

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Prostorové řešení a balancování výrobní linky

Autor: Bc. Kateřina FOLTÝNOVÁ

Vedoucí práce: Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina FOLTÝNOVÁ**
Osobní číslo: **S21N0016K**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Prostorové řešení a balancování výrobní linky**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Štíhlá výroba a plýtvání (teoretická část)
2. Normování a racionalizace
3. Analýza současného stavu
4. Identifikace plýtvání
5. Návrhy na zlepšení
6. Závěr a vyhodnocení

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. JUROVÁ, Marie a kolektiv. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2016. 264 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.
2. SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování výrobních procesů*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2011. 232 s. Expert. ISBN 978-80-247-3938-0.
3. TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. *Integrované řízení výroby*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. 368 s. Expert. ISBN 978-80-247-4486-5.
4. PRABIR, Jana, a TIWARI, Manoj. *Lean Tools in Apparel Manufacturing*. 1.vyd. United Kingdom: Elsevier Science, 2021. 454 s. ISBN 978-0-12-819426-3.
5. CHARRON, Rich a kolektiv. *The Lean Management Systems Handbook*. 1.vyd. Boca Raton: CRC Press, 2015. 549 s. ISBN 978-14-665-6435-0.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Ing. Filip Rybníkář**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: **20. září 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Michalovi Šimonovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu, obětavou práci a za čas věnovaný konzultacím, které mi pomohly práci zkompletovat. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Vlastimilovi Hodkovi za konzultace a umožnění zpracování praktické části mé diplomové práce. Největší díky patří mé rodině za morální a hlavně finanční podporu během celého mého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Foltýnová	Jméno Kateřina	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Prostorové řešení a balancování výrobní linky		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	57	TEXTOVÁ ČÁST	44	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce se zabývá analýzou výrobní linky včetně zpracování návrhů na zlepšení této linky. Při zpracování studie bylo provedeno vybalancování jednotlivých pracovišť na lince pro různý počet pracovníků, a tím došlo k odstranění úzkého místa. U každé navržené varianty byly zhodnoceny úspory a na základě těchto úspor byla pomocí Saatyho metody vybrána nejvhodnější varianta.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>balancování, výrobní linka, normování, plýtvání, layout, takt time, cycle time, yamazumi diagram, špagetový diagram, cyklový diagram</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Foltýnová	Name Kateřina	
STUDY PROGRAMME	N0715A270012 Department of industrial engineering and management		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Layout and Balacing of the Production Line		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	57	TEXT PART	44	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis deals with the analysis of the production line, including suggestions for improvements of this production line. During the elaboration of the study, the individual workplaces were balanced and thus eliminating the bottleneck. For each proposed variant, the savings were evaluated and on the basis of these savings, the most suitable variant was selected.
KEY WORDS	balancing, production line, standardization, waste, layout, tact time, cycle time, yamazumi diagram, spaghetti diagram, cycle diagram

OBSAH

1.	Štíhlá výroba a plýtvání.....	12
1.1.	„3 Mu“	12
1.2.	Činnosti VA a NVA	15
1.3.	Mapování hmotných a personálních toků.....	16
1.4.	Analýza pracoviště	17
1.5.	Metoda optimalizace výrobních buněk.....	18
1.6.	Saatyho metoda.....	20
2.	Normování a racionalizace.....	21
2.1.	Normování činností	21
2.2.	Druhy norem.....	23
2.3.	Balancování pracovišť	23
2.4.	Zlepšování, Continuous Improvement	25
3.	Analýza současného stavu.....	27
3.1.	Spaghetti diagram	30
3.2.	Materiálové toky a buffer	31
3.3.	Normování činností na pracovištích	33
4.	Identifikace plýtvání.....	35
4.1.	Pohyb po pracovišti	35
4.2.	Zásoby v m2	35
4.3.	Cyklové časy a cyklový diagram.....	37
5.	Návrhy variant řešení výrobní linky.....	40
5.1.	Návrhy uspořádání a prostorová náročnost	40
5.2.	Balancování	47
6.	Porovnání variant	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Štíhlý a inovativní podnik [7].....	12
Obrázek 2 - Muda,Mura a Muri [8].....	13
Obrázek 3 - 8 druhů plýtvání [33].....	14
Obrázek 4 - Rozdělení činností z pohledu přidané hodnoty [4].....	16
Obrázek 5 - Ukázka špagetového diagramu [22]	16
Obrázek 6 - Sankeyův diagram [23].....	17
Obrázek 7 - Výrobní buňka - přímý tok [31]	18
Obrázek 8 - Výrobní buňka - Tvar U [31].....	19
Obrázek 9 - Výrobní buňka - Tvar L [31].....	19
Obrázek 10 - Výrobní buňka - Spine tvar [31].....	19
Obrázek 11 - Metody přímého měření práce [9].....	21
Obrázek 12 - Druhy norem [17]	23
Obrázek 13 - Diagram cyklů - příklad [13].....	25
Obrázek 14 - Úzké místo[32]	26
Obrázek 15 - Logo firmy Grammer[15].....	27
Obrázek 16 - Porsche Macan [34].....	27
Obrázek 17 - Opěrka Porsche Macan [35]	27
Obrázek 18 - Layout výrobní linky	28
Obrázek 19 - Rozpad hlavové opěrky	28
Obrázek 20 - Kontrolní stroj	29
Obrázek 21 - Kontrola pozice loga	29
Obrázek 22 - Balení opěrek do KTP	30
Obrázek 23 - Špagetový diagram	30
Obrázek 24 - Materiálový tok	32
Obrázek 25 - Chronometrůž - koženka	33
Obrázek 26 - Chronometrůž - kůže	33
Obrázek 27 - Chronometrůž - vrtání	34
Obrázek 28 - Chronometrůž - kontrola	34
Obrázek 29 - Layout - Varianta A.....	40
Obrázek 30- Špagetový diagram - Varianta A	41
Obrázek 31 - Layout - Varianta B	43
Obrázek 32- Špagetový diagram - Varianta B	44
Obrázek 33 - Layout - Varianta C	45
Obrázek 34 - Špagetový diagram - Varianta C	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Rozdíl mezi přímým a nepřímým měřením práce	23
Tabulka 2 - Ušlé vzdálenosti operátora za směnu	31
Tabulka 3 - Pohyb pracovníků na pracovišti	35
Tabulka 4 - Velikost zón s materiálem	36
Tabulka 5 - Plocha určená pro materiál v m ²	36
Tabulka 6 - Výdrž materiálu na lince	37
Tabulka 7 - Výpočet cycle time	37
Tabulka 8 - Cyklové časy - původní varianta	38
Tabulka 9 - Ušlé vzdálenosti - Varianta A	41
Tabulka 10 - Zásoby na lince v m ² - Varianta A	42
Tabulka 11 - Ušlé vzdálenosti - Varianta B	43
Tabulka 12 - Zásoby na lince v m ² - Varianta B	44
Tabulka 13 - Ušlé vzdálenosti - Varianta C	46
Tabulka 14 - Zásoby na lince v m ² - Varianta C	47
Tabulka 15 - Cyklové časy - Varianta A	47
Tabulka 16- Cyklové časy - Varianta B	49
Tabulka 17 - Cyklové časy - Varianta C	50
Tabulka 18 - Porovnání variant	52
Tabulka 19 - Kritéria - Saatyho metoda	52
Tabulka 20 - Saatyho matice	52
Tabulka 21 - Geom. průměr a váhy	53
Tabulka 22 - Porovnání variant - Saatyho metoda	53

ÚVOD

Aby byl podnik konkurenceschopný, musí poskytovat zákazníkovi produkty té nejvyšší kvality, nejnižší ceny a v co nejkratším čase dodání. Proto neustálé zlepšování procesů a zavádění stále efektivnějších metod napomáhá podniku přežít. V montážních podnicích je to především zavádění štíhlé výroby do výrobního procesu.

Cílem diplomové práce je připravit a zanalyzovat nový návrh výrobní linky ve společnosti Grammer CZ, s.r.o. Konkrétně se jedná o linku, kde se montuje přední hlavová opěrka XVS PO416 MACAN. Jak už z názvu vypovídá, opěrka je určena do automobilů Porsche Macan. V současné době se na lince nachází značný podíl činností nepřidávajících hodnotu, nachází se na ní také mnoho materiálu a jsou nevhodně rozmístěná pracoviště. Účelem diplomové práce je zvýšit plynulost výroby, snížit či dokonce eliminovat neproduktivní činnosti, snížit objem materiálu na lince a vybalancovat pracoviště – aby byl každý operátor stejně časově vytížen.

Diplomová práce je strukturovaná do dvou částí – teoretická a praktická. Teoretická část poskytuje literární rešerši k tématu týkajícímu se oblasti štíhlého podniku, plýtvání, normování, neustálého zlepšování procesů v podniku a balancování pracovišť. První kapitola popisuje štíhlou výrobou, plýtvání a jeho druhy. Následně jsou objasněny pojmy činnosti s přidanou a nepřidanou hodnotou a také normování činností. V závěru teoretické práce je vysvětlen pojem balancování pracovišť a neustálé zlepšování procesů v podniku. Získané poznatky z teoretické části poslouží pro zpracování části praktické, ve které je v první řadě představena společnost Grammer, s.r.o., výrobní linka a produkt. Dále je zanalyzován současný stav, tzn. je vytvořen špagetový diagram, materiálový tok a normování činností na pracovištích. Další kapitola je věnována identifikaci plýtvání na výrobní lince a v závěrečné kapitole je vytvořen návrh na zlepšení. Je navržena výrobní linka, která je vybalancovaná pro určitý počet operátorů. V poslední části diplomové práce budou zhodnoceny přínosy, které přinese nový návrh rozmístění pracovišť.

1. Štíhlá výroba a plýtvání

Štíhlý a inovativní podnik se zaměřuje na činnosti, které přidávají hodnotu zákazníkovi a jeho snahou je eliminovat plýtvání a ztráty. Nesoustředí se jen na výrobu, ale i na jiné oblasti – administrativu, vývoj a logistiku. [7]



Obrázek 1- Štíhlý a inovativní podnik [7]

Štíhlou výrobu definuje Womack a Jones jako „sružení principů a metod, jež se zaměřují identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jež mají sloužit zákazníkům procesu“. [1]

Keřkovský a Valsa štíhlou výrobu popisují jako koncept, který spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a poptávku, která je řízena decentralizovaně, prostřednictvím flexibilních pracovních týmů. [5]

Přínosy:[1]

- Zkrácení průběžné doby výroby
- Omezení plýtvání
- Zrychlený průchod
- Snížení provozních zásob
- Řízení prostřednictvím měření procesů
- Zvýšená kvalita zajištěná prostřednictvím zlepšování toku činností
- Zmenšení výrobních prostor

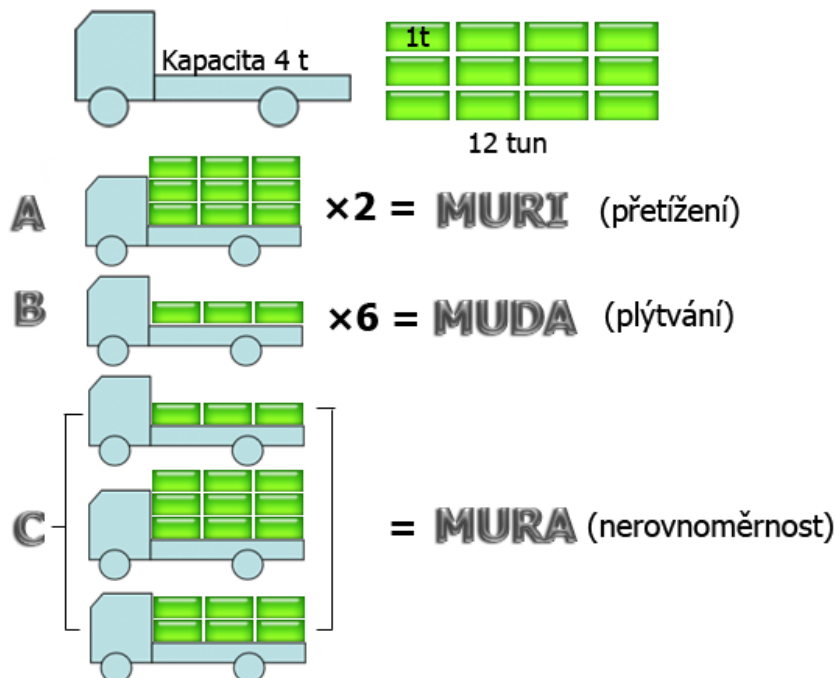
1.1. „3 Mu“

V každém výrobním procesu se člověk setká se třemi problémy. Těmito problémy jsou [11]:

- Muda – plýtvání
- Mura – nerovnoměrnost

- Muri – přetěžování dostupných zdrojů

Muda, Mura, Muri jsou bariéry efektivního fungování strategie Just-In-Time a tyto pojmy pochází z japonštiny, kde „Mu“ znamená něco negativního ve smyslu ztráty. [11]



Obrázek 2 - Muda, Mura a Muri [8]

A) Muda

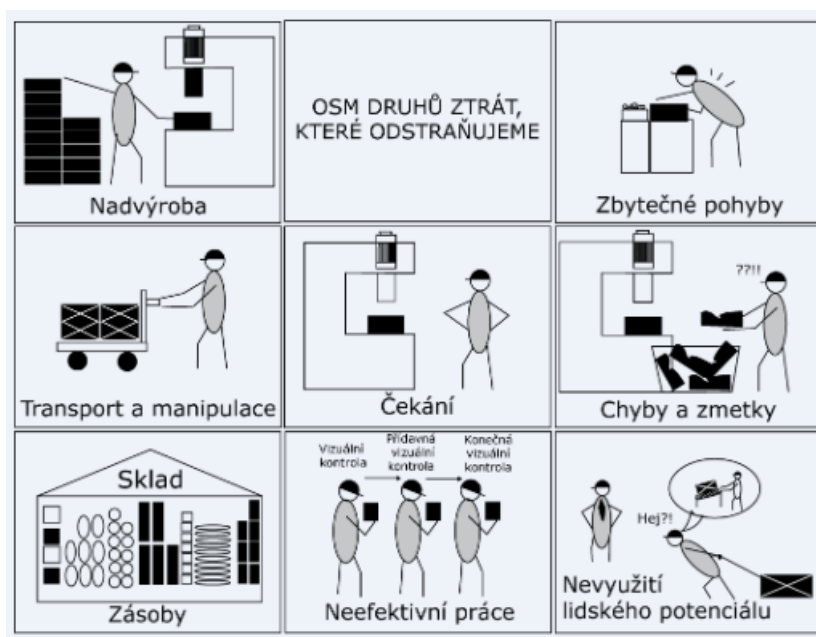
Plýtvání můžeme znát pod anglickým pojmem Waste nebo pod japonským názvem Muda. Řadí se mezi nejčastější termíny ve slovníku zlepšovatelských týmů v oblasti Lean a existuje v nějaké míře a formě v každém procesu. [1]

Rozeznáváme 8 druhů plýtvání: Nadvýroba, zbytečné pohyby, čekání, složité postupy, chyby, zásoby, transport a nevyužití lidského potenciálu. [2] [33]

- Nadvýroba – Jedná se o výrobu většího množství produktů než je skutečně potřebné. Nadvýroba váže finanční prostředky, zvyšuje nároky na výrobní a skladovací plochy, zvyšuje potřebu pracovníků a zvyšuje riziko selekcí velkých dávek polotovarů nebo výrobků. Nadvýrobu je možné omezit použitím vhodného systému plánování výroby (Kanban, SAP apod.), dodržováním standardů, aplikací preventivní údržby (TPM), aplikací metody pro rychlou výměnu přípravku (SMED) a zabezpečením vysoké kvality.
- Zbytečné pohyby – Mezi zbytečné pohyby patří pohyb při hledání pomůcek nebo chůze po pracovišti. Dále se může jednat o špatně organizované pracoviště, špatně organizované procesy nebo špatný layout.
- Čekání – Jedná se o mrtvý čas, ke kterému dochází, když dvě nezávislé proměnné procesu nejsou zcela synchronizovány. Může se jednat o čekání na materiál, čekání na opravu stroje nebo čekání na informace. Toto čekání se může eliminovat změnou

dávkové výroby na „tok jednoho kusu“, zvyšováním samostatnosti pracovníka při řešení nestandardních situací, vícestrojovou obsluhou, zjednodušením a standardizací materiálových a informačních toků.

- Složité postupy - Zdroje používané pro dosažení výsledku jsou předimenzované nebo je jich více, než je skutečně potřeba.
- Chyby – Horší kvalita nebo odchylka od specifikace, která je vyžadována zákazníkem
- Zásoby - Jde o materiál nebo produkty na straně výrobce, které zákazník nevyžaduje. Zásoby mohou vzniknout v důsledku špatného plánování, špatné kvality, nepřehlednosti nebo zakrývání problémů.
- Transport – Přesun materiálu, který nepřidává hodnotu výslednému produktu. Rozlišujeme makro plýtvání – zbytečná manipulace a přepravy (např. z důvodu špatného uspořádání podniku) a mikro plýtvání – přenášení dílů a výrobků v teritoriu pracoviště. Příkladem tohoto plýtvání může být vícenásobný transport, přesun palet pomocí manipulačních vozíků, přeprava pomocí pásových dopravníků, dočasné uložení rozpracovaného materiálu, překládání výrobků do a z přepravek nebo přebalování materiálu. Zbytečnou manipulaci můžeme omezit zrušením mezikladů, zavedení metody toku jednoho kusu, optimálním balením materiálu a polotovarů přímo od dodavatele.
- Nevyužití lidského potenciálu – Nevyužití lidských schopností, dovedností a zkušeností. Lidé jsou nejcennější a nejnákladnější zdroje, výše uvedené druhy plýtvání vedou k plýtvání lidským potenciálem.



Obrázek 3 - 8 druhů plýtvání [33]

B) Mura

Mura znamená nestejnomyšernost, nerovnoměrnost, nevyrovnanost, nepravidelnost či nevyváženost. Příklady, kdy je možné se s Mura setkat [11]:

- Nerovnoměrná poptávka zákazníků

- Výkyvy zásob
- Nerovnoměrná výrobní rychlost nebo změna objemu výroby
- Nepravidelnosti v kvalitě dobrých kusů
- Nepravidelný pracovní rytmus
- Nevyvážené školení pracovníků
- Nerovnoměrné rozložení pracovní zátěže

Za opatření vůči nerovnoměrnostem je považováno zavedení metod Just in Time, Heijunka, Kanban, SMED či One Piece Flow.

