případě by tedy měly na pracovišti být hlavně nástroje na výrobu kontejneru 15209 (15208).



Obrázek 28: Navrhovaný layout procesu montáže speciálních kontejnerů

V případě montáže podzemních kontejnerů bude využita konstrukce pro montáž podzemních kontejnerů umístěna poblíž pracoviště.

8.5. Mezisklad a sklad hotové výroby

Podle požadavků vedení společnosti musí mezisklad podle vedení společnosti mít kapacitu, aby pojmul alespoň 12 hodin produkce kontejnerů. Je tomu tak z důvodu, že personál skladu pracuje pouze jednu směnu, a tak se vždy hotová výroba hromadí před její přípravou ke skladování (skládání kontejnerů na sebe - viz. obrázek 28) a samotným skladováním. V této fázi kontejnery ještě nejsou naskládány na sebe, a tak pro požadovanou plochu je třeba počítat se všemi kontejnery stojícími na podlaze. Dvanácti hodinová produkce v přepočtu vychází

přibližně na 50 malých kontejnerů, 21 velkých a 6 speciálních viz. tabulka 14. Celkem je pro tento mezisklad potřeba alespoň 300 metrů čtverečních.

Typ	počet ks/1 den	počet ks/12 hodin	Potřebný prostor
malé	67	50	113
velké	28	21	159
speciální	8	6	14

Tabulka 14: Počet kusů a potřebný prostor pro mezisklad



Obrázek 29: Skládání kontejnerů typu 1132 na sebe. Zdroj: autor

Pro sklad hotové výroby je podle požadavků vedení společnosti potřeba kapacita na alespoň tři dny, přičemž by preferovali skladový prostor na pětidenní produkci. Proto byly stanoveny vhodné velikosti skladů pro jednotlivé typy produktů viz. tabulka 15, přičemž pro malé kontejnery je započítáno, že je možné je skládat vždy alespoň dva na sebe.

Typ	počet ks na 1 den	potřebný prostor na tři dny	potřebný prostor na pět dní
Malé	67	236	394
Velké	28	675	1125
Speciální	8	90	150

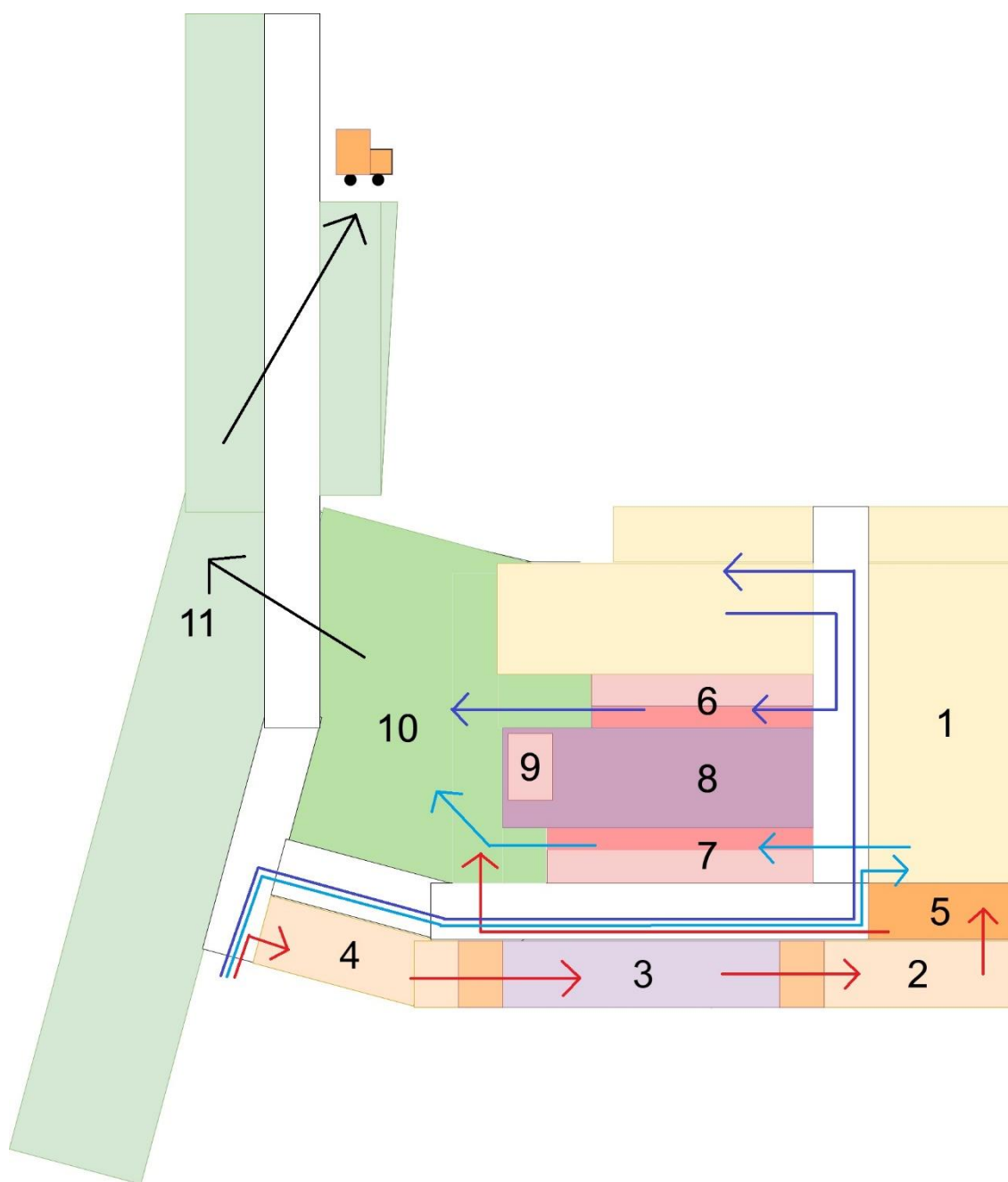
Tabulka 15: Potřebné velikosti pro sklady hotové výroby

Pro návrh kompletního layoutu by mělo být dosaženo rozlohy skladu alespoň 1000 metrů čtverečních.

