

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Snížení technických prostožů montážní linky

Autor: **Bc. Marek PITOŇÁK**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**

Akademický rok 2019/2020

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 vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytoval během zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat také mému konzultantovi panu Bc. Martinu Ferenčíkovi. V neposlední řadě i své rodině za podporu během celého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Pitoňák	Jméno Marek		
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 Průmyslové inženýrství a management			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Snížení technických prostojů montážní linky			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	70	TEXTOVÁ ČÁST	70	GRAFICKÁ ČÁST	–
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce se zaměřuje na snížení technických prostojů montážní linky. Nejprve na analýzu technických problémů linky a výběru problematického procesu. Dále navržení, zvolení a implementaci funkčního opatření, včetně ekonomického zhodnocení.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>průmyslový podnik, štihlá výroba, totální efektivnost zařízení (TEEP), celková efektivnost zařízení (OEE), normování práce, takt pracovišť, montážní linka, analýza prostojů, řešení problémů</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Pitoňák	Name Marek	
FIELD OF STUDY	2301007 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	Reduction of technical downtime of the assembly line		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	70	TEXT PART	70	GRAPHICAL PART	–
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The diploma thesis focuses on reducing the technical downtimes of the assembly line. First to analyze the technical problems of the line and select the problematic process. Furthermore, the design, selection and implementation of functional measures, including economic evaluation.</p>
KEY WORDS	<p>industrial company, lean manufacturing, total effective equipment performance (TEEP), overall equipment effectiveness (OEE), standardization of work, line balancing, assembly line, downtimes analysis, problem solving</p>

Obsah

Úvod.....	9
1 Štíhlá výroba - plýtvání	10
2 Efektivita výrobních zařízení	15
2.1 Ukazatele efektivity výrobních zařízení	15
2.1.1 TEEP (Total Effective Equipment Performance).....	15
2.1.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness)	15
2.2 6 velkých ztrát	17
3 Normování práce a stanovení taktu pracovišť	19
3.1 Měření práce	20
3.1.1 Přímé měření	20
3.1.2 Nepřímé měření.....	23
3.2 Stanovení taktu pracovišť	26
3.2.1 TT (Takt Time) a CT (Cycle Time)	26
3.2.2 Balancování výrobního taktu (Line Balancing)	27
4 Analyzovaná výroba.....	29
4.1 Představení montážní linky	29
4.2 Tvorba standardu	30
4.3 Ztráty	32
4.3.1 Typy ztrát montážní linky	32
4.3.2 Sběr dat.....	34
4.3.3 Analýza ztrát	35
4.4 Technické prostoje montážní linky.....	36
5 Řešené pracoviště	37
5.1 Schematický popis pracovní stanice AP100.....	37
5.2 Analýza technických prostojů pracovní stanice AP100	39
5.3 Nalezení příčiny problému s vykladačem	41
5.3.1 Popis principu fungování vykladače	42
5.3.2 Chybné stavy vykladače, nasimulování chyby	43
5.3.3 Nalezení kořenové příčiny	47
5.4 Návrhy technických řešení	53
5.4.1 Řešení skutečné příčiny.....	53
5.4.2 Řešení ke zmírnění následků.....	53
5.4.3 Představení variant	53

5.4.4	Výběr varianty	55
5.5	Realizace opatření.....	56
5.5.1	Představení vylepšeného systému vykládání	56
5.5.2	Instalace vylepšeného systému.....	58
5.5.3	Ověření systému	60
5.5.4	Aktualizace návodu na seřízení vykladače.....	61
6	Ekonomické hledisko	63
6.1	Vyčíslení ztrát.....	63
6.2	Vyčíslení nákladů na zavedení	63
6.3	Návratnost investice	65
	Závěr.....	66
	Seznam použitých zdrojů a literatury	67

Seznam obrázků

Obr. 1 Taiichi Ohno [8].....	10
Obr. 2 Čekání [9].....	11
Obr. 3 Nadvýroba [9]	11
Obr. 4 Defekty [9]	12
Obr. 5 Zbytečné pohyby [9]	12
Obr. 6 Transport [9]	13
Obr. 7 Zásoby [9]	13
Obr. 8 Nadbytečná kvalita [9]	14
Obr. 9 Lidský potenciál [9]	14
Obr. 10 Schéma TEEP a OEE [11]	17
Obr. 11 „6 velkých ztrát“ [14].....	18
Obr. 12 Analýza a měření práce [15]	20
Obr. 13 Vzor formuláře - chronometrůž [17].....	21
Obr. 14 Snímek pracovního dne – příklad [16].....	22
Obr. 16 Příklad analýzy pohybu Move (MTM-1) [20]	24
Obr. 15 MTM-1 značení pohybů [20].....	24
Obr. 17 3 základní přemíst'ovací sekvence (Basic MOST) [20].....	25
Obr. 18 Praktické příklady Basic MOST [20].....	26
Obr. 19 Balanční diagram [23].....	27
Obr. 20 Balancování výroby-Příklad1 [24].....	28
Obr. 21 Balancování výroby-Příklad2 [25].....	28
Obr. 22 Layout montážní linky [26].....	30
Obr. 23 Chronometrůž AP20 [26].....	31
Obr. 24 Balanční diagram linky [26]	31
Obr. 25 Znázornění ztrát [26].....	33
Obr. 26 Sledování výroby seřizovačem [26].....	34
Obr. 27 Příklad zadávání technického prostoje [26]	35
Obr. 28 Graf využití výroby OEE [26]	35
Obr. 29 Procentuelní zobrazení ztrát v tabulce [26].....	36
Obr. 30 Měsíční technické prostoje montážní linky [26].....	36
Obr. 31 Schéma procesů stanice AP100	38
Obr. 32 Zjednodušený 3D model stanice AP100 [27]	38
Obr. 33 Kódy chyb stanice AP100 [27]	39
Obr. 34 Kategorizace chyb AP100 [27]	40

Obr. 35 Tabulka prostojů dle kategorií [27].....	40
Obr. 36 Graf zastoupení druhů technických prostojů stanice AP100 [27].....	41
Obr. 37 Vykladač ve výchozí poloze a jeho pohyby – foto [27]	42
Obr. 38 Vykladač při vykládání - 3D model [27]	43
Obr. 39 Zápis v knize předání směn [27]	44
Obr. 40 Chybné odebrání ze spodního lůžka – pohled shora [27]	45
Obr. 41 Chybné odebrání ze spodního lůžka [27].....	45
Obr. 42 Chybné vyložení na vozík [27]	46
Obr. 43 Nastavovací prvky vykladače [27].....	47
Obr. 44 Diagram příčin a následků	49
Obr. 45 Poznámky k prostojům AP100 vykládání dílu [27].....	51
Obr. 46 Model dílu - pohled na 3 manipulační oka [27].....	51
Obr. 47 Tabulka míry vlivů jednotlivých příčin	52
Obr. 48 Výsledek analýzy příčin.....	52
Obr. 49 Varianta vykládání s čelistmi [27]	54
Obr. 50 Varianta s aktivním přidržovačem [27]	54
Obr. 51 Varianta s pasivním přidržovačem [27].....	55
Obr. 52 Tabulka výběru varianty	56
Obr. 53 Pevný duralový přidržovač [28].....	57
Obr. 54 Nový tvar trnu vykladače (vpravo) versus starý tvar (vlevo) [28].....	57
Obr. 55 Nový tvar trnu vozíku (vpravo) versus starý tvar (vlevo) [28].....	58
Obr. 56 Finální podoba opatření – mechanická část [28].....	58
Obr. 57 Časový plán instalace.....	60
Obr. 58 Ideální mezera mezi dílem a přidržovačem [28].....	61
Obr. 59 Ukázka návodu na seřízení vykladače [28].....	62
Obr. 60 Tabulka nabídky od dodavatele [28].....	64
Obr. 61 Tabulka nákladů na montáž [28].....	64

Úvod

Úvodní kapitoly diplomové práce se budou zabývat teoretickým základům z oblasti štihlé výroby a normování práce. Blíže budou vysvětleny pojmy jako „muri“, „mura“ a „muda“. Podrobněji budou popsány a rozvedeny základní druhy a formy plýtvání včetně těch soudobých. Při zaměření práce na výrobní prostředí bude potřeba se zabývat i efektivitou výrobních zařízení. K tomu je známo několik ukazatelů vytížení výrobních a montážních linek a strojů. S efektivitou a jejím měření souvisí ztráty. Ztráty se dělí do několika základních skupin. Principiálně se z těchto skupin bude vycházet i v praktické části diplomové práce. Ztráty je potřeba vztahovat ke standardu, proto budou zmíněny možné způsoby měření a normování práce. Ze standardů práce lidí s propojením s daty o práci strojů v lince je možné vytvořit balanční diagram montážní linky.

V další části diplomové práce bude představen výrobní systém podniku včetně konkrétní analyzované montážní linky. Součástí představení linky bude její schematická vizualizace, údaje o počtu strojů v lince, počtu pracovníků a jejich úloh, pracovní model a další potřebné informace. Proběhne analýza balančního diagramu linky a kategorizace možných ztrát výrobního systému. Bude popsána systematika zaznamenávání ztrát s hlubším zaměřením na ztráty vlivem nedostupnosti zařízení způsobené technickými problémy. Z analýzy technických prostojů vzejde nejvíce problematický stroj montážní linky.

Dále proběhne představení a popis zlepšovaného stroje. Zpravidla na jednom stroji probíhá více potenciálně problémových procesů, proto bude potřeba určit nejzávažnější problém, který způsobuje nejvíce technických prostojů. Bude následovat popis problému a kroky vedoucí ke stanovení kořenové příčiny problému. Po nalezení příčiny pravděpodobně vznikne několik možných variant, jak problém odstranit. Jednotlivé varianty budou podrobeny rozhodovací analýze a jedna varianta se určí jako vhodné opatření na vzniklý problém. Vybrané opatření na snížení technických prostojů bude detailně představeno včetně očekávaného přínosu. Součástí zavádění opatření bude i časový a kapacitní plán realizace. Po implementaci opatření bude následovat ověření, zda vylepšení naplnilo očekávání a bude tak bezproblémově fungovat i v sériové výrobě montážní linky. Součástí diplomové práce bude i ekonomické zhodnocení čili vyčíslení nákladů na realizaci opatření, reálný přínos a z toho odvozená návratnost investice.

1 Štíhlá výroba - plýtvání

Historicky jednou z prvních společností, která se důkladně zaměřila na zefektivnění téměř všech svých procesů byla v polovině 20. století automobilka Toyota. V té době zde Taiichi Ohno prakticky zavedl pojem „štíhlá výroba“ a vznikl tak celosvětový pojem „Lean manufacturing“ nebo zkráceně jen „Lean“. Štíhlá výroba je spolu s ostatními metodami součástí Toyota Production System zkráceně jen „TPS“. Systém se zabývá nejen zefektivněním vlastní výroby ale i vzájemnou provázaností interní i externí logistiky, zákazníků a dodavatelů. [3]



Obr. 1 Taiichi Ohno [8]

Jednou z mnoha definic a smyslu štíhlých metod je: „Identifikovat a odstranit z firemních procesů zbytečné a bezcenné kroky, zjednodušit provoz, zlepšit kvalitu a zvýšit zákaznickou loajalitu.“ [6]

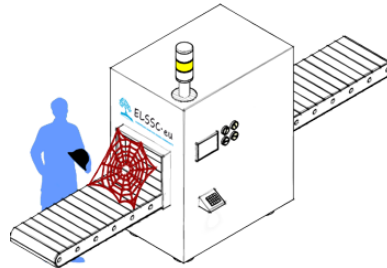
V TPS jsou definovány tři hlavní cíle, které se dají nazvat třemi japonskými slovy. Těmto třem stavům se hlavně chceme vyvarovat. Jsou to „muri“, jež vyjadřuje stav kdy je výroba zahlcena nebo přetížena. Pojem „mura“ charakterizuje výpadky nebo přerušení výrobního procesu. A třetím cílem je eliminovat plýtvání neboli „muda“.

Slovo „muda“ se ve volném překladu z japonštiny do češtiny dá přeložit jako neúčinný, zbytečný nebo doslova až k ničemu.[5] Plýtvání je v podstatě jakýkoliv zdroj, který není adekvátně využíván. Ať už tím zdrojem je materiál, čas nebo lidé.[7] Zásadním měřítkem jak rozpoznat proces plýtvání je, zda daný proces představuje přidanou hodnotu pro zákazníka či nikoliv. Proces s přidanou hodnotou vyrábí zboží nebo poskytuje službu, za kterou je zákazník ochoten zaplatit. Vše ostatní je muda. Muda se dá rozdělit do dvou typů. Jedním z nich jsou činnosti, které nepřidávají hodnotu výrobku v očích konečného zákazníka, ale jsou to činnosti nutné. Například témata týkající se bezpečnosti, kvality nebo norem, apod. Souhrnně někdy také označované jako trpěné plýtvání. Druhým typem jsou činnosti, které nepřidávají hodnotu službě nebo výrobku, zákazník za ně neplatí a je to tedy čisté plýtvání.[5], [1]

Dle TPS se veškeré plýtvání dá rozdělit do sedmi základních skupin. Později se k těmto sedmi přidala ještě jedna, do nedávné doby opomíjená, ale dnes velmi důležitá forma plýtvání. [3]

1) Čekání

Jedním z nejčastějších a v součtu i největších forem plýtvání je čekání. Čeká se prakticky na všech úrovních a ve všech fázích procesu. Tento druh muda nelze odbourat úplně, ale cílem je ho snížit na minimum.

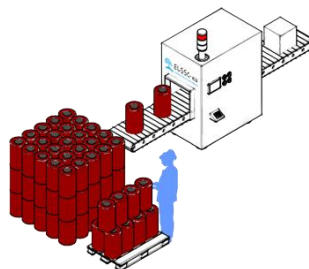


Obr. 2 Čekání [9]

Příklady: čekání na dokončení procesu, čekání na materiál, schvalovací odezvy, čekání na informace, pozdní příchody na schůzky, apod.[4]

2) Nadvýroba

Další velmi vážnou a velmi drahou je plýtvání ve formě nadvýroby. Kdy se vyrábí větší množství výrobků, než požaduje v danou chvíli zákazník. Nadvýroba s sebou nese jistá rizika a výroba počítající s nadvýrobou není flexibilní a ekonomická.

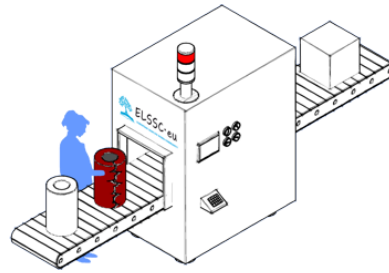


Obr. 3 Nadvýroba [9]

Příklady: výroba na sklad, výroba jiného druhu zboží než zákazník momentálně požaduje, výrobní plán není v souladu s poptávkou, výkony pracovníků, které nejsou nikým požadovány, nadměrné množství rozeslaných emailů, nadměrné množství slov v komunikaci.[4]

3) Defekty

Evidentním plýtváním je i výroba vadných kusů neboli zmetků. Zvyšují se náklady na materiál a ztrácí se čas. Odchylka od kvality požadované zákazníkem. Některé zmetky jsou opravitelné, jiné neopravitelné, ty se musí následně ekologicky likvidovat. Jakékoliv chyby jsou ztrátou. I v administraci nebo ve zpracování dokumentace.

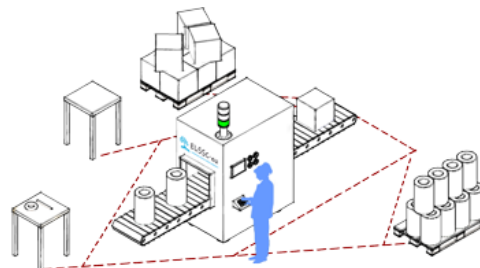


Obr. 4 Defekty [9]

Příklady: pády dílů na zem, chyba nastavení stroje-výroba zmetků, chybně napsaný kód programu, chyba při vývoji produktu, chyby z nepozornosti, překlepy, nedostatečné zaškolení.[4]

4) Zbytečné pohyby

Ne vždy zcela zjevným druhem plýtvání jsou zbytečné pohyby pracovníků nebo strojů. Velký podíl na snížení tohoto druhu plýtvání má vědní obor zabývající se vztahem člověka ke strojům a pracovnímu prostředí, obor ergonomie. Ta se snaží optimalizovat pohyby pracovníka na pracovišti. Dále pak velmi záleží i na rozmístění pracovišť a jejich poloha v materiálovém toku.

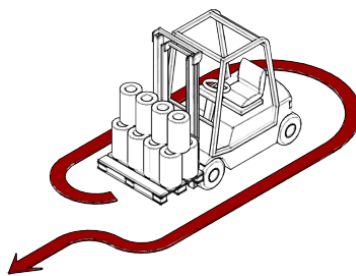


Obr. 5 Zbytečné pohyby [9]

Příklady: uspořádání pracoviště, uspořádání výrobní linky, hledání pomůcek, neuspořádaná pracovní plocha, nestandardizovaná pracoviště, uspořádání kanceláří a budov, sekvence činností stroje při procesu, průjezdné body robota při manipulaci.[4]

5) Transport

Dalším častým a snadno identifikovatelnou formou plýtvání je transport neboli přeprava. Ať už přesuny materiálu, výrobků nebo lidí, tak ani tento druh plýtvání nelze zcela eliminovat. Vhodným plánováním a kalkulacemi lze transportní časy a vzdálenosti, tím pádem náklady, výrazně snížit.

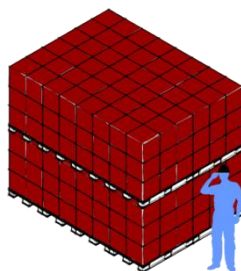


Obr. 6 Transport [9]

Příklady: nevhodně umístěné sklady, moc meziskladů, velikost přepravní dávky, rozložení pracovišť a oddělení v závodě, umístění kantýny nebo odpočinkových zón.[4]

6) Zásoby

Zásoby se na první pohled nemusí zdát jako plýtvání, ve skutečnosti ale v zásobách jsou ukryté finance, které by se jinak daly využít jinde a výhodněji. Navíc zásoby se potřeba i někde skladovat. Proto je nutné hlídat stav zásob a mít nakoupeno a uskladněno jen nezbytně nutné množství.

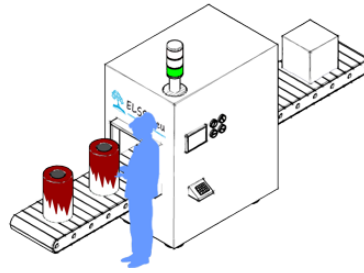


Obr. 7 Zásoby [9]

Příklady: mnoho polotovarů, revize polotovarů, mnoho náhradních dílů, dlouhé doby dodání, znázornění a sledování stavu zásob, pravidelnost a spolehlivost dodavatelů, likvidace starých a nepoužívaných složek, dokumentů, pomůcek nebo i strojů.[4]

7) Nadbytečná kvalita nebo zpracování

Jakékoliv procesy, které jsou na výrobku nebo službě prováděny, ale zákazník je nepožaduje, jsou také plýtváním. Kvalitní výsledek musí být dosahován již v průběhu zpracování tak, aby se kvalita nemusela kontrolovat. Obecně, pokud použijeme k dosažení výsledku větší množství zdrojů než je potřeba, přidaná hodnota to v očích zákazníka není.[9]

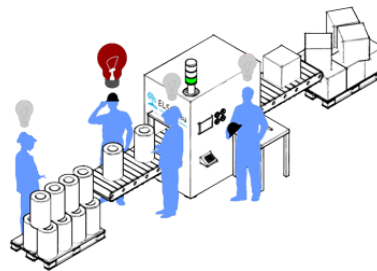


Obr. 8 Nadbytečná kvalita [9]

Příklady: výrobek vydrží déle než je záruční lhůta, výrobky či služby jsou v lepší kvalitě než zákazník požaduje, výrobek je lepší ale zákazník to nepozná a nevyužije

8) Lidský potenciál

Později přidaným druhem plýtvání, ale velice významným je nevyužitý lidský potenciál. Schopnosti zaměstnanců, nevyslyšení jejich názorů, návrhů. Špatná skladba týmů a jejich neefektivní vedení. Nevyužití schopností, znalostí, dovedností, zkušeností nebo kreativity.[9]



Obr. 9 Lidský potenciál [9]

Příklady: odměňování pracovníků za zlepšovací návrhy, dosazovat lidi na správné pozice podle jejich silných stránek, pravidelné Job relations meetingy s nadřízeným

Nové druhy plýtvání

Postupem času a vývojem procesů v podnicích se našly rezervy ještě v několika oblastech a můžeme tak klasifikovat nové formy plýtvání. Pramení zejména z administrativních nebo manažerských činností. Jsou to například:[10]

- Zmatek – neorganizovanost, chaos
- Pochybnost – musíme věřit v daný směr a cíl
- Nejasná strategie – činnosti, které nejsou v souladu se strategií podniku
- Situace na trhu – nevyužití tržní příležitosti
- Zbytečná administrativa
- Nefungující programy nebo IT systémy – pomalý, komplikovaný, neintuitivní SW
- Čas zákazníka - zbytečné zatěžování zákazníka

2 Efektivita výrobních zařízení

Efektivita nebo také česky účinnost je definována poměrem reálného výstupu z procesu (co jsme získali) ku teoretickému (kolik jsme mohli získat). Z matematického pohledu jde o poměr dvou hodnot, přičemž ta získaná je v čitateli, tudíž účinnost je vždy menší než 1. Nikdy se nedá ze systému získat více, než se do systému vloží.