C) Muri

Muri je jakékoli přetěžování a provádění čehokoli, co je příliš obtížné. Kromě pracovníků, se Muri vztahuje i na materiály, stroje a organizace. Příklady, kdy je možné se s Muri setkat [11]:

- Práce trvající moc dlouho
- Zvedání těžkých objektů
- Hluk
- Příliš náročné úkoly
- Nadměrný stres
- Zneužívání tržní síly vůči dodavatelům nebo zákazníkům
- Hnaní výkonu strojů a nástrojů do maximálních mezí jejich možností, což vede k většímu opotřebení
- Vynechání údržby strojů
- Špatné zacházení s materiály, ukládání dílů v nevhodných podmínkách
- Naložení kamionu nad jeho hmotnostní limity

Někdy je odpovědí na tyto problémy zavedení metody 5S na pracovišti, lepší ergonomie nebo TPM.

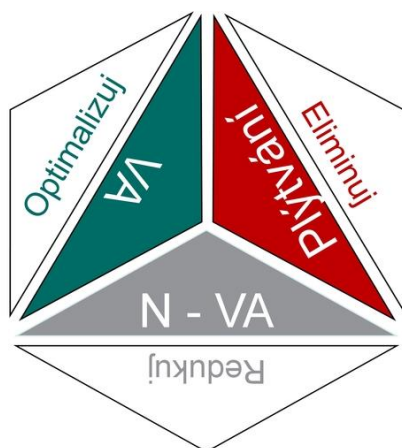
1.2. Činnosti VA a NVA

Činnosti VA (VA zkratka z angl. Value Added) přímo přispívají k tvorbě přidané hodnoty. Jsou to činnosti, za jejichž výkon zákazník zaplatí vyšší cenu, než kdyby provedeny nebyly. Naší snahou je tyto činnosti optimalizovat, například změnou technologie. [1]

Činnosti NVA (NVA zkratka z angl. Non Value Added) nepřidávají žádnou přidanou hodnotu. Rozdělujeme je [3]:

1. Činnosti nezbytné pro podnik - někdy označované jako Business Non Value Added. Pro zákazníka nemají význam a jejich provedení či neprovedení se neodrazí na ceně. Jsou to například činnosti dané regulátorem či nějakým jiným předpisem.

2. Činnosti zbytné pro podnik - Jedná se o činnosti, které nazýváme plýtvání a které se snažíme eliminovat. Mezi tyto činnosti patří kontroly, manipulace, čekání, zbytečná chůze, hromadění apod.



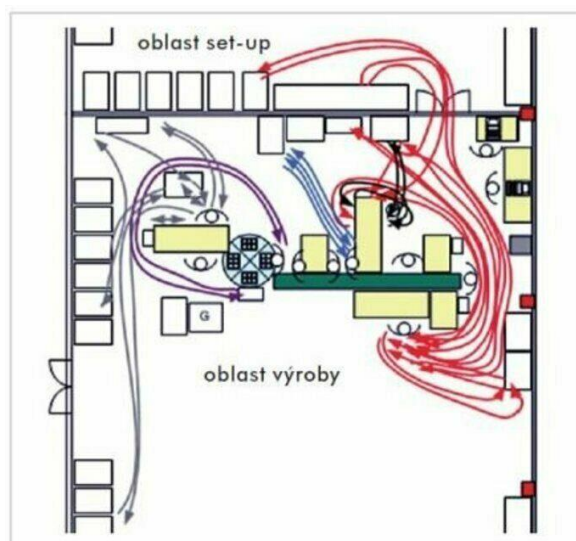
Obrázek 4 - Rozdělení činností z pohledu přidané hodnoty [4]

1.3. Mapování hmotných a personálních toků

Hmotný tok se zabývá přemísťováním věcí, materiálů nebo osob. Metod pro mapování těchto hmotných toků je nespočet. Mezi nejznámější, nejpoužívanější a nejefektivnější z nich patří Špagetový diagram nebo Sankeyův diagram. Oba tyto diagramy patří mezi názorně graficky zpracované způsoby analýzy. [20]

A) Špagetový diagram

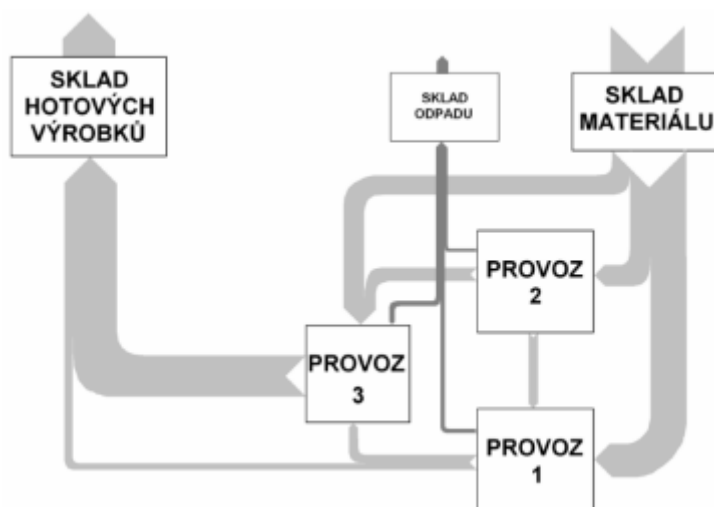
Špagetový diagram je nejjednodušší metoda přesného sledování pohybu pracovníka, nebo toku výrobků či dokumentů během pracovního procesu a jeho pomocí lze sledovat a snižovat množství nadbytečných pohybů a kroků. K vizualizaci slouží náčrt pracoviště s rozmístěním strojů, nástrojů, různých pomůcek i materiálu přímo na pracovišti či přímo ve výrobní hale. Pohyby jsou znázorňovány čarami mezi jednotlivými částmi pracoviště, a znázorňují cesty pracovníka. Tyto cesty jsou pak očíslovány a následně spočítány kroky zaměstnance a rychlost jeho pohybu vůči přeměřené vykonané trase. [20]



Obrázek 5 - Ukázka špagetového diagramu [22]

B) Sankeyův diagram

Autorem Sankeyova diagramu je irský inženýr Matthewa Henryho Phinease Rialla Sankeye, který diagram poprvé použil v roce 1898 pro sledování účinnosti parního stroje. Tato metoda znázorňuje pohyb materiálu, financí nebo lidí ve stanovený časový úsek (rok, měsíc, den, cyklus). V diagramu se velikost sledované veličiny znázorňuje šířkou pásu. Mezi výhody použití Sankeyova diagramu patří snížení mezioperačních časů, celková racionalizace výroby, přehledné zobrazení stavu před a po změně, snížení nákladů na mezioperační dopravu, snížení meziskladových zásob nebo rovnoměrné využívání strojů. V diagramu vyjadřuje tloušťka čáry objem materiálu za určitou časovou jednotku, délka čáry znázorňuje vzdálenost přepravy a šipky směr. [20]



Obrázek 6 - Sankeyův diagram [23]

C) Vývojový diagram

Vývojový diagram je univerzálním nástrojem a graficky znázorňuje jednotlivé prováděné kroky určitého procesu (tím může být výrobní proces, ale i algoritmus nebo pracovní postup). Diagram je složen z několika obrazců (jako obdélníky, elipsy, kosočtverce a kosodélníky, a dalších), které jsou stanovené dle norem (například ISO) a znázorňují jednotlivé kroky procesu. Tyto obrazce jsou pak propojeny šipkami, které určují průběh procesu. [20]

1.4. Analýza pracoviště

Analýza pracoviště kvantifikuje, popisuje a definuje potenciály ke zlepšení, zvýšení produktivity, kvality, snížení plýtvání apod. Před zavedením jakékoliv změny je nutné, aby byla provedena kvalitní analýza. [9]

Mezi cíle analýzy pracoviště patří:

- Zpracovat snímek pracovního dne pracovníka
- Zachytit a vyhodnotit časy procesu nepřidávající hodnotu – ztrátové časy
- Analyzovat využití stroje
- Sledovat hodinový výkon pracoviště

- Zpracovat mapu procesu
- Stanovit spotřeby času na jednotlivých taktech (krocích procesu)
- Zachytit spaghetti diagram
- Zhodnotit vhodnost provádění procesu
- Definovat účinnost procesu a jeho rezervy
- Zachytit příčiny výskytů vad
- Analyzovat způsob organizace práce
- Zpracovat materiálové toky na pracovišti

1.5. Metoda optimalizace výrobních buněk

Výrobní buňka má uzavřený tvar a lze v ní jednoduše škálovat práci a měnit výkon zvýšením nebo snížením počtu pracovníků. Buňka funguje na principu tahu a pracuje s tokem jednoho kusu. Spojováním pracovišť do výrobních buněk lze odstranit plýtvání a zvýšit flexibilitu výrobního procesu. Štíhlé výrobní buňky pracují podle taktu zákazníka, minimalizují předmontáže, implementují standardní práci, jsou zárukou plynulého materiálového toku a jejich reorganizace je velmi jednoduchá. Rozlišuje se několik tvarů výrobních buněk – přímý tok, uspořádání do tvaru písmene „U“, uspořádání do tvaru písmene „L“ a spine tvar. [30]

Přímý tok

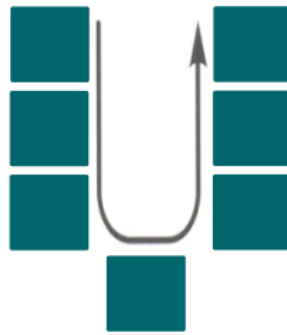
- Jednoduché na pochopení, plánování a řízení
- Jednoduchá a nenákladná manipulace
- Jednoduchý přístup z obou stran
- Nehrozí nahromadění v bodě vstupu a výstupu



Obrázek 7 - Výrobní buňka - přímý tok [31]

Uspořádání do tvaru písmene „U“

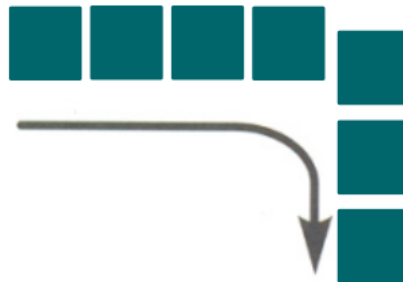
- Automatický návrat výrobku a mobilní manipulace do vstupu buňky
- Společný vstupní a výstupní bod – umožňuje pohodlnou manipulaci do buňky a z buňky
- Pracovníci ve středu si mohou navzájem jednodušeji pomáhat
- Jednoduché přiřazení vícero operací 1 pracovníkovi
- Lepší vybalancování linky



Obrázek 8 - Výrobní buňka - Tvar U [31]

Uspořádání do tvaru písmene „L“

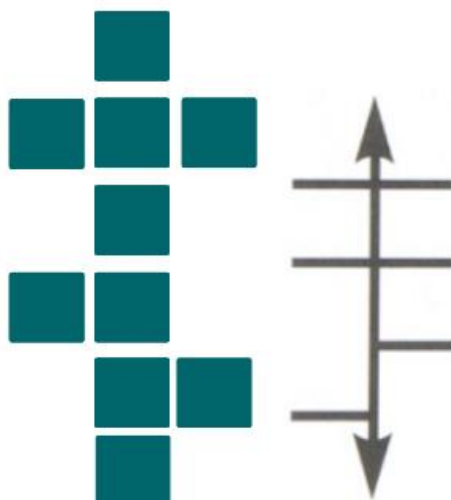
- Umožňuje delší série operací na limitovaném prostoru
- Umožňuje podávat materiál přímo z komunikace a proces ukončit v místě spotřeby
- Umožňuje izolaci nebezpečných a problematicky přemístitelných zařízení na roh



Obrázek 9 - Výrobní buňka - Tvar L [31]

Spine tvar

- Dobře vyhovuje buňkám s velkou variabilitou výrobního postupu
- Umožňuje dobré oddělení speciálního zařízení
- Vyhovuje i funkčním (technologickým) buňkám



Obrázek 10 - Výrobní buňka - Spine tvar [31]

1.6. Saatyho metoda

V závěru diplomové práce bude použita metoda kvantitativního párového srovnávání neboli Saatyho metoda. Díky této metodě bude vybrána nejlepší varianta. Vynálezcem metody byl profesor na Pittsburské univerzitě Thomas L. Saaty. Saatyho metoda spočívá ve srovnávání párů kritérií a hodnocení se ukládá do Saatyho matice $S = (s_{ij})$ podle následující Saatyho škály preferencí [37]

- $s_{ij} = 1$... rovnocenné
- $s_{ij} = 3$... slabá preference
- $s_{ij} = 5$... silná preference
- $s_{ij} = 7$... velmi silná preference
- $s_{ij} = 9$... absolutní preference

$s_{ii} = 1$, neboť kritérium je rovnocenné samo sebou. Pro všechna i musí platit že $s_{ji} = 1/s_{ij}$. Váhy chceme stanovit tak, aby platilo součet = 1 a podíly vah jsou rovny s_{ij} (pokud s_{ij} udává, kolikrát preferuji K_i před K_j , mělo by se to odrazit i v poměru vah).

Saatyho metoda se používá pro analýzu a řešení rozhodovacích úloh, kde řešitel vybírá variantu, která nejvíce naplňuje stanovený cíl. Řešitel musí definovat varianty a kritéria – vytvoří tabulku a na hlavní diagonále zapíše jedničky. Poté řešitel párově porovná kritéria a varianty mezi sebou a určí své preference a váhu dané preference. [36]

2. Normování a racionalizace

V této kapitole je vysvětlen pojem normování činností a jsou definovány druhy norem. Dále se kapitola zabývá balancováním pracovišť a závěr je věnován zlepšování podnikových procesů.

2.1. Normování činností

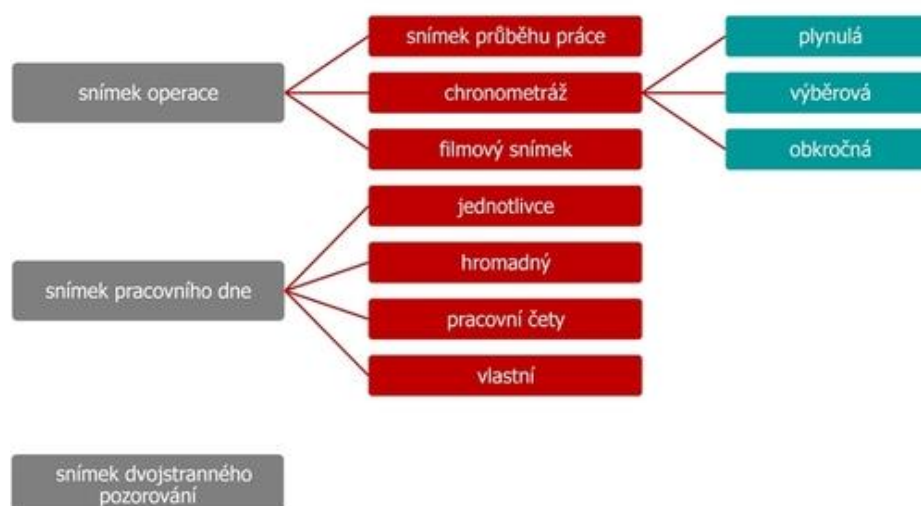
Norma je nejnižší možná spotřeba času, která zabezpečuje účelné využití pracovní síly, dosažení přiměřených nákladů, požadované kvality, přiměřenou námahu a bezpečnou práci. [16]

Normování činností je účinný nástroj v boji proti plýtvání a neefektivnosti v procesech. Měření práce je aplikace technik vytvořených pro určení času potřebného na vykonání specifické práce kvalifikovaným dělníkem na definované úrovni výkonu. Výstupem měření práce je norma spotřeby času. Ta může být stanovena na základě přímého nebo nepřímého měření. [12]

Metody měření práce [27] [21] [18]:

- Přímé měření

Metody přímého měření práce poskytují informace o struktuře a využití časového fondu, poskytují informace o době trvání jednotlivých pracovních i nepracovních dějů, slouží pro účel normování i racionalizace práce. Nástroje pro realizaci jsou → papír, tužka, stopky (kamera, atd.)



Obrázek 11 - Metody přímého měření práce [9]

- Snímek operace – Zaměření na studium pracovní operace nebo cyklu. Nejčastěji se používá chronometráž. Ta spočívá v analýze současného stavu vytížení operátorů na lince a cílem této metody je nalézt úzká místa. Jedná se o nejpoužívanější metodu pro stanovení výkonových norem. Dle délky času sledovaného úseku se dělí do dvou skupin – snímek pracovního dne nebo snímek

operace. Chronometráž se dělí do třech druhů – plynulá, výběrová a obkročná. Cílem plynulé chronometráže je zjistit skutečnou spotřebu času na jednotlivé úkony a na celou operaci, pokud se úkony zkoumané operace pravidelně opakují. Výběrová chronometráž je druh chronometráže, při kterém jsou předmětem pozorování a měření pouze určité, dopředu vybrané prvky operace. Obkročným chronometráž se používá v případech, kdy je třeba zjišťovat délku trvání velmi krátkých, pravidelně se opakujících prvků operace. Protože v tomto případě je obtížné měřit délku každého prvku jednotlivě, měří se časy celých skupin pracovních úkonů, z nichž se dodatečně vypočítává délka každého z nich.