8.6. Návrh layoutu 1

První varianta rozložení je zaměřena na použití vozítek k transportu všech kontejnerů v rámci montážních linek. Velkou výhodou této varianty jsou minimální pořizovací náklady investované do systému pro převoz materiálu. Vozítka, která budou k převozu materiálu použita, je firma schopna pomocí svých technologií vyrobit sama, a tak jsou náklady jejich pořízení značně zredukovány.

V návrhu přichází materiál do objektu z jižní části, kde je umístěna externí zinkovna, odtud putuje na určený sklad (1 pro malé a velké kontejnery, 4 pro speciální kontejnery). Speciální kontejnery (Červená šipka na obrázku 29) následně prochází lakovnou (3), odkud jsou na sklad po lakování (2). Poté co stráví jeden den na tomto skladě pokračují na montážní linku pro speciální kontejnery (5), odkud potom putují na mezisklad (10). Velké kontejnery (světle modrá šipka na obrázku 29) z předmontážního skladu pro pozinkované kontejnery (1) putují na montážní linku pro velké kontejnery (6), odkud jsou následně přesunuty na mezisklad (10). Malé kontejnery (Tmavě modrá šipka na obrázku 29) prochází podobou cestu, pouze prochází linkou pro malé kontejnery (6). Z meziskladu (10) putují všechny typy kontejnerů do skladu hotových výrobků (11), kde jsou připraveny na expedici do kamionů (černá šipka na obrázku 29).



Obrázek 30: Návrh rozložení 1 s materiálovými toky pro malé (tmavě modrá), velké (světle modrá) a speciální (červená) kontejnery; společné toky jsou vyobrazeny černě

1	Předmontážní sklad pozinkovaných kontejnerů
2	Sklad kontejnerů po lakováním
3	Lakovna
4	Sklad kontejnerů před lakováním
5	Linka pro montáž speciálních kontejnerů
6	Linka pro montáž malých kontejnerů
7	Linka pro montáž velkých kontejnerů
8	Sklad materiálu
9	Platforma pro montáž podzemních kontejnerů
10	Mezisklad
11	Sklad hotových výrobků

Tabulka 16: Označení prostorů na obrázku 29

Plán je zpracován na základě potřebných rozloh jednotlivých částí zjištěných v předchozích kapitolách viz. tabulka 17. Pro všechny prostory byly splněny minimální podmínky stanovené vedením firmy. Mezisklad je značně větší, než je jeho požadovaná rozloha, což ale není problém. Tento prostor totiž může být využit jako sklad hotových výrobků, protože tyto dva prostory spolu sousedí.

Účel	minimální rozloha [m ²]	navrhovaná rozloha [m ²]
sklad před lakováním	75	100
sklad po lakování	75	110
sklad po zinkování	800	800
sklad materiálu	-	250
mezisklad	300	600
sklad hotových výrobků	1000	1150