Pokud je efektivita výrobního zařízení vztažena k fyzikální veličině čas. Tak se porovnává doba, kdy zařízení skutečně vyrábělo s dobou, kdy zařízení mohlo vyrábět. Pro přehlednost a porovnatelnost se výsledný poměr násobí stem, aby výsledek byl v procentech. Rozdíl mezi teoretickým časem výroby a skutečným nazýváme ztráty.

$$Efektivita = \frac{\text{skutečný čas výroby}}{\text{teoretický čas výroby}} \leq 100 \%$$

2.1 Ukazatele efektivity výrobních zařízení

Ve výrobní průmyslové praxi se používají celosvětově jednotné ukazatele efektivity výrobních zařízení z důvodu porovnatelnosti výkonů. Zpravidla jde o zkratky anglických slov vyjadřujících logicky zaměření ukazatelů. Nejpoužívanějšími jsou TEEP a OEE. [12]

2.1.1 TEEP (Total Effective Equipment Performance)

TEEP je nejkomplexnějším ukazatelem efektivity výrobního zařízení. Zahrnuje totiž jakékoli odchylky od největšího možného ročního plánu a tím je celý kalendářní rok. Vychází se tudíž z předpokladu, že pro 100% TEEP by se stroj nesměl nikdy zastavit. Jeho plánovaný výrobní čas je 365 dní, 7 dní v týdnu a 24 hodin denně. [11]

Hodnota TEEP je důležitá hlavně při rozhodovacích procesech, zda investovat a kupovat nová výrobní zařízení, anebo se dá stávající výroba ještě více časově vytížit. Například vyplánováním více směn, nepřetržitý provoz apod. [11]

$$TEEP = \frac{\text{užitečný čas zařízení}}{\text{kalendářní čas}}$$

2.1.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Zatímco ukazatel TEEP je hrubý sledovací nástroj efektivity a nezohledňuje konkrétní případy plánů výroby v podnicích, tak ukazatel OEE pracuje právě s údaji kdy se vyrábět mělo a kdy výroba v plánu nebyla. OEE zavedl v 60. letech Seiichi Nakajima ve společnosti Nippon Denso. Nakajima použil poměr časů, kdy výrobní zařízení opravdu vyrábělo kvalitně a v daném výrobním taktu (užitečný čas zařízení) ku času, kdy zařízení takto vyrábět mělo, bylo to naplánováno (disponibilní čas zařízení). [12]

$$OEE = \frac{\text{užitečný čas zařízení}}{\text{disponibilní čas zařízení}}$$

Do vlastního výpočtu OEE vstupují tři základní ukazatele:[12]

1) Dostupnost

Dostupnost nebo také využitelnost, dává do poměru časy, kdy zařízení mělo vyrábět (disponibilní čas) a kdy skutečně vyrábělo (výrobní čas).

$$\text{dostupnost} = \frac{\text{výrobní čas zařízení}}{\text{disponibilní čas zařízení}}$$

2) Výkon

Ukazatel výkonu sleduje, zda výrobní zařízení vyrábí přesně tak rychle, jak se očekává. Dává do poměru skutečný výstup a plánovaný vstup.

$$\text{výkon} = \frac{\text{čistý výrobní čas zařízení}}{\text{výrobní čas zařízení}}$$

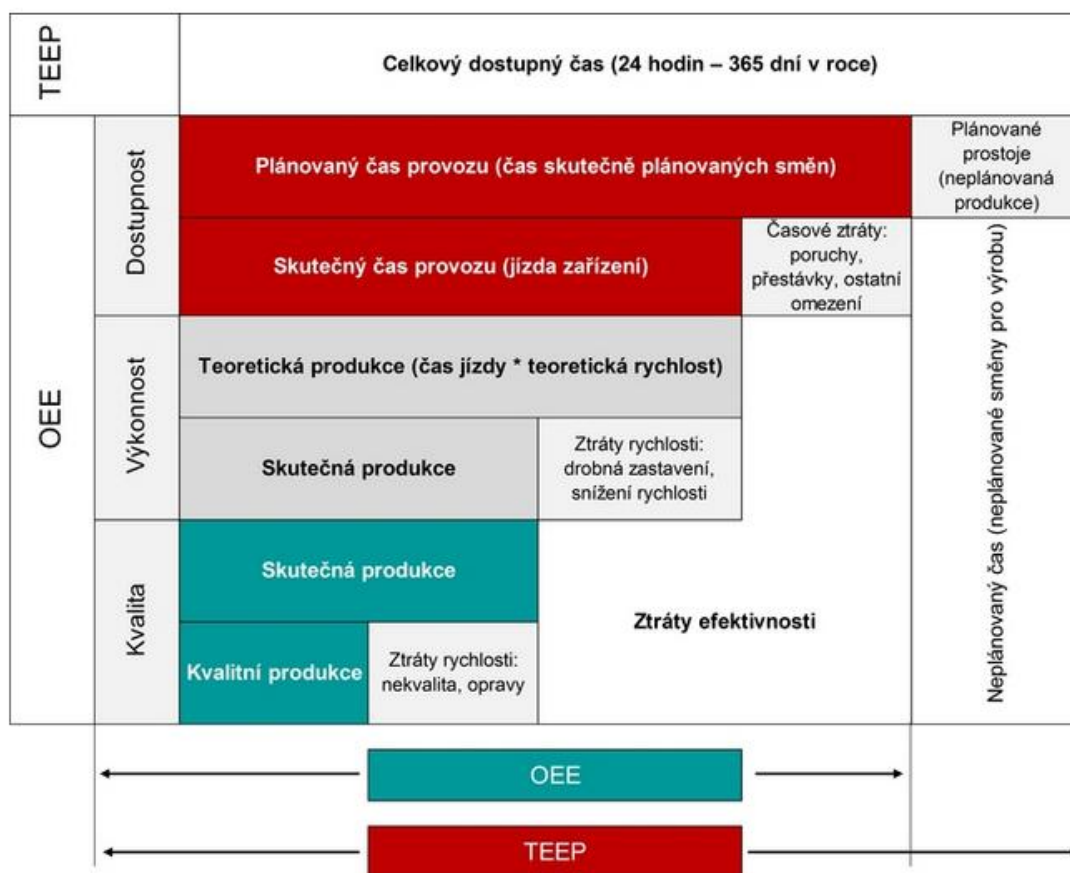
3) Kvalita

Posledním ukazatelem mající vliv na OEE je kvalita. Výrobní zařízení v naplánovaném čase běží, vyrábí v plánovaném taktu (rychlosti), ale na výstupu jsou žádoucí pouze výrobky bez vad (užitečné výrobky). Ukazatel dává do poměru časy výroby bez vad (užitečný čas) a čas, kdy zařízení vyrábělo (čistý výrobní čas).

$$\text{kvalita} = \frac{\text{užitečný čas zařízení}}{\text{čistý výrobní čas zařízení}}$$

Pro výpočet OEE musíme znát všechny tyto tři důležité faktory. Kdy vlastně zařízení skutečně vyrábělo, jestli jelo na plný výkon a jestli vyrábělo pouze výrobky bez vad. Takže ukazatel OEE (poměr mezi užitečným a disponibilním časem) se také dá vyjádřit, jako součin výše zmíněných tří důležitých poměrů. [12]

$$OEE = \text{dostupnost} \times \text{výkon} \times \text{kvalita}$$



Obr. 10 Schéma TEEP a OEE [11]

Ukazatel TEEP je nejkompexnější a promítne se do něj každá minuta od zakoupení, kdy zařízení neběží. Nezáleží na tom, zda je podnik otevřený nebo zavřený nebo zda podnik vyrábí jen ve dvou směnách. Proto se v praxi ve výrobním závodě nepoužívá v takové míře. Daleko více vypovídající je ukazatel, kdy je vyplánovaný nějaký čas výroby, jsou k tomu uzpůsobeny všechny zdroje, zejména lidské a materiálové a tento čas se plně nevyužívá, to je pak velmi neefektivní plýtvání zdroji. Toto nám sleduje ukazatel OEE. U vyspělých moderních lean podniků se OEE pohybuje nad 85%.

Veškeré odchýlení od plánu (kolik kusů bez vad za jak dlouho) znamená nižší než 100% OEE a tudíž ztráty. Ztráty mohou být z nevyužití (nedostupnosti) výrobního zařízení, snížením výkonnosti anebo výrobou vadných kusů (zmetků).

2.2 6 velkých ztrát

Při sledování OEE se ztráty obecně dělí do tří skupin (ztráty dostupnosti zařízení, ztráty výkonnostní, ztráty kvalitativní) a celkem rozlišujeme 6 základních typů ztrát: [13]



Obr. 11 „6 velkých ztrát“ [14]

1) Neplánované přestávky, poruchy

Neplánované přestávky během naplánované výroby jsou ztrátami. Tyto ztráty patří do skupiny mající vliv na koeficient dostupnosti (využitelnosti) zařízení. Jsou to technické poruchy stroje jako například chyba v SW řízení, poruchy snímačů, porucha nástroje nebo akutní nenaplánovaná údržba. Technické prostoje může zmírnit nástroj TPM (Total Productive Maintenance), kdy se provádí periodická naplánovaná preventivní údržba. Dále mohou neplánované přestávky způsobit nedostatek materiálu nebo pracovníků. Nebo i čekání na předchozí nebo následující operaci. [13]

2) Seřizování a nastavování

Tyto ztráty jsou nutné a naplánovatelné, ale přesto se řadí do ztrát dostupnosti výrobního zařízení. Jde například o seřízení výroby na jiný typ výrobku v rámci variability jednoho výrobku. Dále sem patří i nastavení po výměně, očištění nebo kontrola nástroje. Tyto ztráty může zmenšit metoda SMED (Single Minute Exchange of Die), kdy je cílem zkrátit čas přenastavení výroby na minimum. [13]

3) Nečinnosti a krátké přestávky

Krátké přestávky či nečinnosti zařízení (zpravidla do minuty či dvou) se řadí ke ztrátám výkonnosti. K vyřešení těchto prostojů není potřeba specializovaná pomoc, zpravidla postačí zásah operátora. Patří sem typicky problémy, které se opakují periodicky, třeba i denně, ale jsou to maličkosti, takže je obsluha může začít brát jako přirozené. Například

zasekávání materiálu v zásobníku, chybné hlášení senzorů, nevhodné tvary zařízení nebo přístup k místům, které se mají neustále udržovat v čistotě. [13]

4) Redukce rychlosti

Ztráta výkonnosti je také, když zařízení pracuje z nějakého důvodu pomaleji, než bylo původně počítáno. Odchytky od ideálního stavu mohou být zapříčiněny například znečištěným nebo opotřebovaným nástrojem, nedostatečné mazání, nevhodně zvolené materiály nebo i nezkušená obsluha stroje. [13]

5) Neshody a opravy

Třetí skupinou jsou ztráty vinou nekvalitní výroby. Výroba vadného dílu je ztráta. Díl se musí z výroby stáhnout a případně dále opravovat anebo sešrotovat. I vrácení opravených dílů vnáší do výroby nestandard, tudíž opět ztráty. Vadné výrobky může vyrábět přímo stroj například nesprávným nastavením výrobních parametrů anebo vadné díly způsobené obsluhou například špatnou manipulací. Vadné kusy také mohou vzniknout vypršením data zpracovatelnosti vstupních materiálů, rozpracované výroby nebo hotových výrobků. [13]

6) Ztráty při rozběhu

Do kvalitativních ztrát patří i ztráty vinou opětovného náběhu výroby po přerušení. Ztráty vzniklé v době od náběhu do dosažení standardního stabilního stavu výroby. Například po přenastavení výroby na jiný typ. Náchylná jsou zařízení, která potřebují po přerušení z technologických důvodů náběh, například dosažení optimální teploty. Některá zařízení nutně po přerušení vyrobí vadné (náběhové) kusy, tudíž také kvalitativní ztráty. [13]

3 Normování práce a stanovení taktu pracovišť

V České republice má většina výroby menší či větší podíl manuální práce. S tím se pojí i potřeba lidskou činnost na pracovišti měřit a standardizovat. Bez správně změřené práce se procesy nedají zlepšovat. Zatímco časy operací strojů mají poměrně slušnou opakovatelnost, proto jsou data z měření důvěryhodná a rychle použitelná, tak časy operací při lidské činnosti se mohou velmi lišit. Pracovníci napříč výrobou nejsou stejní a nepracují stejně, mají různou stavbu těla, pohlaví, věk, povahu nebo i různou motivaci. [2]

Pokud chceme lidskou práci správně změřit a porovnávat tak výkonnost, potažmo efektivitu, musí se činnosti nejprve velmi důkladně analyzovat. Právě analýza činností je velmi často podceňovaná a není na ni kladen potřebný důraz a prostor. Analýza a následné měření by mělo vést k vytvoření optimálního pracovního postupu a určení spotřeby času jednotlivých pracovních činností. [15]



Obr. 12 Analýza a měření práce [15]

3.1 Měření práce

Vykonaná práce pracovníků ve výrobě se může měřit různými způsoby. Práce se dá odhadnout nebo použít data z minulosti a přenést je jen s drobnými úpravami na nový druh práce nebo pracoviště. Takovéto metody jsou sice rychlé a nepožadují vysokou odbornost, ale jsou také velice nepřesné a mnohdy zavádějící. Proto se častěji používají jiné, kvalifikovanější metody měření práce. Můžeme je rozdělit do dvou základních skupin, měření přímé a nepřímé. [15]

3.1.1 Přímé měření

Při použité přímé metody měření se měří časová náročnost přímo ve výrobě na pracovišti. Ke stanovení normy času se nečastěji používají stopky nebo video a předtištěné formuláře nebo rovnou specializovaný software. Velmi důležité při přímé metodě měření je správně a dostatečně podrobně popsat operace a provést dostatečný počet náměrů. Je potřeba získat data z měření co nejpřesnější, aby se daly přesně určit činnosti přidávající a činnosti nepřidávající hodnotu. Výhodou přímého pozorování je vysoká vypovídající hodnota měření. Měření probíhá přímo na pracovišti, takže výsledkem je reálná představa o časové náročnosti jednotlivých úkonů nebo celých operací. Naopak nevýhodou může být právě podrobnost záznamů a tím pádem časová náročnost vyhodnocení naměřených dat, zejména pokud byl použit papírový formulář. Zdroje uvádí, že analýza dat se dá časově redukovat až o 80% pokud použijeme k záznamu měření a následnému vyhodnocení specializovaný software nebo aplikaci. S výhodou se dá použít jak pro chronometr, tak pro snímek pracovního dne nebo i pro vlastní měření. [15]

Prímé měření ke stanovení normy času se dělí na tři oblasti: [17]

- Snímek operace – zaměření pouze na konkrétní pracovní operaci, operace nebo cyklus (například chronometráž)
- Snímek pracovního dne – zaměření na celý pracovní den jednoho nebo více pracovníků
- Snímek dvojstranného pozorování – zaměření na pracovní proces spolu s technologickým dohromady

Chronometráž

Nejpoužívanějším způsobem pro stanovení výkonových norem je chronometráž. Metoda je zaměřená na konkrétní operaci nebo cyklus a slouží ke stanovení délky jejich trvání. Princip chronometráže spočívá v rozdělení měřené operace do dílčích úseků a měří se spotřeba času jednotlivých úkonů. Spotřeba času se zaznamenává pomocí stopek a zaznamenává se do předpřipraveného formuláře (pozorovacího listu) k danému úkonu. [15]

V praxi se používají tři typy chronometráže: [17]

- Výběrová – měří se pouze vybrané izolované úkony výrobní operace, zaznamenává se jen začátek a konec předem vybraného úkonu
- Obkročná – měří se všechny úkony dané operace, avšak v nepravidelném sledu, kombinace snímku pracovního dne a plynulé chronometráže
- Plynulá – měří se všechny úkony operace a v přesném sledu, tak jak jdou za sebou. Ucelená informace o spotřebě času celé operace, tj. základ pro tvorbu časové normy.

Operace:			Datum pozorování:										Pozorovací list č.:			
			od:		do:								Krycí list č.:			
P.č.	Název měřené části (úkon)	Konečný mezní bod	Pořadová čísla měření (kusů, cyklů)										Průměr	Průměr s faktorem výkonu		
			N	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	
1		Z	J													
		K	P													
2		Z	J													
		K	P													
3		Z	J													
		K	P													
4		Z	J													
		K	P													
5		Z	J													
		K	P													
6		Z	J													
		K	P													
7		Z	J													
		K	P													
8		Z	J													
		K	P													
9		Z	J													
		K	P													
10		Z	J													
		K	P													
Stupeň výkonu																
Suma (celková průměrná délka trvání operace)																
Činnosti vykonávané v jiné četnosti opakování (pravidelné)						Identifikované plýtvání										
P.č.	Činnost	čas	četnost	výst. čas	Činnost	čas	četnost	výst. čas	Činnost	čas	četnost	výst. čas	Činnost	čas	četnost	výst. čas

Obr. 13 Vzor formuláře - chronometráž [17]

Snímek pracovního dne

Další často používanou přímou metodou měření práce je měření snímku pracovního dne. Smyslem je zmapovat všechny činnosti pracovníka nebo pracovní skupiny (čty) během celé směny včetně údajů o typu činnosti a délce trvání činnosti. Výsledkem by mělo být rozdělení činností na nezbytně nutné a na plýtvání. Snímek pracovního dne je všeobecný nástroj a dá se aplikovat i pro administrativní pracovníky (např. vlastní snímek pracovního dne). Výhodou je vysoká podrobnost, nevýhodou značná pracnost jak měření tak analýzy. S použitím vhodného software tato nevýhoda odpadá. [15]

Typové rozdělení snímků pracovního dne: [17]

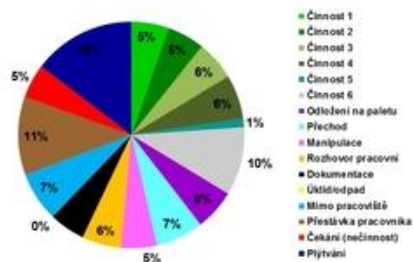
- Snímek pracovního dne jednotlivce – měří se jeden pracovník
- Snímek pracovního dne čty – měří se více pracovníků pracujících společně
- Hromadný snímek pracovního dne – měří se více pracovníků nepracujících společně
- Vlastní snímek pracovního dne – měří pracovník sám své činnosti

Tabulka vstupních údajů - hlavní graf

Kategorie	Délka trvání	Poměr %	VANVA	ANO	NE
Činnost 1	0:00:22	5,37%	ANO	0:00:22	
Činnost 2	0:00:22	5,37%	ANO	0:00:22	
Činnost 3	0:00:23	5,61%	ANO	0:00:23	
Činnost 4	0:00:26	6,34%	ANO	0:00:26	
Činnost 5	0:00:05	1,22%	ANO	0:00:05	
Činnost 6	0:00:40	9,76%	ANO	0:00:40	
Odložení na paletu	0:00:24	5,85%	ANO	0:00:24	
Přechod	0:00:28	6,83%	ANO	0:00:28	
Manipulace	0:00:21	5,12%	NE		0:00:21
Rozhovor pracovní	0:00:23	5,61%	ANO	0:00:23	
Dokumentace	0:00:21	5,12%	ANO	0:00:21	
Úklid/odpad	0:00:00	0,00%	ANO	0:00:00	
Mimo pracovníčt	0:00:29	7,07%	NE		0:00:29
Přestávka pracovní	0:00:46	11,22%	NE		
Čekání (nečinnost)	0:00:20	4,88%	NE		0:00:20
Plytvání	0:01:00	14,63%	NE		0:01:00
	0:06:50			100,00%	

Graf. 8 - Analýza činnosti pracovníka

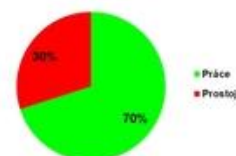
Pracovník x, 1x.1.2016, 6:00 - 14:00



Tabulka vstupních údajů - pracuje/nepracuje

Činnost	Délka trvání
Práce	0:04:15
Prostoj	0:01:49

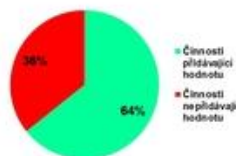
Graf. 9 - Práce/prostoj (bez přestávky)



Tabulka vstupních údajů - přidávající/nepřidávající hodnotu

Činnost	Délka trvání
Činnosti přidávající hodnotu	0:03:54
Činnosti nepřidávající hodnotu	0:02:10

Graf. 10 - Přidávající/nepřidávající hodnotu (bez přestávky)



Vložení z aplikace			Činnost 1	Činnost 2	Činnost 3	Činnost 4	Činnost 5	Činnost 6	Odložení na paletu	Přechod	Manipulace	Rozhovor pracovní	Dokumentace
Činnost	Čas	ROZDÍL											
Start	9:37:06												
Činnost 1	9:37:28	0:00:22	0:00:22										
Činnost 2	9:37:50	0:00:22		0:00:22									
Činnost 3	9:38:13	0:00:23			0:00:23								
Činnost 4	9:38:39	0:00:26				0:00:26							
Činnost 5	9:38:44	0:00:05					0:00:05						
Činnost 6	9:39:04	0:00:20						0:00:20					
Odložení na paletu	9:39:28	0:00:24							0:00:24				
Přechod	9:39:56	0:00:28								0:00:28			
Manipulace	9:40:17	0:00:21									0:00:21		
Rozhovor pracovní	9:40:40	0:00:23										0:00:23	

Obr. 14 Snímek pracovního dne – příklad [16]

Jak při použití chronometráže, tak při použití metody snímku pracovního dne je potřeba vždy uvažovat stupeň výkonu. Stupeň výkonu sleduje míru odchýlení pracovníka oproti referenčnímu výkonu. Udává se v procentech. Hodnocení stupně výkonu je subjektivní a odráží zkušenosti sledovaného pracovníka. Hodnotí se například synchronizace a koordinace pohybů, zručnost nebo rychlost pohybů. Nejčastěji se v praxi používá rozpětí hodnocení stupně výkonu 80 až 120% a hodnotí se po 5%. Tj. 80%, 85%, 90%, 95%, atd. [17]

3.1.2 Nepřímé měření

Nepřímé měření je založeno na pevně daných tabulkových hodnotách spotřeby času, nikoliv na měřených hodnotách přímo ve výrobě. Podstatou nepřímých metod měření je rozdělení pohybů na základní pohyby a těm je následně přiřazena spotřeba času. Odpadá zde subjektivní hodnocení stupně výkonu (časy jsou předem dané, tj. 100% stupeň výkonu). Další výhodou oproti přímé metodě měření je v možnosti naplánovat spotřebu času na danou operaci již ve fázi projektu. Není potřeba hotového pracoviště. Nevýhodou může být složitost tabulek pro vyhodnocení a citlivost na správné určení typu pohybu. Základní metodou nepřímého měření je MTM (Methods Time Measurement). Někdy také označována jako MTM-1, protože z ní vychází další používané modifikované metody. Například MTM-2, MTM-3, UAS, MEK nebo MOST. [15]

MTM (Methods Time Measurement)

Měření nástrojem MTM je nejznámější metodou předem určených časů. Vznikl v polovině 20. století, je velice detailní a popisuje pracovní činnost komplexně. Podstatou je, že stačí 17 různých prvků procesu, aby mohly být popsány všechny druhy pracovních postupů. Je potřeba znát informaci o typu pohybu, náročnosti pohybu, vzdálenosti a hmotnosti předmětu. Mnoho úskalí může skrývat právě schopnost správně určit všechny potřebné parametry vykonávané činnosti. Navíc pohyby nejsou vždy úplně totožné. Časová náročnost při vyhodnocení analytické části je asi 60x větší než reálně trvá pohyb (minuta pohybů, hodina analýzy). Metoda MTM používá časovou jednotku TMU (Time Measurement Unit) a ta odpovídá 0,036 sekundy. [19]

Základní MTM ze které vychází další odvozené metody se nazývá MTM-1. Je ze všech nejpodrobnější. Obsahuje 8 typů pohybů rukou a prstů, 2 zrakové funkce a 12 typů pohybů těla a nohou. Označují se zkratkami z anglických slov. Z praxe vyplývá, že až 85% pohybů je sahání, uchopení, přemístění, spojení (umístění) a pouštění. Přemístění (M-move) je zastoupeno až v 30% případech. [20]

Pohyby ruky:		Funkce zraku:					
1	Sáhnout	R	reach	1	Sledování pohledem	ET	eye travel
2	Uchopit	G	grasp	2	Pohled zaostřit (rozlišit)	EF	eye focus
3	Přemístit	M	move	Pohyby těla a nohou:			
4	Spojit	P	position	1	Pohyb chodidla bez tlaku	FM	foot movement
5	Pustit	RL	release	2	Pohyb jedné nohy	LM	leg movement
6	Oddělit	D	disengage	3	Úkrok stranou	SS	side step
7	Obrátit	T	turn	4	Otočení těla	TB	turn body
8	Tlačit	AP	apply pressure	5	Chůze bez zátěže a překážek	W-P	walk place
				6	Předklonění	B	bend
				7	Vzpřímení	A	arise
				8	Úklon	S	stoop
				9	Klek na jedno koleno	KOK	kneel on one knee
				10	Klek na obě kolena	KBK	kneel on both knees
				11	Sednout	SIT	sit
				12	Vstát	STD	stand

Obr. 15 MTM-1 značení pohybů [20]

Přemístit M (move)							
dráha [cm]	TMU			Hmotnostní korekce			Popis
	M-A	M-B	M-C	hmotnost [kg]	SC [TMU]	W koeficient	
do 2	2,0	2,0	2,0	1	0,0	1,00	Přemístění je přesunutí jednoho nebo více dílů rukou nebo prsty na určité místo.
4	3,1	4,0	4,5	2	1,6	1,04	
6	4,1	5,0	5,8	4	2,8	1,07	Legenda: A - Pohyb probíhá téměř automaticky, malé nároky na kontrolu. Přemístit předmět do druhé ruky nebo k pevné zarážce. B - Mírné nároky na kontrolu. Přemístit předmět na přibližné anebo neurčité místo. Výle > 25 mm C - Vysoké nároky na kontrolu. Přemístit předmět na přesné místo. Výle > 12 ≤ 25 mm SC - statická komponenta; Statický účinek na svaly, který se započítává samostatně. W - dynamická komponenta pohybu; Koeficient, kterým se násobí základní čas.
8	5,1	5,9	6,9				
10	6,0	6,8	7,9				
12	6,9	7,7	8,8				
14	7,7	8,5	9,8				
16	8,3	9,2	10,5				
18	9,0	9,8	11,1				
20	9,6	10,5	11,7				
22	10,2	11,2	12,4				
24	10,8	11,8	13,0				
26	11,5	12,3	13,7	12	8,8	1,27	
28	12,1	12,8	14,4	14	10,4	1,32	
30	12,7	13,3	15,1				
35	14,3	14,5	16,8	16	11,9	1,36	
40	15,8	15,6	18,5				
45	17,4	16,8	20,1	18	13,4	1,41	
50	19,0	18,0	21,8				
55	20,5	19,2	23,5				

Obr. 16 Příklad analýzy pohybu Move (MTM-1) [20]

Například přemístění 2l plné PET lahve z jedné ruky do druhé (vzdálenost 50cm) by se značilo M50A. 4asová náročnost tedy $19,0 \cdot 1,04 = 19,76$ TMU = cca 0,7 sekundy.