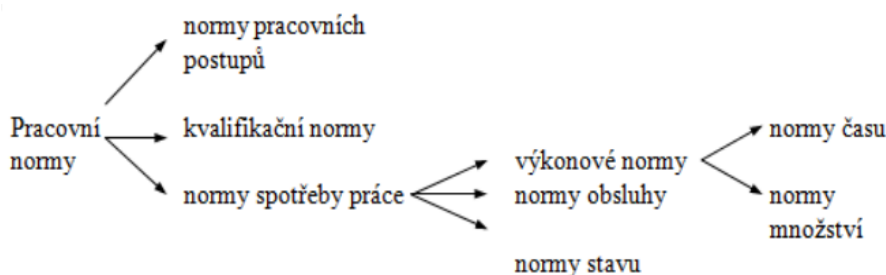
- Snímek pracovního dne - jedná se o techniku nepřetržitého pozorování veškeré spotřeby času během směny. Cílem je získat komplexní přehled o spotřebě času, identifikovat plýtvání, určit poměr činností nepřidávajících hodnotu, popřípadě navrhnout novou formu organizace práce. Snímek pracovního dne se často používá pro definování nepravidelných činností, které slouží jako podklad pro stanovení velikosti přírážky, nebo všude tam, kde potřebujeme získat informaci o aktuálním stavu využití jednotlivých pracovníků, např. pro možnost nastavení vícestrojové obsluhy. Rozlišujeme čtyři druhy snímku pracovního dne – snímek pracovního dne jednotlivce, snímek pracovního dne čtyry, hromadný snímek pracovního dne a vlastní snímek pracovního dne. U snímku pracovního dne jednotlivce jsou měřeny všechny děje v průběhu směny u jednoho pracovníka. Snímek pracovního dne čtyry měří všechny děje v průběhu směny u všech členů čtyry současně. U hromadného snímku se měří všechny děje v průběhu směny u několika pracovníků, kteří nepracují společně. Vlastní snímek pracovního dne představuje měření všech dějů nebo vybraných dějů ve směně pracovníkem, který provádí práci.
- Snímek dvojstranného pozorování - Syntéza mezi studiem pracovního procesu a technologickým procesem.
- Nepřímé měření – Cílem nepřímého měření nebo také systémů předem určených časů je rozbor jednotlivých úkonů na základní pohyby, kterým je následně dle náročnosti přiřazen index odpovídající určité spotřebě času.
 - MTM (Methods Time Measurement) – Jde o propracovaný systém hodnocení spotřeby času lidské práce na základě důkladného rozboru pracovního postupu – procesu a rozlišení jednotlivých dílčích pohybů. Těmto hodnotám se říká též elementy a z těch se poté skládají normy spotřeby času pro operaci.
 - MOST (Maynard Operation Sequence Technique) - Vychází ze skutečnosti, že jakákoliv práce je vlastně přemísťování hmoty či objektu a můžeme tuto práci popsat jedním ze čtyř sekvenčních modelů. K jednotlivým parametrům sekvenčních modelů jsou potom přiřazovány předdefinované indexy. Přínosem metody MOST je velmi příznivý poměr mezi náročností metody a její přesností, odpadá subjektivita vznikající při přímém měření (stopky), možno definovat časy budoucích operací.
 - UMS (Universal Maintenance Standards)
 - UAS (Universelles Analysier System)
 - USD (Unified Standard Data)

Mezi základní výhody systémů předem určených časů v porovnání s přímým měřením patří odpadnutí subjektivitu při stanovování stupně výkonu (systémy předem určených časů pracují se stupněm výkonu 100 %), možnost použití těchto metod pro stanovení budoucích operací, možnost použití pro racionalizaci pracovního postupu, organizaci a uspořádání pracoviště. [27]

Tabulka 1 - Rozdíl mezi přímým a nepřímým měřením práce

	PŘÍMÉ MĚŘENÍ	NEPŘÍMÉ MĚŘENÍ
Potřeba stopek	✓	X
Hodnocení výkonu pracovníka	✓	X
Citlivé na ergonomii	X	✓
Citlivé na použité metody	X	✓

2.2. Druhy norem



Obrázek 12 - Druhy norem [17]

Pracovní normy jsou technicky a ekonomicky zdůvodněné předpisy, které formulují jak se má práce vykonávat ve vztahu k technickým podmínkám a hospodárnosti, jaká kvalifikace se pro práci vyžaduje a kolik pracovníků je potřeba k vykonání práce. Normy spotřeby práce stanovují množství živé práce, potřebné na vykonání určité práce či splnění určitého pracovního úkolu v daných podmínkách. Výkonové normy se rozdělují na normy času – vyjadřují potřebný pracovní čas na vykonání měřitelné jednotky práce, a na normy množství – vyjadřují množství výrobků nebo výkonů za jednotku času (např. hodinu, směnu). Pracovní čas se obvykle udává v tzv. normohodinách (v setinách hodiny). Při vlastním výpočtu normohodin se základní čas výkonové normy na jednotku upravuje o případné normativy. Normy obsluhy určují počet potřebných pracovníků na obsluhu výrobního zařízení, počet pracovníků na jednu směnu, apod. Normy stavu udávají určitý počet pracovníků za určitých podmínek (např. počet dělníků na 1 THP). [17]

2.3. Balancování pracovišť

Balancování pracovišť se používá při optimalizaci a navrhování výrobních linek s cílem optimálního rozdělení činností mezi jednotlivá pracoviště – každý operátor je stejně časově vytížen. Každý operátor by měl mít stejně dlouhý cyklový čas, pokud by tomu tak nebylo a operátor A by měl kratší cyklový čas než operátor B, došlo by ke hromadění výrobků před operátorem B. Klíčovým vstupem pro tuto metodu je požadavek zákazníka, respektive

zákaznický takt. Cílem stanovení zákaznického taktu je synchronizovat krok výroby s krokem prodeje. [9]

Vzorec (1) slouží k výpočtu času taktu. Ten se vypočte jako podíl mezi dostupným pracovním časem za směnu a požadavkem zákazníka na směnu. Názorný příklad - pokud směna trvá 7,5hod a požadavek zákazníka je vyrobit 450 výrobků za směnu. Výpočtem se zjistilo, že zákazník kupuje každých 60 sekund jeden výrobek a to je zároveň konečná rychlost pro výrobu daného výrobku.

$$\text{čas taktu} = \frac{\text{dostupný pracovní čas za směnu}}{\text{požadavek zákazníka na směnu}} \quad (1)$$

$$\text{čas taktu} = \frac{27\,000 \text{ sekund}}{450 \text{ ks}} = 60 \text{ sekund}$$

Výpočet teoretické potřeby pracovníků nám poskytne orientační informaci pro balancování linky. Vzorec číslo (2) slouží k výpočtu počtu operátorů. Do čitatele jsou sečteny všechny manuální činnosti potřebné pro výrobu výrobku a tento čas se vydělí taktem zákazníka, který je vypočtený na obrázku výše.

$$\text{počet operátorů} = \frac{\text{celkový čas práce na operacích}}{\text{čas taktu}} \quad (2)$$

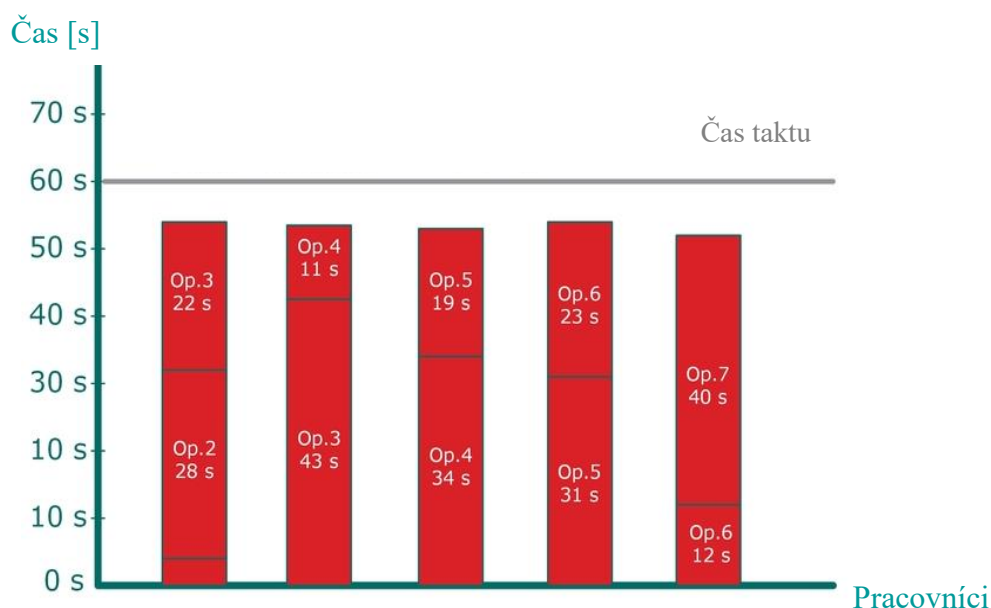
$$\text{počet operátorů} = \frac{267 \text{ sekund}}{60 \text{ sekund}} = 4,45 \text{ operátorů}$$

$$\text{počet operátorů} = 5 \rightarrow \text{nižší využití operátorů}$$

$$\text{počet operátorů} = 4 \rightarrow \text{potenciál pro realizaci zlepšení}$$

Diagram cyklů - sloupcový graf, který ukazuje délky jednotlivých časů cyklů operátorů ve výrobní buňce nebo lince. Pomocí tohoto grafu můžeme sledovat vytížení jednotlivých operátorů v rámci času taktu a zhodnotit úroveň vybalancování linky či buňky (také označován jako Yamazumi-diagram). [13]

Obrázek 13 znázorňuje rozdělení operací mezi operátory tak, aby byli operátoři stejně časově vytíženi. Každý sloupeček na vodorovné ose je složen z operací a času, kolik je potřeba na danou operaci. Jednotlivé sloupečky pak představují operátory – v tomto případě se jedná o 5 operátorů. Čas každého operátora nesmí překročit čas taktu – v názorném příkladu je to 60 sekund.



Obrázek 13 - Diagram cyklů - příklad [13]

Po nakreslení diagramu cyklů určíme úroveň vybalancování pomocí tzv. balance indexu (BI).

$$\text{Index vyváženosti} = \frac{\text{suma času všech manuálních činností}}{\text{maximální čas operátora} * \text{počet operátorů}} * 100\% \quad (3)$$

Při přestavbě již existujících procesů a zařízení je nejčastěji cílem dosáhnout hodnoty Indexu vyváženosti větší než 85%. K využívání variant s nižší hodnotou indexu bychom měli přistoupit až po zvážení míry efektivity a vlivu na produktivitu provozu. [13]

2.4. Zlepšování, Continuous Improvement

Zlepšování podnikových procesů je nezbytností pro udržení podniku na trhu. Můžeme rozdělit na kontinuální a diskontinuální zlepšování.

Continuous Improvement neboli trvalé zlepšování je nikdy nekončící proces zlepšování procesů, produktů a služeb. Vykonávané procesy jsou zkoumány a zlepšovány za účelem jejich efektivity, účinnosti a flexibility. Zlepšování je charakteristické malými kroky a malými investicemi. Na zlepšování spolupracují všichni pracovníci firmy. Obecnými metodami kontinuálního zlepšování jsou Kaizen, PDCA a DMAIC. Dále se sem dají zařadit metody TOC, TQM nebo Six Sigma. [14]

A) Kaizen

Kaizen je jedna z nejzákladnějších metod Leanu a skládá se ze dvou japonských slov „KAI – změna“ a „ZEN – lepší“. Jedná se o kontinuální zlepšování všech činností všemi pracovníky. Aby byl podnik konkurenceschopný, musí se neustále zlepšovat. Návrh na zlepšení mohou navrhnout všichni pracovníci, kteří se na procesu podílejí a cílem je tyto návrhy v co nejkratší době zrealizovat. [6]

B) PDCA

Metoda postupného zlepšování kvality výrobků, služeb, procesů, aplikací, dat, probíhající formou opakovaného provádění čtyř základních činností [19]:

- Plan – Naplánování toho, co se bude dělat, co se bude řešit a co všechno se musí provést. V závislosti na průběhu projektu se může stát, že některé činnosti budou prováděny opakovaně, dokud se nedosáhne požadovaných výstupů. V souvislosti s tím a v závislosti na projektu jako takovém se může jednat o nejrozsáhlejší fázi celého cyklu.
- Do – Realizace plánu, implementace zlepšujícího návrhu.
- Check – Verifikace výsledku realizace oproti původnímu záměru.
- Act – Úpravy záměru i vlastního provedení na základě ověření a plošná implementace zlepšení do praxe.

C) DMAIC

DMAIC je cyklus zlepšování, který se používá po jakékoli zlepšování – například kvality výrobků, služeb, procesů, aplikací, dat. Jedná se o zdokonalený PDCA cyklus. [19]

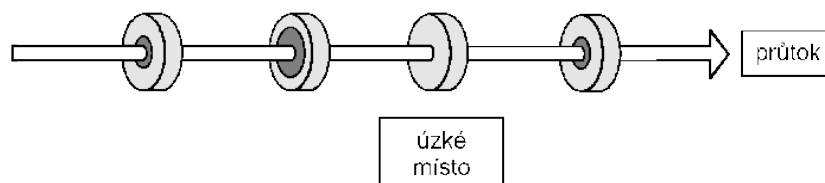
Fáze cyklu [19]:

- Define – definují se cíle, popisuje se předmět a cíle zlepšení
- Measure – měření výchozích podmínek
- Analyze – analýza zjištěných skutečností, příčin a nedostatků
- Improve – zlepšení na základě analyzovaných a změřených skutečností
- Control – zavádění zlepšeného nedostatku

D) Teorie omezení (TOC)

Tato filozofie vznikla na konci 70. let min. století v USA a jejím autorem je Eliyahu M. Goldratt. TOC slouží k trvalému zlepšování činností pomocí řízení úzkých míst. Úzké místo je takový zdroj, který limituje celkový průtok systémem. Cílem TOC je vydělávat peníze – snížit provozní náklady a zásoby a maximalizovat průtok. Maximální průtok je takový, jaký mi dovolí „nejuzší“ místo v systému. [24]

Obecný postup, který je aplikován při TOC – Nalézt omezení systému. Rozhodnout, jak omezení co nejlépe využít. Rozhodnutí podřídit vše ostatní. Vracení se k prvnímu kroku a nalézt nové omezení.



Obrázek 14 - Úzké místo[32]

3. Analýza současného stavu

Diplomová práce je zpracována ve společnosti Grammer CZ, s.r.o., která se zabývá výrobou komponentů do osobních automobilů i užitkových vozidel, zejména hlavových opěrek, loketních opěrek, středových konzolí a interiérových komponentů do osobních automobilů. Dále také vyvíjí a vyrábí sedadla pro řidiče a spolujezdce zemědělských a stavebních strojů, nákladních vozidel, autobusů, vysokozdvizných vozíků a vlaků po celém světě. Historie společnosti Grammer sahá až do roku 1880, kdy Willibald Grammer otevřel v Ambergu sedlářství a o 74 let později, jeho vnuk, Georg Grammer založil společnost na výrobu sedaček do traktorů. Grammer spolupracuje s celosvětovými významnými automobilkami jako je např. BMW, VW, Porsche, AUDI, Bentley a mnoho dalších. [15]

Společnost Grammer je rozšířena v Americe, Evropě, Africe i Asii, a to ve dvaceti zemích s více než padesáti výrobními, prodejními a logistickými místy. V České republice působí firma od roku 1992 a má zde 4 závody - v Mostě, Žatci, Tachově a České Lípě. V současné době zaměstnává společnosti více než 1500 zaměstnanců. [15]



Obrázek 15 - Logo firmy Grammer[15]

Diplomová práce se bude zabývat optimalizací výrobního procesu na výrobní lince XVS Porsche 416 Macan, kde se vyrábí přední hlavová opěrka pro jednoho z nejvýznamnějších zákazníků a je dodávána do vozů Porsche Macan. Opěrka se vyrábí z kůže a z koženky, v různých barvách, s logem či bez loga.

Cílem této práce je připravit a zanalyzovat nový návrh výrobní linky s potřebným vybalancováním výrobní linky.

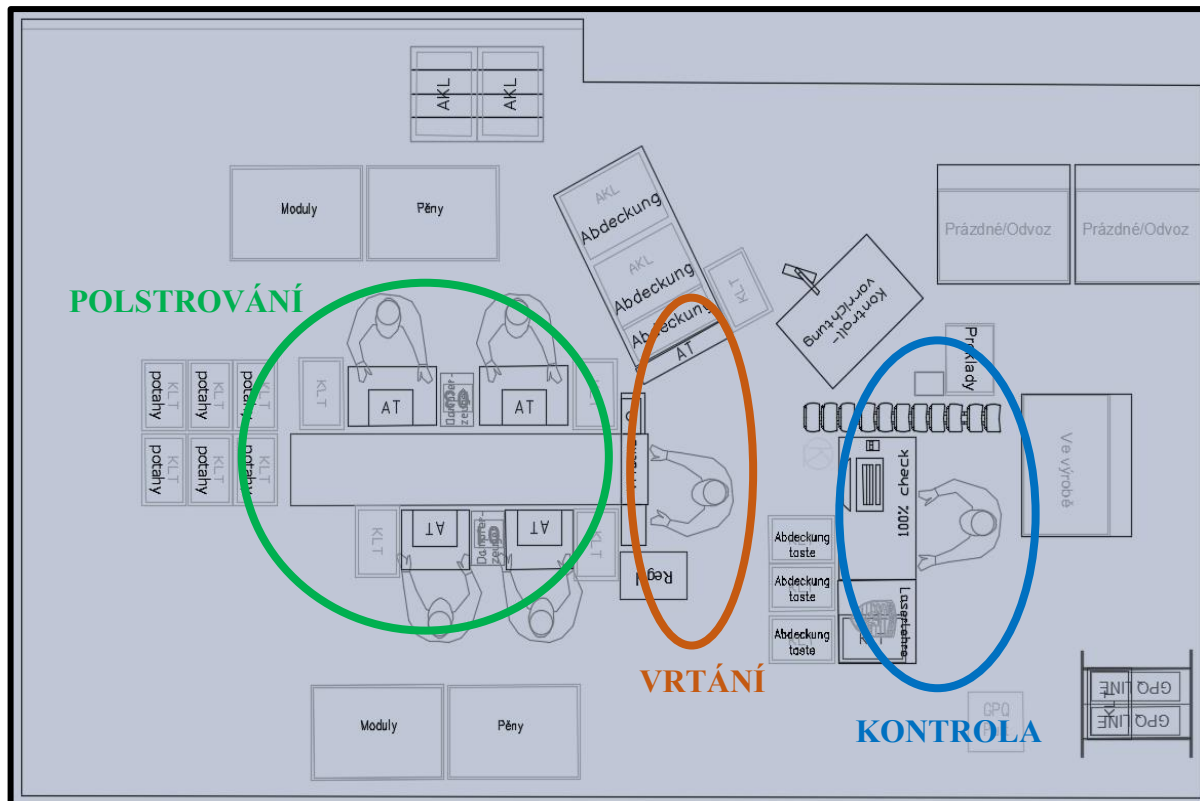


Obrázek 16 - Porsche Macan [34]



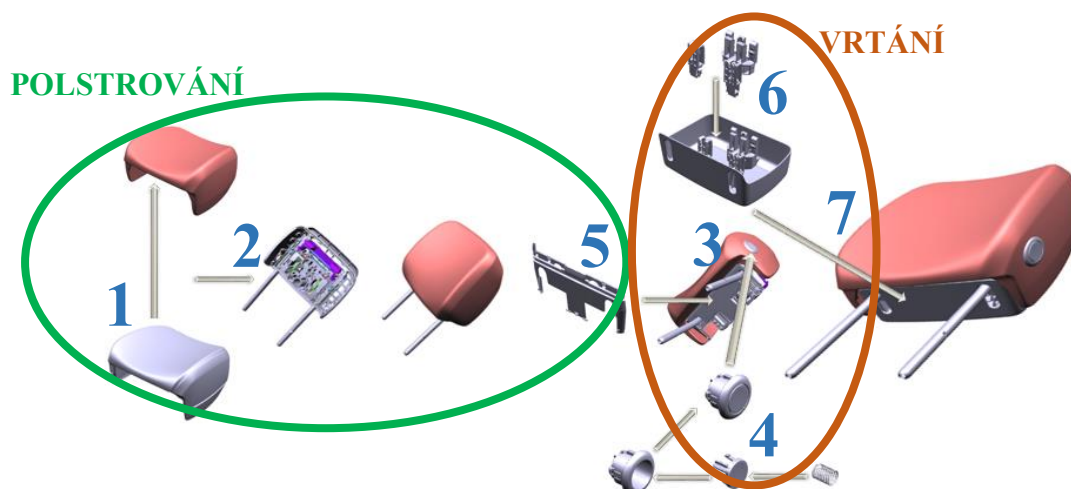
Obrázek 17 - Opěrka Porsche Macan [35]

Výrobní linka je rozdělena na 3 pracoviště (na obrázku označeny barvami) – polstrování (zelené), vrtání (oranžové) a kontrola (modrá). V současné době pracuje na lince 6 operátorů. Na pracovišti polstrování pracují čtyři operátoři, jeden operátor obsluhuje vrtačku s kontrolním strojem a jeden operátor provádí vizuální kontrolu a balení výrobků. Pracuje se na 2 směny.