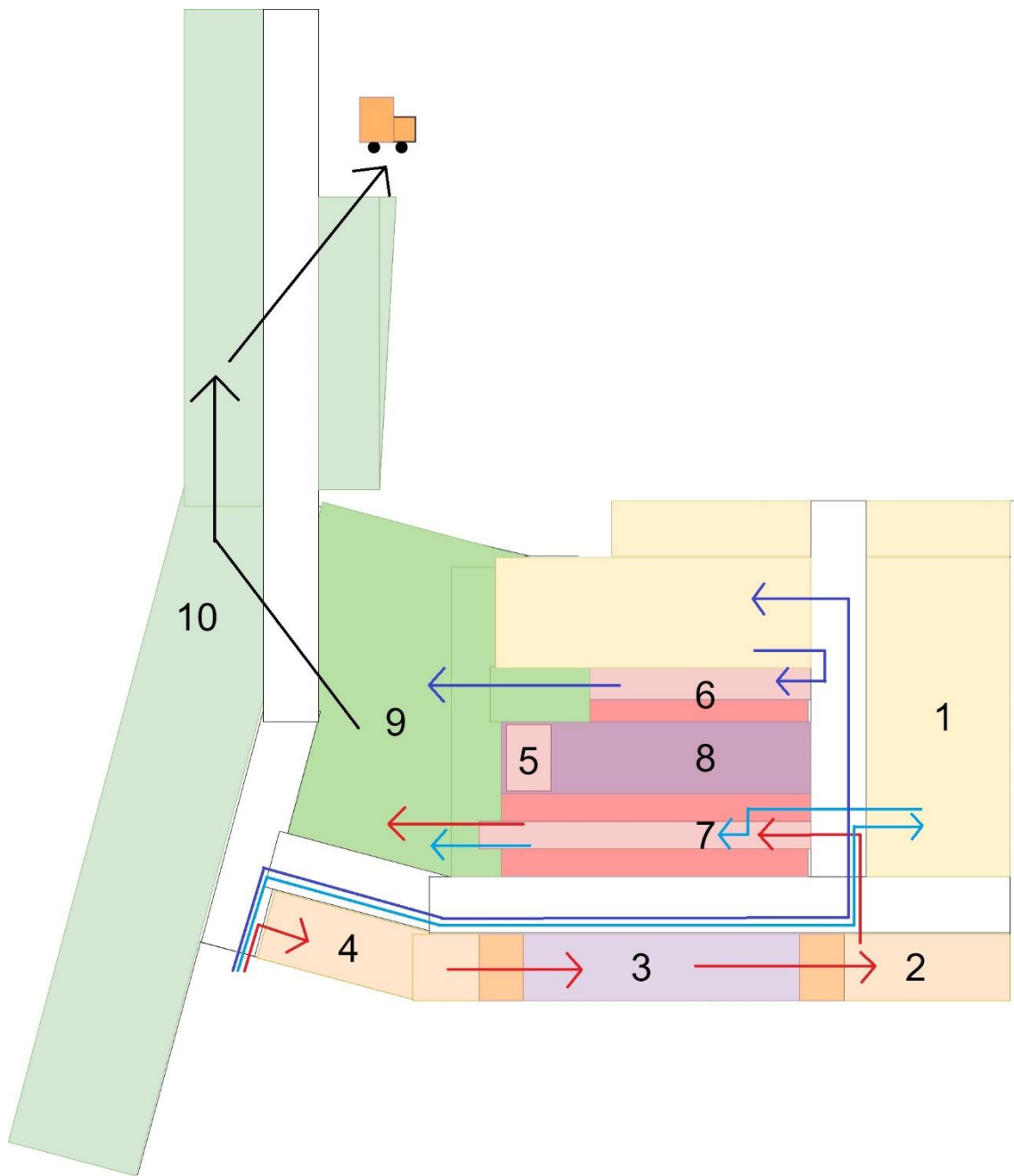
Tabulka 17: Minimální a navrhované rozlohy jednotlivých částí objektu (1)

8.7. Návrh layoutu 2

Druhá varianta rozložení se soustředí na použití pásu pro transport velkých a speciálních kontejnerů a zároveň jejich sloučení do jednoho společného pracoviště podle přání společnosti. Tato varianta má oproti variantě první vyšší

pořizovací náklady, jelikož je potřeba investovat do pásu, který je schopný transportovat velmi těžký materiál a unese i lidskou váhu v době provádění operací na kontejnerů. Výhodami této varianty jsou větší možnost kooperace pracovníků, snazší přístup k materiálu pro výrobu speciálních kontejnerů, ušetření prostoru díky eliminaci vozítek a příprava na případné změny v budoucnosti.

Materiálové toky jsou velmi podobné jako v první variantě. Materiál do objektu přichází z jižní části, kde je umístěna externí zinkovna, odtud putuje na určený sklad (1 pro malé a velké kontejnery, 4 pro speciální kontejnery). Speciální kontejnery (Červená šipka na obrázku 30) následně prochází lakovnou (3), odkud jsou umístěny na sklad po lakování (2). Po jednom dni na tomto skladě mohou pokračovat na montážní linku pro velké a speciální kontejnery (6), odkud po jejich montáži putují na mezisklad (9). Velké kontejnery (světle modrá šipka na obrázku 30) z předmontážního skladu pro pozinkované kontejnery (1) putují na montážní linku pro velké a speciální kontejnery (6), odkud jsou následně přesunuty na mezisklad (9). Malé kontejnery (Tmavě modrá šipka na obrázku 30) prochází podobou cestu, pouze prochází linkou pro malé kontejnery (6). Z meziskladu (9) všechny typy kontejnerů jsou do skladu hotových výrobků (10), kde jsou skladovány a následně expedovány do kamionů (černá šipka na obrázku 30).



Obrázek 31: Návrh rozložení 2 s materiálovými toky pro malé (tmavě modrá), velké (světle modrá) a speciální (červená) kontejnery; společné toky jsou vyobrazeny černě

1	Předmontážní sklad pozinkovaných kontejnerů
2	Sklad kontejnerů před lakováním
3	Lakovna
4	Sklad kontejnerů po lakování
5	Platforma pro montáž podzemních kontejnerů
6	Linka pro montáž malých kontejnerů
7	Linka pro montáž velkých a speciálních kontejnerů
8	Sklad materiálu
9	Mezisklad
10	Sklad hotových výrobků

Tabulka 18: Označení prostorů na obrázku 30

Stejně jako u prvního rozložení jsou využity předchozí výpočty pro požadovaný prostor, které jsou srovnány s navrhovanými rozlohami jednotlivých částí viz. tabulka 19. Byly splněny všechny požadavky, přičemž mezisklad je znovu značně větší a v praxi by byla pravděpodobně jeho část využívána jako sklad hotových výrobků.