Ostatní odvozené MTM metody

MTM-2 a MTM-3 vycházejí přímo z MTM-1. Používají se pro úkony trvající do 3 minut (MTM-2), 3 až 30 minut v případě MTM-3. Podstatou je sloučení pohybů. Například u MTM-2 je sekvence sáhnout-uchopit-pustit nahrazena úkonem vzít. Výsledkem jsou méně obsáhlé tabulky, přehlednější systém pro analýzu. Rychlejší vyhodnocení (až 7x), avšak uváděná nepřesnost v časech TMU oproti výchozí MTM-1 je maximálně 5%. [20]

Metoda MOST (Maynard Operation Sequence Technique) je jednou z mladších technik nepřímého měření. Zavedena byla v roce 1980 ve firmě Maynard. MOST se zaměřuje na měření práce z pohledu přemísťování objektů. Fyzikálně vyjádřeno tedy působením síly na nějakou vzdálenost, přičemž metoda uvažuje dvě podoby přemístění objektů. Předměty jsou přesouvány volně v prostoru anebo jsou přemísťovány ve stálém kontaktu s jiným objektem. Podstatou MOST metody je vyjádření přemísťování jako sekvence pohybů sáhnout-uchopit-přemístit-umístit. Ve srovnání s předchozími MTM metodami je MOST podstatně efektivnějším nástrojem. Za hodinu práce analytik metodou MTM-1 vypočte cca 300 TMU, u metody Maxi MOST je to až 25000 TMU. [20]

Dělení metody MOST: [20]

- Mini MOST – použití pro pracovní cykly kratší než 2 minuty, prováděných více než 1500x za týden
- Basic MOST – použití pro pracovní cykly do 10 minut, opakujících se 150 až 1500x za týden
- Maxi MOST – použití pro pracovní cykly od 2 minut až do několika hodin, opakujících se méně než 150x za týden

Nejpoužívanější z metod předem stanovených časů MOST je technika Basic MOST. K popisu jsou používány pouze 3 základní přemísťovací pracovní sekvence a jedna pro přemísťování objektů pomocí ručního jeřábu. Obecné přemístění se používá při přemísťování objektů volně vzduchem, řízené přemísťování se používá při přemísťování objektů, který je v kontaktu s jiným objektem a aktivita použití nástroje se používá při použití běžných ručních nástrojů. [20]

Basic MOST			
Aktivita	Sekvenční model	Parametr	Sub-aktivita
Obecné přemístění	ABG ABP A	A	vzdálenost (<i>action distance</i>)
		B	pohyb těla (<i>body motion</i>)
		G	získání kontroly (<i>gain control</i>)
		P	umístění (<i>placement</i>)
Řízené přemístění	ABG MXI A	M	řízené přemístění (<i>move controlled</i>)
		X	operační čas (<i>process time</i>)
		I	zarovnání (<i>alignment</i>)
Použití nástroje	ABG ABP . ABP A	F	utažení (<i>fasten</i>)
		L	uvolnění (<i>loosen</i>)
		C	ořezání, ustřížení (<i>cut</i>)
		S	opracování povrchu (<i>surface treat</i>)
		M	měření (<i>measure</i>)
		R	psaní, zaznamenávání (<i>record</i>)
T	kontrola, čtení, prohlédnutí (<i>think</i>)		

Obr. 17 3 základní přemísťovací sekvence (Basic MOST) [20]

Po stanoveném druhu přemístění (aktivitě) se dle tabulek doplní k písmenům číselné indexy. Indexy se sečtou, vynásobí číslem 10, abychom byl výsledek v TMU, případně ještě vynásobí počtem opakování dané aktivity (údaj v závorce). Příklady:[20]

Obecné přemístění - příklady

$A_6 B_6 G_1 A_1 B_0 P_3 A_0$

- A6 – chůze 3 – 4 kroky k místu, kde je předmět
 - B6 – ohnutí a napřímění při manipulaci s předmětem
 - G1 – získání kontroly nad lehkým předmětem
 - A1 – přesun předmětu v místě dosahu
 - B0 – žádný pohyb těla
 - P3 – umístění předmětu s ustavení
 - A0 – bez návratu
-
- Operátor vezme postupně 6 podložek a postupně je umístí na šroub

$$A_1 B_0 G_3 A_1 B_0 P_1 A_0 (6) = \underline{360 \text{ TMU}}$$

Obr. 18 Praktické příklady Basic MOST [20]

3.2 Stanovení taktu pracovišť

Při navrhování nebo optimalizaci výrobní linky (předpokládáme více pracovišť) je velice důležité znát dobu, za kterou stroje i s veškerou obsluhou dokáží vyrobit jeden výrobek nebo podsestavu. Zejména pro návaznost s následující operací a sladěním s ostatními pracovišti dané linky.

3.2.1 TT (Takt Time) a CT (Cycle Time)

Takt time (zkráceně TT) je doba taktu a takt udává zákazník svými požadavky. Je to doba, za jak dlouho zákazník odebere jeden výrobek. Vztaženo k plánovanému času provozu výrobního zařízení tj. disponibilní čas zařízení. Výsledkem je tedy časová hodnota TT, neboli jak rychle musí daný proces probíhat, aby došlo k uspokojení potřeby zákazníka. [21]

$$TT = \frac{\text{ disponibilní čas zařízení } }{\text{ kusy požadované zákazníkem } }$$

Například pokud zákazník požaduje ročně dodat 200 000 kusů a výroba bude vyrábět 200 pracovních dnů, ve 3 směnách a z každé směny bude výroba naplánovaná na 420 minut, tak takt time bude následující:

$$TT = \frac{200 * 3 * 420 * 60}{200\ 000} = 75,6 \text{ s}$$

Znamená to, že ideálně každých 75,6 sekund vyrobíme a pošleme zákazníkovi jeden kus a ten ho bez prodlení zpracuje. Znamenalo by to i 100% OEE. Jelikož v praxi je nemožné jako dodavatel mít stejný takt jaký má zákazník, musí být čas podstatně menší.

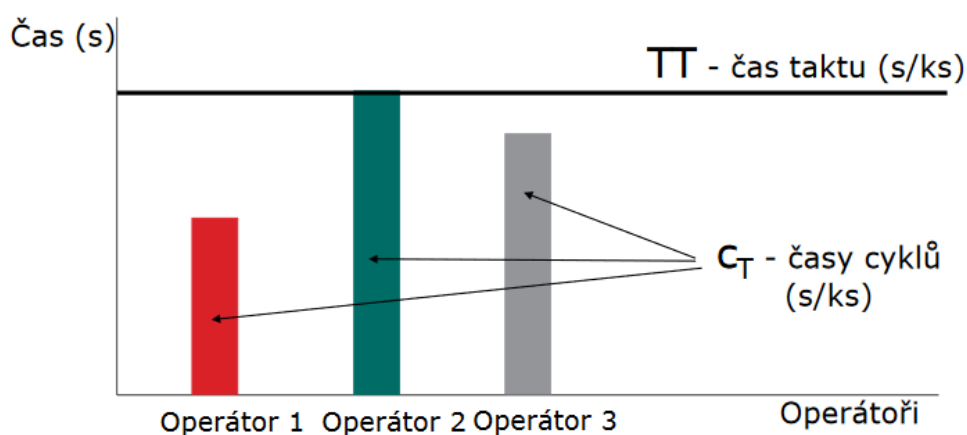
$$TT \geq CT$$

Cycle time (zkráceně CT) je čas cyklu. Je to doba, za kterou se u dodavatele skutečně vyrobí jeden kus na dané operaci. Od startu určitého procesu po jeho konec, a tím začíná opět cyklus nanovo. Pokud by byl čas cyklu delší než zákaznický takt, nebylo by možné dostát závazkům vůči zákazníkovi. Naopak při výrazně kratším CT než je TT hrozí nadvýroba, což je plýtvání. [21]

3.2.2 Balancování výrobního taktu (Line Balancing)

Pro znázornění délky časů jednotlivých výrobních operací montážní linky vůči zákaznickému taktu (TT) se používají tzv. balanční diagramy, někdy také Yamazumi diagramy. Jsou to sloupcové diagramy, kde na svislé ose je čas a na vodorovné jednotlivé procesy nebo pracovníci. Výsledkem je znázornění délky trvání jednotlivých výrobních operací. Na svislé ose je ještě přímkou znázorněna mez - hodnota TT. CT celého procesu určuje nejpomalejší operace procesu. Může to být jak pracovník, tak stroj. [23]

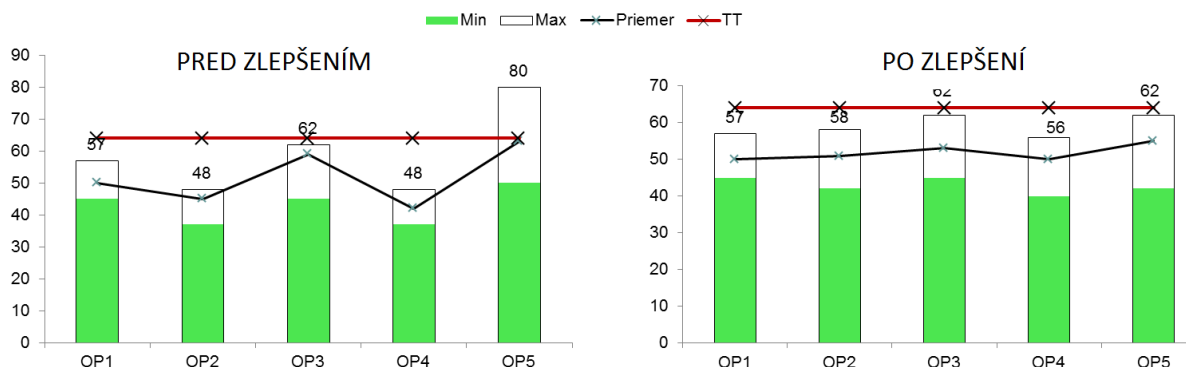
Několik příkladů popisu balančních grafů a možnostech vybalancování výroby:



Obr. 19 Balanční diagram [23]

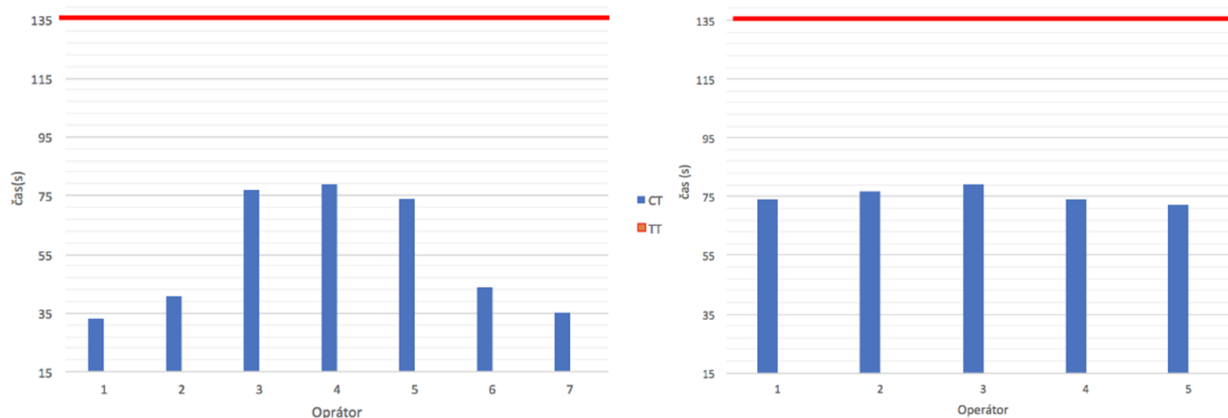
Na Obr.20 je znázorněn balanční diagram, kdy proces obstarávají 3 operátoři. Operátor 1 a 3 stíhají vyrábět v zákaznickém taktu (jejich CT je nižší než TT). Kritický je

operátor 2, kdy jeho CT je nejen CT celého procesu, čili úzké místo, ale navíc je jeho CT shodný s TT. Tudíž jakékoliv zdržení operátora 2 znamená automaticky ohrožení dodávky zákazníkovi.



Obr. 20 Balancování výroby-Příklad1 [24]

Na Obr.21 je znázorněn výrobní proces před a po vybalancování výroby. Zobrazené zlepšení procesu odlehčilo operátorovi 5, který někdy (v maximech CT) brzdil výrobu a ohrožoval i dodávky na zákazníka. Zlepšením se podařilo i více vytížit operátory 2 a 4 a tím došlo k vybalancování procesu. Operátoři jsou po zlepšení rovnoměrně vytíženi, všichni se svým CT vždy dostávají pod TT a navíc není CT operátorů o moc kratší než TT, takže proces je velice efektivní.



Obr. 21 Balancování výroby-Příklad2 [25]

Na Obr.22 je znázorněn proces výroby, kdy se podařilo operace vybalancovat přesunem činností tak, že v součtu operací se činnosti přerozdělily a došlo k úspoře dvou operátorů. Z původních sedmi operátorů (graf vlevo, před úpravou) nyní ve stejném CT vyrábí v počtu pěti operátorů (graf vpravo, po úpravě). Nicméně stále je zde na první pohled potenciál na zefektivnění procesu. CT je hluboko pod TT, hrozí tedy nadprodukce, čili plýtvání.

4 Analyzovaná výroba

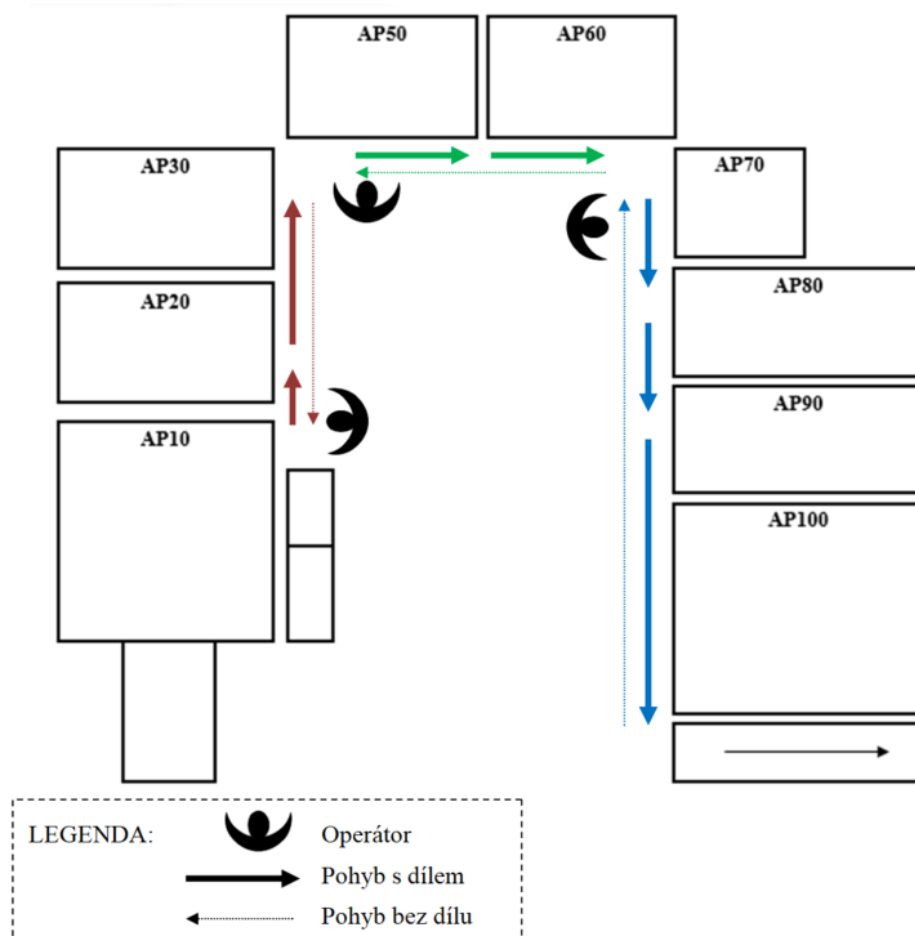
Analyzovanou výrobou se zde rozumí konkrétně jedna montážní linka výrobního závodu. Tato linka bude předmětem všech vstupních dat, měření a analýz.

4.1 Představení montážní linky

Představovaná výrobní linka má spíše montážní charakter. Finální výrobek je velký asi 10x10x10cm a váží přibližně 1 kg. Většina dílů je z tvrdého a odolného plastu nebo gumy a pro kompletaci výrobku je potřeba přes 20 dílů. Jednotlivé komponenty se do sebe lisují a některé je potřeba i svařit nebo přišroubovat. Montážní linka má deset pracovišť označených AP10, AP20, AP30, AP50, AP60, AP70, AP80, AP90 a AP100. Na každém pracovišti většinou do průběžné montáže pod sestavy přibudou tři až čtyři komponenty. Na montážní lince se vyrábí několik typů pro několik zákazníků. Avšak jednotlivé typy se liší pouze nepatrně. Není potřeba výměnných přípravků, pouze dodávat jiný materiál (tvar komponenty se liší jen minimálně) a změnit označení výrobku. [26]

Montážní linka je asi 7 metrů dlouhá a 6 metrů široká. Layout linky je do tvaru U. Uvnitř linky nejčastěji vyrábí 3 operátoři. Operátor 1 obsluhuje stanice AP10, AP20 a AP30. Druhý operátor stanice AP50 a AP60. Operátor 3 obsluhuje zbytek linky od AP70 po AP100. Stanice AP90 a AP100 jsou spojené a doprava dílu probíhá automaticky. Kolem linky jezdí v pravidelných intervalech zásobovač a doplňuje materiál do zásobníků a skluzů. Za danou směnu a bezproblémový a kvalitní chod linky má zodpovědnost seřizovač. Výroba jede v třísměnném provozu. Zodpovědnost za všechny směny a za pracovníky na lince má vedoucí linky. [26]

Práce na lince není fyzicky náročná. Všechny komponenty mají několik desítek gramů, jsou v dosahové vzdálenosti a všechny montážní operace vykonává stroj. Operátor jen založí komponenty do lůžka ve stroji nebo do šuplíku. Následně dotykovým tlačítkem nebo zasunutím šuplíku odstartuje proces montáže dané stanice. [26]



Obr. 22 Layout montážní linky [26]

4.2 Tvorba standardu

Nejčastější obsazení a největší využitost linky je při obsazení třemi operátory. Tvorba standardu pro tři operátory v lince probíhá metodou přímého měření, kdy za pomoci stopek a předem připraveného formuláře probíhá sběr dat. Využívá se snímku operace chronometrání. Každá operace (pracovní proces na jednom stroji) je měřena zvlášť. Použita je chronometrání plynulá, kdy se sleduje celá operace se strojním časem i s obsluhou stroje (založení dílu, kontrola, vyjmutí) tak jak jde za sebou. [26]

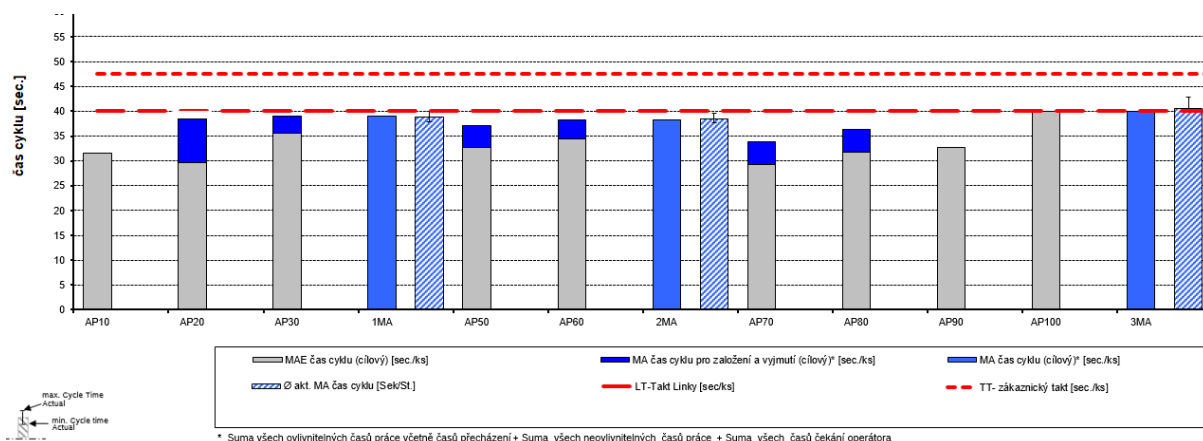
Norma se stanovuje průměrem časů. Celkem se provádí 20 náměrů, přičemž nejlepší a nejhorší čas se do průměru nezapočítává. Měření probíhá pro každého operátora na dané smyčce, na každé směně a výsledky se porovnávají. Dále se vyhodnocují i tři nejrychlejší opakované časy tj. za jaký nejkratší čas je možné operaci opakovaně vykonat. [26]

Měření cyklu výrobní linky																								
Výrobek : 50141										Pracoviště: AP20					Layout: GSX									
Proces: Montáž RSM										Analyzoval: Pitoňák														
Datum: 7.11.2019																								
č.	základní úkon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Prům	Min	
1	Založit RSM do čtečky+ Ruční naložení AS na RSM	6,2	6	6,6	6,7	6,4	6,4	6,1	6,3	6,2	6	6,1	6,4	6,2	6,1	6,3	6,4	7	6,3	6,1	6,2	6,3	6,1	
2	Založení PT a RSM do stroje a odebrání hotového dílu+ Start	4,8	4,5	5,2	5,1	4,8	4,6	4,7	5,3	5,2	4,9	4,7	5,2	5,5	5,4	4,9	4,6	4,8	4,9	4,7	4,9	4,9	4,7	
3	Čas cyklu stroje dveře, vyfocení AS+ 100% kontrola dílu, odložení na AP30 (max 10ks)		3,7	3,8	4,1	3,3	3,9	3,8	4,1	4,2	3,7	3,3	3,3	3,7	3,5	4,2	4	4,1	3,9	3,6	3,1	4	3,8	3,3
4	Vizuální kontrola na Monitoru+start	2,1	2,5	2,6	2,2	2,8	2,9	2,7	2,8	2,3	2,4	2,2	2	2,9	3,1	3	2,8	2,9	2,2	2,7	2,4	2,6	2,2	
5	Čas cyklu stroje- svařování dílu	26,4	26,4	26,9	26,7	26,0	27,3	27,0	26,7	26,9	26,1	26,8	26,4	26,8	26,9	26,6	26,4	26,6	26,8	27,1	27,0	26,7	26,4	
6	po 15 dílech poslat blistr do kluzu od PT												3,3									0,2	0,2	
7																								
čas cyklu																					38	29,7		
výrobní čas bez čekání																						6,9		
POZNÁMKY																								

Obr. 23 Chronometráž AP20 [26]

Konkrétní ukázka náměrů pro stanici AP20. Proces začíná založením dílu do přípravku se čtečkou a naložením těsnících elementů operátorem. Po té se založí díly do stroje a zároveň se vyjme hotový kus z předchozího cyklu. Operátor potvrdí se proces a stroj vyfotí polohu těsnění. Po kontrole a vyhodnocení snímku operátorem následuje vlastní proces výroby dílu strojem. Jednou za 15 kusů operátora zdrží výměna prázdného balení vstupních dílů za plné. [26]

Měření probíhá na každé z deseti stanic. Jejich vzájemné propojení a návaznost se zobrazuje v balančním diagramu linky, kde je názorně vidět čas potřebný pro obsluhu provedení dané operace. V diagramu je znázorněn i daný zákaznický takt a čas cyklu (linky). [26]



Obr. 24 Balanční diagram linky [26]

Balanční diagram montážní linky zobrazuje šedými sloupci čistě strojní čas a modré navýšení času je čas včetně obsluhy. Normovaný čas smyčky prvního operátora (1MA) je znázorněn modrým plným sloupcem. Operátor 1 se v podstatě nezastaví. Vykonává smyčku mezi stanicemi AP10, AP20 a AP30. Jeho čas je pravidelně kontrolován a měřen sloupcem zobrazeným modrobílými pruhy včetně rozptylu minima a maxima. [26]

Z analýzy balančního diagramu lze vidět poměrně rovnoměrné časy operací i vytížení jednotlivých operátorů. Zároveň čas smyček i celé linky jsou v poměru k zákaznickému taktu vhodně nastaveny. Jednotlivé operace jsou vybalancované díky předchozím projektům zaměřených na efektivitu výroby. Je potřeba se tedy zaměřit na zvyšování OEE a efektivitu výroby eliminací ztrát. [26]

4.3 Ztráty

Během pracovního dne ve třisměnném provozu je teoreticky k dispozici 1440 minut výrobního času tj. 100% TEEP. Od toho musíme odečíst zákonné přestávky (30 min za osmihodinovou pracovní směnu), dále pak plánované prostoje například na pravidelnou údržbu (TPM) nebo předem naplánované akce.