Obrázek 18 - Layout výrobní linky

Na obrázku níže je vidět rozpad hlavové opěrky. Jednotlivé kroky jsou očíslovány a vysvětleny pod obrázkem. Zelenou barvou jsou označeny úkony, které se provádějí na pracovišti polstrování. Oranžovou barvou jsou označeny úkony, které se provádějí na pracovišti vrtání.



Obrázek 19 - Rozpad hlavové opěrky

1. **Předpolstrování** → Vsunutí pěny do potahu
2. **Polstrování** → Vsunutí modulu do připravené pěny s potahem, zacvaknutí lišt a nalepení dvou čárových kódů
3. **Vrtání opěrky** → Vyvrtání díry určené pro umístění tlačítka
4. **Montáž tlačítka** → Nejdříve je nutné tlačítko smontovat – pružina se vloží do Blende a tlačítko se nacvakne na Blende; montáž tlačítka do vyvrtaného otvoru
5. **Montáž spodního krytu** → Nacvaknutí spodního krytu do zarážek
6. **Předmontáž zadního krytu** → Nacvaknutí rastelementů a filců
7. **Konečná montáž** → Montáž zadního krytu

Zkompletovaná přední hlavová opěrka putuje ke kontrole do kontrolního stroje, který je možné vidět na Obrázku 20. Kontrolní stroj kontroluje bezpečnostní funkce, funkčnost tlačítka, modulu a tyčí. Pokud je vše v pořádku, stroj označí opěrku malou tečkou a opěrka putuje k vizuální kontrole a kontrole loga. Stroj, který slouží pro kontrolu pozice loga je vyfocen na Obrázku 21.



Obrázek 20 - Kontrolní stroj



Obrázek 21 - Kontrola pozice loga

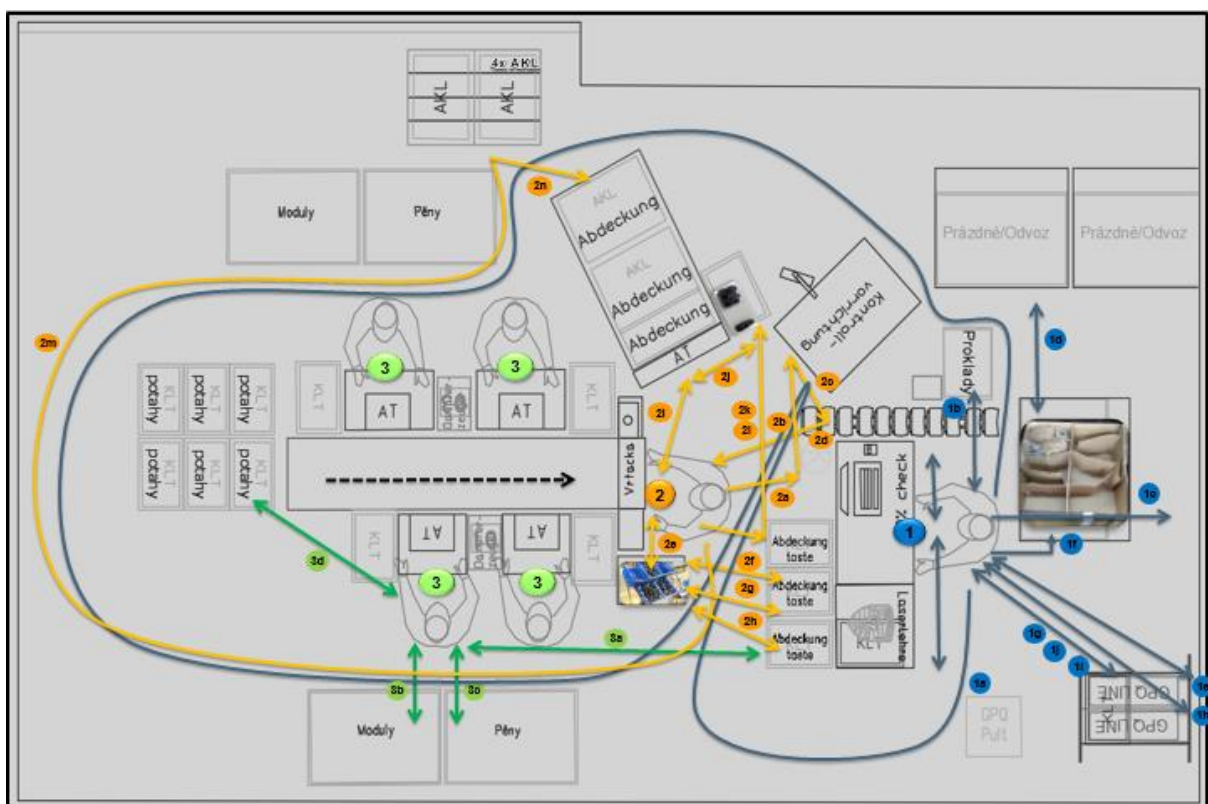
Poslední činností je balení opěrky. Operátor na kontrole odlepí z hlavové opěrky čárový kód a naskenuje ho do počítače. Naposledy očistí opěrku od otisků a veškerých nečistot a zabalí ji do igelitového pytle. Takto zabalenou opěrku umístí do boxu, který je vystlaný proklady, aby došlo k její dostatečné fixaci. Opěrky se balí do KTP boxů. V KTP boxu je 30 opěrek (2 patra po 15 kusech opěrek).



Obrázek 22 - Balení opěrek do KTP

3.1. Spaghetti diagram

Na obrázku níže je vytvořen špagetový diagram, jsou zde znázorněny jednotlivé pohyby pracovníků. Pracovník 1 je označen modrou barvou a jedná se o pracovníka kontroly. Pracovník 2 je obsluha vrtačky a jeho pohyby jsou na obrázku vykresleny oranžovou barvou. Pracovník 3 je znázorněn zelenou barvou a jedná se o pracovníka polstrování. Na pracovišti polstrování jsou čtyři pracovníci, tudíž se veškeré pohyby pracovníka polstrování musí vynásobit čtyřmi.



Obrázek 23 - Špagetový diagram

Tabulka níže je rozdělena do třech barevných zón. Modrá část patří operátorovi na výstupní kontrole. Oranžová část je věnována obsluze vrtačky a poslední zelená část patří pracovníkovi na pracovišti polstrování. U každého pracoviště jsou vypsány všechny činnosti, které daný operátor musí vykonat, a které vyžadují jeho pohyb po pracovišti. V tabulce je stanovena frekvence jednotlivých činností – kolikrát za směnu musí operátor činnost vykonat. Dále je možné v tabulce nalézt, jak dlouho bude každá činnost trvat a vzdálenost, kterou operátor při dané činnosti ujde. Ze získaných hodnot je vypočtená celková vzdálenost za směnu v metrech.

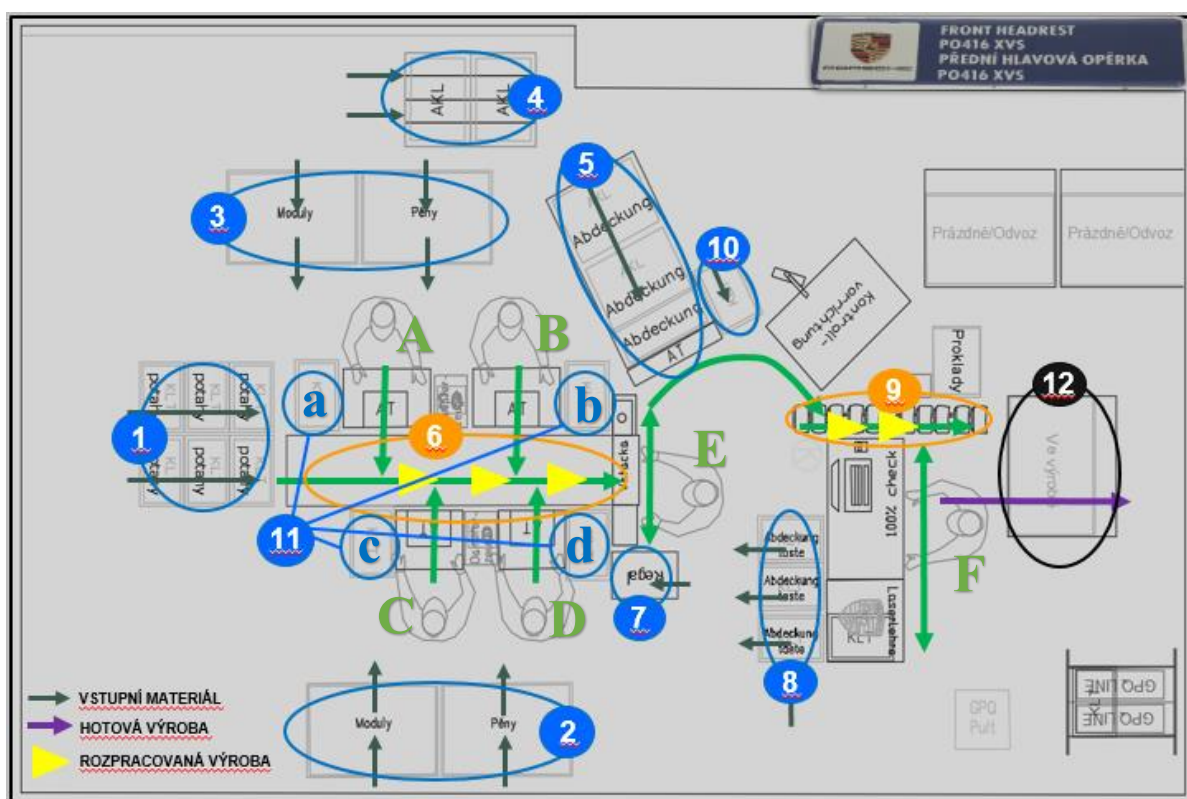
Tabulka 2 - Ušlé vzdálenosti operátora za směnu

Operátor	Pracoviště	Činnost	Účel	Vzdálenost[m]	Čas[sec]	Frekvence/směna	Celková vzdálenost[m]	
1	Výstupní kontrola	1a	Uvolnění procesu a 1.kusu	kontrola parametrů	30	41,7	1	30
		1b	pro proklady	součást balení	2	2,8	15	30
		1c	výměna boxu hotová výroba 30 ks norma 486ks na 6 MÄ	výměna hotové výroby	2	2,8	15	30
		1d	výměna prázdného boxu	výměna prázdného boxu	5	6,9	15	75
		1e	potvrzení NIO dílů - průměr 3 ks / směna	aby mohl vyfasovat zmetek	15	20,8	5	75
		1f	polepení vyráběného boxu	polepení vyráběného boxu	2	2,8	15	30
		1g	pro sáčky	doplnění	8	11,1	4	32
		1h	zapsat hodinové sledování	zapsat hodinové sledování	12	16,7	8	96
		1i	odložit NIO díl do KLT	odložit NIO díl do KLT	8	11,1	5	40
		1j	K linkovému GPQ a tabuli KPI	začít/ukončit směnu	8	11,1	2	16
		2	Vrtání opěrky, montáž tlačítka a zadního krytu + kontrolní stroj	2a	pro vzorky POKA-YOKE	vyzkoušení kontrolního stroje	6	8,3
2b	vložit díl do KS			zkusit funkci dílu	2	2,8	430	860
2c	odložit díl ke kontrole			vizuální kontrola	1	1,4	430	430
2d	zpátky na pozici vrtačky			pracovat s dalším dílem	4	5,6	430	1720
2e	příprava tlačítka, pružiny, blende			nutné pro montáž tlačítka	1	1,4	430	430
2f	doplnit taste			doplnění	3	4,2	10	30
2g	doplnit pružiny			doplnění	3	4,2	10	30
2h	doplnit blende			doplnění	3	4,2	10	30
2i	pro zadní abdeckung			nutné pro montáž	4	5,6	430	1720
2j	pro malý a velký rastelement			nutné pro montáž zadního abdeckungu	2	2,8	430	860
2k	doplnit velké rastelementy			doplnění	10	13,9	5	50
2l	doplnit malé rastelementy			doplnění	10	13,9	9	90
2m	pro kit s abdeckungy			doplnění	16	22,2	5	85
2n	doplnit abdeckungy do regálu			doplnění	2	2,8	6	12
3	Polstrování opěrek	3a	pro spodní abdeckungy	nutné pro montáž	10	13,9	29	290
		3b	pro moduly	nutné pro montáž	5	6,9	144	720
		3c	pro pěny	nutné pro montáž	5	6,9	43	215
		3d	pro potahy	nutné pro montáž	6	8,3	43	258

3.2. Materiálové toky a buffer

Materiálový tok představuje organizovanou dopravu materiálu danou technologickým procesem, a to bez ohledu na to, zda se jedná o suroviny, balící materiál nebo rozpracované a hotové výrobky teoreticky od jeho vstupu až po výstup z výrobního závodu. Bezproblémový materiálový tok ve výrobním závodě proto výrazně ovlivňuje konkurenceschopnost firmy a zároveň i návratnost vložených investic do výrobních strojů. Pokud mluvíme o bufferu, mluvíme o zásobníku, který se vytváří před úzkým místem. Na obrázku 24 je zelenými šipkami vyznačen tok materiálu na výrobní lince. Černé šipky představují, kudy teče do linky vstupní materiál. Žluté trojúhelníky představují rozpracovanou výrobu. Jedná se o rozpracovanou výrobu na skluzu před vrtačkou a na skluzu před výstupní kontrolou. Fialová šipka znázorňuje hotovou výrobu.

Pro zjištění celkové potřebné plochy pro materiál v m2, byly plochy se zásobami rozděleny do jednotlivých zón. Na Obr. 24 jsou tyto zóny označeny a očíslovány modrou barvou.



Obrázek 24 - Materiálový tok

Na pracovišti polstrování jsou čtyři pracovníci – A, B, C a D. Každý z těchto pracovníků má u svého pracovního místa své vlastní KLT (na Obr.24 jsou KLT značeny 11a, 11b, 11c, 11d), do kterého si zásobuje pěny, potahy a spodní kryty. Moduly si pracovník zavěšuje na rám skluzu. Tento materiál si pracovníci odebírají z jednotlivých zón. Pracovníci A a B si berou materiál ze zóny 1, 3, 8 a ukládají si jej do svých KLT boxů, tzn. pracovník A do zóny 11a, pracovník B do zóny 11b. Pracovníci C a D si berou materiál ze zóny 1, 2, 8 a ukládají ho do zóny 11c a 11d. Když mají materiál připravený, vloží pěnu do potahu. Do pěny s potahem vsunou modul, zacvaknou lišty, namontují spodní kryt a nalepí čárový kód. Takto připravenou opěrku posílají pracovníci polstrování po skluzu na pracoviště vrtání.

Pracoviště vrtání obsluhuje pracovník E, který si nejdříve doplní materiál ze zóny 8 do regálu 7 a 10 (jedná se o komponenty pro montáž tlačítka a rastelementy). Poté přechází k zóně 4 a doplní AKL boxy se zadními kryty do zóny 5, což je regál s těmito boxy.

Jakmile má pracovník na vrtačce materiál doplněný, přechází k samotné montáži. Odebere opěrku ze skluzu a vyvrtá do ní díru. Následně vezme ze zóny 7 komponenty pro montáž tlačítka a mezitím co je opěrka na vrtačce, tlačítko smontuje. Smontované tlačítko nacvakne do opěrky a přechází k zóně 5 – zde odebere zadní kryt. Ze zóny 10 odebere rastelementy, které nacvakne do zadního krytu. Zadní kryt s rastelementy nasadí na opěrku a vloží ji do kontrolního stroje. Když je opěrka zkontrolována, pracovník E ji odešle po skluzu k pracovišti výstupní kontroly k pracovníkovi F. Ten si opěrku vezme, naskenuje štítek, očistí ji, zabalí a vloží do KTP boxu.

3.3. Normování činností na pracovištích

Chronometrůž slouží k analýze současného stavu vyřízení operátorů na lince. Na každém pracovišti – polstrování (kůže, koženka), vrtání a kontrola, byly změřeny časy cyklů, viz obrázky níže. Činnosti byly rozděleny na úkony, které byly změřeny stopkami, a bylo provedeno 15 opakování. Z těchto opakování se vypočetl průměr. Následně se všechny průměry úkonů sečetly a získal se čas potřebný pro činnost na daném pracovišti.