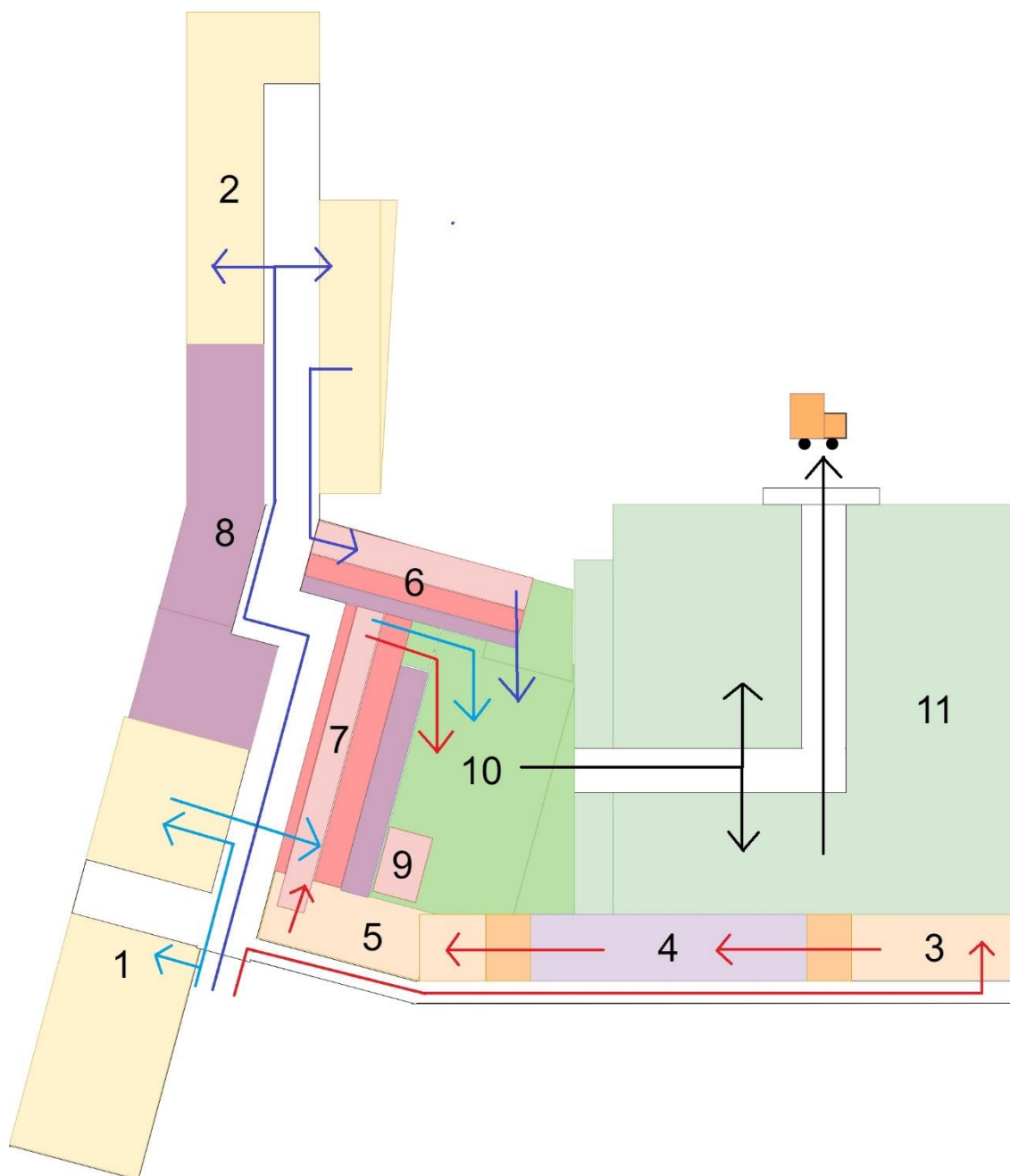
Účel	minimální rozloha [m ²]	navrhovaná rozloha [m ²]
sklad před lakováním	75	100
sklad po lakování	75	110
sklad po zinkování	800	800
sklad materiálu	-	180
mezisklad	300	600
sklad hotových výrobků	1000	1150

Tabulka 19: Minimální a navrhované rozlohy jednotlivých částí objektu (2)

8.8. Návrh layoutu 3

Třetí varianta rozložení stejně jako ta druhá využívá k transportu materiálu v rámci montážní linky pro velké a speciální kontejnery pás o šířce 2,5 metru umožňující použití linky pro všechny kontejnery v portfoliu společnosti. Není tedy překvapující, že má stejné základní výhody a nevýhody jako druhá varianta, hlavně má oproti první variantě vyšší pořizovací náklady.

Materiál do objektu přichází z jižní části, kde je umístěna externí zinkovna, odtud putuje na určený sklad po zinkování (1 pro velké kontejnery, 2 pro malé kontejnery a 3 pro speciální kontejnery). Pro malé kontejnery (tmavě modrá šipka) dále putuje ze skladu po zinkování (2) na montážní linku (6), odkud po montáži kontejneru jde na mezisklad (10), kde čeká na skládání kontejnerů na sebe během ranní směny a je dále zařazen do skladu hotové výroby (11). Velké kontejnery (světle modrá šipka) ze skladu po zinkování (1) putují na montážní linku pro velké a speciální kontejnery (7), kde po jejich montáži jdou stejně jako malé kontejnery na mezisklad (10), kde jsou následně zařazeny do skladu hotové výroby (11). Speciální kontejnery (červená šipka) jdou ze skladu po zinkování/před lakováním (3) na lakovací linku (4) a po nalakování čekají jeden jen na skladě po lakování (5). Z tohoto skladu dále jdou na montážní linku pro velké a speciální kontejnery (7), kde po jejich montáži stejně jako velké kontejnery pokračují na mezisklad (10), odkud jsou během ranní směny přesunuty do skladu hotové výroby (11). Ze skladu hotové výroby jsou všechny produkty expedovány přes rampu. Materiálové toky jsou vizuálně znázorněny na obrázku 31.