Zbývající čas je již všechn určen na výrobu, obecně nazývaný disponibilní čas zařízení. V tomto konkrétním případě výroby nazývaný zkratkou POT (Planned operating time). Jakékoliv odchýlení se od naplánované výroby, tj. počtu vyrobených kusů bez vad je ztráta. Každá minuta ztracená oproti POT znamená ztrátu OEE. [26]

4.3.1 Typy ztrát montážní linky

V našem případě se ztráty ze 100% OEE dělí do pěti hlavních skupin: [26]

1) Technické prostoje

Jako technické ztráty se zaznamenává jakýkoliv prostoj způsobený strojem nebo jeho chybným nastavením. Drobné prostoje řeší seřizovač, kterého přivolá operátor tzv. záchrannou brzdou (provázek natažený kolem celé linky). Pokud závadu nevyřeší nebo nemá potřebné nářadí nebo materiál volá technickou podporu (TEF). Zapisují se sem i prostoje kdy linka vyrábí, ale nesplňuje stanovený CT za předpokladu že operátoři pracují dle standardu. [26]

2) Organizační prostoje

Tato skupina prostojů je velice široká. Patří sem v podstatě vše, co určitě nepatří do ostatních čtyř skupin. Nejčastěji ale problémy s počtem nebo kvalitou pracovníků nebo výroby jako takové. Neplánované přestávky, porady, konzultace ohledně kvality nebo také když dojde materiál v supermarketu. Výroba vzorků nebo různé testování je taktéž organizační prostoj. [26]

3) Ztráty přeseřizemím

Tento typ ztrát je konkrétně u této výrobní linky jeden z nejkratších. Přeseřizemím na jiný typ se totiž děje jen softwarově a změnou materiálu v jednom ze skluzů. Přehodí se na každé stanici výrobní data pro nový typ a přeseřizemím je hotové. [26]

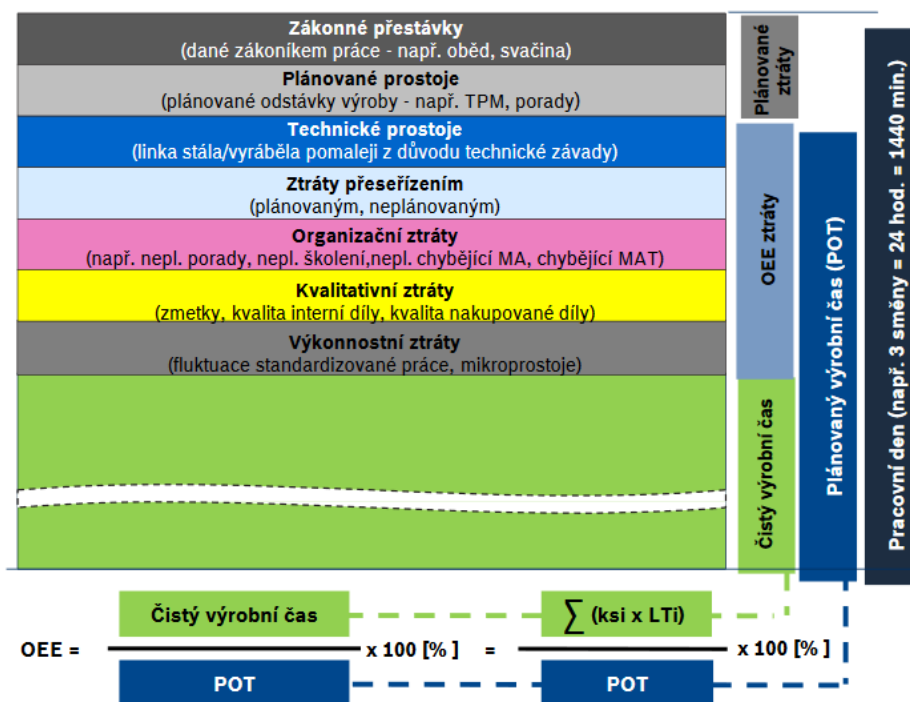
4) Kvalitativní ztráty

Kvalitativní ztráty jsou spojené s výrobou vadných nebo nestandardních kusů. Výrobky, které vypadají nestandardně nebo je vyřadil přímo stroj jsou vytažené z toku jednoho kusu výrobní linkou a tudíž představují ztrátu CT. Tyto ztráty se odepisují jako kusy a systém je promítne jako ztráty časové. [26]

5) Výkonnostní ztráty

Do této skupiny prostojů se řadí jen velmi málo minut prostojů, záměrně. Od seřizovačů je potřeba mít pokud možno všechny ztráty zapsané a rozdělené do skupin aby se dal vyjádřit jejich procentuální podíl a dalo se cílit na zlepšování procesů. [26]

Po odečtení všech ztrát dostáváme čistý výrobní čas a z něj poměrově i hodnotu OEE.



Obr. 25 Znárodnění ztrát [26]

4.3.2 Sběr dat

Nástrojem ke zaznamenávání jakýchkoliv ztrát je systém sledování výroby a průběžné zapisování do speciálního SW, kam seřizovač zapisuje každou hodinu ztráty výrobní linky.

Čas	Má být		Skutečnost		Kusů za hodinu										Typy Vyrobeno [typ/t]	Kvalita [ks]			Prostoje [min]			Kód	Odchyška	Kód	Odchyška	
	Kusů	Celkem	Kusů	Celkem	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81		90	Zmetky	Repas	Přeseř.	Tech. ztráty	Org. ztráty					
22 - 23	90	90	90	90												250165 / 40				2			T107 AP10 - Obrabeč chytíl RSM křivě			
23 - 24	90	180	87	177												250165 / 40				4			T107 AP10 - Obrabeč chytíl RSM křivě	T403	AP80 - 3x Překročen čas měření	
0 - 1	90	270	90	267												250165 / 40				2			T107 AP10 - Obrabeč chytíl RSM křivě			
1 - 2	60	330	55	322												250165 / 40				3			T529 AP100 - Výpadek vzduchu stanic AP90-AP100			
2 - 3	90	420	90	412												250165 / 40										
3 - 4	90	510	85	497												250165 / 40	1			4	1		Q7 AP60 - Nevyložený díl 1x T107 AP10 - Obrabeč chytíl RSM křivě	T307	AP60 - zaseknutý PT na trnech, prc	
4 - 5	75	585	70	567												250165 / 40				3			T462 AP90 - Kelímek přeplněn - vyčistění + proplach			
5 - 6	75	660	73	640												250165 / 40				3			T107 AP10 - Obrabeč chytíl RSM křivě	T309	AP60 - seký nippel v listě	
Σ 1.S.	660	↓	640	↓													1	0		21	1					
6 - 7	90	90	74	74												250165 / 40				11			T321 AP60 - seřízení rychlosti přenašeče nippelu			
7 - 8	90	180	77	151												250165 / 40	1			7	1		Q10 AP90 - díl pro QMM	T321	AP60 - 2x robot neodbral nippel	
8 - 9	75	255	69	220												250165 / 40				4			T400 AP80 - kontrola a očištění těsnění			
9 - 10	90	345	76	296												250165 / 40				5	5		T454 AP90 - zaseknutý šroub O25 čekání na seřizovače	T462	AP90 - výměna kelímku	
10 - 11	60	405	53	349												250165 / 40				4			T353 AP70 - zaseknutá kulička			
11 - 12	90	495	84	433												250165 / 40				4			T307 AP60 - zapadlý filtr pod lis			
12 - 13	45	540	40	473												250165 / 40 250148 / 40				3	30		O12 TPM			
13 - 14	0	0	0	0																			TPM			
Σ 2.S.	540		473														1	0	3	35	86					

Obr. 26 Sledování výroby seřizovačem [26]

Seřizovač by do systému měl zapisovat každou hodinu aktuální stav výroby. Každý řádek reprezentuje jednu hodinu výroby. Podle POT (naplánovaného času výroby = 100% OEE) se automaticky zobrazuje počet kusů, které měli být vyrobeny za předpokladu nulových ztrát (vyznačeno červenou svislou čarou v daném řádku). Vizualně konfrontováno se skutečností tj. kolik kusů se skutečně vyrobilo (modrá svislá čára). Při záznamu je také vyplňován typ výrobku a plánovaný čas cyklu linky. [26]

Ztráty jsou rozděleny do pěti barevně odlišených skupin podle popisu výše. Zmetky se zadávají s kódem prostoje Qxx a automaticky se počítá se ztrátou jedné minuty z POT. Repasy v této výrobě nejsou zadávané. Přeseřízení trvá zpravidla jen několik minut. Organizační ztráty se zadávají s kódem prostoje Oxx a většinou nabývají extrémních hodnot. Buď jednotky minut za hodinu (na porady, zaučení operátorů apod.) anebo naopak hodiny nebo i celou směnu (například když náhle dojde materiál nebo se přesunou všichni operátoři na jinou výrobu a linka stojí). Poslední skupinou prostoje jsou prostoje technické. Zadávají se s kódem Txx a jsou většinou spjaté s konkrétní výrobní stanicí APxy. Tyto prostoje jsou celkem časté, hlásí je operátor nebo sám stroj a seřizovači na ně musejí reagovat okamžitě a co nejrychleji problém odstranit aby linka nestála. [26]

Například při zadávání technického protoje má seřizovač na výběr podle přednastavených nejčastějších chyb. Podle kódů chyb se pak dělají analýzy. Obdobně se dají zadávat i ostatní ztráty. [26]

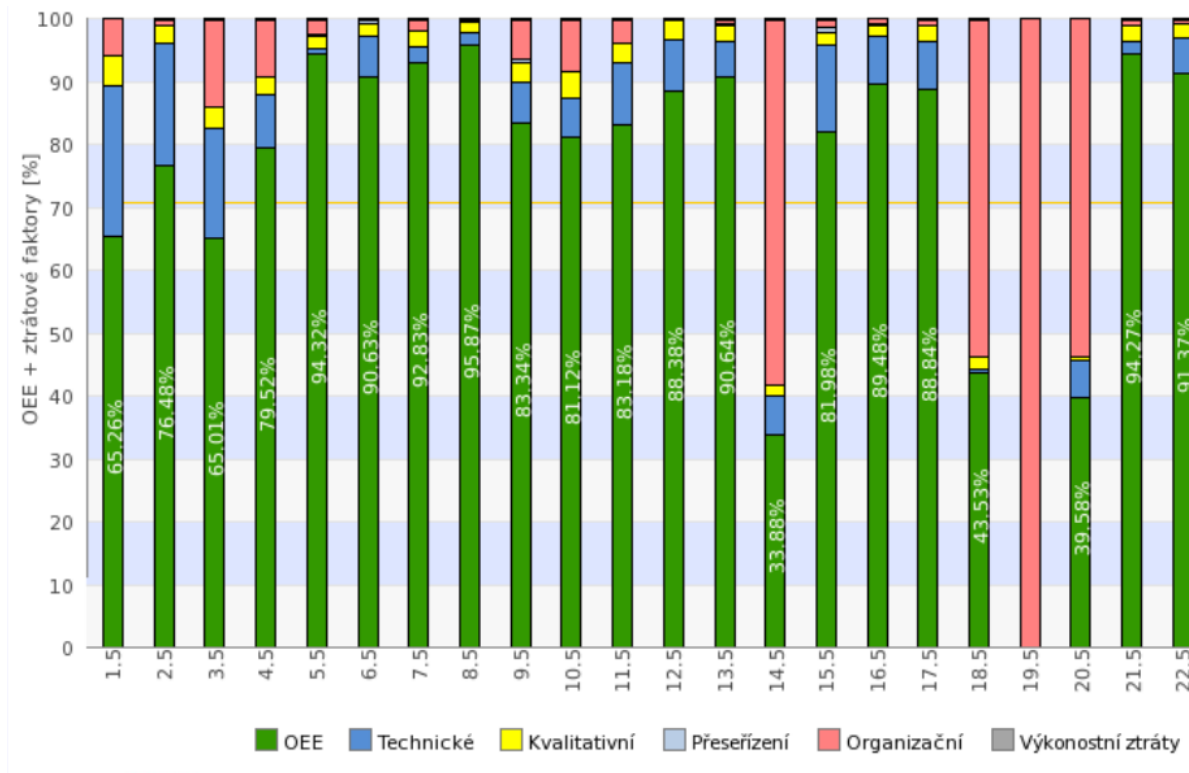
Začátek prostoje: 23:35 03.12.2019
 Délka prostoje: 0 min
 Z toho reakční čas TEFu: 0 min
 Pracoviště: AP50
 Císlo zakázky TEF:
 Kód prostoje: -- Kod prostoje --
 Popis problému: T500 - (AP50 Nová porucha)
 Ovlivňuje kvalitu: T501 - (AP50 Čtení DMC)
 T502 - (AP50 Nefunkční server)
 T503 - (AP50 Chyba upnutí dílu)
 T504 - (AP50 Chyba Laserline)
 T505 - (AP50 Chyba vykladače hotového dílu)
 Zavedená opatření: T506 - (AP50 Porucha lisování)
 Identifikace 1. vyr. kusu: T507 - (AP50 Porucha Lexia)
 Popis opravy: T508 - (AP50 Porucha svařování)
 T509 - (AP50 Chyba ochranných dveří, aretace, lišty)
 T510 - (AP50 Chyba upínače HM)

Obr. 27 Příklad zadávání technického prostoje [26]

4.3.3 Analýza ztrát

Data ze sledování výroby se dají dále zpracovávat a vizualizovat. Rychle jsou pomocí SW k dispozici grafy ukazující efektivitu výrobních zařízení (procenta OEE). Dá se zobrazit libovolné období v rozpětí jeden den až jeden rok. Zeleně je zobrazen čistý výrobní čas. Modře jsou zobrazeny technické ztráty, růžově ztráty organizační a žlutě kvalitativní (výroba zmetků). Světle modrá znázorňuje přeřazení na jiný typ výrobku a šedá je zbytek prostoje. Zobrazen je nepřetržitý provoz. [26]

Grafy a zobrazovaná data jsou přesným obrazem záznamů zadávaných seřizovači na lince. Proto je nezbytné data zadávat vždy správně a co možná nejpřesněji.



Obr. 28 Graf využití výroby OEE [26]

den:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Ø
OEE[%]	65.3	76.5	65	79.5	94.3	90.6	92.8	95.9	83.3	81.1	83.2	88.4	90.6	33.9	82	89.5	88.8	43.5	0	39.6	94.3	91.4	70.63
Tech[%]	24	19.5	17.4	8.4	0.9	6.6	2.7	1.9	6.5	6.3	9.9	8.2	5.7	6	13.8	7.7	7.6	0.7	0	6.1	2.1	5.4	8.13
Q[%]	4.9	3	3.5	2.7	2	1.9	2.5	1.6	3.1	4	2.9	3	2.5	1.7	1.9	1.6	2.3	2	0	0.6	2.4	2.3	2.25
Pres[%]	0	0	0	0	0.2	0.7	0	0.4	0.5	0	0	0	0.3	0	0.9	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0.15
Org[%]	5.7	0.7	13.8	9.1	2.3	0	1.7	0.1	6.4	8.4	3.8	0.3	0.7	58.2	1.1	0.6	0.8	53.6	99.9	53.6	0.9	0.7	18.62
Z toho Log	0	0	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	9.34
Ztráty[%]	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.22

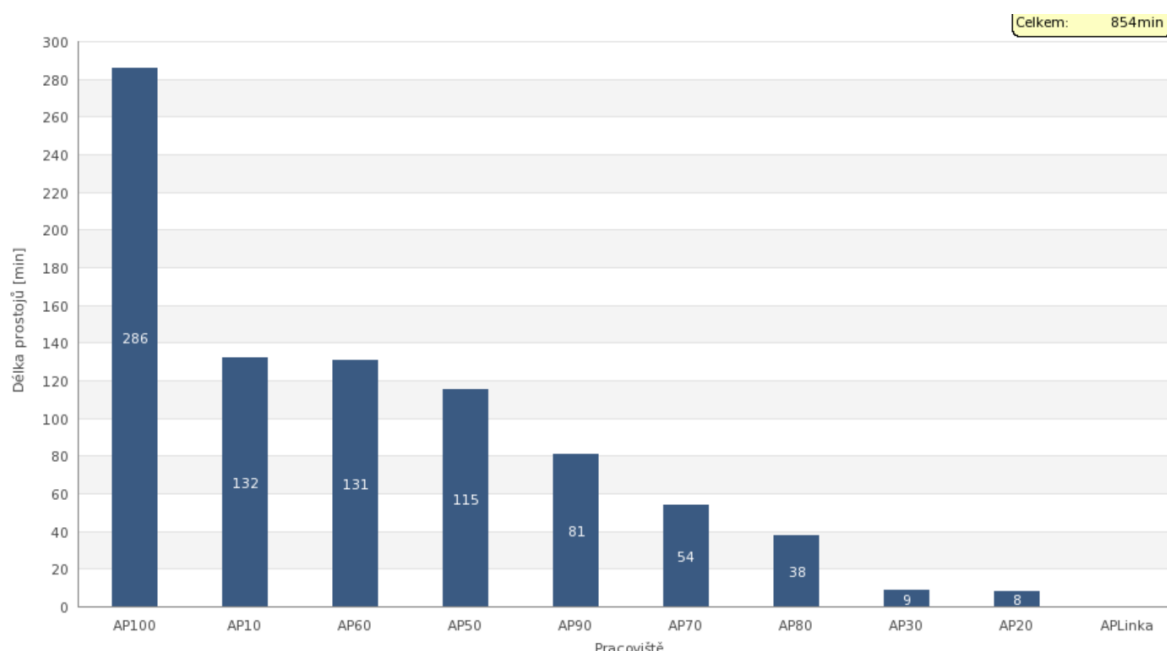
Obr. 29 Procentuelní zobrazení ztrát v tabulce [26]

V tabulce jsou přesně vidět procentuelní hodnoty jednotlivých typů ztrát. Tabulka reprezentuje jeden měsíc a sloupce jsou dny v měsíci. Na konci jsou průměrné hodnoty za dané období. Z tabulky je na první pohled zřejmé, že největší ztráty ve výrobě představují ty organizační a technické. [26]

Organizační ztráty jsou zastoupeny nejvíce a jsou způsobeny nejčastěji buď chybějícím materiálem nebo nedostatkem personálu na lince, ať už přímo nízkým počtem operátorů nebo prioritací jiné výroby. Obě témata jsou vzdálená výrobním zařízením a jejich poruchám nebo nedokonalostmi. Organizační ztráty jsou téma pro oddělení logistiky nebo personální oddělení. Dále bude soustředěna pozornost pouze na technické prostroje. [26]

4.4 Technické prostroje montážní linky

Technické ztráty se na montážní lince v různé podobě objevují denně v různé intenzitě. Někdy prostoj trvá minuty někdy i několik hodin. Poruchy mohou být drobné na stejné stanici ale vyskytující se několikrát za hodinu anebo jednorázové, zřídka se opakující.



Obr. 30 Měsíční technické prostroje montážní linky [26]

Z grafu měsíčních technických prostojů je vidět, že největší technické problémy jsou na pracovní stanici AP100. Byl vybrán jeden z měsíců roku 2019. Z celkem 854 minut

prostoje zapříčiněných technickou poruchou tvoří celých 286 minut. To je přibližně jedna třetina všech technických prostojů linky. Proto nejefektivnější bude najít příčinu technických problémů stanice AP100 a snížit je na minimum. V jiných měsících graf vypadá obdobně, jen někdy se mohou projevit jednorázové dlouhé prostoje zapříčiněné poruchou různých komponent na různých strojích, kde je nutná výměna celé komponenty. [26]

Pokud montážní linka bude vyrábět ve standardním třisměnném režimu, to znamená 15 směn týdně. Bude teoretický využitelný čas pro výrobu po odečtení zákonných přestávek 6750 minut týdně. Od toho je ale potřeba odečíst plánované odstávky výroby pro TPM. TPM je 10 minut každou směnu a navíc 90 minut jednorázově jednou za týden. Dohromady je tedy plánovaný čas pro výrobu za týden 6510 minut. Měsíčně při uvažování 20 pracovních dnů je plánovaný výrobní čas (POT) 26040 minut. [26]

$$TPM \text{ za týden} = (10 \times 15) + 90 = 240 \text{ min}$$

$$POT \text{ za měsíc} = [(450 \times 15) - 240] \times 4 = 26\,040 \text{ min}$$

Při počítané průměrné velikosti technických ztrát stanice AP100 290 minut za měsíc, dostáváme hodnotu přibližně 1,1 % ztrát z plánovaného výrobního času. [26]

$$ztráty \text{ AP100} = \frac{290 \times 100}{26\,040} \doteq 1,1 \%$$

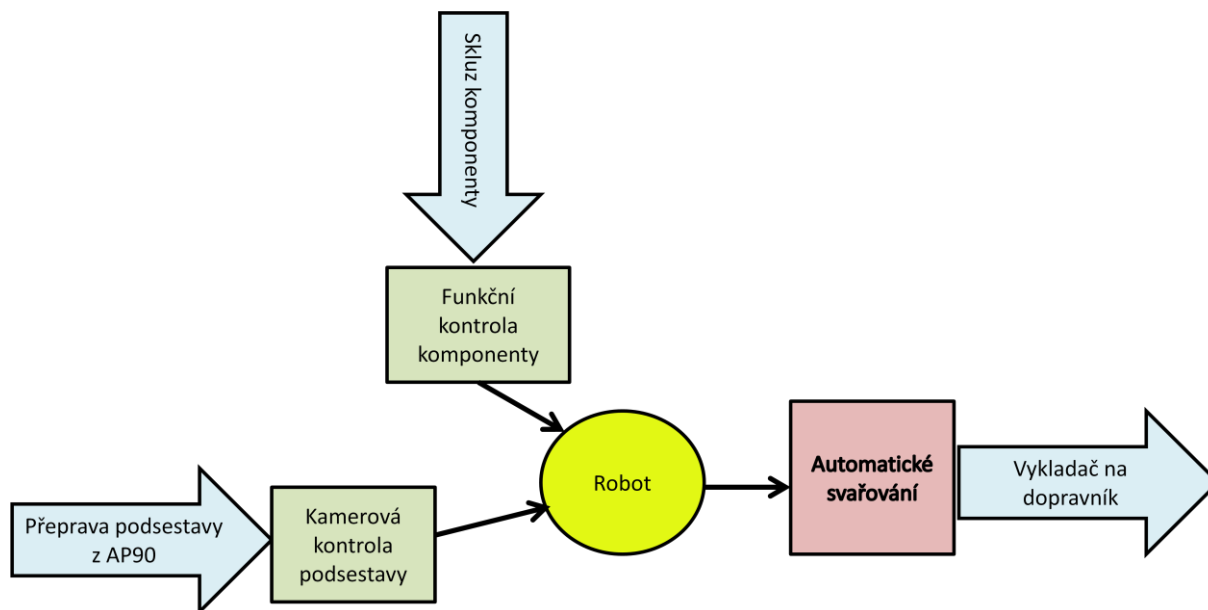
5 Řešené pracoviště

Z hrubé analýzy celkem devíti montážních stanic linky vzešlo, že zhruba jedna třetina technických problémů vzniká na stanici AP100.