Operace: montáž opěrky PO416 Linka 20 koženka															Datum pozorování: 19.10.2021					Pozorovací list č.: Krycí list č.:	
P. č.	Název měřené části (úkon)	Konečný mezní bod	N	Pořadová čísla měření (kusů, cyklů)															Průměr	Průměr s faktorem výkonu	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	Úprava potahu	Z: potáh z KLT K: péna z KLT	J	0:00:12	0:00:13	0:00:18	0:00:14	0:00:14	0:00:13	0:00:24	0:00:17	0:00:28	0:00:18	0:00:17	0:00:18	0:00:18	0:00:14	0:00:19	0:00:17	0:00:17	
2	Vložení pény do potahu	Z: péna z KLT K: vložení pény do potahu	J	0:00:14	0:00:14	0:00:17	0:00:15	0:00:15	0:00:18	0:00:19	0:00:18	0:00:23	0:00:18	0:00:18	0:00:19	0:00:17	0:00:21	0:00:18	0:00:17	0:00:17	
3	Úprava a žehlení potahu s pénou	Z: vložení pény do potahu K: uhození modulu	J	0:00:13	0:00:15	0:00:17	0:00:21	0:00:29	0:00:22	0:00:21	0:00:21	0:00:22	0:00:12	0:00:21	0:00:22	0:00:15	0:00:22	0:00:17	0:00:20	0:00:20	
4	Natažení potahu s pénou na modul	Z: uhození modulu K: vložení opěrky do držáku	J	0:00:08	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:09	0:00:07	0:00:09	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:08	
6	Úprava potahu a zavření lišt	Z: vložení opěrky do držáku K: očištění šroubovku	J	0:00:34	0:00:38	0:00:42	0:00:42	0:00:37	0:00:38	0:00:41	0:00:42	0:00:45	0:00:52	0:00:38	0:00:35	0:00:50	0:00:43	0:00:39	0:00:41	0:00:41	
7	Žehlení opěrky	Z: očištění šroubovku K: očištění teničky	J	0:00:15	0:00:15	0:00:13	0:00:13	0:00:15	0:00:12	0:00:16	0:00:22	0:00:14	0:00:14	0:00:14	0:00:15	0:00:10	0:00:13	0:00:16	0:00:14	0:00:14	
8	Montáž spodního krytu	Z: očištění teničky K: zavaznutí spodního krytu	J	0:00:06	0:00:10	0:00:12	0:00:08	0:00:07	0:00:10	0:00:14	0:00:12	0:00:14	0:00:15	0:00:09	0:00:13	0:00:11	0:00:15	0:00:13	0:00:11	0:00:11	
9	Nalepení 2x etikety a odložení opěrky na pás	Z: zavaznutí spodního krytu K: očištění hotové pény na pás	J	0:00:12	0:00:11	0:00:08	0:00:08	0:00:11	0:00:08	0:00:09	0:00:12	0:00:12	0:00:09	0:00:09	0:00:14	0:00:09	0:00:13	0:00:13	0:00:11	0:00:11	
Stupeň výkonu				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0:02:29		
Suma (celková průměrná délka trvání operace)																	0:02:29				
Činnosti vykonávané v jiné četnosti opakování (pravidelně)																	Identifikované plynutí				
p.č.	Činnost	čas	četnost	výsl. čas														čas			
1	Zásobování potahů z KLT	0:00:19	10	0:00:02																	
2	Zásobování pény z KTP	0:00:18	10	0:00:02																	
3	Zásobování modulů z KTP	0:00:12	3	0:00:04																	
4	Zásobování spodních abecoků z KLT	0:00:31	15	0:00:02																	

Obrázek 25 - Chronometrůž - koženka

Provedená chronometrůž, která je vyobrazena na Obrázku 25 je pro koženkovou opěrku. Díky naměřeným časům se zjistilo, že montáž koženkové opěrky bude trvat 2 minuty a 29 sekund.

Operace: montáž opěrky PO416 Linka 20 kůže															Datum pozorování: 19.10.2021					Pozorovací list č.: Krycí list č.:	
P. č.	Název měřené části (úkon)	Konečný mezní bod	N	Pořadová čísla měření (kusů, cyklů)															Průměr	Průměr s faktorem výkonu	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	Úprava potahu	Z: potáh z KLT K: péna z KLT	J	0:00:19	0:00:17	0:00:13	0:00:21	0:00:12	0:00:15	0:00:18	0:00:15	0:00:19	0:00:15	0:00:17	0:00:18	0:00:15	0:00:20	0:00:17	0:00:17	0:00:17	
2	Vložení pény do potahu	Z: péna z KLT K: vložení pény do potahu	J	0:00:20	0:00:18	0:00:21	0:00:17	0:00:19	0:00:18	0:00:17	0:00:18	0:00:18	0:00:14	0:00:20	0:00:20	0:00:14	0:00:16	0:00:18	0:00:18	0:00:18	
3	Úprava a žehlení potahu s pénou	Z: vložení pény do potahu K: uhození modulu	J	0:00:42	0:00:47	0:00:45	0:00:49	0:00:56	0:00:43	0:00:44	0:00:38	0:00:50	0:00:52	0:00:48	0:00:44	0:00:53	0:00:42	0:00:47	0:00:47	0:00:47	
4	Natažení potahu s pénou na modul	Z: uhození modulu K: vložení opěrky do držáku	J	0:00:14	0:00:10	0:00:11	0:00:15	0:00:11	0:00:18	0:00:13	0:00:16	0:00:12	0:00:11	0:00:14	0:00:12	0:00:15	0:00:14	0:00:17	0:00:14	0:00:14	
6	Úprava potahu a zavření lišt	Z: vložení opěrky do držáku K: očištění šroubovku	J	0:00:51	0:00:50	0:00:48	0:00:48	0:00:45	0:00:49	0:00:47	0:00:41	0:01:04	0:00:51	0:00:58	0:00:52	0:00:40	0:00:45	0:00:41	0:00:49	0:00:49	
7	Žehlení opěrky	Z: očištění šroubovku K: očištění teničky	J	0:00:11	0:00:11	0:00:09	0:00:08	0:00:07	0:00:10	0:00:13	0:00:07	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:10	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:00:09	
8	Fénování opěrky	Z: očištění teničky K: očištění měny	J	0:00:19	0:00:15	0:00:17	0:00:18	0:00:18	0:00:22	0:00:19	0:00:14	0:00:21	0:00:19	0:00:18	0:00:23	0:00:15	0:00:18	0:00:21	0:00:18	0:00:18	
9	Montáž spodního krytu	Z: očištění měny K: zavaznutí spodního krytu	J	0:00:13	0:00:09	0:00:11	0:00:14	0:00:10	0:00:14	0:00:13	0:00:08	0:00:11	0:00:14	0:00:08	0:00:13	0:00:12	0:00:14	0:00:12	0:00:12	0:00:12	
10	Nalepení 2x etikety a odložení opěrky na pás	Z: zavaznutí spodního krytu K: očištění hotové pény na pás	J	0:00:09	0:00:10	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:12	0:00:08	0:00:07	0:00:10	0:00:12	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:11	0:00:12	0:00:10	0:00:10	
Stupeň výkonu				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0:03:21		
Suma (celková průměrná délka trvání operace)																	0:03:21				
Činnosti vykonávané v jiné četnosti opakování (pravidelně)																	Identifikované plynutí				
p.č.	Činnost	čas	četnost	výsl. čas														čas			
1	Zásobování potahů z KLT	0:00:19	10	0:00:02																	
2	Zásobování pény z KTP	0:00:18	10	0:00:02																	
3	Zásobování modulů z KTP	0:00:12	3	0:00:04																	
4	Zásobování spodních abecoků z KLT	0:00:31	15	0:00:02																	

Obrázek 26 - Chronometrůž - kůže

Na Obrázku 26 je vidět, že potřebný čas pro polstrování kožené opěrky je 3 minuty a 21 sekund. Polstrování kožené opěrky je časově náročnější z důvodu horší manipulace s kůží. Pro lepší manipulaci se musí opěrka více nažehlovat a fénovat.

4. Identifikace plýtvání

Cílem této kapitoly je nalézt a identifikovat plýtvání. Na lince nás nejvíce trápí pohyb pracovníků po pracovišti a velké množství materiálu na lince. První podkapitola se zaměřuje právě na pohyb pracovníků. Je zjištěna celková ušlá vzdálenost operátorů na lince za jednu směnu. Druhá podkapitola se zaměřuje na výpočet celkové potřebné plochy pro materiál. V poslední části je vykreslen cyklový diagram, spočten vážený cycle time a stanoven potřebný počet operátorů na lince.

4.1. Pohyb po pracovišti

Tabulka níže popisuje pohyb operátorů po pracovišti. V prvním sloupci jsou vypsána pracoviště. Druhý sloupec znázorňuje ušlou vzdálenost jednoho operátora za směnu na daném pracovišti. Ve třetím sloupečku je napsán počet operátorů na lince. Na pracovišti polstrování jsou to čtyři pracovníci, proto se musí vzdálenost za směnu vynásobit čtyřmi. Součtem těchto vynásobených hodnot, se získá vzdálenost, kterou všichni operátoři na lince musejí ujít za směnu. Celková vzdálenost všech operátorů na lince činí 30 541 metrů a je nutné toto číslo snížit. Je nevhodné, aby operátoři ušli za směnu takto velkou vzdálenost.

Tabulka 3 - Pohyb pracovníků na pracovišti

Pracoviště	Vzdálenost / směna [m]	Počet operátorů na lince	Celková vzdálenost operátorů na pracovišti [m]
Vrtání	6359	1	6359
Polstrování	5932	4	23 728
Výstupní kontrola	377	1	454
CELKEM [m]			30 541

4.2. Zásoby v m^2

V Tabulce 4 je přehled všech zásob na lince. Na Obrázku 24 je vstupní materiál rozdělen do jednotlivých zón, které jsou modře označeny a očíslovány. Právě tyto zóny jsou vypsány v tabulce. U každé zóny je vypsán název materiálu, který se v ní nachází. Dále typ a rozměr balení, ve kterém je materiál umístěn a počet těchto balení v dané zóně. V tabulce jsou modrou barvou vyznačeny řádky se vstupním materiálem. Oranžovou barvou je vyznačena rozpracovaná výroba (jedná se o zónu 6 a 9). Hotová výroba je zóna 12, a řádek v tabulce je vybarven černou barvou.

Tabulka 4 - Velikost zón s materiálem

NÁZEV DÍLU	POČET BALENÍ [ks]	TYP BALENÍ	ROZMĚR BALENÍ [cm]
1 - vstupní materiál - 1,44 m²			
Potahy	max 6	KLT	60x40
2 - vstupní materiál - 2,04 m²			
Pěny	max 1	KTP	123x83x95,5
Moduly	max 1	KTP	123x83x95,5
3 - vstupní materiál - 2,04 m²			
Pěny	max 1	KTP	123x83x95,5
Moduly	max 1	KTP	123x83x95,5
4 - vstupní materiál - 0,96 m²			
Zadní abdeckungy	max 6 (3 patra)	AKL	80x60
5 - vstupní materiál - 1,44 m²			
Zadní abdeckungy	max 3	AKL	80x60
6 - rozpracovaná výroba - m²			
opěrka	10	skluz	
7 - vstupní materiál - 0,18 m²			
Pružiny	max 1	KLT	30x20
Blende	max 1	KLT	30x20
Taste	max 1	KLT	30x20
8 - vstupní materiál - 0,96 m²			
Pružiny	max 1	KLT	60x40
Blende	max 1	KLT	60x40
Taste	max 1	KLT	60x40
Spodní abdeckungy	max 1	KLT	60x40
9 - rozpracovaná výroba			
opěrka	10	skluz	
10 - vstupní materiál - 0,12m²			
Malý rastelement	max 1	KLT	30x20
Velký rastelement	max 1	KLT	30x20
11 - vstupní materiál - 0,96 m²			
Pěny,potahy	max 1 x 4	KLT	60x40
12 - hotová výroba - 1,02 m²			
opěrka	max 1	KTP	123x83x95,5

V tabulce 5 jsou jednotlivé zóny vypsány a je spočtena jejich plocha v m². Součtem jednotlivých ploch se získala celková plocha, která je pro materiál potřebná a ta činí 10,14 m². V tabulce je sečtena veškerá plocha pro vstupní materiál, proto v ní chybí zóny s rozpracovanou a hotovou výrobou.

Tabulka 5 - Plocha určená pro materiál v m²

	ZÓNA (značení dle Obr.24)	PLOCHA [m ²]
VSTUPNÍ MATERIÁL	1	1,44
	2	2,04
	3	2,04
	4	0,96
	5	1,44
	7	0,18
	8	0,96
	10	0,12
	11	0,96
	CELKEM	

V Tabulce 6 je ke každému materiálu přiřazen jeho počet v balení. Za směnu se vyrobí 430 kusů opěrek. Pokud se toto číslo vydělí počtem kusů v balení, získá se počet potřebných balení za směnu. Dále je v tabulce spočtena výdrž materiálu v minutách. Ta se spočetla jako podíl délky směny v minutách a počet potřebných balení za směnu.

Tabulka 6 - Výdrž materiálu na lince

Materiál	Počet [ks/balení]	Délka směny [min]	Výdrž materiálu [min]	Počet potřebných balení na směnu [ks]
Moduly	98	435	99,1	4,4
Pěny	120	435	121,4	3,6
Rastelementy malé	1300	435	657,6	0,7
Rastelementy velké	350	435	354,1	1,2
Spodní kryty	360	435	364,2	1,2
Zadní kryty	27	435	27,3	15,9
Potahy	30	435	30,3	14,3
Tlačítka	150	435	151,7	2,9
Tlačítka	450	435	455,2	1,0
Pružiny	750	435	758,7	0,6

Dále jsou na lince identifikovány rozpracované zásoby, které se hromadí na skluzu před vrtačkou. Tento skluz má 2 skluzné cesty a vejde se na něj maximálně 10 kusů opěrek. Dva pracovníci polstrování na jedné straně posílají opěrky po jedné části skluzu, pracovníci polstrování naproti nim posílají opěrky po druhé části skluzu. Pracovník na vrtačce odebírá opěrky jak chce, a tudíž zde není dodržována metoda FIFO. Z důvodu častého zásobování jednotlivých regálů na pracovišti vrtání, pracovník na vrtačce nestíhá a na skluzu se mu hromadí materiál.

4.3. Cyklové časy a cyklový diagram

V Tabulce 7 je vypočtený vážený cyklový čas obou variant. Výpočet bere v úvahu, že % zastoupení výroby v období KW42 – KW06 je koženka 17% a kůže 83%

Tabulka 7 - Výpočet cycle time

	Cyklový čas koženky [s]	Cyklový čas kůže [s]
Polstrování	139	192
Vrtání	48	48
Kontrola	41	41
Celkem cycle time [s]	228	281
Vážený cycle time obou variant [s]	271,99	

Pokud je vypočtený vážený cycle time obou variant a stanovený zákaznický takt time, může se vypočíst potřebný počet operátorů na lince.

Výpočet potřebných operátorů na lince:

$$\text{počet operátorů} = \frac{271,99 \text{ [s/ks]}}{60,7 \text{ [s/ks]}} = 4,48 \rightarrow 5 \text{ operátorů}$$

Výpočtem jsme došli k závěru, že na lince je zapotřebí pouze pět operátorů. V současné době jich je na lince šest, tudíž můžeme jednoho operátora ušetřit.

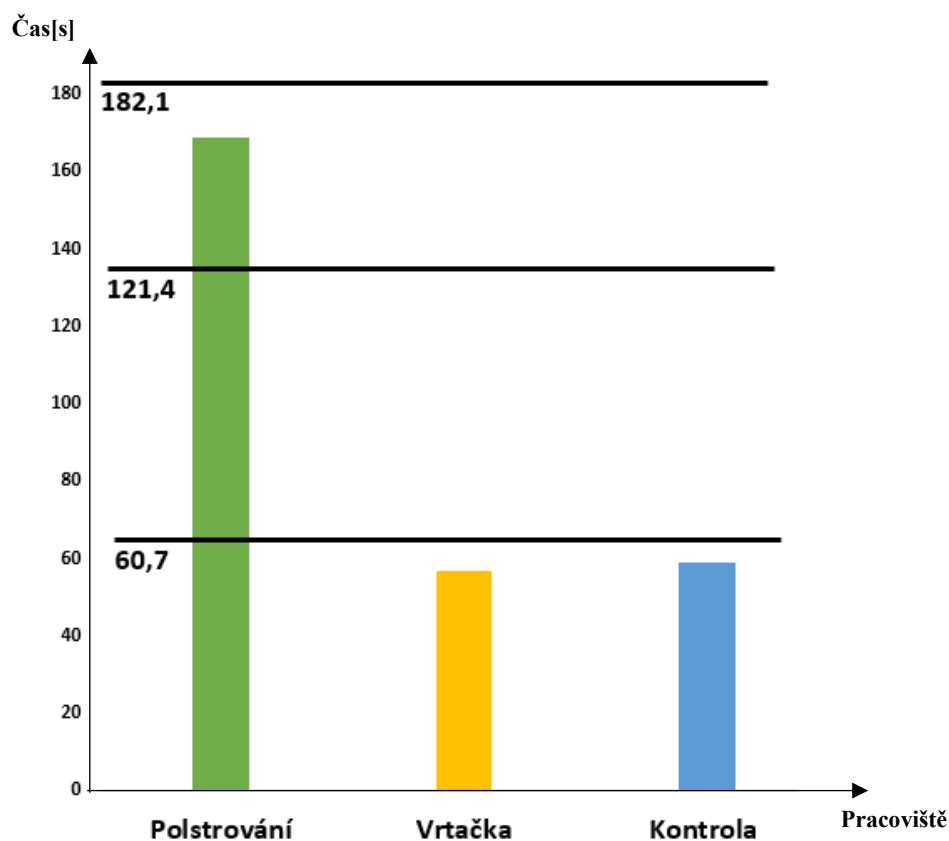
Tabulka 8 znázorňuje spotřebu času v sekundách jednotlivých činností na pracovištích. Každé pracoviště je označeno barvou a je rozděleno na jednotlivé činnosti, které se na něm provádí. Díky provedené chronometráži byly změřeny délky těchto činností a spočtena jejich suma. Pracoviště polstrování je značeno zelenou barvou a činnosti na něm trvají 169 sekund. Oranžovou barvou je značeno pracoviště vrtání a délka činností činí 57 sekund. Modře je zbarvena tabulka pro pracoviště 100% kontroly, ta proběhne za 59 sekund.