Obrázek 32: Návrh rozložení 3 s materiálovými toky pro malé (tmavě modrá), velké (světle modrá) a speciální (červená) kontejnery; společné toky jsou vyobrazeny černě

1	Předmontážní sklad velkých kontejnerů
2	Předmontážní sklad malých kontejnerů
3	Sklad kontejnerů před lakováním
4	Lakovna
5	Sklad kontejnerů po lakování
6	Linka pro montáž malých kontejnerů
7	Linka pro montáž velkých a speciálních kontejnerů
8	Sklad materiálu
9	Platforma pro montáž podzemních kontejnerů
10	Mezisklad
11	Sklad hotových výrobků

Tabulka 20: Označení prostorů na obrázcích 31

Stejně jako u prvních dvou rozložení jsou využity předchozí výpočty pro požadovaný prostor, které jsou porovnány s navrhovanými rozlohami jednotlivých částí viz. tabulka 21. V třetím návrhu jsou rozděleny sklady pro pozinkovaná těla kontejnerů, proto bylo zkontrolováno, zda jsou oba tyto sklady taktéž vyhovující. Byly splněny všechny požadavky stanovené vedením společnosti, přičemž v tomto návrhu je více prostoru věnováno skladu pro materiál mimo těl kontejnerů.

Účel	minimální rozloha [m ²]	navrhovaná rozloha [m ²]
sklad před lakováním	75	90
sklad po lakování	75	105
sklad po zinkování (*)	450 + 350	480 + 380
sklad materiálu	-	275
mezisklad	300	300
sklad hotových výrobků	1000	1250

Tabulka 21: Minimální a navrhované rozlohy jednotlivých částí objektu (*- sklad pro velké a malé kontejnery jsou rozděleny)

8.9. Porovnání výchozího stavu a návrhů

Jeden z největších zdrojů plýtvání v současné době je způsobený velkými vzdálenostmi, které musí materiál urazit pomocí vysokozdvížných vozíků v rámci objektu společnosti. Proto bylo provedeno srovnání vzdáleností ujetých vysokozdvížným vozíkem pro převoz pozinkovaných kontejnerů od brány objektu, kde pozinkovaná těla kontejnerů vstupují zpět na pozemek společnosti, na pracoviště montáže viz. Tabulka 22. Původní stav převozů byl měřen v rámci kapitoly 6.1. na základě výkresů poskytnutých vedením společnosti, kde byly změřeny vzdálenosti od brány na cestě vedoucí k sousedící lakovně do aktuálních hal, kde je prováděna montáž. Vzdálenosti pro nové návrhy byly měřeny na základě cest zakreslených v návrzích.

	původní stav	varianty 1 a 2	změna	varianta 3	změna
Malé	170 m	120 m	-29 %	90 m	-47 %
Velké	300 m *	120 m	-60 %	40 m	-87 %
Speciální	380 m *	90 m	-76 %	100 m	-76 %

Tabulka 22: Porovnání vzdálenosti převozu materiálu na halu montáže aktuálního stavu a navrhovaných layoutů (*-přesun před veřejnou komunikaci)

Ve všech variantách dochází ke značné redukci vzdálenosti, kterou materiál putuje od externího dodavatele, který poskytuje zinkování těl kontejnerů do budov montáže. V případě třetí varianty dochází k redukci vzdálenosti o přibližně 70 %, což ušetří čas, který je využíván k převozu materiálu. Velké a speciální kontejnery navíc podle nového rozložení nemusí překonávat překážku veřejné komunikace, a tak nehrozí větší poškození produktu anebo jiné snížení kvality. Díky nové trase, která nekříží silnici, se zvyšuje bezpečnost práce operátorů. Redukce času potřebného k převážení materiálu mezi pracovišti může snížit počet potřebných vysokozdvížných vozíků a popř. také snížit počet potřebných operátorů potřebných pro převoz materiálu. Ve všech variantách je také naplánováno nakládat kamiony z vyvýšené plochy, což zkrátí čas, který personál skladů stráví nakládáním kamionů. Pracovníky skladů lze díky tomu využít jinde, popřípadě zredukovat jejich počet.

Další rozdíly mezi navrhovaným a aktuálním stavem jsou změny provedeny v rámci samotných pracovišť, kdy v návrzích jsou do pracovišť zavedeny montážní linky, které umožní eliminaci, respektive redukcí velkého množství zbytečných pohybů. Je tak možné zredukovat pohyby, které by pracovníci montáže museli jinak vykonávat při přecházení mezi materiálem a pracovištěm. Zavedené modifikace pracovišť navíc umožní další modernizaci pracovišť v budoucnosti. Jednou z největších výhod zavedení montážních linek je schopnost kontrolování procesu, kdy každá operace má stanovenou časovou náročnost. Je tedy možné provádět zlepšení jednotlivých pracovišť jako např. zavedení mechanismů na pomoc při zvedání kontejnerů, které mohou zkrátit čas potřebný pro provedení dané operace. Následně je pak možné provést vybilancování procesů, díky kterému se může snížit takt linky. Díky snižování taktu linky je možné vyrábět větší množství výrobků, popř. redukovat počet potřebných hodin na pokrytí poptávky. Při zavedení navrhovaných změn dojde ke zvýšení možné produkce o přibližně 50 % a s drobnými změnami, popř. vybilancováním procesu je možné stlačit takt linky pod sedm minut, což vyjadřuje zvýšení možného počtu vyrobených produktů o 100 %.