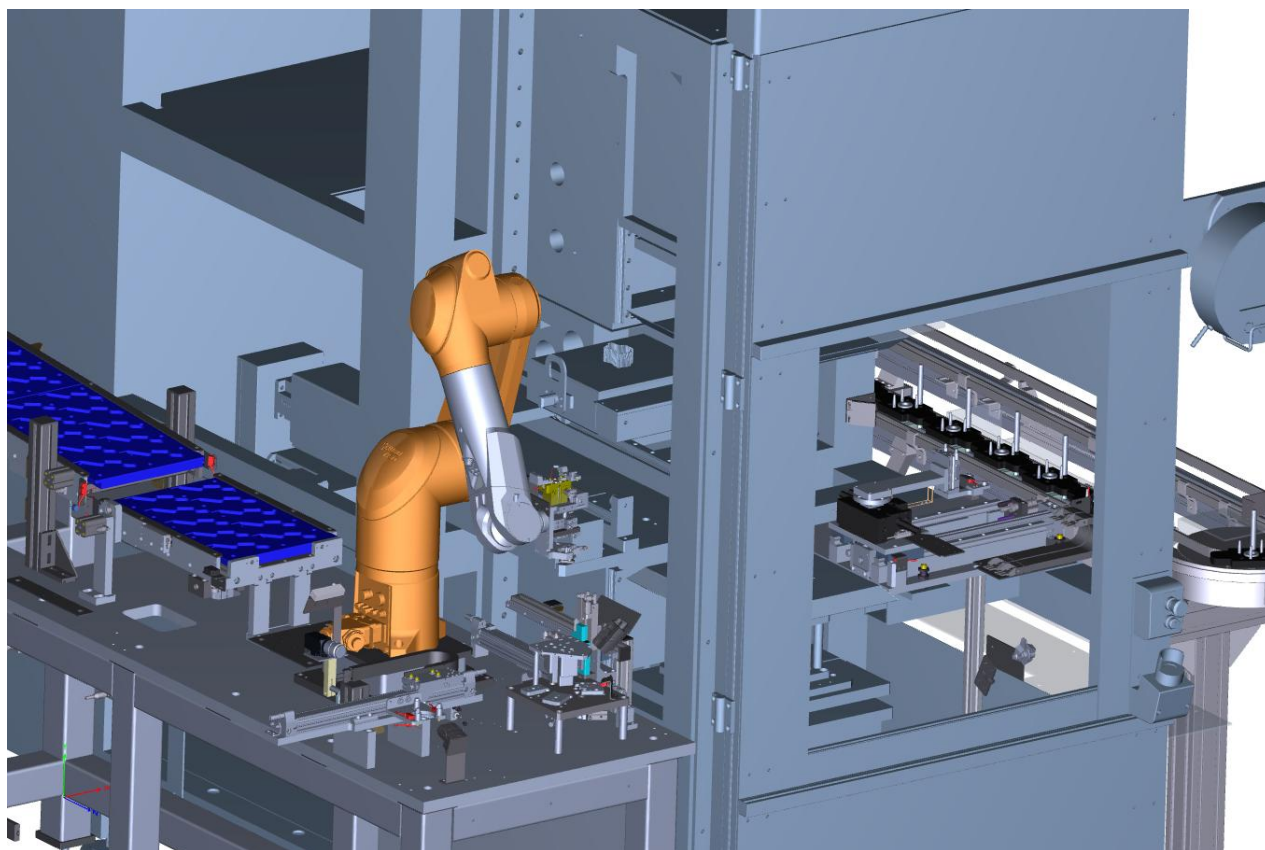
5.1 Schematický popis pracovní stanice AP100

Pracovní stanice AP100 je poslední montážní stanice výrobní linky. Patří mezi ty technicky složitější. Pracoviště je plně automatické a se dá rozdělit na několik základních procesů. Hlavním úkolem pracoviště je přivařit k podstavě poslední komponenta, tím výrobek zkompletovat a vyložit na dopravník.

Prvním krokem je automatická doprava z předchozí stanice AP90 pomocí pneumatického lineárního dopravníku. Následuje kamerová kontrola podstavě. Tím je podstava připravena k založení robotem do spodního přípravku automatické svářečky. Druhou paralelní větví je doprava poslední komponenty – kontaktní lišty pomocí válečkového skluzu, po té odebrání robotem, kontrola funkčnosti a založení do horního přípravku svářečky. Po svaření je díl vyjmut pomocí sekvence pneumatických pohybů otočného manipulátoru na dopravník.



Obr. 31 Schéma procesů stanice AP100



Obr. 32 Zjednodušený 3D model stanice AP100 [27]

5.2 Analýza technických prostojů pracovní stanice AP100

Stanice je po vzoru nástroje Jidoka opatřena světelným majákem, který v případě problému nebo zastavení stroje upozorní obsluhu. Obsluha si na informačním panelu řízení přečte chybu, provede servisní zásah nebo jinak odstraní problém. Po té potvrdí chybu, a pokud je vše v pořádku, stroj může pokračovat ve výrobě. Tím vznikne technický prostoj a obsluha ho elektronicky zanese do systému sledování výroby.

Na každé pracovní stanici se může přihodit více druhů technických chyb, zde je vždy na zkušenosti obsluhy, aby prostoj zaznamenala pod správným druhem technické chyby, tzv. kódem chyby. Každý kód chyby je unikátní pro každou výrobní linku a každou pracovní stanici. Na stanici AP100 má obsluha na výběr z celkem 15 kódů chyb včetně kódu pro novou poruchu pro ojedinělé chyby. Vedle zadání kódu chyby je obsluha povinná také vyplnit pole poznámka, kde několika málo slovy charakterizuje prostoj. [27]

A screenshot of a list of error codes for the AP100 station. The list is displayed on a light blue background and contains 15 entries, each with a code and a description in parentheses. The codes range from T980 to T994.

T980 - (AP100 Nová porucha)
T981 - (AP100 Čtení DMC)
T982 - (AP100 Nefunkční server)
T983 - (AP100 Robot odebírání/zakládání dílu (manipulace s díly))
T984 - (AP100 Porucha robota)
T985 - (AP100 Topný okruh)
T986 - (AP100 Chyba dusíku/horký vzduch)
T987 - (AP100 Chladicí okruh)
T988 - (AP100 Chyba přenašeče AP90 - AP100)
T989 - (AP100 Porucha vykladače z KVT)
T990 - (AP100 Přísavky)
T991 - (AP100 Porucha chladicí dráhy)
T992 - (AP100 Najíždění blistrů Kontaktleiste)
T993 - (AP100 Kontaktování)
T994 - (AP100 Kamera Keyence)

Obr. 33 Kódy chyb stanice AP100 [27]

Kódy chyb jsou velice dobrý nástroj pro sledování konkrétních problémů montážní linky. Avšak příliš mnoho kódů chyb s sebou nese vyšší chybovost při zadávání. Některé popisy chyb se ne vždy dají přiřadit správné příčině. Někdy nalezení příčiny technického prostoje ani není v možnostech obsluhy. Záleží i na zkušenostech operátora a na jeho zaškolení. Proto analýzy na základě kódů chyb jsou v praxi pouze orientační. Pokud je potřeba řešit nějaký technický problém skutečně od kořenové příčiny, musí se v záznamech operátorů pátrat důsledněji. K tomu slouží právě povinné poznámky při zadávání prostoje. Zde je pravděpodobnost chybné interpretace problému mnohem nižší. Technolog nebo jiný analytik výroby zpravidla již podle poznámky spolu s kódem chyby co se přesně v daný moment stalo.

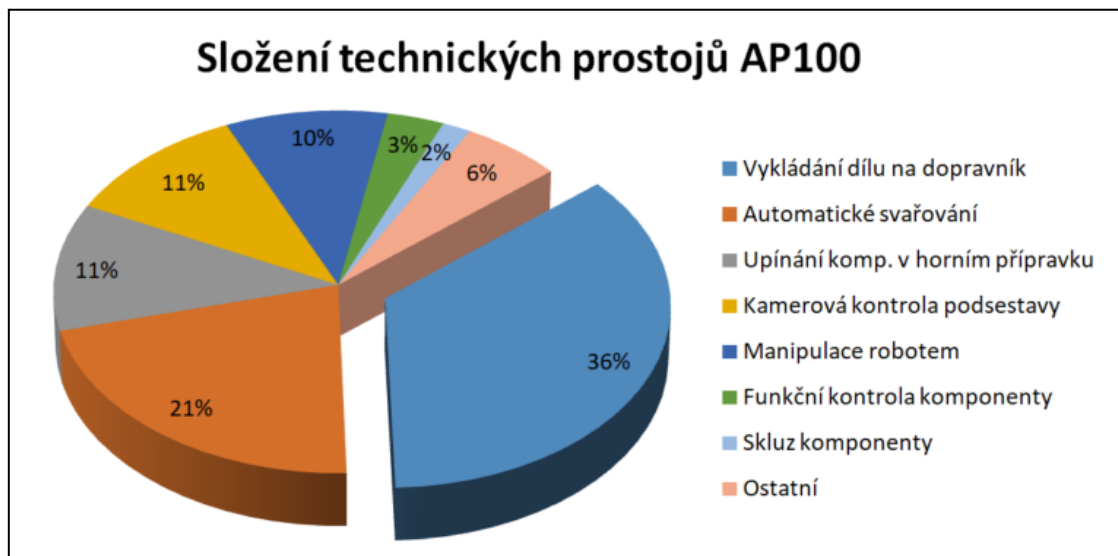
Typ prostoje	Hodina	Zada	AP	Kód chyby	Délka [min]	Poznámka
Technický prosto	06:50	Blah	100	T989	5	Opět častá chyba snímače zdvihu vykladače - problíkává - vyhledání(poslední v TPM PM2 u VL) + výměna/nas
Technický prosto	21:10	Pech	100	T994	2	kontrola kamerou EDD a DPD , po znovu založení kus byl OK
Technický prosto	23:20	Michi	100	T983	14	nastavení čidla pro uchycení KL
Technický prosto	07:01	Krejč	100	T993	7	časté vyhazování KL, kontrola kontaktování, nastavení masky
Technický prosto	22:50	Michi	100	T990	5	výměna přísavky pro přísátí KL
Technický prosto	11:25	Krejč	100	T993	0	ulonění po opravě
Technický prosto	22:10	Hrusl	100	T983	5	Robot založil KL do KVT a zastavil se, ZP -> OK
Technický prosto	04:47	Bartš	100	T994	3	Kontrola kamerou EDD/DPD (po najetí nového blistru s KL to dá takovou ránu že to zatřese kamerou a ta nah
Technický prosto	10:25	Jake	100	T989	15	Porucha vykladače z KVT - zaseklé řízení - stanice nereaguje na ZP - restartování stanice.
Technický prosto	16:42	Skop	100	T994	8	kontrola EDD/DPD kamerou NOK - kav 5.1, nastavení hloubky zalisování EDD na AP60, úprava limitu vyhodno
Technický prosto	20:15	Blah	100	T989	8	Pád vzduchu stanic AP 90-100 a následná porucha vykladače z KVT - vykladač se zasekne v mezipoloze otáče
Technický prosto	11:40	Svob	100	T993	7	Vyčištění kontaktování, úprava dorazů - TS
Technický prosto	20:50	Hrusl	100	T994	2	Kamera chybně vyhodnocuje EDD,DPD opakovaně
Technický prosto	15:10	Blah	100	T989	2	3x chyba zdvihu vykladače - ruční zkoušení, při pohybu kabelu snímač problíkne - povolení kabelu..
Technický prosto	09:15	Jano	100	T989	2	špatně vyložený díl
Technický prosto	16:00	Ronc	100	T985	17	Nabourané desky do nevyloženého dílu - volán TEF na výměnu desky A3 + kontrola parametrů..
Technický prosto	17:00	Hadt	100	T984	10	Robot nezaložil díl do KVT -> teach. zakládání do KVT (TS)
Technický prosto	05:00	Hrusl	100	T989	1	Nastavení vykladače na odebrání dílu z KVT, nastavení čidla vykladače, regulace tlaku na otáčení vykladače
Technický prosto	03:29	Skop	100	T980	27	opakovaná chyba lisování - vysoká síla, nalezen vytočený šroubek na horní desce KVT, dotáhnutí šroubku
Technický prosto	03:00	Rach	100	T989	10	Několikrát chybně vyložený díl z KVT.
Technický prosto	14:09	Elias	100	T994	8	nastavování kamery pro kontrolu EDD/DPD
Technický prosto	16:02	Elias	100	T980	6	Nastavení snímače pro zásuvku, nastavení výšky šroubu na kolíbece zásuvky
Technický prosto	04:40	Djurc	100	T994	20	úprava kamery, (T.S.)
Technický prosto	23:44	Polár	100	T994	9	Volán T.S na úprava parametrů kamery pro EDD,DPD.
Technický prosto	23:43	Slavi	100	T989	7	chyba vykládání, nastavení dorazu ramene
Technický prosto	20:00	Elias	100	T980	7	Chyba upnutí KL
Technický prosto	05:01	Herr	100	T913	4	kontrola nastřelení šroubu NOK
Technický prosto	12:05	Vare	100	T989	3	Porucha vykladače z KVT
Technický prosto	18:10	Pech	100	T994	2	vyhodnocení kamerou DPD/EDD -NOK (po najetí nového blistru s KL), kus byl po druhém založení OK
Technický prosto	18:10	Jake	100	T983	19	Teachování robota pro zakládání KL - TS.
Technický prosto	22:05	Lesti	100	T983	15	Robot založí KL do KVT, PT odveze zpět do ZP 3x
Technický prosto	11:15	Djurc	100	T983	12	zaseknutý blistr, kolize s robotem

Obr. 34 Kategorizace chyb AP100 [27]

Každý záznam o technickém nebo i jiném prostoji se dá vyexportovat do formátu čitelného například pro MS Excel. Tudíž je možné s daty dále pracovat a seskupovat libovolně ručně druhy prostojů podle poznámek obsluhy. Bylo použito barevné rozlišení pro pozdější sčítání jako základ vizualizace prostojů do koláčového grafu. Seskupování jen na základě kódu chyby by bylo nepřesné a nedostatečné. Byla analyzována 4 měsíční produkce montážní linky.

Téma	Prostoj v minutách
Vykládání dílu na dopravník	412
Automatické svařování	247
Upínání komp. v horním přípravku	131
Kamerová kontrola podsestavy	127
Manipulace robotem	111
Funkční kontrola komponenty	39
Skluz komponenty	20
Ostatní	69
SUMA:	1156

Obr. 35 Tabulka prostojů dle kategorií [27]



Obr. 36 Graf zastoupení druhů technických prostožů stanice AP100 [27]

Kategorizace prostožů v podstatě kopíruje dílčí procesy stanice. Největší problémy jsou s finálním vykládáním hotového dílu ze svářečky na dopravník. Vykládání finálního výrobku tvoří 36% všech technických prostožů stanice. Na tuto problematiku bude cíleno v dalších kapitolách této práce.

Dalšími problémy jsou prostože způsobené přímo nastavením svářečského automatu včetně jeho parametrů. Podíl 21% řeší procesní experti z jiného oddělení. Problémy s upínáním komponenty do horního přípravku svářečky stejně jako vyhodnocování vstupní podsestavy kamerou se podílely na prostožích shodně 11%. Manipulace s podsestavou nebo komponentou či jiné problémy šestiosého robota jsou zastoupeny v 10% prostožů. Jednorázově bývá zřídka problém i se správným nastavením funkční vstupní kontroly komponenty (3%) nebo součtem drobných prostožů kvůli problémům s válečkovým dopravníkem komponenty, ty tvoří v sumě asi 2%. Zbylých 6% ztrát vlivem nefunkční stanice po technické stránce tvoří drobné různorodé prostože nezařaditelné do žádné větší kategorie stanice AP100. [27]

5.3 Nalezení příčiny problému s vykladačem

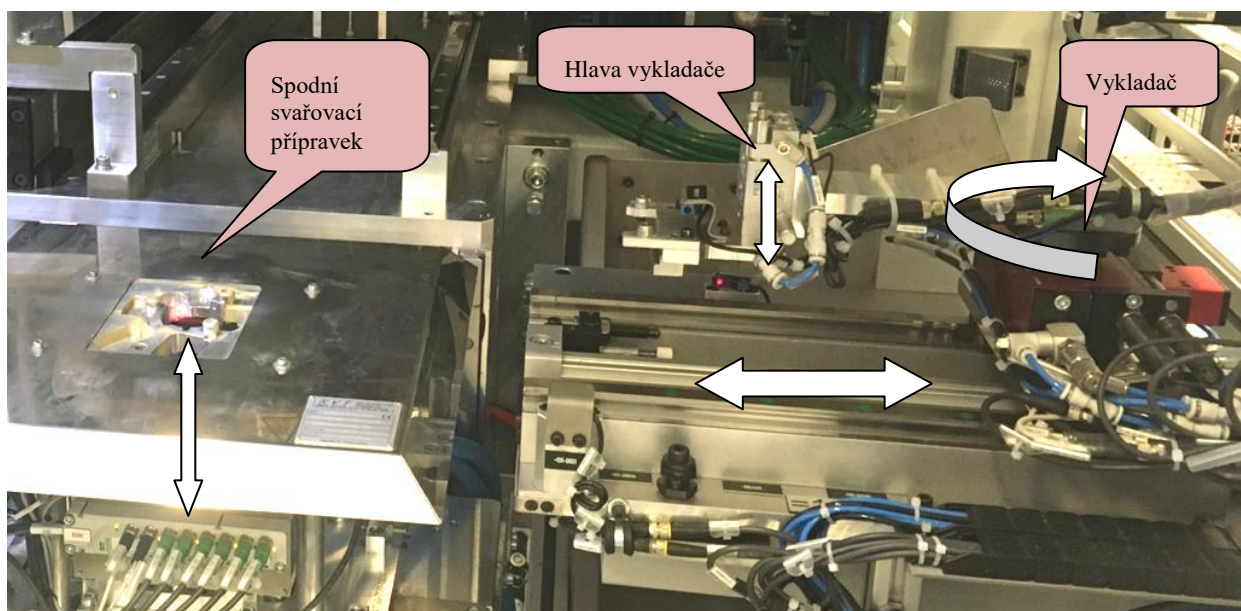
Největší problémy způsobuje vykládání hotového svařeného dílu na dopravník. Je zde mnoho několikaminutových prostožů způsobených nesprávným vyložením, ale i delších z důvodu častého nastavování samotného vykladače.

5.3.1 Popis principu fungování vykladače

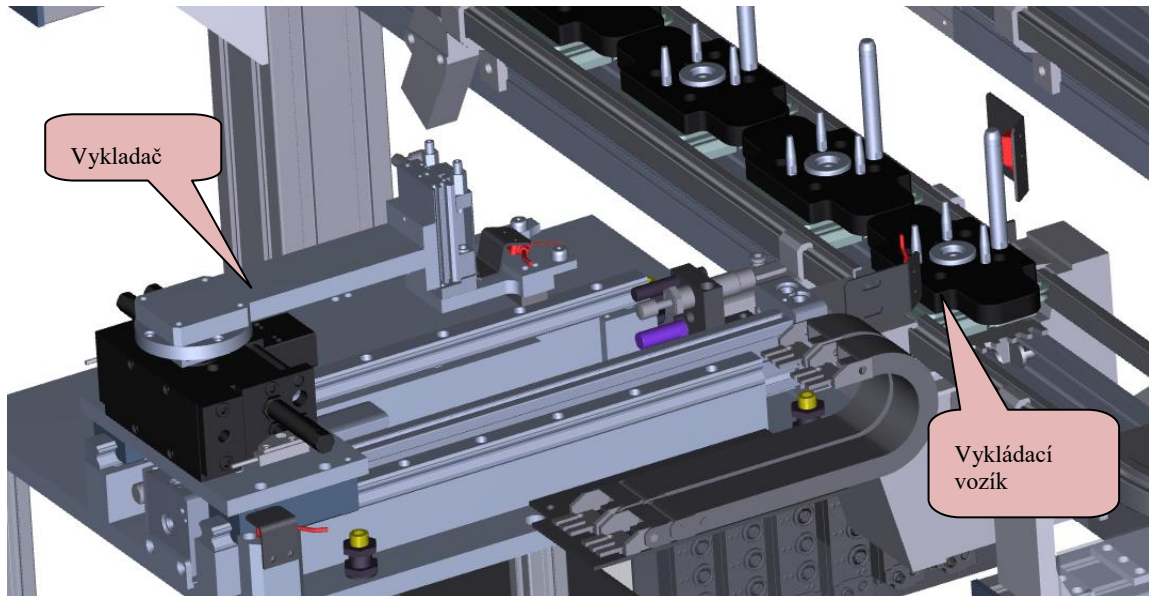
Základní funkcí vykladače je vyjmout hotový svařený díl ze spodního svařovacího přípravku a bezchybně ho odložit na dopravník. Přesněji na jeden z vykládacích vozíků. Všechny pohyby jsou vykonávány pomocí pneumatických válců. Tudiž dá se i nastavit rychlost prováděných pohybů pomocí škrtkících ventilů. Koncové polohy jsou dány stavitelnými dorazy. Každá krajní (výchozí a koncová) poloha je detekována snímači. Dále je v procesu vykládání několik snímačů snímající přítomnost dílu. Sekvenci pohybů a jejich správné funkce řídí průmyslový počítač (PLC).