Tabulka 8 - Cyklové časy - původní varianta

PRACOVISŤE	NÁZEV ČINNOSTI	ČAS [s]	CELK. ČAS [s]
Polstrování	1 Úprava potahu	17	169
	2 Předpolstrování	17,5	
	3 Polstrování	44	
	4 Úprava potahu a zacvaknutí lišt	45	
	5 Žehlení potahu	11,5	
	6 Fénování potahu	9	
	7 Montáž spodního krytu	11,5	
	8 Lepení barcode, odložení opěrky	10,5	
	Odebírání potahu z KLT	1	
	Odebrání pěn z KTP	1	
	Odebrání modulů z KTP	1	
	Vrtačka	1 Vrtání opěrky	
2 Chůze		2	
3 Montáž tlačítka		13	
4 Chůze		2	
5 Předmontáž zadního krytu		13	
6 Chůze		2	
7 Konečná montáž		5	
8 Chůze		2	
9 Kontrolní stroj		5	
10 Chůze		3	
Zásobování tlačítek		2	
Zásobování rastelementů		1	

Kontrola	1	Vizuální kontrola opěrky + čištění	32	59
	2	Balení opěrky	4	
	3	Chůze	2	
	4	Balení opěrky do boxu	5	
	5	Chůze	2	
		Ukončení balení+Příprava nového	5	
		Vystlání proklady	2	
		Uvolnění 1. kusu	7	

Graf 1 je cyklový diagram současného stavu. Barevné sloupečky zobrazují tři pracoviště – pracoviště polstrování, vrtání a kontroly. U každého pracoviště je zakreslený cyklový čas, který je spočtený v tabulce 8. Zákaznický takt, který je vypočten v kapitole 3.3, je 60,7 sekund. Jak je možné v grafu níže vidět, cyklový čas pro pracoviště polstrování je 169 sekund. Aby byl tento čas splněn, musí být na pracovišti polstrování 3 pracovníci. Pracoviště vrtání a kontrola je v normě – na pracovišti stačí jeden pracovník.



Graf 1 - Cyklový diagram - původní stav

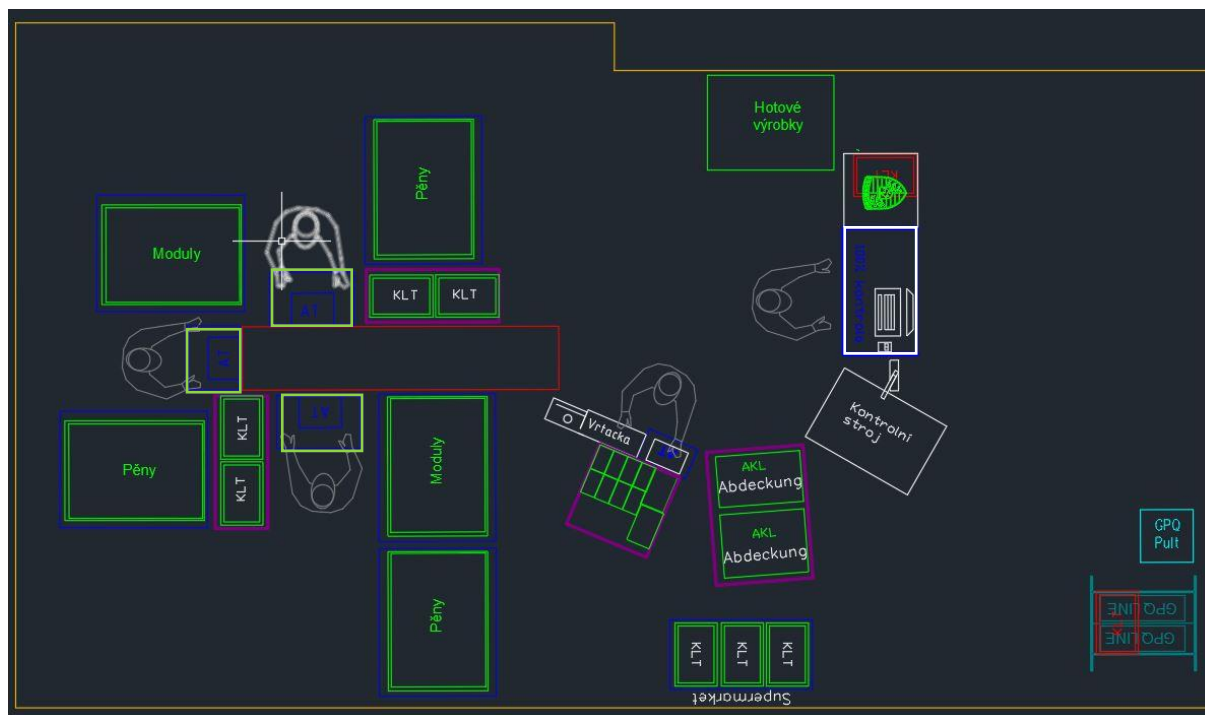
5. Návrhy variant řešení výrobní linky

V této kapitole jsou navrženy tři varianty uspořádání výrobní linky pro různý počet operátorů. Každá varianta je detailně popsána a je pro ní zpracován layout v programu AutoCad.

5.1. Návrhy uspořádání a prostorová náročnost

VARIANTA A

Varianta A je navržena pro 5 pracovníků – 3 pracovníci jsou na pracovišti polstrování, 1 pracovník obsluhuje vrtačku a 1 pracovník provádí výstupní kontrolu. U této varianty každý pracovník provádí stejné činnosti jako v původní variantě. Pracovníci na polstrování vloží pěnu do potahu, do připraveného potahu s pěnou vloží modul a zacvaknou lišty. Na opěrku namontují spodní kryt a po skluzu posouvají opěrku k obsluze vrtačky. Pracovník na vrtačce odebere opěrku ze skluzu, vyvrtá do ní díru a smontuje si tlačítko, které poté vloží do opěrky. Dále si připraví zadní kryt a to tak, že nacvakne celkem 3 rastelementy a nalepí filcy. Takto připravený zadní kryt namontuje na opěrku a vloží ji do kontrolního stroje. Z kontrolního stroje si opěrku odebírá pracovník kontroly, který opěrku zkontroluje, očistí od různých otisků a nečistot, zabalí do igelitového pytle a vloží ji do připraveného boxu.



Obrázek 29 - Layout - Varianta A

V Tabulce 9 jsou u každého pracoviště vypsány všechny činnosti, které operátor musí vykonat, a které vyžadují jeho pohyb po pracovišti. Dále je stanovený čas a počet opakování činnosti za směnu. Ze získaných hodnot je vypočtená celková vzdálenost za směnu v metrech.

Tabulka 9 - Ušlé vzdálenosti - Varianta A

Pracoviště	Činnost	Účel	Vzdálenost [m]	Čas[sec]	Frekvence/směna	Celková vzdálenost[m]	
Výstupní kontrola	1a	Uvolnění procesu a 1.kusu	kontrola parametrů	15	20,8	1	15
	1b	potvrzení NIO dílů - průměr 5 ks / směna	aby mohli vyřezovat zmetek	15	20,8	5	75
	1c	polepení vyráběného boxu	polepení vyráběného boxu	2	2,8	15	30
	1d	zapsat hodinové sledování	zapsat hodinové sledování	15	20,8	8	120
	1e	odložit NIO díl do KLT	odložit NIO díl do KLT	10	13,9	5	50
	1f	K linkovému GPQ a tabuli KPI	zečít/ukončit směnu	10	13,9	2	20
	1g	vymítní opěrky z kontrolního stroje	nutné pro montáž	1	1,4	430	430
	1h	uložení dílu do boxu	hotové vjabe	2	2,8	430	860
Vrtání opěrky, montáž tlačítka a zadního krytu + kontrolní stroj	2a	pro vzorky POKA-YOKE	vyskoušení kontrolního stroje	2	2,8	2	4
	2b	vložit díl do KS	zkoušet funkci dílu	2	2,8	430	860
	2c	zpětky na pozici vrtačky	pracovat s dalším dílem	2	2,8	430	860
	2d	doplnit taste	doplnění	5	6,9	5	25
	2e	doplnit pružiny	doplnění	5	6,9	5	25
	2f	doplnit blende	doplnění	5	6,9	5	25
	2g	pro zadní abdeckung	nutné pro montáž	2	2,8	430	860
	2h	doplnit velké rastelementy	doplnění	5	6,9	3	15
	2i	doplnit malé rastelementy	doplnění	5	6,9	5	25
	2j	pro spodní abdeckungy	nutné pro montáž	8	11,1	29	232
Polstrování opěrek	3a	pro spodní abdeckungy	nutné pro montáž	8	11,1	29	232
	3b	pro pěny	nutné pro montáž	2	2,8	430	860

Byl zpracován špagetový diagram navrhované varianty A, ve kterém jsou zakresleny všechny prováděné činnosti z Tabulky 9. Dále jsou v Tabulce 10 vypsány všechny materiály na lince a spočtena jejich velikost v m².



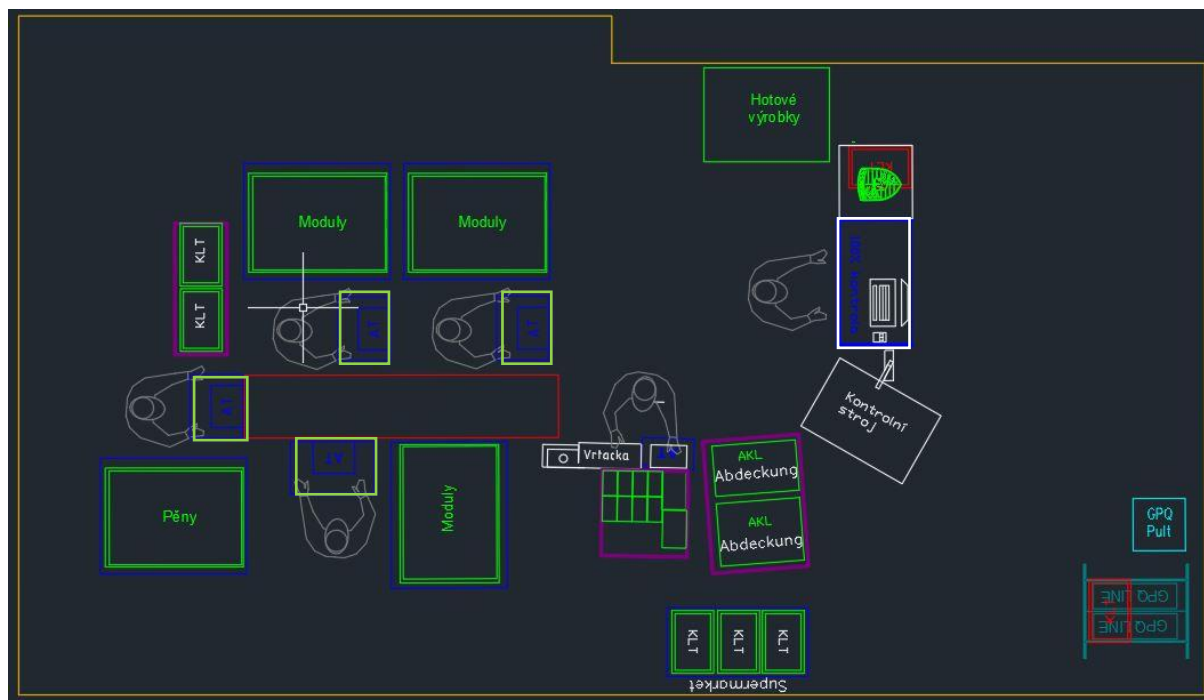
Obrázek 30- Špagetový diagram - Varianta A

Tabulka 10 - Zásoby na lince v m2 - Varianta A

MATERIÁL		Plocha [m2]
Zadní kryty		0,96
Potahy		0,96
Pěny		3,0627
Moduly		2,0418
SUPERMARKET	Pružiny	0,24
	Blende	0,24
	Taste	0,24
	Rastelementy V	0,24
	Rastelementy M	0,24
	Spodní kryty	0,24
REGÁL	Pružiny	0,12
	Blende	0,12
	Taste	0,12
	Rastelementy M	0,12
	Rastelementy V	0,24

VARIANTA B

Varianta B je navržena pro 6 pracovníků – 1 pracovník předpolstrování, 3 pracovníci na polstrování, 1 obsluha vrtačky a 1 pracovník kontroly. Rozdělení činností pracovníků je odlišné od původní varianty. Na začátku procesu vzniká pracovník předpolstrování, který vkládá pouze pěnu do potahu a posílá ji po pásovém dopravníku ke třem pracovníkům polstrování. Ti do připraveného potahu s pěnou vloží modul, zacvaknou lišty, namontují spodní kryt a posouvají opěrku po skluzu k obsluze vrtačky. Pracovník na vrtačce odebere opěrku ze skluzu, vyvrtá díru, namontuje tlačítko, do zadního krytu nacvakne rastelementy, namontuje zadní kryt na opěrku a vloží ji do kontrolního stroje. Z kontrolního stroje si opěrku odebírá pracovník kontroly, který opěrku zkontroluje, očistí, zabalí a uloží do připraveného boxu. U této varianty je zapotřebí použít místo skluzu pásový dopravník, aby se potahy nepoškrábaly.



Obrázek 31 - Layout - Varianta B

V Tabulce 11 jsou u každého pracoviště vypsány všechny činnosti, které operátor musí vykonat, a které vyžadují jeho pohyb po pracovišti. Opět je tabulka rozdělena do barevných zón. Modrou barvou je označena výstupní kontrola, oranžovou barvou pracoviště vrtání a zelenou barvou pracoviště polstrování. V tabulce je zapsán počet opakování jednotlivých činností a čas potřebný pro provedení činnosti. Dále je v tabulce znázorněna vzdálenost, kterou operátor při dané činnosti musí ujet. Ze získaných hodnot je vypočtená celková vzdálenost za směnu v metrech.

Tabulka 11 - Ušlé vzdálenosti - Varianta B

Pracoviště	Činnost	Účel	Vzdálenost[m]	Čas[sec]	Frekvence/směna	Celková vzdálenost[m]	
Výstupní kontrola	1a	Uvolnění procesu e 1.kusu	kontrola parametrů	20	27,8	1	20
	1b	potvrzení NIO dílu - průměr 5 ks / směna	aby mohl vyfotovat zmetek	15	20,8	5	75
	1c	polepení vyráběného boxu	polepení vyráběného boxu	2	2,8	15	30
	1d	zapsat hodinové sledování	zapsat hodinové sledování	15	20,8	8	120
	1e	odložit NIO díl do KLT	odložit NIO díl do KLT	10	13,9	5	50
	1f	K linkovému GPQ a tabuli KPI	zečít/ukončit směnu	10	13,9	2	20
	1g	vyjmutí opěrky z kontrolního stroje	nutné pro montáž	1	1,4	430	430
	1h	uložení dílu do boxu	hotové vjoba	2	2,8	430	860
Vrtání opěrky, montáž tlačítka a zadního krytu + kontrolní stroj	2a	pro vzorky POKA-YOKE	vyzkoušení kontrolního stroje	2	2,8	2	4
	2b	vložit díl do KS	zkusit funkci dílu	2	2,8	430	860
	2c	zpětky na pozici vrtáčky	pracovet s delším dílem	2	2,8	430	860
	2d	doplnit taste	doplnění	5	6,9	5	25
	2e	doplnit pružiny	doplnění	5	6,9	5	25
	2f	doplnit blende	doplnění	5	6,9	5	25
	2g	pro zadní abdeckung	nutné pro montáž	2	2,8	430	860
	2h	doplnit velké rastelementy	doplnění	5	6,9	3	15
	2i	doplnit malé rastelementy	doplnění	5	6,9	5	25
Polstrování opěrek	3a	pro spodní abdeckungy	nutné pro montáž	10	13,9	29	290

Obrázek 32 znázorňuje špagetový diagram navrhované varianty B, ten představuje, jak se operátor pohybuje po daném pracovišti. Všechny činnosti jsou očíslovány a navazují na Tabulku 11, kde jsou jednotlivé činnosti popsány.



Obrázek 32- Špagetový diagram - Varianta B

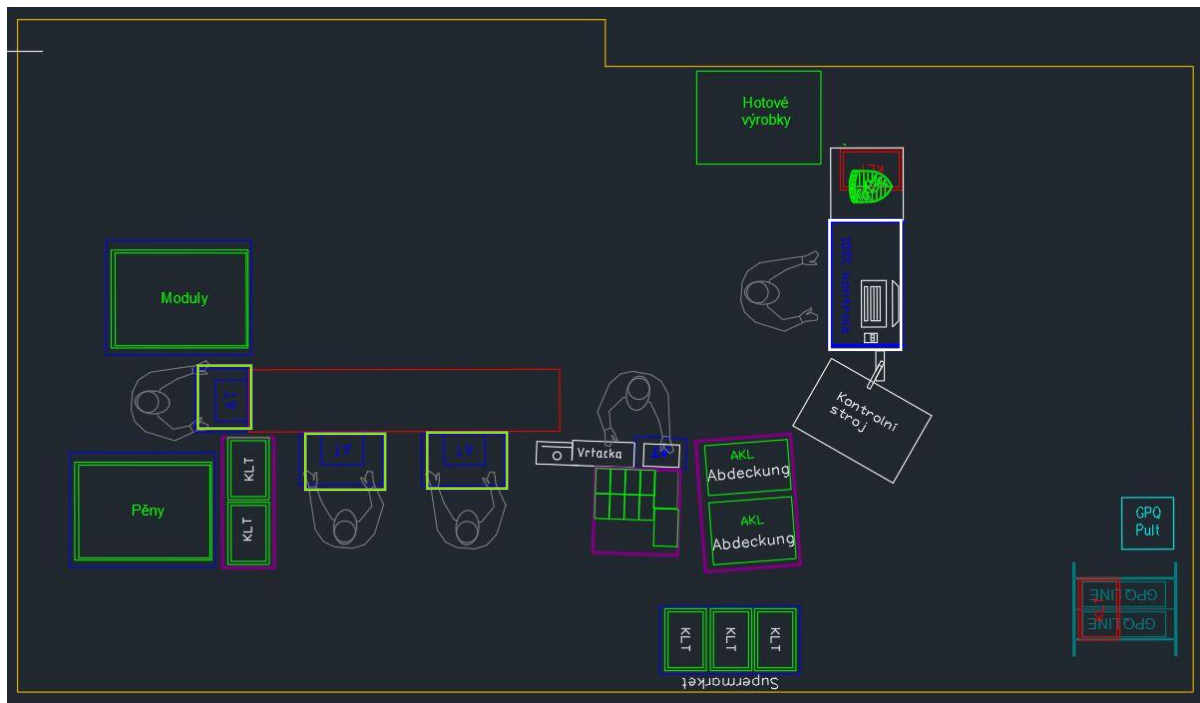
Tabulka 12 znázorňuje velikost zásob v m² na lince. Jsou vypsány všechny materiály, které se na lince nacházejí a dle velikosti a počtu balení jsou spočtené velikosti zásob.