9. Kontrola

Po návrzích následuje fáze implementace, později kontroly a řízení změn. Všechny tyto činnosti patří do poslední fáze cyklu DMAIC, kde je cílem trvalé udržení zlepšeného stavu. Klíčová je zde standardizace a také kontrola dodržení nastavených standardů. Tyto fáze v práci nejsou velmi rozvinuté, jelikož se jedná o aktivity dlouhodobé a dochází k nim až v delším časovém horizontu. V případě procesu montáže ve společnosti Meva a.s. bude velmi důležité vybilancování procesů po implementaci některých změn v procesu, které mohou ovlivnit dobu jejich časovou náročnost, a tak po vybilancování by se mohl snížit čas výrobního taktu montáže. To by znamenalo zvýšení maximálně produkce, které jsou linky schopné. Ve fázi kontroly je možné využít i plány kontroly kvality pro udržení kvality na současné nebo vyšší úrovni nebo také poka-yoke pro eliminaci chyb, popř. jejich snazší detekci. Pro fázi kontroly by bylo vhodné zavést Kaizen, kdy při abnormalitách na lince se očekává, že linka bude zastavena a bude navrženo zlepšení pro zamezení opakování problému.

Společnost se již dříve snažila o zavedení metodiky 5S, ale výsledky se liší i mezi pracovišti, a tak z novým pracovištěm by bylo vhodné dodržovat zásady tohoto konceptu pro dosažení požadovaných výsledků. Pro její implementaci je velmi důležitá komunikace se všemi pracovníky, jelikož i pracovníci montáže se mohou podílet na zlepšování a mohou být motivováni např. finančními odměnami. V případě jejich nevyužití se jedná o osmý typ plýtvání, tedy o nevyužití lidských potenciálů.

Doporučení v jednotlivých oblastech:

Seiri – roztřídit – odstranění nepoužívaných strojů a materiálu, roztřídění materiálu v regálech, denní audity

Seiton – dát do pořádku – zavést systém 3F (fixní věc, fixní umístění, fixní množství)

Seiso – udržovat pořádek – kontrola uklizení všech předmětů na určená místa

Seiketsu – standardizovat – názorné příklady např. fotografie, určené a uvedené odpovědnosti jednotlivých pracovníků

Shitsuke – dodržovat – audits, školení zaměstnanců, možnost sdílení nápadů, podpora pracovníků a jejich motivace

Závěr

Diplomová práce je zaměřená na hledání optimálního řešení pro nové pracoviště montáže ve výrobním podniku Meva a.s. Práce vycházela především z metodologie Lean Six Sigma. Podnik přišel s konkrétní definicí problémů a plány relokace různých procesů na jedno místo. Úkolem práce tedy bylo navrhnout takové pracoviště, kde je optimální tok materiálu a jsou zde montážní linky navrženy tak, aby vystačili na aktuální produkci a předpokládané zvýšení produkce do budoucnosti.

Struktura praktické části je založena na krocích metodiky DMAIC, které pomohly přistupovat k problému s lepší organizací. Definice problému zahrnovala požadavky a očekávání společnosti od návrhů a také seznámení s aktuálními montážními procesy. V části měření byla zpracována data prodejů, která byla poskytnuta vedením společnosti, proběhly analýzy pohybů vysokozdvíhových vozíků a pohyby pracovníků v rámci pracoviště. Na základě měření časové náročnosti procesů pro síťový kontejner 1232 byla ověřena validita časů ve výrobních postupech. V analytické části se soustředění přesunulo k definování největších zdrojů plýtvání, k čemuž byl využit např. Ishikawův diagram. Jako největší zdroje plýtvání byly vyhodnoceny zbytečné pohyby a čekání pracovníků v rámci pracovišť, dlouhé přesuny materiálu mezi pracovišti a nedostatečné skladové prostory. V návrhové části byly představeny návrhy pracovišť pro různé způsoby přesunu materiálu v rámci montážní linky a určován takt takto navržených linek. Dle přání společnosti byla v návrhové části řešena problematika kombinace montáže velkých a speciálních kontejnerů v rámci jedné linky. Linka pro malé kontejnery je po implementaci změn schopna uspokojit přibližně 150 % aktuální produkce a za předpokladu malých změn je možné dosáhnout na dvounásobek aktuální produkce. V současném stavu je takt výroby 14 minut, přičemž po implementaci změn je možné dosáhnout taktu 6-7 minut v závislosti na správném vybilancování procesů v rámci linky. Poslední krok DMAIC, kterým je kontrola, byl věnován doporučením do budoucnosti vycházejících z metody 5S, kterou je po zavedení změn možné lépe implementovat, jelikož skladové prostory by měly být dostatečně velké, a tak je

možné zamezit problémům s materiálem a produkty umístěnými na místech, které jim nejsou určena.

Největšími přínosy navrhovaných změn jsou redukce vzdálenosti, kterou musí překonat vysokozdvížné vozíky pro přesun materiálu mezi zinkovnou a montážními halami o přibližně 70 %, minimalizace až téměř úplná eliminace pohybu pracovníků v rámci pracovišť montáže (z původních 100-200 metrů na montáž 1 kontejneru), možnost zavedení systému pro lepší organizaci materiálu a hotové výroby, a hlavně zvýšení potenciální produkce na výrobních linkách až o 100 %. Pokud společnost dobře po zavedení změn vybilancuje jednotlivé linky, může dosáhnout ještě lepších výsledků.