Sekvence celého procesu vykládání je následující:

1. Vysune se vykládací lůžko ze spodního svařovacího přípravku (díl v lůžku)
2. Vykladač vyjede doleva směrem k lůžku (k dílu)
3. Zasune se dolů vykládací lůžko zpět do spodního přípravku (díl na hlavě vykladače)
4. Vykladač jede (s dílem) doprava směrem k dopravníku a současně se i otáčí o 180°
5. Hlava vykladače se posune níž (díl se naloží na vykládací vozík)
6. Vykladač (již bez dílu) poodjede přibližně o 2 cm od dílu doleva
7. Hlava vykladače se posune zpět výš a vykladač se otočí o 180° připraven odebrat



Obr. 37 Vykladač ve výchozí poloze a jeho pohyby – foto [27]



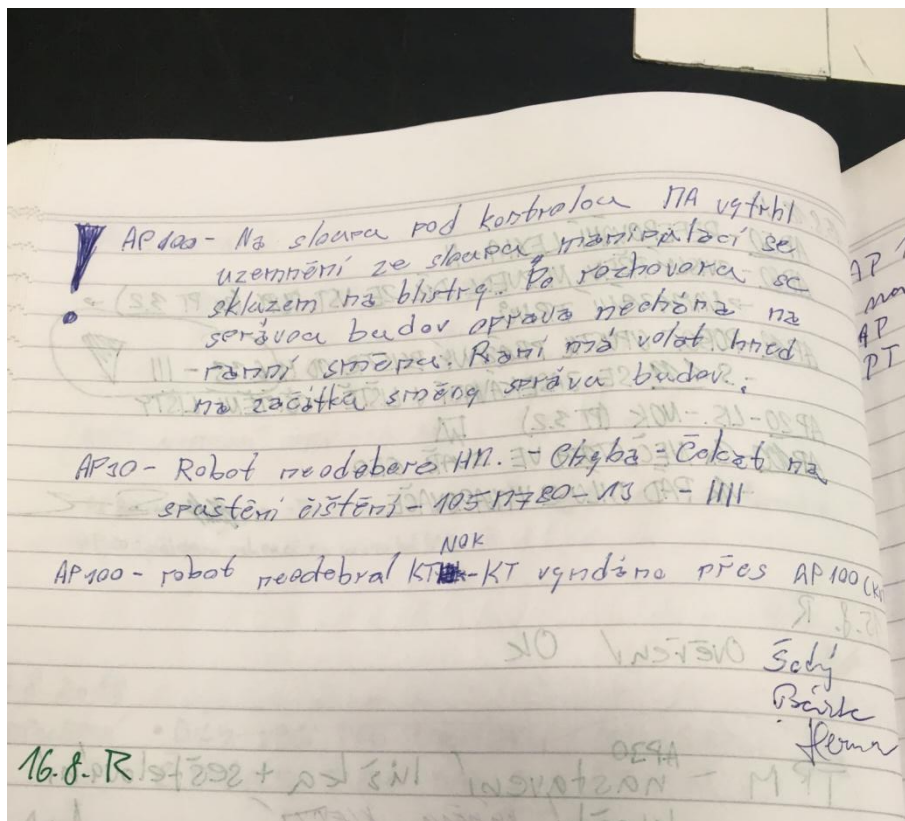
Obr. 38 Vykladač při vykládání - 3D model [27]

5.3.2 Chybné stavy vykladače, nasimulování chyby

Prvním vodítkem v pátrání po příčině jsou poznámky uváděné při zápisu technického prostroje. Avšak někdy jsou zde pouze obecné informace a nelze vyčíst, jak a co se podrobněji stalo. Podrobnější popis události lze dohledat v knize předání směn. Do knihy předání směn zapisuje seřizovač veškeré větší, neobvyklé nebo nové problémy které se v průběhu jeho směny staly. Uvede stanici, popíše problém, ideálně i okolnosti za jakých situace nastala. Popíše, jak problém řešil a zda je problém vyřešen nebo je potřeba ještě nějakého zásahu nebo sledování. Na konci směny zápis stvrdí podpisem. Všechny obě následující směny musí informace přečíst a také zápisy podepsat.

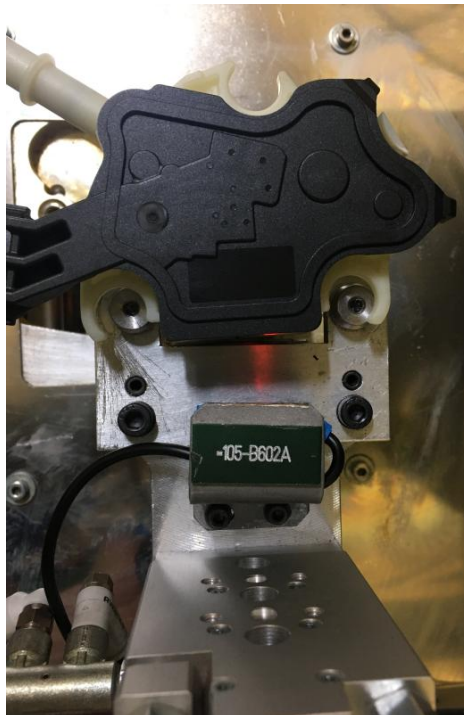
Ze zápisů knihy předání směn se dá již podrobněji vyčíst informace, za jaké situace problém s vykladačem vznikl, jak byl problém řešen a zda lze očekávat prostroje i nadále či nikoliv. Někdy se totiž může stát, že směna pouze vykladač nastaví tak, aby linka vyráběla, ale nezajímají se o příčinu, a tak se může stát, že se problém zanedlouho objeví znovu.

Dalším zdrojem velmi cenných informací je i každodenní ranní porada. Zde se setkává technolog, vedoucí linky a vedoucí směny. Právě vedoucí ranní směny, má v tomto případě klíčovou roli. Může totiž přesně zprostředkovat a předat informace z ostatních směn a přesně říci a popsat co se stalo.

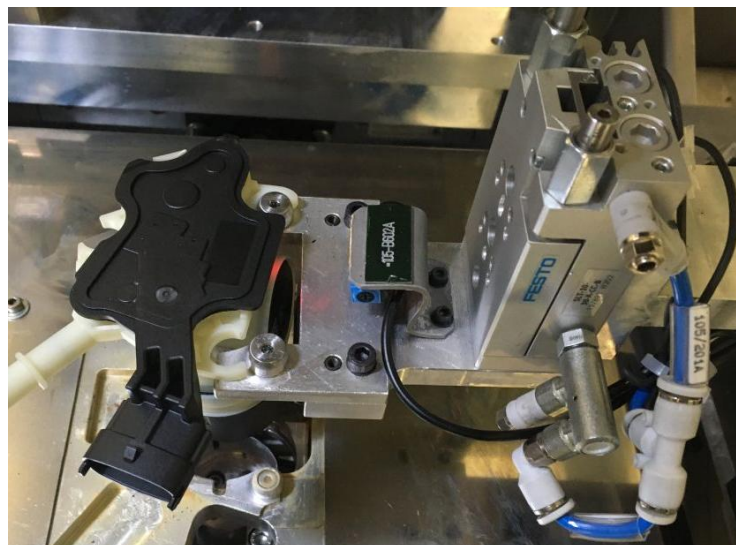


Obr. 39 Zápis v knize předání směn [27]

U případu vykladače dle informací obsluhy tak nastávají v zásadě dva problémy. Buď vykladač neodbere díl ze spodního přípravku svářecího automatu anebo ho naopak nevyloží správně na vykládací vozík na dopravníku. V obou případech tato chyba způsobí několikaminutový prostoje. Seřizovač se musí přihlásit kartou ke stroji, aby získal příslušná oprávnění, stvrdit přerušovaný bezpečnostní obvod pomocí klíče, otevřít bezpečnostní dveře automatu, vyjmout chybně naložený díl a uvést stroj do základní polohy. Zpravidla také kontroluje pozici vykladače vůči odebíracímu lůžku ve spodním přípravku svářečky nebo vůči vykládacímu vozíku na dopravníku, záleží, kde problém nastal. Pokud díly při chybném vyložení spadne nebo jinak do čehokoliv narazí, musí se vyhodit. Tím vznikají další náklady na výrobu. Díly po nárazu do čehokoliv se dále nesmí použít, nedají se zkontrolovat a zpět vrátit do výroby. Není záruka, že díl je 100% v pořádku i uvnitř.



Obr. 40 Chybné odebrání ze spodního lůžka – pohled shora [27]

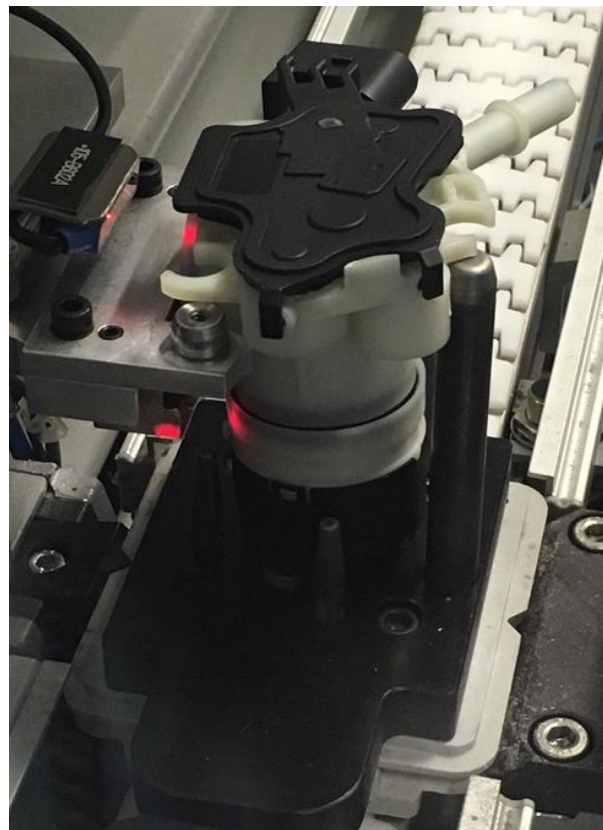


Obr. 41 Chybné odebrání ze spodního lůžka [27]

Při podrobnějším prozkoumání a pozorování bylo zjištěno, že díl ne vždy sedí na obou trnech vykládací hlavy. Po té co vykladač přijede k dílu, výsuvné lůžko spodního přípravku se zasune, tak díl ne vždy dosedne na oba trny správně. Nasimulování chyby se podařilo v tak zvaném ručním režimu, kdy opět po přihlášení obsluhy a zasunutí bezpečnostního klíče lze ovládat jednotlivé ventilové bloky, a tak udělat automatickou sekvenci vykládání krok po kroku. Při ručním najetí je zřetelně vidět, že trny odebírací hlavy nejsou souosé s oky na díle.

Podobně je tomu i u nakládání na vykládací vozík. Zde je problém, že hlava vykladače je seřízená správně, díl je tedy na vykladač naložený správně, ale vyložení na vozík správně neproběhne. Díl často obsluha najde položený na vozíku. I v této odkládací pozici na vozík bylo v ručním režimu a nasimulovaném stavu zjištěno, že záleží na souososti třetího oka dílu a vysokého trnu vozíku při pohybu vykládací hlavy směrem dolů.

U obou stavů si seřizovač často pomáhá také zpomalením jednotlivých pohybů. Jednoduše pomocí přiškrcení jednotlivých pneumatických ventilů šroubovákem přímo u vstupu nebo výstupu pneumatického válce. Zde naštěstí nedochází k významnému zpomalení času cyklu, protože většina pohybů při vykládání se děje paralelně se zakládáním robotem do svářecího automatu.

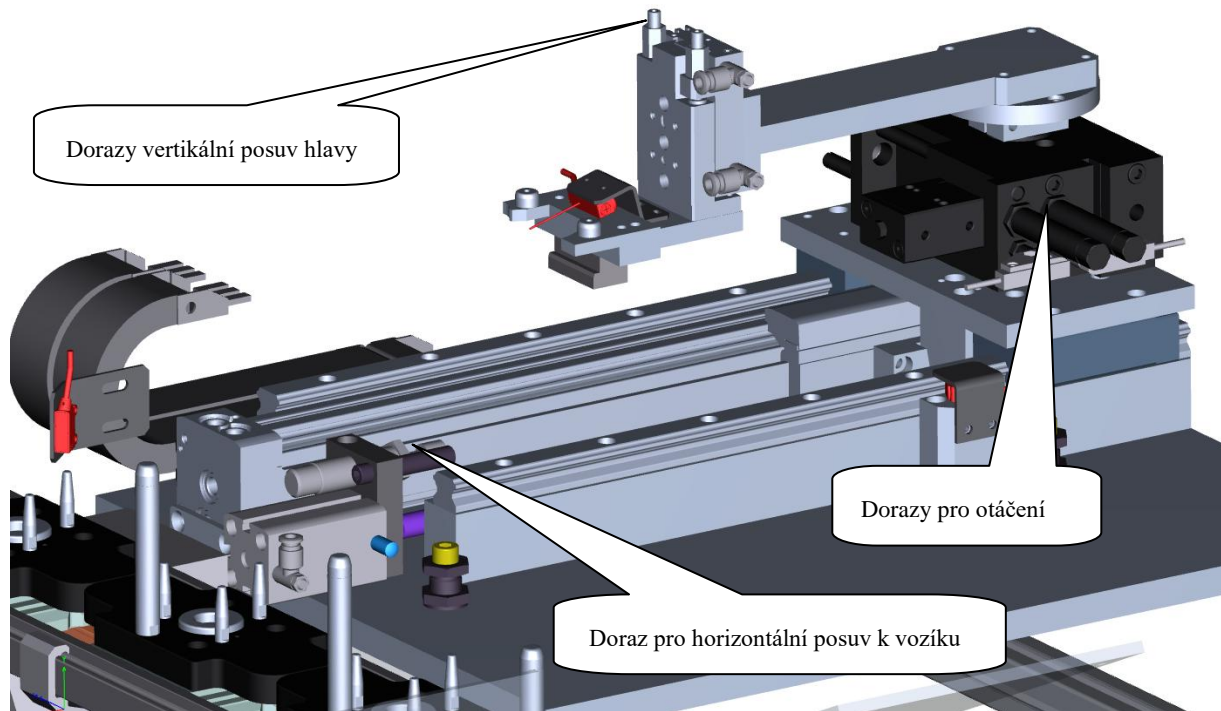


Obr. 42 Chybné vyložení na vozík [27]

Chybné odebrání je vždy spojeno s nepřesným nastavením vykladače. Vykladač se nastavuje ve dvou základních směrech. Horizontálně na hlavním pojezdu směrem k dílu a od dílu (případně od a k vozíku) pomocí šroubovacích dorazů na každé straně lineárního pojezdu. Na samotné hlavě vykladače, kde se nachází i odebírací trny se dá nastavit pouze vertikální zdvih a rychlost tohoto pohybu. K vymezení koncových pozic slouží horní a spodní nastavitelný doraz, podobně jako u horizontálního pojezdu celého vykladače. Pozice otáčení se nastavuje dvěma tlumiči s dorazy v jednom, přičemž závit má malé stoupání pro citlivější nastavení. Jsou umístěny z boku na hlavním těle otočného vykladače. Rychlost otáčení se opět dá regulovat množstvím průtoku vzduchu přes škrtící ventily.

S jakýmkoliv nastavováním vykladače jsou spojené technické prostoje. Délka prostoje je přímo úměrná zkušenostem seřizovače. Proces nastavování není složitý, po krátké ukázce

ho zvládne každý. Problémem je, že při občasném používání jsou některé kroky nelogické a tak se nejčastěji volí metoda pokusů a omylů. Zde záleží na technickém citu seřizovače, za jak dlouho se podaří vykladač nastavit do provozuschopného stavu. Pokud je seřizovač nový nebo je zapůjčený z jiné výrobní linky, je prostoj ještě o to delší.



Obr. 43 Nastavovací prvky vykladače [27]

5.3.3 Nalezení kořenové příčiny

Ze záznamů prostojů nebo knihy předání směn je patrné, že se vykladač musí nastavovat poměrně často. Zde je na místě otázka, proč se musí tak často vykladač nastavovat? K vyšetření skutečné příčiny problému, tak zvané kořenové příčiny můžeme s výhodou použít například Ishikawa diagram. Někdy znám také jako diagram příčin a následků nebo rybí kost.

Brainstorming

V prvním kroku je potřeba naplnit Ishikawa diagram všemi možnými příčinami. K tomu byl použit dvoukolový brainstorming. Tým byl tvořen mnou, kolegou, který mě zastupuje, specialistou na procesy a kolegou, který stroj zná jen minimálně. Proběhly dvě schůzky. Pokaždé o 4 lidech a zadání bylo vždy stejné. Možné příčiny proč vykladač chybně odebírá a vykládá díly. Jedna schůzka byla přímo u výrobní linky a následně všechny názory zapsány na papír, kdy každý na zapsané názory viděl. Druhá, o dva dny později už jen u stolu v kanceláři, kdy ale účastníci neviděli názory z první schůzky, začínalo se nanovo.

Podezření na příčiny 1. kolo:

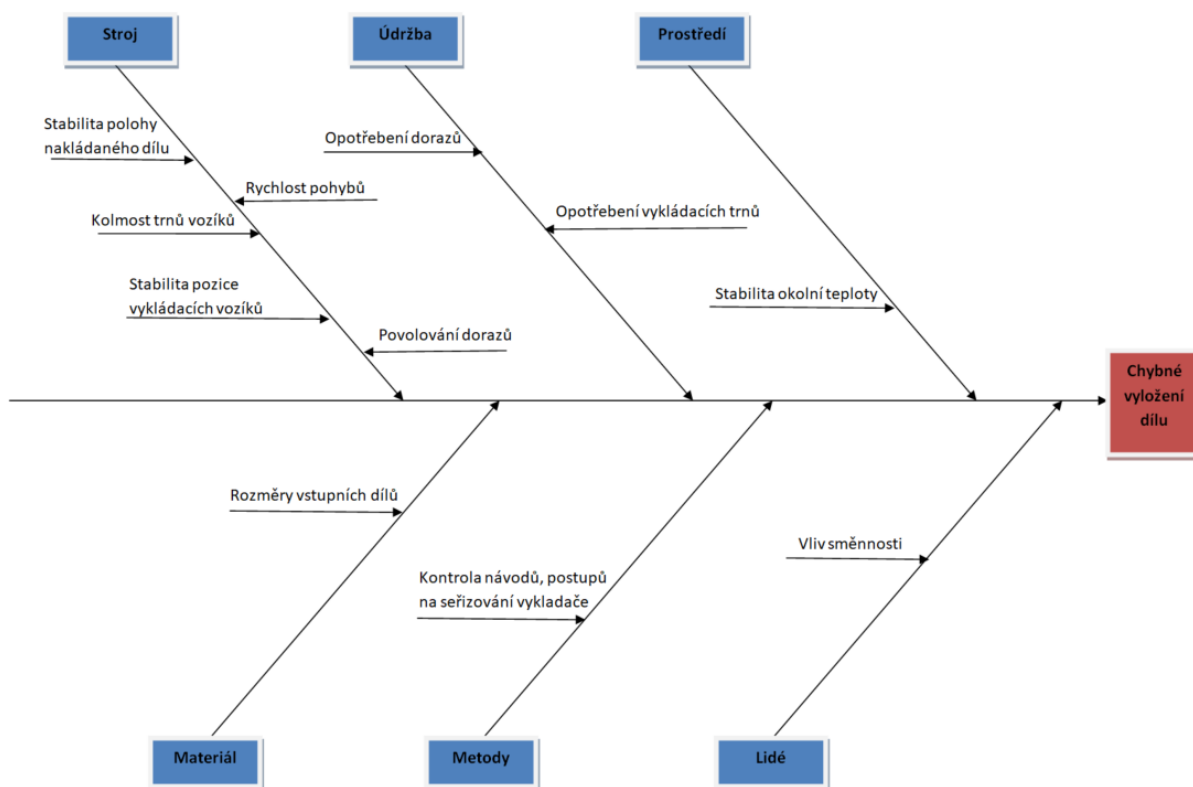
- Nastavení vykladače nevydrží – povolování
- Vykládané díly se mění – rozměry odebíracích ok
- Opotřebenění tlumičů a dorazů vykladače
- Špatné nastavení snímačů
- Příliš rychlé pohyby
- Konstantní pozice vykládacích vozíku?
- Kolmost trnů vozíků
- Odebírací pozice ze svářečky

Podezření na příčiny 2. kolo:

- Nastavení vykladače není v čase konstantní, samovolné povolování
- Chybně nastavené snímače, brzký odjezd
- Vysoké rychlosti, chvění v koncových polohách
- Opotřebené části vykladače, které jsou v kontaktu s dílem – trny
- Stálost odebírací pozice dílu
- Stálost polohy vozíku – vykládací pozice
- Odebírací oka dílu – rozměrová stálost

Ishikawa diagram

Ze základních oblastí příčin byly vyřazeny měření a management. Žádné měření se zde neprovádí a řízení lidí také ne. Naopak při tvoření diagramu přibyly možné vlivy jako okolní teplota, směnnost nebo zda má obsluha nějaké návody či postupy na seřizování vykladače.



Obr. 44 Diagram příčin a následků

Jednotlivé potenciální příčiny z Ishikawa diagramu je potřeba prověřit a určit nakolik mohou ovlivnit chybné vyložení dílu. Některé potenciální příčiny lze prověřit jednoduše z dostupných dat a k některým je potřeba provést měření nebo test.

Je potřeba posoudit možné vlivy jednotlivých potenciálních příčin a ohodnotit jejich důležitost ve vztahu ke správnému vyložení dílu. Pořadí posuzování bude postupné dle diagramu.

Stabilita polohy vykládaného dílu je velmi důležitá. Díl před vyložení musí být vždy na stejném místě. Poloha ve spodním přípravku před i po svaření je přesná díky třem základacím trnům v přípravku a třemi oky na díle. Dále je správná poloha zajištěna tvarem vykládacího lůžka, v němž je svařený díl během vykládání. V lůžku je drážka a na díle výstupek, který přesně zapadá do drážky. Tato tvarová kombinace má zajistit správné vyložení a zabránit pootočení. Nicméně lůžko lze nastavovat a také může dojít k jeho opotřebení. Proto je zde vliv na následek střední. Nemůžeme zcela vyloučit tento vliv.

Rychlost pohybů je obecný pojem, ale veškeré pohyby při vykládání se dějí pneumaticky pomocí pneumatických válců se škrťacími ventily. Těmi se dá regulovat rychlost každého pohybu, lze je ručně nastavovat. A pokud seřizovač nastavuje kterýkoliv z ventilů nesprávně, má to velký vliv na vykládání samotné. Zde je potenciál nějakým způsobem zajistit dlouhodobě správné nastavení ventilů. Ventily sami o sobě dlouhodobě zvolené nastavení drží.

Jednou z možných příčin chybného vyložení může být i poloha vykládacího trnu vozíku. Poloha trnu by měla být ideálně kolmá na základnu vozíku. Je nutné prověřit, zda

některý z trnů není vychýlený nebo ohnutý. Pokud by trn byl vyhnutý jen lehce, zafungovalo by navedení, které je na konci trnu. Z tohoto důvodu je tento vliv ohodnocen jako střední a ne jako vysoký. A stejně tak se o TPM trny kontrolují, zda nejsou opotřebované. Navíc dle výkresu jsou trny kalené s požadovanou tvrdostí.

Dále je potřeba zajistit stabilitu pozice vykládacího vozíku. Vozík musí být přítomen vždy ve stejné pozici. Toto je zajištěno zarážkou na pneumatickém válci. Zarážka je robustní, pevně uchycená a stabilně zaráží vozík ve stejné pozici. Její kontrola se provádí v pravidelných intervalech v rámci TPM. Proto je tento vliv na chybné vykládání velmi nízký.

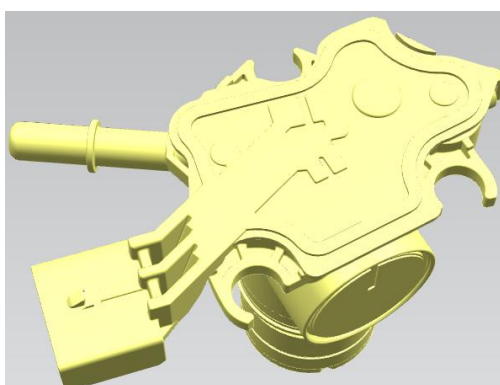
Všechny pohyby pneumatických válců jsou nastavitelné pomocí dorazů. Vykladač namáhá nastavitelné dorazy několikrát za směnu. Některé jsou namáhané více, některé méně. Mají zásadní funkci, protože přesně vymezují zdvih válců, a tedy i polohy vykladače. Pro správné vykládání jsou zásadní zejména dorazy na horizontální pohyb celého vykladače a na otáčení. Ty jsou také nejvíce namáhány a nejčastěji nastavovány. Dle záznamů se nastavují i několikrát za den, proto proběhlo ověření stability nastavení. Kdy na místa mezi závitem dorazu a pevným tělem byla nanesena barva tak, aby bylo možné detekovat případnou změnu nastavení dorazů. Obsluha byla poučena, aby to nastavení nezasahovala. Ověření trvalo 3 pracovní dny a dorazy se sami od sebe vlivem nárazů nepovolují. Tudíž dorazy nastavuje jen obsluha. Stav dorazů je kontrolován průběžně v předepsaných činnostech při TPM. Navíc náhradní dorazy má seřizovač přímo mezi náhradními díly linky tak, aby se daly okamžitě v případě potřeby vyměnit. Nicméně, průměrná životnost dorazů je několik měsíců až dva roky. Práce s dorazy má zásadní vliv na pozice odebrání a vykládání, proto je ohodnocení vlivu jako vysoké.