Tabulka 12 - Zásoby na lince v m² - Varianta B

MATERIÁL		Plocha [m ²]
Zadní kryty		0,96
Potahy		0,96
Pěny		1,0209
Moduly		3,0627
SUPERMARKET	Pružiny	0,24
	Blende	0,24
	Taste	0,24
	Rastelementy V	0,24
	Rastelementy M	0,24
	Spodní kryty	0,24
REGÁL	Pružiny	0,12
	Blende	0,12
	Taste	0,12
	Rastelementy M	0,12
	Rastelementy V	0,24

VARIANTA C

Varianta C je navržena pro 5 pracovníků – 1 pracovník polstrování, 2 pracovníci zavírači, 1 obsluha vrtačky a 1 pracovník kontroly. Rozdělení činností pracovníků je odlišné od původní varianty. Celý proces začíná u pracovníka polstrování, který vloží pěnu do potahu, do připraveného potahu s pěnou vloží modul a opěrku pošle po skluzu k zavíračům. Pracovníci zavírači pouze zacvaknou lišty, namontují spodní kryt a posouvají opěrku po skluzu k obsluze vrtačky. Skluz je rozdělen na dvě dráhy (pracovník polstrování → zavírači, zavírači → obsluha vrtačky). Pracovník na vrtačce odebere opěrku ze skluzu, vyvrtá do ní díru, namontuje tlačítko, do zadního krytu nacvakne rastelementy, namontuje zadní kryt na opěrku a vloží do kontrolního stroje. Z kontrolního stroje si opěrku odebírá pracovník kontroly, který opěrku zkontroluje, očistí, zabalí a uloží do připraveného boxu. U této varianty je použit fén, který vhání teplý vzduch do balení s potahy, aby byla práce s nimi snadnější.



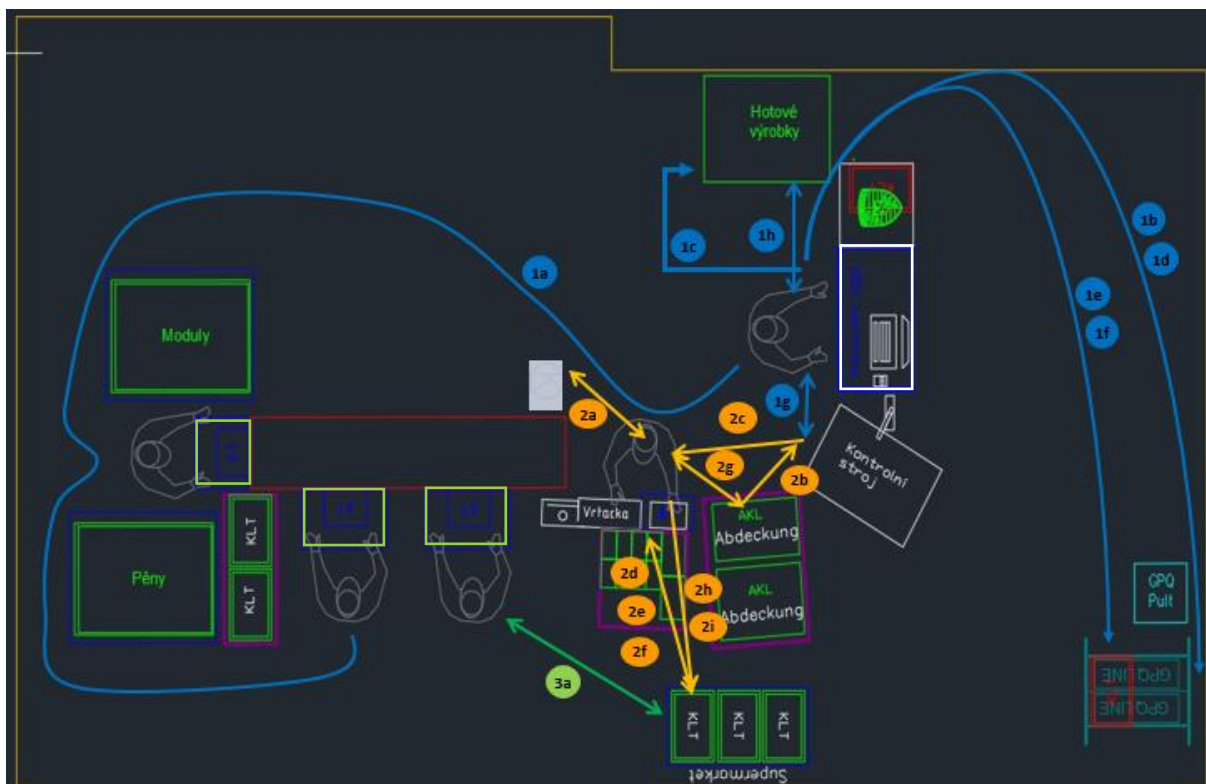
Obrázek 33 - Layout - Varianta C

V Tabulce 13 jsou u každého pracoviště vypsány všechny činnosti, které operátor musí vykonat, a které vyžadují jeho pohyb po pracovišti. Opět je tabulka rozdělena do barevných zón. Modrou barvou je označena výstupní kontrola, oranžovou barvou pracoviště vrtání a zelenou barvou pracoviště polstrování. V tabulce je zapsán počet opakování jednotlivých činností a čas potřebný pro provedení činnosti. Dále je v tabulce znázorněna vzdálenost, kterou operátor při dané činnosti musí ujít. Ze získaných hodnot je vypočtená celková vzdálenost za směnu v metrech

Tabulka 13 - Ušlé vzdálenosti - Varianta C

Pracoviště	Činnost	Účel	Vzdálenost [m]	Čas[sec]	Frekvence/směna	Celková vzdálenos[m]	
Výstupní kontrola	1a	Uvolnění procesu e 1.kusu	kontrola parametrů	25	34,7	1	25
	1b	potvrzení NIO dílu - průměr 5 ks / směna	aby mohl vyfotovat zmetek	15	20,8	5	75
	1c	polepení vyráběného boxu	polepení vyráběného boxu	2	2,8	15	30
	1d	zapsat hodinové sledování	zapsat hodinové sledování	15	20,8	8	120
	1e	odložit NIO díl do KLT	odložit NIO díl do KLT	10	13,9	5	50
	1f	K linkovému GPQ e tabuli KPI	začít/ukončit směnu	10	13,9	2	20
	1g	vymíutí opěrky z kontrolního stroje	nutné pro montáž	1	1,4	430	430
	1h	uložení dílu do boxu	hotová výroba	2	2,8	430	860
	Vrtání opěrky, montáž tlačítka a zadního krytu + kontrolní stroj	2a	pro vzorky POKA-YOKE	vyzkoušení kontrolního stroje	2	2,8	2
2b		vložit díl do KS	zkusit funkci dílu	2	2,8	430	860
2c		zpětky na pozici vrtačky	pracovat s dalším dílem	2	2,8	430	860
2d		doplnit taste	doplnění	5	6,9	5	25
2e		doplnit pružiny	doplnění	5	6,9	5	25
2f		doplnit blende	doplnění	5	6,9	5	25
2g		pro zadní abdeckung	nutné pro montáž	2	2,8	430	860
2h		doplnit velké restelementy	doplnění	5	6,9	3	15
2i		doplnit malé restelementy	doplnění	5	6,9	5	25
Polstrování opěrek		3a	pro spodní abdeckungy	nutné pro montáž	8	11,1	29

Obrázek 34 znázorňuje špagetový diagram navrhované varianty B, ten představuje, jak se operátor pohybuje po daném pracovišti. Všechny činnosti jsou očíslovány a navazují na Tabulku 13.



Obrázek 34 - Špagetový diagram - Varianta C

V Tabulce 14 jsou vypsány všechny materiály, které se na lince nacházejí a dle velikosti a počtu balení jsou spočtené velikosti těchto zásob.

Tabulka 14 - Zásoby na lince v m2 - Varianta C

MATERIÁL		Plocha [m2]
Zadní kryty		0,96
Potahy		0,48
Pěny		1,0209
Moduly		1,0209
SUPERMARKET	Pružiny	0,24
	Blende	0,24
	Taste	0,24
	Rastelementy V	0,24
	Rastelementy M	0,24
	Spodní kryty	0,24
REGÁL	Pružiny	0,12
	Blende	0,12
	Taste	0,12
	Rastelementy M	0,12
	Rastelementy V	0,24

5.2. Balancování

Tato kapitola se zabývá balancováním navržených variant. Cyklové časy jsou spočteny v tabulkách a jsou vykresleny cyklové diagramy pro každou variantu.

VARIANTA A

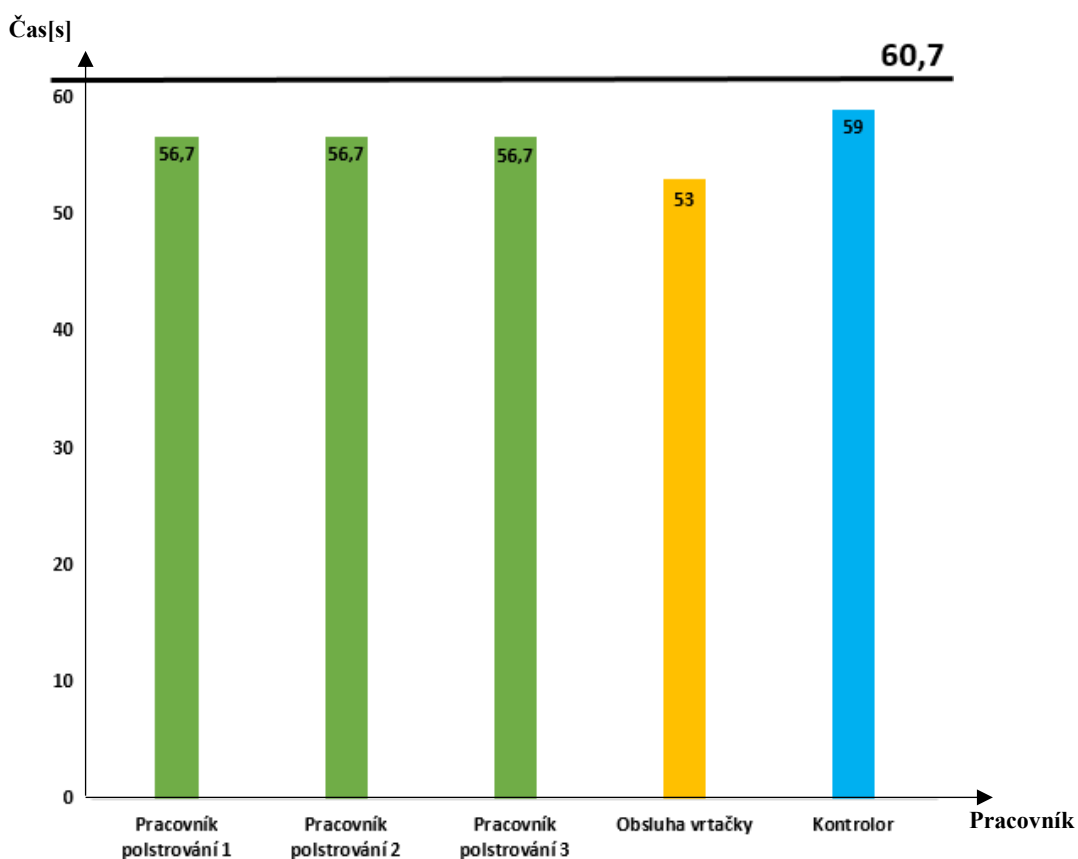
V Tabulce 15 je vidět, kolik času potřebují pracovníci na vykonání jednotlivých činností. Zelená tabulka patří pracovníci polstrování a bere v úvahu tři pracovníky, kteří dělají stejné činnosti. Cycle time jednoho pracovníka na polstrování je 56,7 sekund. Oranžová tabulka je věnována cycle time pracovníka na vrtačce, ten činí 53 sekund. Modrou barvou je označen pracovník na kontrole a jeho cycle time je 59 sekund.

Tabulka 15 - Cyklové časy - Varianta A

PRACOVIŠTĚ	NÁZEV ČINNOSTI	ČAS [s]	CELK. ČAS [s]
Pracovník polstrování 1	1 Úprava potahu	17	170
	2 Předpolstrování	17,5	
	3 Polstrování	44	
Pracovník polstrování 2	4 Úprava potahu a zacvaknutí lišt	45	
	5 Žehlení potahu	11,5	
	6 Fénování potahu	9	
	7 Montáž spodního krytu	11,5	
Pracovník polstrování 3	8 Lepení barcode, odložení opěrky	10,5	
	Zásobování spodních deklů	1	
	Odebrání potahu z KLT	1	
	Odebrání pěn z KTP	1	
	Odebrání modulů z KTP	1	

Obsluha vrtačky	1	Odebrání opěrky + vrtání opěrky	8	53
	3	Montáž tlačítka	13	
	4	Chůze	1	
	5	Předmontáž zadního krytu	13	
	6	Chůze	1	
	7	Konečná montáž	5	
	8	Chůze	1	
	9	Kontrolní stroj	5	
	10	Chůze	3	
		Zásobování tlačítek	2	
		Zásobování rastelementů	1	
	Kontrolor	1	Vyjmutí opěrky z kontrolního stroje	
2		Vizuální kontrola opěrky + čištění	32	
3		Balení opěrky a odložení do boxu	11	
		Ukončení balení+Příprava nového	5	
		Vystlání proklady	2	
		Uvolnění 1. kusu	7	

Z Grafu 2 je možno vyčíst, že každý pracovník je skoro stejně vytížen a cyklové časy nepřekračují hranici zákaznického taktu. Tato varianta je vhodná k implementaci.



Graf 2 - Cyklový diagram - Varianta A

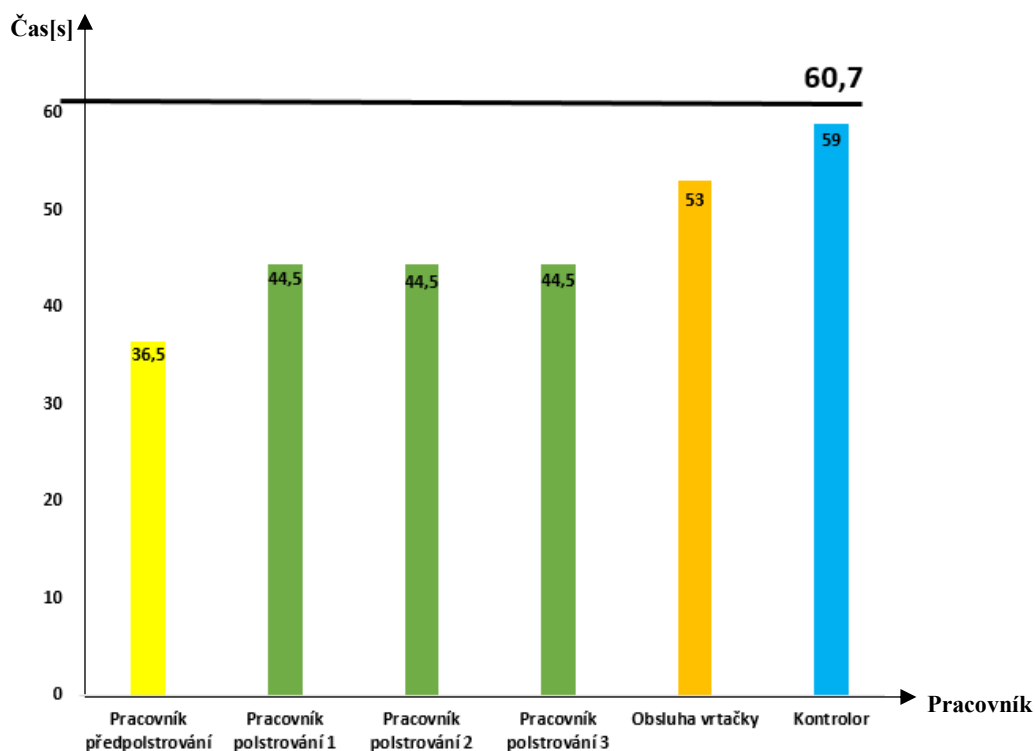
VARIANTA B

Barevné tabulky níže znázorňují cyklové časy na pracovišti polstrování, vrtání a kontrole. Žlutou barvou je označen pracovník předpolstrování, jehož cyklový čas je 36,5 sekund. Zelená tabulka patří pracovníkům polstrování a bere v úvahu tři pracovníky, kteří dělají stejné činnosti. Cyklový čas pracovníka na polstrování je 44,5 sekund. Oranžová tabulka je věnována cyklovému času pracovníka na vrtačce, ten činí 53 sekund. Modrou barvou je označen pracovník na kontrole a jeho cycle time je 59 sekund.

Tabulka 16- Cyklové časy - Varianta B

PRACOVIŠTĚ	NÁZEV ČINNOSTI	ČAS [s]	CELK. ČAS [s]
Pracovník předpolstrování	1 Úprava potahu	17	36,5
	2 Předpolstrování	17,5	
	Odebírání potahu z KLT	1	
	Odebrání pěn z KTP	1	
Pracovník polstrování 1	3 Polstrování	44	133,5
Pracovník polstrování 2	4 Úprava potahu a zacvaknutí lišt	45	
	5 Žehlení potahu	11,5	
Pracovník polstrování 3	6 Fénování potahu	9	
	7 Montáž spodního krytu	11,5	
	8 Lepení barcode, odložení opěrky	10,5	
	Zásobování spodních deklů	1	
	Odebrání modulů z KTP	1	
Obsluha vrtačky	1 Odebrání opěrky + vrtání opěrky	8	53
	3 Montáž tlačítka	13	
	4 Chůze	1	
	5 Předmontáž zadního krytu	13	
	6 Chůze	1	
	7 Konečná montáž	5	
	8 Chůze	1	
	9 Kontrolní stroj	5	
	10 Chůze	3	
	Zásobování tlačítek	2	
	Zásobování rastelementů	1	
Kontrolor	1 Vyjmutí opěrky z kontrolního stroje	2	59
	2 Vizuální kontrola opěrky + čištění	32	
	3 Balení opěrky a odložení do boxu	11	
	Ukončení balení+Příprava nového	5	
	Vystlání proklady	2	
	Uvolnění 1. kusu	7	

U varianty B, kde je navrhnout pracovník předpolstrování a tři pracovníci polstrování, sice žádný čas pracovníka nepřekračuje zákaznický takt, ale mezi cyklovými časy jsou velké rozdíly a docházelo by k prostojům. Proto je tato varianta nevhodná.