Cíle stanovené na začátku práce jsou splněné, kdy se v návrzích podařilo redukovat plýtvání způsobené přesuny materiálu mezi pracovišti i přesuny pracovníků v rámci montáže a zároveň vytvořit layouty pracovišť, které kapacitně odpovídají dnešním požadavkům. Pracoviště jsou zároveň vytvořena tak, aby byla schopna pokrýt i vyšší poptávku než v dnešní době.

Použitá literatura:

- [1] OHNO, Taiichi; BODEK, Norman. Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity press, 2019.
- [2] MONDEN, Yasuhiro. Toyota production system: an integrated approach to just-in-time. CRC Press, 2011.
- [3] Setting Up Kanban Management [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: https://docs.oracle.com/cd/E15156_01/e1apps90pbr0/eng/psbooks/1akm/cha-pter.htm?File=1akm/htm/1akm04.htm
- [4] WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry. Simon and Schuster, 2007.
- [5] HYDELL, Richard. The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry. By William J. Abernathy. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1978. Pp. 265. \$16.00. The Journal of Economic History, 1979, 39.3: 823-825.
- [6] NEVINS, Allan; HILL, Frank Ernest. Ford: the times, the man, the company. Scribner, 1954.
- [7] MASAOKI, Imai. Kaizen: The key to Japan's competitive success. New York, Ltd: McGraw-Hill, 1986.
- [8] BULSUK, Karn G. Taking the first step with the PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle. URL: <http://www.bulsuk.com/2009/02/taking-first-step-with-pdca>. [28.02. 2011], 2009.
- [9] KOBAYASHI, Iwao. 20 Keys to workplace improvement. Routledge, 2018.
- [10] BAUER, Miroslav, et al. Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. 2012.
- [11] MONTGOMERY, Douglas C.; WOODALL, William H. An overview of six sigma. International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique, 2008, 329-346.

- [12] ČIŽMÁŘ, Zeno. Meva - příběh značky, který začal na pražském Smíchově 21. října 1898. Roudnice nad Labem: Meva, [2008?]. ISBN 978-80-270-1368-5.
- [13] Meva a.c. [online]. c1995–2022 [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: <https://www.meva.eu/cs/>
- [14] Účetní závěrka [2020], výroční zpráva [2020], zpráva o vztazích [2020], zpráva auditora [online]. [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=67551499&subjektId=709959&spis=540486>
- [15] JAMES, P. Womack, Daniel T. Jones, Lean Thinking. 2003.
- [16] ATMACA, Ediz; GIRENES, S. Sule. Lean Six Sigma methodology and application. Quality & quantity, 2013, 47.4: 2107-2127.
- [17] KRAFCIK, John F. Triumph of the lean production system. Sloan management review, 1988, 30.1: 41-52.
- [18] MCNEESE, Bill, 2020. Variable and Two-Level Pareto Diagrams. In: Spcforexcel [online]. [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.spcforexcel.com/knowledge/barcharts/variable-and-two-level-pareto-diagrams>
- [19] NENADÁL, Jaroslav, et al. Moderní systémy řízení jakosti: quality management. Modern quality management system: Quality management.) Praha: Management Press.(In Czech), 2002.
- [20] KOŽÍŠEK, Jan; STIEBEROVÁ, Barbora. Management jakosti I. České vysoké učení technické, 2010.
- [21] KOŽÍŠEK, Jan; STIEBEROVÁ, Barbora. Management jakosti II. České vysoké učení technické, 2010.
- [22] HINES, Peter; RICH, Nick. The seven value stream mapping tools. International journal of operations & production management, 1997.

- [23] MARTIN, Karen; OSTERLING, Mike. Value stream mapping. Estados Unidos de América: Shingo Institute, 2014.
- [24] HACKMAN, J. Richard; WAGEMAN, Ruth. Total quality management: Empirical, conceptual, and practical issues. *Administrative science quarterly*, 1995, 309-342.
- [25] SENDERSKA, Katarina; MAREŠ, Albert; VÁCLAV, Štefan. Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 2017, 79.1: 139-150.
- [26] GUNNSTEINSSON, Àrni. Analysis of an assembly process of electric detonators with application of lean manufacturing. 2011.
- [27] LILIANA, Luca. A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2016. p. 012099.
- [28] ALAIDAROS, Hamzah; OMAR, Mazni; ROMLI, Rohaida. The state of the art of agile kanban method: challenges and opportunities. *Independent Journal of Management & Production*, 2021, 12.8: 2535-2550.
- [29] RANDHAWA, Jugraj Singh; AHUJA, Inderpreet Singh. 5S—a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2017.
- [30] MCFADDEN, Brian. What is 5S ?. *Graphic products* [online]. [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.graphicproducts.com/articles/what-is-5s/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Struktura Toyota production system. Zdroj: Autor na základě [2].	18
Obrázek 2: PDCA cyklus [8]	24
Obrázek 3: Přehled znaků používaných ve VSM. Zdroj: autor podle [23]	35
Obrázek 4: Příklad Spagetti diagramu [26]	36
Obrázek 5: Struktura společnosti; vlastní zpracování na základě webu Meva a.s.	41
Obrázek 6: Rozložení areálu divize Bezděkov se zvýrazněnými pracovišti montáže	44
Obrázek 7: Paretův diagram pro množství výrobků v jednotlivých skupinách..	47
Obrázek 8: Paretův diagram pro měsíční časovou náročnost jednotlivých produktů.....	48
Obrázek 9: Tok hlavního materiálu pro malé kontejnery (tmavě modrá), velké kontejnery (modrá) a speciální kontejnery (červená) v rámci montáže	50
Obrázek 10: Vývojový diagram pro proces výroby „malých“ kontejnerů	52
Obrázek 11: Value Stream Mapping pro současný stav. Zdroj: Autor	54
Obrázek 12: Montážní hala střediska 2840; Zdroj: autor	55
Obrázek 13: Vizualizace pohybů na pracovišti 2840 pro výrobek 1273; Zdroj: Autor	56
Obrázek 14: Tok materiálu na montážní hale pro malé kontejnery; Zdroj: autor	57
Obrázek 15: Ishikawův diagram pro zdroje plýtvání související s montáží; Zdroj: Autor	60
Obrázek 16: Paretova analýza pro možné příčiny plýtvání v oblasti montáže..	62
Obrázek 17: Hotové produkty uskladněné před montážní halou střediska 2840; Zdroj: autor.....	64
Obrázek 18: Montážní platforma na montážní hale střediska 2840; Zdroj: autor	65
Obrázek 19: Police s neoznačeným materiálem; Zdroj: autor	66
Obrázek 20: Nástroje a materiál na neurčených místech; Zdroj: autor	66