Dalším faktorem mající možný vliv na vykládání by mohla být teplota a její stabilita. Jelikož povrch svářečního automatu, ze kterého se díly vykládají, má na povrchu okolo 500 °C, tak stojí za prověření i tento vliv. Při vyšší teplotě by se mohla projevit i tepelná roztažnost materiálů. Případná zvýšená teplota může mít navíc vliv na životnost pneumatických válců, hadiček a těsnění. Bylo provedeno orientační měření. Teplota byla měřena na třech místech vykladače. Měření trvalo přibližně 24 hodin a teplota nepřekročila 65 °C v nejbližším místě u svařovacího automatu. U většiny hadiček a válců byla teplota okolo 40 °C. Takto nízké teploty nemají vliv na funkci vykladače, proto je vliv hodnocen jako nízký.

Při pátrání po příčině chybného odebrání a vykládání je potřeba se zaměřit nejen na vykladač samotný, ale i na díl se kterým je manipulováno. Ověřit, zda je díl vždy rozměrově shodný anebo se některé funkční rozměry liší. S dílem je manipulováno pouze za oka, která jsou součástí jedné z hlavních komponent dílu. Jde o vlastní plastové tělo, které je vyráběno vstřikováním. Dodavatel má k dispozici několik forem, a ty mají více hnízd, zpravidla dvě. Pracovně jsou nazývány kavitami. Označení formy a kavity je viditelné na každém dílu. Dle informací v knize předání směn a poznámkách u prostožů je často uveden i údaj o kavitě. Ze záznamů lze vyčíst, že často problém s vykládáním nastal při změně kavity dodávané komponenty. Proto je potřeba ověřit rozměry různých kavit dodávané komponenty. Zejména polohy ok, za které se s dílem manipuluje. Ty mají zásadní vliv na správné odebrání a následné vyložení dílu.

Poznámka
chyba vyložení dílu z KVT, díl nenaložen na vykladač, nastavení pozice lůžka aby seděl na trny vykladače, kavita 6.1
Chybné vykládání - úprava lůžka (kav. 7.2)
nastavení lůžka pro vyložení dílu, kav. 5.1
Chybné vykládání (kav. 7.2) - kontrola lůžka
nastavení lůžka HM pro odebrání dílů - kav. 7.2
Nastavení vykladače pro odebrání dílu u kavity 2.1 AP90 nešla ZP, v ručním najetí robota do ZP vykladače.
vykladač stále špatně vykládá kusy na chladicí dráhu. Jednalo se o kav. 4.1. Výměna kavity. Už dříve s touto kavitou byl
Porucha vykládání, kavita 4.1 nedosedá správně na trny vykladače, výměna kavity
nakřivo vyložený díl hledání příčiny asi způsobeno kavitou 4,2
porucha vykládání, kavita 4,1 nesedí na trny, změna na 5.2
Porucha vykladače z KVT (kav. 4.1) - kontrola procesu vykládání v ručním režimu, vše OK. Vyčištění lůžka HM

Obr. 45 Poznámky k prostojům AP100 vykládání dílu [27]



Obr. 46 Model dílu - pohled na 3 manipulační oka [27]

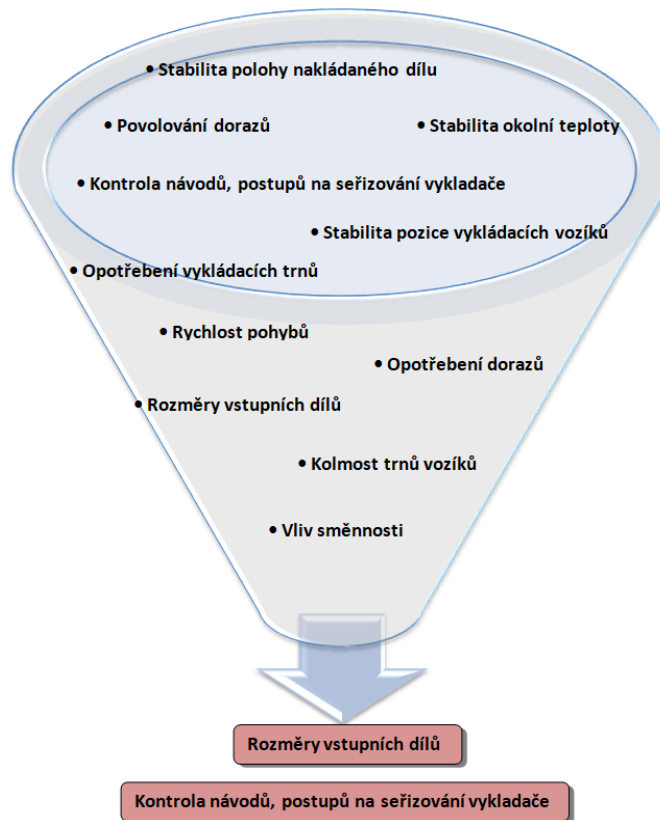
Další možnou příčinou může být neúplnost nebo neaktuálnost informací v podobě návodů a postupů pro seřizovače, jak vykladač nastavovat nebo co dělat když vykladač nevyloží díl správně. Pokud seřizovač nemá zkušenosti s problémy s vykladačem na stanici AP100, může seřizování metodou pokusu a omylu trvat mnohem déle než kdyby přesně věděl jaký doraz nebo škrťací ventil nastavit, při modelovém příkladu chybného vyložení. Modelových situací chybného vyložení není mnoho, a proto by se dali jednoduše a přehledně popsat do uceleného materiálu dostupného na montážní lince. Zde, po konzultaci se seřizovači a mistry, je potenciál návody a postupy aktualizovat a vylepšit. Mají vysoký podíl na délce prostojů, i když přímo nemusí způsobovat chybné vykládání. Příčina je pravděpodobně z velké části ve vstupních komponentech.

Poslední možnou příčinou k prověření je vliv střídání směn. Zda nedochází k problémům pouze na některé směně nebo některých směnách. Po analýze záznamů za přibližně dva měsíce, se týmy střídali a technické prostoje způsobené vykladačem byly na týmech nezávislé. Prostoj se vyskytují neustále, bez ohledu na směnu nebo složení týmu.

Potenciální příčina	Vliv na následek
Stabilita polohy nakládaného dílu	střední
Rychlost pohybů	vysoký
Kolmost trnů vozíku	střední
Stabilita pozice vykládacích vozíků	nízký
Povolování dorazů	vysoký
Opotřebení dorazů	vysoký
Opotřebení vykládacích trnů	střední
Stabilita okolní teploty	nízký
Rozměry vstupních dílů	vysoký
Kontrola návodů, postupů na seřízení vykladače	vysoký
Vliv směnnosti	nízký

Obr. 47 Tabulka míry vlivů jednotlivých příčin

Z analýz a prověřování různých možných příčin vyplývá, že reálně má největší podíl na chybném vykládání dílu a s tím spojenými technickými prostoji, nastavení vykladače a variace vstupních komponent. Nikoliv tedy vlastní vykladač, jeho stávající technické funkce a možnosti nastavení. Za předpokladu správného nastavení (rychlost pohybů a pozice) a stability rozměrů vstupních komponent, by vykladač fungoval bezchybně.



Obr. 48 Výsledek analýzy příčin

5.4 Návrhy technických řešení

Z analýzy vzešlo, že problém s vykládáním je způsobený hlavně variací vstupních komponent. Konkrétně rozměrovými rozdíly mezi kavitami vstřikovaných plastových dílů. Automatický vykládací systém není dostatečně univerzální a robustný pro bezproblémové vykládání všech variant vstupních dílů. A navíc je následně problém s jeho zdlouhavým nastavováním.

5.4.1 Řešení skutečné příčiny

Skutečnou příčinou problémů s vykládáním dílů stanice AP100 je rozměrová odlišnost mezi jednotlivými kavitami ve vstřikovacích formách. Náklady na úpravu a následné uvolnění do sériové výroby jedné vstřikovací formy je v řádech statisíců až milionů korun. Nehledě na čas v řádech měsíců, kdy by se výroba musela obejít bez upravované formy. Forem je v současné době dvanáct. Proto je ekonomicky nereálné jít cestou úpravy vstřikovacích forem vstupních komponent.

5.4.2 Řešení ke zmírnění následků

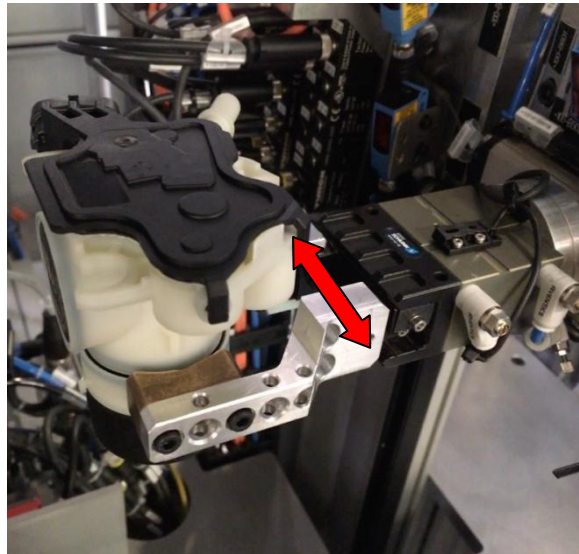
Z důvodu neekonomického původního záměru o vyřešení problému, je potřeba najít jiný efektivnější způsob řešení problému. Musí se vykládání dílů přizpůsobit všem variacím vstupních komponent tak, aby nevznikaly technické prostoje. Vykládání musí být univerzálnější, robustnější, jednoduché a tím méně náchylné k poruchám. V neposlední řadě je také potřeba myslet na náklady spojené se zaváděním opatření. Vzhledem k většímu počtu výrobních stanic, které také řeší manipulaci s dílem, je možné se inspirovat na jiných stanicích. Další možností, je konzultace s dodavatelem stanic a poptat konstrukční úpravy vykladače.

5.4.3 Představení variant

Pro řešení problémů s vykládáním se nabízí několik řešení. Ze zkušeností s manipulací vykládaného dílu připadají technicky reálně v úvahu tři. Jedna z variant nepoužívá k vykládání dvě oka, ale čelisti. Druhá, díl při vykládání přidrží pneumatickým válcem a třetí optimalizuje náběhy na oka a používá pevný doraz na vykladači.

A) Vykládání s čelistmi

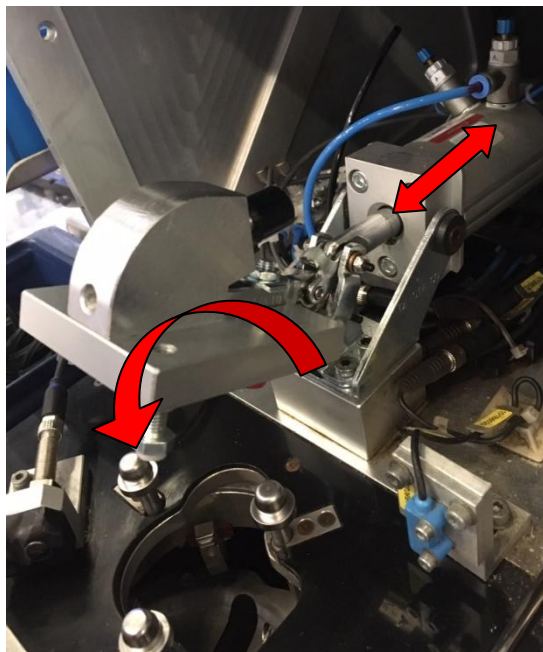
Variantou A je použití kleští místo vykládacích trnů. Obdobné řešení je využito na stroji v jiné části linky. Díl je sevřen pevně v pneumatických kleštích s měkkými bronzovými čelistmi. V tomto případě je díl uchycen zhruba uprostřed a tak s ním lze libovolně manipulovat ve všech směrech bez omezení.



Obr. 49 Varianta vykládání s čelistmi [27]

B) Vykládání s aktivním přidržovačem

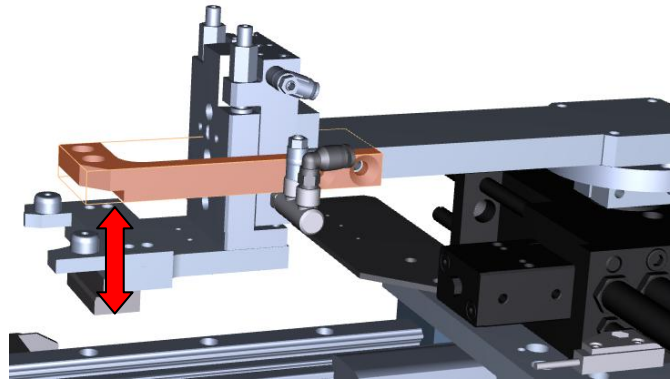
Variantou B je využití stávajícího nabírání na vykládací trny, avšak díl by byl aktivně přidržován pneumatickým přidržovačem shora. Podobný systém přidržování je již také používán v jiné části montážní linky. Díl by byl pevně sevřen mezi trny vykladače a přidržovač.



Obr. 50 Varianta s aktivním přidržovačem [27]

C) Vykládání s pasivním přidržovačem

Třetí, varianta C, je varianta jak zamezit chybnému vykládání dílu je použitím pevného dorazu. Tato varianta byla konzultována s dodavatelem stroje, který poskytl návrh, jak by řešení mohlo vypadat. Principem je přišroubování pevného dorazu, ke kterému by se díl natlačil a neměl by tak prostor k chybnému naložení na stávající vykladač.



Obr. 51 Varianta s pasivním přidržovačem [27]

5.4.4 Výběr varianty

Výběr nejvhodnější varianty je podložen rozhodovací analýzou. Je zvoleno celkem 8 hlavních kritérií s rozdílným váhovým koeficientem. Varianty jsou různě náchylné jak na provoz, tak na údržbu a případné provozní komplikace. Dále pak i na hledisko možnosti nastavení a celkově technické sofistikovanosti. V neposlední řadě také hrozí větší či menší riziko poškození dílu při vykládání. Náročnost instalace a cena jsou rovněž zahrnuty mezi kritéria.

Jednotlivá kritéria jsou ohodnocena stupnicí 1 až 10 a jsou maximalizační. Minimalizační kritéria, kde platí, že čím méně, tím lépe, jsou inverzně převedena na maximalizační. Ve výsledku pak platí, že varianta s nejvyšším počtem bodů, je ta nejvhodnější.

Váhy jsou poníženy pod koeficient 1 u kritérií údržba, sofistikovanost, možnosti nastavení a náročnosti instalace. Na údržbu je vyhrazené pravidelné TPM okno ve výrobním plánu, tudíž není problém údržbu přidat na seznam činností. Sofistikovanost technického zařízení konkrétně u vykládání hotového dílu není potřeba nikterak vysoká. Možnosti nastavení také nejsou vyžadována v širokém rozsahu a ani případná vyšší náročnost instalace by nebyla zásadní komplikací. Naopak hledisko kvality a ceny je velice důležité, proto riziko poškození během manipulace hodnoceno váhou 2 a cena váhou 3.

Kritérium	Váha kritéria	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Poruchovost	1	$1 \times 7 = 7$	$1 \times 4 = 4$	$1 \times 10 = 10$
Náročnost seřízení	1	$1 \times 7 = 7$	$1 \times 5 = 5$	$1 \times 10 = 10$
Údržba	0,5	$0,5 \times 6 = 3$	$0,5 \times 5 = 2,5$	$0,5 \times 10 = 5$
Riziko poškození dílu	2	$2 \times 7 = 14$	$2 \times 5 = 10$	$2 \times 10 = 20$
Sofistikovanost	0,5	$0,5 \times 10 = 5$	$0,5 \times 7 = 3,5$	$0,5 \times 2 = 1$
Možnosti nastavení	0,5	$0,5 \times 10 = 5$	$0,5 \times 6 = 3$	$0,5 \times 3 = 1,5$
Náročnost instalace	0,5	$0,5 \times 3 = 1,5$	$0,5 \times 5 = 2,5$	$0,5 \times 10 = 5$
Cena	3	$3 \times 4 = 12$	$3 \times 3 = 9$	$3 \times 10 = 30$
SUMA		54,5 b.	39,5 b.	82,5 b.

Obr. 52 Tabulka výběru varianty

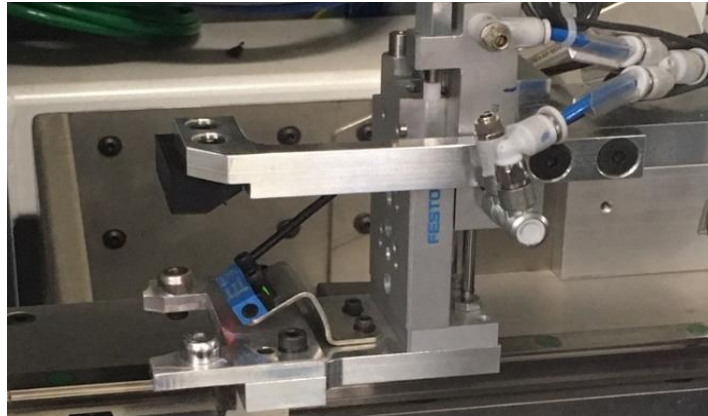
Varianta C čili řešení vykládání pasivním přídržovačem získala dle požadovaných kritérií s pomítnutím vah v součtu 82,5 bodů z 90 možných. Byla nejlepší ve srovnání s ostatními variantami v předpokládané poruchovosti, náročnosti na případné seřízení, preventivní údržbě, riziku poškození dílu při vykládání, nízké náročnosti instalace a v ceně.

5.5 Realizace opatření

Vybranou variantu řešení problému s vykládáním je potřeba realizovat pomocí několika kroků. Po vlastní montáži vylepšeného systému následuje bezprostřední ověření funkčnosti s vyladěním, po té následuje uvolnění do sériové výroby.

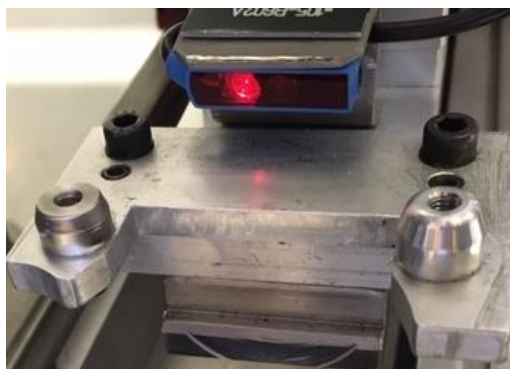
5.5.1 Představení vylepšeného systému vykládání

Jako nejvýhodnější varianta vyšlo technické vylepšení vykládání s pasivním přídržovačem. Tento způsob zamezení chybného vykládání výrobku byl navržen po konzultaci s dodavatelem stroje. Po vyjasnění funkce, několika debatách a návrzích je finální systém tvořen duralovým přídržovačem s plastovým dorazem ve tvaru kvádrů. Přídržovač z hliníkové slitiny je 130 mm dlouhý a doraz z měkčího materiálu je použit z důvodu ochrany dílu proti poškození. Přídržovač je připevněn ke stávajícímu hlavnímu otočnému ramenu pomocí dvou šroubů a dá se tak v mírném rozsahu vertikálně nastavovat.



Obr. 53 Pevný duralový přidržovač [28]

Dalším vylepšením pro bezproblémové vykládání je změna designu nakládacích trnů. Dvojice vykládacích trnů zajíždí do plastových ok na díle, které se s kavitami rozměrově mění. Proto pro zvýšení robustnosti vykládání byl navržen tvar tak, aby zajišťoval lepší navedení dílu na vykládací hlavu. Funkční válcová obvodová plocha trnu zůstala beze změn. Změnila se výška trnu o 2 mm a v kombinaci s úhlem náběhu a větším rádiusem je předpoklad zlepšení nabírání dílu. Zároveň větší výška trnu nebyla možná z důvodu kolize s dílem při pohybu směrem k dílu.



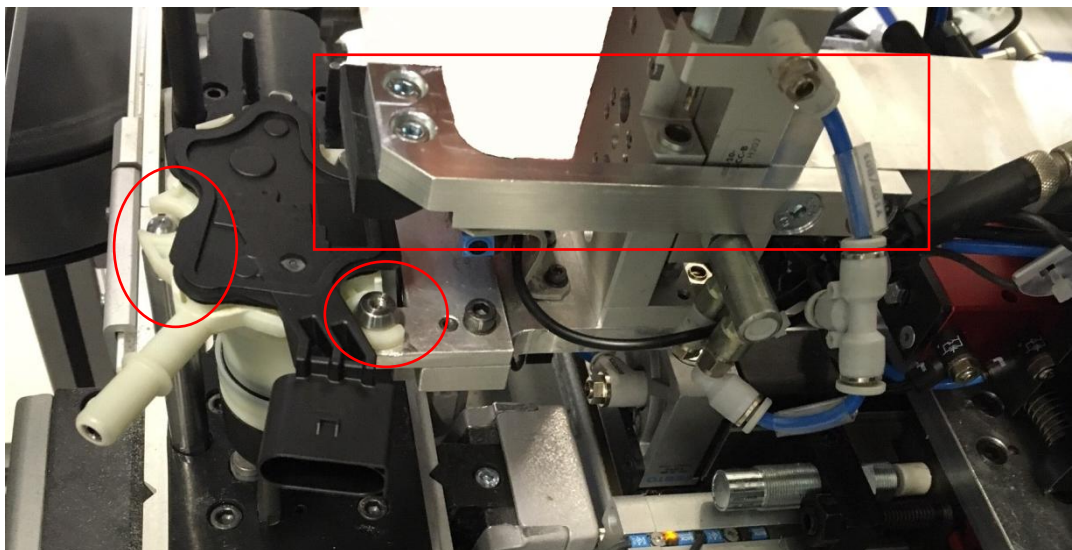
Obr. 54 Nový tvar trnu vykladače (vpravo) versus starý tvar (vlevo) [28]

Třetí změnou v procesu vykládání je změna tvaru konce trnů vykládacích vozíků. Z podobných důvodů jako u dvojice vykládacích trnů na hlavě vykladače je potřeba se zaměřit i na vykládací trn vozíku. Díl se z vykladače nasouvá svým plastovým okem na trn vozíku, tím je dána jeho poloha a záleží na tom i úspěšnost celého procesu vykládání. Proto jako jedno z opatření je i změna designu trnu. Původní trn je dlouhý 90 mm s délkou náběhu 5 mm a úhlem 15°. Nový tvar konce trnu je o 4 mm delší, a tudíž navedení je nyní dlouhé 9 mm. Jeden z prototypů měl vedení dlouhé až 15 mm, ale kvůli kolizi při otáčení s dílem směrem k trnu nebylo možné tento návrh použít.



Obr. 55 Nový tvar trnu vozíku (vpravo) versus starý tvar (vlevo) [28]

Tyto tři mechanické prvky spolu se správným nastavením by měly zajistit snížení technických prostojů způsobených chybným vykládáním. Bylo cíleno na všechny možné chybné stavy. Jak na chybné odebrání z lůžka spodního svařovacího přípravku stanice AP100, tak na stabilní a bezpečné otočení s dílem a vyložení na vykládací vozík.



Obr. 56 Finální podoba opatření – mechanická část [28]

5.5.2 Instalace vylepšeného systému

Instalace vylepšeného systému s pasivním přidržovačem vyžaduje několik úprav v postupných krocích. Zcela nezávisle se mohou vyměnit dva nové nakládací trny na hlavě vykladače a deset trnů s novým designem na vykládacích vozících. Dva vykládací trny jsou přišroubované každý jedním šroubem a jejich poloha je dána dvěma malými kolíky. Trny vozíků jdou vyměnit po rozebrání vozíku poměrně snadno. Zde žádné kolíky pro přesnou polohu nejsou. Jedná se pouze o časově náročnější úkon z důvodu počtu vozíků. Na chladicí

dráze jich koluje celkem deset. Se změnou výšky trnů vozíku je potřeba ještě upravit otvor v ochranném plexisklu kudy vozíky projíždějí. Plexisklo odděluje automatickou část stroje, kam vykládá vykladač díly a část vyhrazenou pro odebrání dílů operátorem.