Graf 3 - Cyklový diagram - Varianta B

VARIANTA C

Barevná Tabulka 17 znázorňuje cyklové časy na pracovišti polstrování, vrtání a kontrole. Žlutou barvou je označen pracovník polstrování, ten všechny činnosti stihne za 57 sekund. Pracovníci zavírači jsou a jejich cyklový čas je znázorněn v zelené tabulce. Oranžová tabulka je věnována cyklovému času pracovníka na vrtačce, ten činí 53 sekund. Modrou barvou je označen pracovník na kontrole, ten stihne opěrku zkontrolovat a zabalit za 59 sekund.

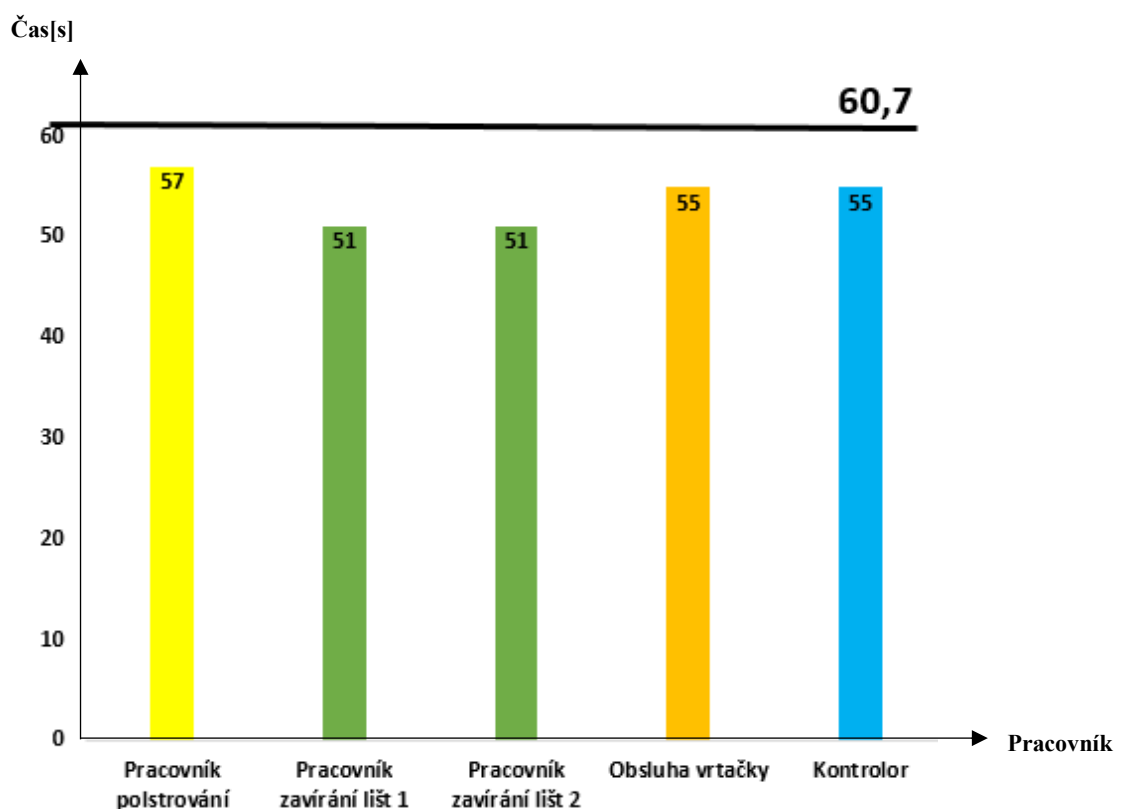
Časy v tabulce se od varianty A a varianty B liší, jelikož nebyly brány z chronometráže, ale byla postavena tréninková linka a časy byly změřeny na ní. Díky instalaci fěnu, se výrazně ušetřil čas žehlení potahů.

Tabulka 17 - Cyklové časy - Varianta C

PRACOVÍŠTĚ	NÁZEV ČINNOSTI	ČAS [s]	CELK. ČAS [s]
Pracovník polstrování	1 Úprava potahu	9	57
	2 Předpolstrování	14	
	3 Polstrování	31	
	Odebírání potahu z KLT	1	
	Odebrání pěn z KTP	1	
	Odebrání modulů z KTP	1	
Pracovník zavírání lišt 1	1 Úprava potahu a zacvaknutí lišt	36,5	102
	2 Žehlení potahu	17,5	
	3 Fénování potahu	26	
Pracovník zavírání lišt 2	4 Montáž spodního krytu	12,5	
	5 Lepení barcode, odložení opěrky	8,5	
	Zásobování spodních deklů	1	

Obsluha vrtačky	1	Odebrání opěrky + vrtání opěrky	6	55
	2	Montáž tlačítka	11	
	3	Chůze	1	
	4	Předmontáž zadního deklu	18,5	
	5	Chůze	1	
	6	Konečná montáž	6	
	7	Chůze	1	
	8	Kontrolní stroj	6,5	
	9	Chůze	2	
		Zásobování tlačítek	1	
		Zásobování zadních deklů a rastelementů	1	
Kontrolor	1	Vyjmutí opěrky z kontrolního stroje	4,5	55
	2	Vizuální kontrola opěrky + čištění	24,5	
	4	Balení opěrky a odložení do boxu	12	
		Ukončení balení+Příprava nového balení	5	
		Vystlání proklady	2	
		Uvolnění 1. kusu	7	

V Grafu 4 je vidět, že čas každého pracovníka nepřekračuje zákaznický takt a cyklové časy jsou vybalancované, proto je tato varianta vhodná.



Graf 4 - Cyklový diagram - Varianta C

6. Porovnání variant

V Tabulce 18 je zhodnocení jednotlivých variant z hlediska počtu pracovníků, zásob materiálu na pracovišti, chůze pracovníků po pracovišti, cyklového času a počtu ks/směnu. Druhý sloupec tabulky popisuje současný stav. Na pracovišti pracuje 6 pracovníků, kteří nachodí 30,5 km za směnu a zásoby materiálu na pracovišti činí 10,14 m². Cyklový čas činí 59 sekund a za směnu se vyrobí 442 kusů opěrek.

Tabulka 18 - Porovnání variant

	Současný stav	ÚSPORA								
		VARIANTA			VARIANTA					
		A	B	C	A		B		C	
Počet pracovníků	6	5	6	5	1	16,7%	0	0,0%	1	16,7%
Zásoby [m ²]	10,14	9,2	8,2	5,65	0,94	9,3%	1,94	19,2%	4,49	44,3%
Chození [m]	30 541	7 575	5 174	4 773	22 966	75,2%	25 367	83,0%	25 768	84,4%
Cycle Time [s]	59	59	59	57	0	0,0%	0	0,0%	2	3,4%
Počet [ks/směna]	442	442	442	458	0	0,0%	0	0,0%	16	3,6%
Úspora [Kč/rok]					982 400 Kč		0 Kč		982 400 Kč	

Další sloupce jsou věnovány jednotlivým navrženým variantám. Například varianta A je určená pro 5 pracovníků, kteří nachodí 7575 m, zásoby materiálu jsou 9,2 m² a cyklový čas je stejný jako u současného stavu. V další části tabulky je vidět, že se u této varianty uspoří jeden pracovník za směnu, pracovníci nachodí o 22 966 m méně a ušetří se 0,94 m² plochy na materiál.

Aby se určilo, jaké kritérium je významnější než druhé, byla použita Saatyho metoda. V Tabulce 19 jsou stanoveny čtyři kritéria, podle kterých se bude rozhodovat.

Tabulka 19 - Kritéria - Saatyho metoda

K1	Počet pracovníků
K2	Chůze [m]
K3	Zásoby [m ²]
K4	Počet výrobků [ks/směna]

V Tabulce 20 jsou kritéria ohodnocena. Udávající kolikrát je preferováno K_i před K_j . Na hlavní diagonále jsou zapsány jedničky, tzn. tam, kde jsou průsečíky dvou stejných kritérií $K_1 - K_1 \dots$ je napsána jednička. Aby mohly být vypočteny váhy pomocí Saatyho metody, musí být známa Saatyho škála preferencí (viz kapitola 1.6). Dle této škály je vyplněna tabulka.

Tabulka 20 - Saatyho matice

	K1	K2	K3	K4
K1	1	5	7	3
K2	1/5	1	5	3
K3	1/7	1/5	1	3
K4	1/3	1/3	1/3	1

Pokud jsou stanoveny kritéria a provedeno hodnocení kritérií v Saatyho matici, vypočte se geometrický průměr a váha.

Tabulka 21 - Geom. průměr a váhy

Kritérium	Geometrický průměr	Váha
K1	$\sqrt{1 * 3 * 5 * 7} = 10,247$	$10,247/13,272 = 0,77$
K2	$\sqrt{\frac{1}{5} * 3 * 5 * 1} = 1,732$	$1,732/13,272 = 0,13$
K3	$\sqrt{\frac{1}{7} * \frac{1}{5} * 1 * 3} = 0,293$	$0,293/13,272 = 0,022$
K4	$\sqrt{\frac{1}{3} * \frac{1}{3} * \frac{1}{3} * 1} = 1$	$1/13,272 = 0,075$
Celkem	13,272	1,0000

Nejdůležitější kritérium je K1, což je počet pracovníků. Nejméně důležité kritérium je K3 – zásoby. Na základě výsledků z Tabulky 18 jsou kritéria u jednotlivých variant ohodnocena body od 1 do 3, přičemž 1 značí nejhorší výsledek a 3 nejlepší výsledek. Tyto body jsou vynásobeny váhami, které byly vypočteny v Tabulce 21. U každé varianty jsou sečteny body a zjištěna nevhodnější varianta (ta, která má nejvíce bodů).

Tabulka 22 - Porovnání variant - Saatyho metoda

	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Váha	Varianta A	Varianta B	Varianta C
K1	2	1	2	0,77	1,54	0,77	1,54
K2	1	2	3	0,13	0,13	0,26	0,39
K3	1	2	3	0,022	0,022	0,044	0,066
K4	1	1	2	0,075	0,075	0,075	0,15
Celkem					1,767	1,149	2,146

Po vyhodnocení Saatyho metodou byla zjištěna varianta B jako nejméně vhodná. Tato metoda vyšla nejhůře, i co se týče balancování, kdy se nepodařilo jednotlivé činnosti vhodně vybalancovat. Variantu A se podařilo velmi dobře vybalancovat, ale dle Saatyho metody není vhodnější než varianta C. Ta má dle Saatyho metody nejlepší skóre a tuto variantu se podařilo i vhodně vybalancovat, proto je varianta C nejvhodnější varianta k implementaci.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout rozvržení výrobní linky a vybalancování pracovišť pro různý počet pracovníků. V první části diplomové práce jsem si prohloubila znalosti v oblasti štíhlé výroby. Objasnila jsem si pojem plýtvání a činnosti s přidanou a nepřidanou hodnotou. Dále jsem se zaměřila na mapování hmotných toků metodou špagetového diagramu a Sankeyova diagramu. V další kapitole byl vysvětlen pojem normování činností. Byly definovány metody přímého a nepřímého měření práce. Dále se kapitola zabývala druhy norem a balancováním pracovišť. V kapitole byly vypsány také vzorce pro výpočet času taktu a výpočet počtu operátorů, které jsem využila i v praktické části mé diplomové práce.

V praktické části diplomové práce byla představena společnost, výrobní linka a produkt. Byl zpracován špagetový diagram, materiálový tok, normování činností a byl spočten zákaznický takt. Dále bylo identifikováno plýtvání – chození a zásoby. Byl spočten potřebný počet operátorů na lince a znázorněny cyklové časy jednotlivých pracovišť v grafu. Dále byly navrženy varianty uspořádání výrobní linky. Ke každé variantě byl vytvořen špagetový diagram a z něho byla zpracována tabulka s nachozenými metry za směnu. Každá varianta obsahuje také cyklové časy a cyklové diagramy, ze kterých bylo zjištěno, zda je daná varianta vhodná či nikoliv. V závěru diplomové práce byly vyhodnoceny jednotlivé varianty. V tabulce byly u každé varianty vypsány úspory počtu pracovníků, zásob na lince, nachozených metrů pracovníky a také úspora v Kč. Na základě těchto kritérií byla pomocí Saatyho metody vybrána nejvhodnější varianta.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování výrobních procesů*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2011. 264s. Expert. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [2] European Lean Six Sigma Community [online]. Copyright © 2015-2021. [Cit. 18. 10. 2021]. Dostupné z: <https://elssc.eu/dictionary/deadly-wastes>
- [3] Procesní analýza [online]. Copyright © 2021. [Cit. 18. 10. 2021]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/procesni-analyza/>
- [4] DLABAČ, Jaroslav. *Přidejme hodnotu svým procesům*. [online]. Copyright © 2017 [Cit. 18. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25878n-pridejme-hodnotu-svym-procesum>
- [5] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a VALSA, Ondřej. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. doplněné vydání. Praha: C. H. Beck, 2012. 176 s. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [6] DANĚK, Jan a PLEVNÝ, Miroslav. *Výrobní a logistické systémy*. 1. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2009. 222 s. ISBN 978-80-7043-416-1.
- [7] Metody a nástroje – štíhlý a inovativní podnik [online]. Copyright © 2005-2021. [Cit. 24. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24882-metody-a-nastroje>
- [8] Co je to: „3 Mu“? [online]. Copyright © 2007-2021. [Cit. 30. 11. 2021]. Dostupné z: https://www.volko.cz/slovník_vykonnosti.php?ID_term=15
- [9] Jednotlivé metody a nástroje (A - CH) [online]. Copyright © 2005-2021. [Cit. 24. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>
- [10] Jednotlivé metody a nástroje (Q - Z) - SMED - Single Minute Exchange of Die [online]. Copyright © 2005-2021. [Cit. 24. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z>
- [11] Muda, Mura, Muri: Tři zla ve výrobě [online]. Copyright © 2020. [Cit. 30. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/muda-mura-muri-tri-zla-ve-vyrobe/>
- [12] Analýza a měření práce [online]. © Copyright 2012. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Analýza-a-mereni-prace.htm>
- [13] MYŠKA, Jakub. *Projektování výrobních buněk* [online]. © Copyright 2017. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-5/projektovnmontnchbunk_2015-03-29_tiskupravene.pdf
- [14] CIE development s.r.o. *Výrobní logistika – školicí materiál*. Plzeň. 2017. 81s.
- [15] Company profile [online]. Copyright © 2021. [Cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.grammer.com/en/index.html>

- [16] Normování, náklady, kalkulační metody a techniky[online]. Copyright © 2021. [Cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10302434-Normovani-naklady-kalkulacni-metody-a-techniky-ekonomika-a-management.html>
- [17] Lidské zdroje, produktivita práce, normování [online]. Copyright © 2017. [Cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Ekonomika_lesního_hospodarství/Prezentace_c.08.pdf
- [18] DLABAČ, Jaroslav. *Analýza a měření práce* [online]. Copyright © 2015. [Cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [19] Kroužky kvality [online]. Copyright © 2016. [Cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/krouzky-kvality>
- [20] Nejznámější metody analýzy materiálového toku [online]. Copyright © 2021. [Cit. 2. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.astrajs.cz/nejznamejsi-metody-analyzy-materialoveho-toku/>
- [21] VAVRUŠKA, Jan. *REFA vs. MOST* [online]. Copyright © 2011. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17322180-Refa-vs-most-jan-vavruska-technicka-univerzita-v-liberci-vyrobni-systemy-ii-tu-v-liberci.html>
- [22] Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání [online]. Copyright © 2015. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>
- [23] Bc. Malina, Karel. *Diplomová práce - Optimalizace toku materiálu v elektrotechnické výrobě*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. 15 s.
- [24] Vavruška, Jan. *Řízení výroby na základě úzkého místa* [online]. Copyright © 2011. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY_03_032-%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20v%C3%BDroby%20na%20z%C3%A1klad%C4%9B%20%C3%BAzk%C3%A9ho%20m%C3%ADsta_p%C5%99_MZ_5.pdf
- [25] JUROVÁ, Marie a kolektiv. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2016. 264 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.
- [26] CHARRON, Rich a kolektiv. *The Lean Management Systems Handbook*. 1.vyd. Boca Raton: CRC Press, 2015. 549 s. ISBN 978-14-665-6435-0.
- [27] DLABAČ, Jaroslav. *Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem* [online]. © Copyright 2017. [Cit. 15. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>
- [28] TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. *Integrované řízení výroby*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. 368 s. Expert. ISBN 978-80-247-4486-5. 4.
- [29] PRABIR, Jana, a TIWARI, Manoj. *Lean Tools in Apparel Manufacturing*. 1.vyd. United Kingdom: Elsevier Science, 2021. 454 s. ISBN 978-0-12-819426-3. 5.

- [30] ESCARE. *Výrobní buňky* [online]. © Copyright 2017. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.escare.cz/metodika/vyrobni-bunky/>
- [31] MYŠKA, Jakub. *Projektování výrobních buněk* [online]. © Copyright 2017. [Cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-5/projektovnmontnchbunk_2015-03-29_tiskupravenene.pdf
- [32] BASL, Josef a PAPÍK, Josef. *Constraint Management jako účinný nástroj aplikace Knowledge managementu v podnikové praxi*. [online]. Copyright © 2001. [Cit. 12. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.inforum.cz/archiv/inforum2001/prispevky/basl.htm>
- [33] Svět produktivity beta. *Plytvání* [online]. Copyright © 2012. [Cit. 12. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [34] Prokopec, Petr. *Porsche Macan Turbo dostalo 40 továrních koní navíc, teď dá stovku za 4,4 sekundy* [online]. Copyright © 2016. [Cit. 10. 5. 2022]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/predstaveni/porsche-macan-turbo-dostalo-40-tovarnich-koni-navic-ted-da-stovku-za-4-4-sekundy/>
- [35] New 2021 Macan GTS - spahire blue with red interior. [online]. Copyright © 2019. [Cit. 10. 5. 2022]. Dostupné z: <https://www.macanforum.com/threads/new-2021-macan-gts-spahire-blue-with-red-interior.178112/>
- [36] FOTR, Jiří. *Manažerské rozhodování: postupy metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 1938. 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [37] KOPA, Miloš. *Vícekritériální rozhodování* [online]. Copyright © 2017. [Cit. 15. 5. 2022]. Dostupné z: <https://www2.karlin.mff.cuni.cz/~kopa/VRfinal.pdf>