Obrázek 21: Navrhované prostory pro montáž; Zdroj: vedení společnosti Meva a.s.....	67
Obrázek 22: Časové náročnosti operací na jednotlivých pracovištích	72
Obrázek 23: Schéma navrhovaného pracoviště pro malé kontejnery	73
Obrázek 24: Montáž speciálních kontejnerů s využitím dvou pracovníků (pozice pracovníků pouze symbolické)	77
Obrázek 25: Montáž speciálních kontejnerů s využitím čtyř pracovníků (pozice pracovníků pouze symbolické)	78
Obrázek 26: Návrh linky pro velké a speciální kontejnery.....	78
Obrázek 27: Layout samostatného pracoviště montáže pro velké kontejnery .	80
Obrázek 28: Navrhovaný layout procesu montáže speciálních kontejnerů	81
Obrázek 29: Skládání kontejnerů typu 1132 na sebe. Zdroj: autor	82
Obrázek 30: Návrh rozložení 1 s materiálovými toky pro malé (tmavě modrá), velké (světle modrá) a speciální (červená) kontejnery; společné toky jsou vyobrazeny černě	84
Obrázek 31: Návrh rozložení 2 s materiálovými toky pro malé (tmavě modrá), velké (světle modrá) a speciální (červená) kontejnery; společné toky jsou vyobrazeny černě	87
Obrázek 32: Návrh rozložení 3 s materiálovými toky pro malé (tmavě modrá), velké (světle modrá) a speciální (červená) kontejnery; společné toky jsou vyobrazeny černě	90

Seznam tabulek

Tabulka 1: Statistické nástroje užívané v rámci DMAIC	31
Tabulka 2: Základní parametry sledovaných kontejnerů a způsob jejich skladování.....	42
Tabulka 3: Rozdělení kontejnerů do skupin. Zdroj: autor na základě dat poskytnutých společností.	47

Tabulka 4: Skupiny kontejnerů podle jejich celkové měsíční časové náročnosti	48
Tabulka 5: vzdálenosti pro vysokozdvížné vozíky mezi bránou do zinkovny a halou montáže	50
Tabulka 6: časová náročnost jednotlivých operací na základě vlastního měření (* Cesty pro materiál/nástroje probíhají mezi jednotlivými operacemi – pro zjednodušení jsou sjednoceny)	58
Tabulka 7: časová náročnost jednotlivých operací na základě pracovního postupu. Zdroj: autor na základě informací poskytnutých vedením společnosti	58
Tabulka 8: Určení relativních a kumulativních závažností	61
Tabulka 9: rozdělení operací montáže malých kontejnerů na jednotlivá stanoviště pro čtyři pracovníky	71
Tabulka 10: rozdělení operací montáže velkých kontejnerů pro tři pracovní stanoviště	74
Tabulka 11: rozdělení operací montáže speciálních kontejnerů pro tři pracovní stanoviště (* - operace vyžaduje dva pracovníky)	75
Tabulka 12: rozdělení operací montáže velkých kontejnerů pro 3 pracovní stanoviště	79
Tabulka 13: rozdělení operací montáže speciálních kontejnerů pro 3 pracovní stanoviště (* - operace vyžaduje dva pracovníky)	81
Tabulka 14: Počet kusů a potřebný prostor pro mezisklad	82
Tabulka 15: Potřebné velikosti pro sklady hotové výroby	83
Tabulka 16: Označení prostorů na obrázku 29	85
Tabulka 17: Minimální a navrhované rozlohy jednotlivých částí objektu (1) ...	85
Tabulka 18: Označení prostorů na obrázku 30	88
Tabulka 19: Minimální a navrhované rozlohy jednotlivých částí objektu (2) ...	88
Tabulka 20: Označení prostorů na obrázků 31	91
Tabulka 21: Minimální a navrhované rozlohy jednotlivých částí objektu (* - sklad pro velké a malé kontejnery jsou rozděleny)	91

Tabulka 22: Porovnání vzdálenosti převozu materiálu na halu montáže
aktuálního stavu a navrhovaných layoutů (*- přesun před veřejnou komunikaci)
..... 92