Instalace pasivního přidržovače na otočný vykladač je úprava, na kterou navazují další nutné změny. Prvním krokem je montáž vlastního přidržovače, kdy je nejprve potřeba vyvrtat do stávajícího ramena vykladače dva závitové otvory. Přidržovač se k ramenu přišroubuje napevno dvěma šrouby. Otvory v přidržovači jsou o několik desetin mm větší, tudíž lze nastavovat i výšku přidržovače ve vertikálním směru nad dílem. Výška lze nastavovat přibližně v rozsahu 5 mm.

Dále následuje softwarová úprava sekvence v programu tak, aby hlava vykladače byla při výchozí poloze vykladače ve spodní poloze. Tím dochází k nabírání dílu ve spodním lůžku svářecího automatu pomocí dvou naváděcích trnů při směru pohybu odspodu nahoru. Zde je pak klíčová funkce pasivního přidržovače, kdy je tím eliminována možnost nesprávně naložit hotový díl. Aby bylo možné tuto upravenou sekvenci programu použít, musí se změnit poloha spodního přípravku svařovacího automatu. V nové poloze musí být přípravek přibližně o 1 cm níže tak, aby vykladač mohl díl odebrat. Svařovací automat v každém kroku kontroluje své aktuální souřadnice se zadanými souřadnicemi ve strojních datech. Spolu se změnou souřadnic je potřeba změnit fyzicky i polohu indukčního snímače, který bude signalizovat novou polohu. Z důvodu nových souřadnic spodního přípravku je nutné o stejnou vzdálenost nastavit ve směru kolmo dolů i zakládání robotem.

Montážní linka vyrábí v třísměnném provozu a jediný delší časový úsek aniž by vznikl neplánovaný prostoj je TPM, které trvá 90 minut a je jednou za týden. Popsané potřebné kroky instalace jsou více než na 90 minut, proto je nutné udělat hrubý časový plán akce a kroky rozdělit přes dvě TPM časová okna. Činnosti, které přímo nesouvisí s přestavbou vlastního vykládacího ramene, se udělají v přípravné fázi během prvního TPM.

Během prvního TPM je nejdůležitější akcí vyvrtání závitových otvorů do otáčecího ramene. Rameno se musí demontovat, dle připraveného výkresu v nástrojárně vyvrtat otvory a následně zpět namontovat. Dále by měla proběhnout zkouška nové ideální polohy spodního přípravku s poznamenáním nových souřadnic, z důvodu rychlejšího nastavení během druhého TPM. Dalšími dvěma činnostmi je výměna dvou naváděcích trnů na hlavě vykladače a deseti trnů na vykládacích vozících. Po výměně prvního trnu vozíku je potřeba si naměřit a zvětšit otvor v plexiskle. Další výměny trnů vozíků lze provádět ve výrobním čase. Nikdy není plných všech deset vozíků.

O druhém TPM je nutné koordinovat akce tak, aby se vše stihlo za 90 minut. Činnosti započaté již nelze jednoduše vrátit zpět. První akcí je montáž pasivního přidržovače do předem připravených dvou otvorů. Současně si programátor stáhne ze stroje aktuální software a upraví sekvenci pohybů. Dalším krokem je nastavení nové polohy svařovacího přípravku včetně posunutí indukčního snímače polohy. Pro správnou funkci nové sekvence vykládání je potřeba ještě změna souřadnic v řízení robota. Posledním krokem vylepšení je zápis nových parametrů do příslušných dokumentů. Po instalaci vylepšeného systému přibyl do sekvence pohybů jeden pohyb navíc. Ten se ale vykonává v překrytém čase, tudíž z hlediska strojního času není žádným problémem.

Nová sekvence procesu vykládání:

1. Vysune se vykládací lůžko ze spodního svařovacího přípravku, který je nyní o 12 mm níže (díl je v lůžku)
2. Vykladač vyjede doleva směrem k lůžku (k dílu), ale nyní je hlava vykladače s dvěma novými trny ve spodní poloze
3. Hlava vykladače s trny vyjede do horní polohy a tím nabere díl (zamčen mezi dvěma trny a pasivním přídržovačem)
4. Zasune se dolů vykládací lůžko zpět do spodního přípravku (díl na hlavě vykladače)
5. Vykladač jede (s dílem) doprava směrem k dopravníku a současně se i otáčí o 180°
6. Hlava vykladače se posune níž (díl se naloží na vykládací vozík s novým tvarem trnu)
7. Vykladač (již bez dílu) poodjede přibližně o 2 cm od dílu doleva
8. Hlava vykladače zůstane ve spodní poloze a vykladač se otočí o 180° připraven odebrat

Činnost	časová osa - TPM 1 [min]								po TPM
	0'	15'	30'	45'	60'	75'	90'		
Demontáž vykládacího ramene	T	T							
Vrtání 2 děr			M	M					
Montáž vykládacího ramene					T	T			
Nalžení nových souřadnic přípravku							T		
Výměna 2 trnů na hlavě vykladače			T						
Výměna 1 trnu vozíku				T					
Úprava plexiskla					M				
Výměna zbylých trnů vozíků								T	

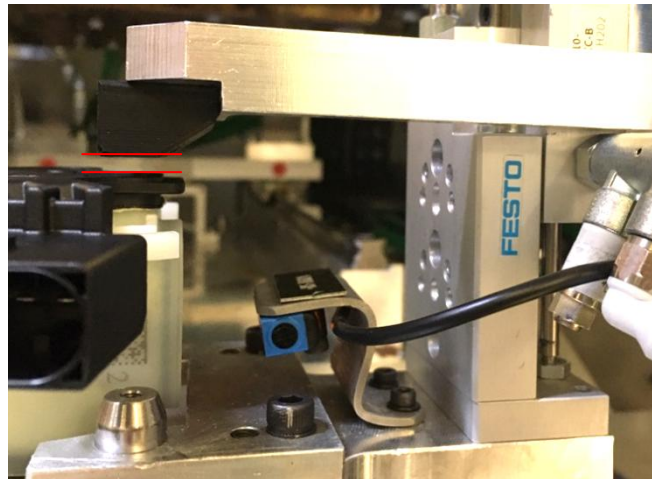
Činnost	časová osa - TPM 2 [min]								po TPM
	0'	15'	30'	45'	60'	75'	90'		
Montáž přídržovače	T								
Softwarová úprava sekvence vykladače	P	P	P						
Nast. nové pozice snímače přípravku		T	T	T					
Nast. nové zakládací pozice robota					T				
Ověření úprav v sekvenčním režimu						T	T		
Zápis nových parametrů do dokumentace								T	

LEGENDA:
T - technolog
M - mechanik
P - programátor

Obr. 57 Časový plán instalace

5.5.3 Ověření systému

Bezprostředně po instalaci všech vylepšení je potřeba ověřit správnou funkci celého systému. Všechny úpravy se týkají většinou horizontálních pohybů. Pro správnou funkci přídržovače nesmí být mezera mezi plastovým dorazem a dílem ani velká ani malá. Pokud bude mezera malá, hrozí při variaci vstupních dílů kolize se svařeným dílem. Pokud bude velká, může se přídržovač minout účinkem a dojde k chybnému odebrání a vyložení dílu. Z toho důvodu je potřeba, aby byla mezera mezi dílem a dorazem 3 až 6 mm. Vykládání dílu na trny vozíku zůstalo beze změn. Tvar trnu naopak napomáhá bezchybnému vyložení na vozík.



Obr. 58 Ideální mezera mezi dílem a přídržovačem [28]

Po mechanickém nastavení následuje spouštění jednotlivých pohybů po sekvencích. Po kontrole pohybů bez potenciální kolize je možné spustit automatický proces a zkontrolovat první vyrobený kus. Posledním krokem je vypnutí a zapnutí stroje. Pokud vše běží standardně a bez problémů, může být spuštěna sériová výroba v obvyklém taktu.

5.5.4 Aktualizace návodu na seřízení vykladače

Pro zvýšení účinnosti a zajištění udržitelnosti technických úprav vykladače, je nutné i proškolení kompetentních osob na lince. I přes zvýšenou odolnost vůči rozměrovým variacím vstupních komponent může být potřeba vykladač nastavit nebo seřídit. Za účelem minimalizace technických prostojů způsobených právě nastavováním vznikl podrobný návod jak vykladač nastavit. Cílem je rychlá orientace v návodu a minimalizace chyb při nastavování.

Vykladač je možné nastavovat ve třech různých směrech. Jedná se o vertikální pohyb na hlavě vykladače, horizontální posuv celého vykladače a otáčení vykládacího ramene. Návod na seřízení má celkem čtyři strany formátu A4. Na první straně se nachází schéma vykladače a nastavení dvou kolmých směrů, další dvě strany obsahují nastavení otáčení a na poslední straně jsou formální náležitosti návodu.

Na prvním obrázku jsou schematicky naznačeny směry pohybů vykladače. Pro rychlejší orientaci v návodu jsou směry barevně odlišeny. Zelenou barvou pro vertikální posuv, modrou pro horizontální a červená barva patří k nastavení otáčení. Ke konkrétnímu nastavování je vyfocen barevně ohraničený detail. V detailu je vidět jakým imbusovým nebo plochým klíčem nastavit tlumiče a dorazy. Některé otvory pro imbusové klíče jsou hůře přístupné a není tak na první pohled vidět jakou velikost klíče použít, proto je v návodu i informace o velikosti klíče. Stejně tak jsou uvedené i informace o velikosti plochých klíčů. Důležité informace jsou napsány přímo u konkrétního nastavovacího procesu formou krátkého textu.

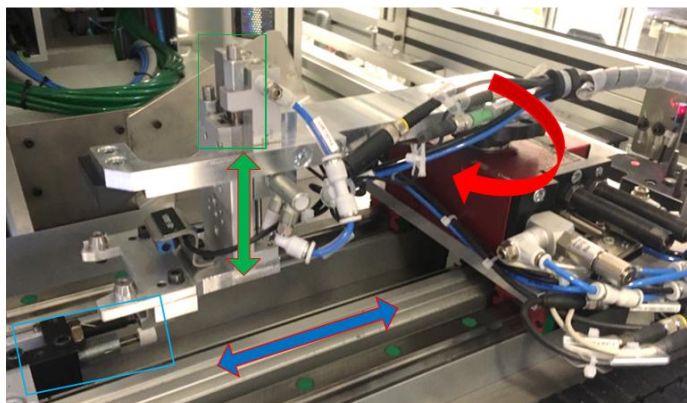
Návod je jednoduchý a vizuálně přehledný, bez zbytečného množství textu. Vydání návodu předcházelo několik kol úprav, kde byly zohledněny relevantní připomínky seřizovačů. Před vydáním návodu jsou ještě všichni seřizovači proškoleni, aby byl návod pochopen správně a byly zodpovězeny případné dotazy.

Návod pro výrobu / zkoušení / balení

Postup práce

Číslo návodky: AP100_vykl

Návod na seřízení vykladače AP100:



Vertikální pohyb (nabírání a vykládání dílu)

Nastavení zdvihu: doraz: imbus č.2,5
+ kontramatka: klíč č.10

Horizontální posuv (pohyb do KVT a k vozíku)

Nast. dorazu: imbus č.5 + kontramatka klíč č. 17
Nast. tlumiče klíč č.15 + kontramatka klíč č. 19



Tlumič musí být před dorazem, ale zároveň vykladač musí dojždět až na doraz

Strana: 1/4

Datum:20.04.2020

Verze:2

Vypracoval: Pitoňák

Navodka-vzor_A4.doc, 29.9.16

Obr. 59 Ukázka návodu na seřízení vykladače [28]

6 Ekonomické hledisko

Náklady na výrobu jsou jedním z nejsledovanějších parametrů podniku. Z toho důvodu je nutné se zabývat ekonomickým hlediskem veškerých aktivit podrobně a přesně. Je důležité umět vyčíslit finanční výhodnost variant včetně všech nákladů na zavedení opatření a zabývat se reálným ekonomickým přínosem.

6.1 Vyčíslení ztrát

Ze získaných dat a následné analýzy ztrát na poloautomatické montážní lince byl nalezen potenciál ke snížení výrobních nákladů. Konkrétně v oblasti ztrát výkonu montážní linky vlivem technických problémů. Montážní stanice AP100 způsobovala v průměru až jednu třetinu všech technických ztrát. Vyjádřením poměru plánovaného výrobního času a technických prostojů linky jde o 1,1 % ztrátového času. Časově jde přibližně o 290 minut za měsíc. Zavedené opatření necílí na eliminaci všech technických ztrát stanice AP100. Nyní opatření dokáže snížit ztráty stanice v průměru o 36 %. Vyjádřením v minutách jde při obvyklém třisměnném provozu přibližně o 100 minut měsíčně.

Jedna hodina, kdy montážní linka neplánovaně nevyrobí, stojí přibližně 15 000 Kč. Tento údaj je z tabulek pro výpočet ztrát montážní linky pro účely projektů. Nejedná se o prostý výpočet výrobní ztráty počtu nevyrobených kusů, odpisů a podobně. Ve výpočtu nákladů na ztráty, kdy linka stojí, je zohledněno to, že operátoři v době delšího prostoje linky přejdou na vedlejší linky, kde zvyšují výrobní výkon. [28]

60 minut 15 000 Kč

$$\frac{15\,000 \times 100}{60} = 25\,000$$

100 minut 25 000 Kč

Stanice AP100 svými technickými problémy s vykládáním dílu způsobuje finanční ztrátu přibližně 25 000 Kč za měsíc.

6.2 Vyčíslení nákladů na zavedení

Náklady na zavedení nového vylepšeného systému vykládání jsou jedním z nejdůležitějších aspektů. Cena různých variant provedení byla i ve výběru konkrétní navrhované varianty kriteriem s nejvyšší vahou. Po zvolení varianty s pasivním přidržovačem proběhlo ještě několik kol komunikace s dodavatelem s návrhy nového designu trnů. S tím spojené testování a ladění finální podoby nových dílů.

Veškeré nové podoby dílů jsou i ve formě 3D modelů a v nabídkové ceně je zahrnuto i zavedení nových dílů do stávající dokumentace. Součástí nabídky je duralový pasivní přidržovač, deset kusů nových trnů vozíků a dva trny na hlavě vykladače. Navíc byl

požadavek přidat do nabídky ještě další dva kusy trnů na vykladači jako náhradní opotřebitelný díl. Nabídka od dodavatelské firmy je bez montáže. Obsahuje pouze vyrobené díly a dokumentaci. [28]

Položka	Cena
Pasivní přídržovač s dorazem	8200 Kč
Vykládací trny vozíků (10ks)	12700 Kč
Trny na hlavě vykladače (2+2ks)	5200 Kč
Aktualizace dokumentace	4000 Kč
SUMA	30 100 Kč

Obr. 60 Tabulka nabídky od dodavatele [28]

Po návrhu a dodání dílů k montáži je potřeba vyčíslit také náklady na vlastní montáž. I když se jedná o interní služby, objektivně by náklady na montáž měli být v hodnocení investice zahrnuty. Montáž dohromady zajišťují tři různé technické pozice. Technolog, který zároveň celou akci koordinuje, dále pak mechanik na mechanické úpravy a programátor na úpravy softwaru. Dle plánu činností během instalace je čisté časové využití mechanika přibližně 45 minut a programátora také 45 minut. Pro účely kalkulace nákladů je zaokrouhlena částka na jednu hodinu práce.

Náklady na mechanika a programátora jsou účtovány na jiné nákladové středisko firmy. Jsou využívány jako technická podpora a nejsou tak přímo jen pro dané jedno výrobní oddělení. Hodinová sazba mechanika je 25 Euro a programátora 38 Euro za hodinu práce. Náklady na práci technologa jsou součástí nákladu výrobního oddělení automaticky, ale pro plné vyčíslení nákladů na úpravu vykladače jsou zahrnuty do kalkulace taktéž. Je ale počítán pouze čistý čas přestavby během dvou TPM. Hodinová sazba práce technologa je 32 Euro. [28]

Technická funkce	Sazba	Vykázaná práce	Cena
Technolog	860 Kč/hod	3 hod	2580 Kč
Mechanik	680 Kč/hod	1 hod	680 Kč
Programátor	1030 Kč/hod	1 hod	1030 Kč
SUMA			4 290 Kč

Obr. 61 Tabulka nákladů na montáž [28]

Pro získání celkových nákladů na zavedení opatření, je potřeba náklady za návrh a výrobu spolu s náklady na montáž sečíst dohromady. Celkové náklady jsou tedy přibližně 34 400 Kč.

6.3 Návratnost investice

Návratnost investice je velice užitečný poměrový ukazatel. Je to poměr mezi výdaji a úsporou za určité časové období. Odráží tak skutečné úspory v čase. Proto je návratnost častým a praktickým podkladem pro management při procesech rozhodování a plánování. Pomocí údaje o návratnosti investic lze poměrně přesně řídit náklady v určitém časovém horizontu.

V případě instalace nového vylepšeného systému vykládání byly celkové jednorázové investice v sumě přibližně 34 400 Kč. Finanční ztráta způsobená chybou vykládání byla přibližně 25 000 Kč za měsíc.

$$\frac{34\,400}{25\,000} \doteq 1,38 \text{ měsíce}$$

Návratnost nového vylepšeného systému vykládání je velice rychlá. Výsledkem kalkule je, že za méně než 6 týdnů výroby se investice do opatření vrátí. Nízká hodnota návratnosti je dána zejména tlakem na nízkou cenu při výběru varianty a žádných nákladů po zavedení opatření. Jde o jednorázovou investici bez dalších výdajů, například za údržbu nebo jiné provozní náklady.

Závěr

Diplomová práce cílila na úkol snížit technické prostoje montážní linky průmyslového podniku. Úvod práce se zaměřoval na některé principy štihlé výroby, konkrétně na druhy plýtvání. Bylo zmíněno základních osm druhů plýtvání i s obecnými příklady. Další část se zabývala efektivitou výrobních zařízení a objasněním ukazatelů TEEP a OEE. Proběhla obecná kategorizace ztrát do šesti základních typů se zaměřením na výrobu. Dalšími důležitými parametry výrobní nebo montážní linky je čas zákaznického taktu a čas cyklu. Vedle sledování efektivity strojů se diplomová práce v teoretické části zabývala i způsoby měření lidské práce, konkrétně dvěma způsoby. Přímo, pomocí chronometráže nebo snímku pracovního dne, anebo nepřímo, pomocí metod MTM nebo MOST. Propojením vyhodnocení práce strojů a lidí vzniká obraz o výkonu linky vizualizovaný balančním diagramem.

V další části diplomové práce byla představena řešená montážní linka výrobního podniku. Součástí představení bylo spolu se základními informacemi o lince i schéma se znázorněnými pohyby operátorů. Dále byl analyzován balanční diagram, zda nebude potenciál ve vyvážení některých procesů nebo kroků v lince. Vstupní data do balančního diagramu vychází z chronometráže a čas operátora se bere jako tři zopakované nejrychlejší časy daného úkonu. V balančním diagramu nebyl shledán potenciál ke zlepšení, proto bylo potřeba přikročit k analýze prostojů ve výrobě. Ty se v podniku dělí do základních pěti kategorií. Dále byla práce zaměřená pouze na technické ztráty, nejčastěji způsobené opakovanými poruchami strojů. Zdrojem dat o prostojích linky je informační systém, kam obsluha linky zapisuje každou hodinu počet vyrobených kusů, případné ztráty a komentář k nim.

Z dostupných dat o technických prostojích linky za určité období vyplynul jako největší problém stroj AP100 s přibližně třetinovým podílem všech technických ztrát linky. Následovalo proto představení pracovní stanice AP100 a schematické znázornění procesů stanice. Z analýzy dat vzešel jako problém s největšími prostoji proces vykládání hotového dílu ze stanice. Časově zastoupený 36% podílem prostojů stanice. Z dostupných informací byl popsán problém vykládáním dílu a následoval proces hledání kořenové příčiny. V prvním kroku byl použit dvoukolový brainstorming s kolegy a odborníky. Na brainstorming navazoval Ishikawa diagram a po ohodnocení jednotlivých vlivů vzešly dva klíčové. Vliv variace rozměrů vstupních komponent a nedostatečné podklady pro nastavování vykládání seřizovačem. Z důvodu nákladnosti řešení odstranění rozměrové variace vstupních komponent bylo přikročeno k hledání řešení ke zmírnění následků variace komponent. Cílem nyní bylo, navrhnout řešení pro stabilní vykládání zahrnující vliv variace vstupních komponent.

Byly představeny tři možné varianty řešení. Následoval výběr nejvýhodnější varianty při zohlednění celkem osmi kritérií s různými vahami. Největší váha byla přikládána ceně a nízkému riziku poškození dílu při vykládání. Zvítězila varianta s pasivním přidržovačem dílu spolu s novým designem naváděcích trnů vykladače a vozíků. Následovalo upřesnění výsledné podoby s dodavatelem řešení včetně vytvoření dokumentace a 3D modelů. Instalace nového systému vyžadovala plán kapacit zavádění během omezeného času při TPM montážní linky. Po instalaci, vyladění a ověření systému byl vytvořen ještě názorný schematický návod na případné rychlé seřízení vykladače. V závěru práce byly vyčísleny ztráty způsobené starým systémem vykládání, sečteny náklady na zavedení nového systému a z toho spočítána návratnost investice.

Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-868-5138-9
- [2] LHOTSKÝ, O. *Organizace a normování práce v podniku*. Praha: ASPI, 2005. ISBN 80-7357-096-5
- [3] LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha: Management Press, 2007. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7
- [4] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0
- [5] Muda (*Japanese term*) [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Muda_%28Japanese_term%29
- [6] Definice plýtvání [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://trilogiq.cz/7-forem-plytvani-ve-vyrobe-a-jak-je-odstranit/>
- [7] Štíhlá výroba [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/řízení-vyroby/stihle-principy-a-procesne-orientovana-vyroba.htm>
- [8] Taiichi Ohno [online]. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Taiichi_Ohno
- [9] European Lean Six Sigma Community [online]. [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <https://elssc.eu/dictionary/deadly-wastes>
- [10] Plýtvání (muda) [online]. [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvani>
- [11] Efektivita strojního zařízení [online]. [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25902n-komplexni-pohled-na-efektivitu-strojního-zarizeni>
- [12] OEE a odvozené ukazatele [online]. [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <http://mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oeo>
- [13] The Six Big Losses [online]. [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.vorne.com/tools/six-big-losses.htm>
- [14] The Six Big Losses [online]. [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/JaroslavGadek/tpm-preview>

- [15] Analýza a měření práce [online]. [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>
- [16] Analýza a měření práce [online]. [cit. 2019-11-27]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/getFile/case:get/id:14318>
- [17] Analýza a měření práce [online]. [cit. 2019-11-27]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-2/technikyanalyzamenprcei_tiskupravene.pdf
- [18] MTM metoda [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/pi_pvs/8_prednaska.pdf
- [19] Nepřímé měření [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [20] BUREŠ, M.: Výukové materiály předmětu Řízení a organizace práce
- [21] Měření TT a CT [online]. [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: <http://merenidobycyklu.picktolight.cz/>
- [22] TT vs. CT [online]. [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/305373459_Improvement_of_overall_efficiency_of_production_line_by_using_line_balancing
- [23] Balanční diagramy [online]. [cit. 2019-12-2]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-5/projektovnmontnchbunk_2015-03-29_tiskupravene.pdf
- [24] Balancování výroby [online]. [cit. 2019-12-2]. Dostupné z: <https://www.stihlavyroba.sk/2013/04/takt-time.html>
- [25] ČADA, Jan. *Zvýšení efektivity výrobních procesů*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií. 2018-5-18.
- [26] Interní firemní zdroje. 2019-12-3.
- [27] Interní firemní zdroje. 2020-3-20.
- [28] Interní firemní zdroje. 2020-7-10.

