

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

VIDEOANALÝZY DÍLČÍHO VÝROBNÍHO PROCESU

PART PRODUCTION PROCESS VIDEOANALYSIS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Veronika Svobodová

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	Veronika Svobodová
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Videoanalýzy dílčího výrobního procesu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Záměrem BP je zvýšení produktivity práce na vybraném výrobním úseku JhP. K řešení práce využijte mimo jiné i internetové stránky produktové vizualizace a firemní podklady. Zadání BP je řešeno ve spolupráci se společností BOSCH DIESEL s. r. o. v Jihlavě.

Cíle bakalářské práce:

1. Analýza současného stavu vybraného výrobního úseku z hlediska jeho procesů.
2. Aplikace nástroje VICTA pro daný výrobní úsek.
3. Nalezení a definování potenciálu (–ů) pro zvýšení produktivity práce vybraného výrobního úseku.
4. Analýza technicko–provozních a ekonomických výhod a nevýhod jedné nebo více možností vyplývajících z nalezení potenciálu na zlepšení stavu.
5. Realizace projektu na dosažitelné úrovni v závislosti na časových, prostorových a finančních možnostech.

Seznam doporučené literatury:

KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

BĚLOHOUBEK Pavel, Zdeněk KOLÍBAL. Průmyslové roboty IV, projektování výrobních systémů s PRaM, skriptum VUT v Brně, 1993.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce popisuje zejména eliminaci plýtvání časem a tím i finančními prostředky na svařovací lince vysokotlakých zásobníků Common Rail ve společnosti Bosch Diesel s. r. o. Podrobným způsobem je popsán postup analýzy současného stavu a následuje rozbor, který umožňuje vyhledání možností a potenciálů ke zvýšení produktivity práce na výrobní lince. Aplikací nástroje ViCTA se podařilo najít hledaný potenciál v podobě časů čekání (prostožů) u svařovacích průmyslových robotů linky. Dále bylo navrženo optimální řešení, které splňuje podmínky dosažení minimálních nákladů za současného neomezení stávajícího způsobu technologie výroby na předmětné svařovací lince.

Abstract

The bachelor thesis is describing mainly elimination of wasting time and with that also financial means on a welding line of high pressure tanks Common Rail in the company Bosh Diesel s. r. o. With detailed way is described procedure analysis of contemporary status and subsequent analysis, which is enable to search possibilities and potentials to increase productivity of work on productive line. With an application of tools ViCTA, we successfully found the searching potential in lost time in welding industrial robot's line. Then was suggested the optimal solution, which comply the conditions of achieving minimal costs for current unlimited way of production technology on the welding line.

Klíčová slova

Common Rail, zdroje plýtvání, eliminace plýtvání, videoanalýza

Keywords

Common Rail, sources of wasting, elimination of wasting, videoanalysis

Bibliografická citace

SVOBODOVÁ, V. *Videoanalýzy dílčího výrobního procesu*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

Poděkování

Děkuji tímto společnosti Bosch Diesel s. r. o., že mi umožnila pracovat na tomto projektu a zvláště pak oddělení TEF 6 za připomínky a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Poděkování patří také doc. Ing. Radku Knoflíčkovi, Dr. za užitečné rady, trpělivost a čas, který mi poskytl při tvorbě bakalářské práce. Na závěr chci poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. 5. 2017

.....
Svobodová Veronika

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Robert Bosch GmbH.....	10
2.1	Bosch Diesel s. r. o. Jihlava.....	10
2.1.1	Závod 1 – Humpolecká.....	10
2.1.2	Závod 2 – Na Dolech.....	11
2.1.3	Závod 3 – Pávov.....	11
3	Štíhlá výroba.....	12
3.1	Historie štíhlé výroby.....	12
3.2	Druhy plýtvání a prvky štíhlé výroby.....	13
3.2.1	Kaizen.....	14
3.2.2	5S.....	14
3.2.3	TPM.....	16
3.2.4	Kanban.....	17
3.2.5	Poka Yoke.....	17
3.2.6	Štíhlé pracoviště.....	18
3.2.7	Standardizovaná práce.....	19
4	Praktická část.....	20
4.1	Vysokotlaký zásobník Rail.....	20
4.1.1	Popis vysokotlakého zásobníku Rail.....	20
4.2	Popis svařovací linky.....	21
4.2.1	Popis stanice 140 – CO ₂ box.....	23
4.3	Analýza současného stavu.....	24
4.3.1	Metody měření časů.....	25
4.3.2	Diagram rozdělení činností.....	26
4.4	Aplikace nástroje ViCTA.....	27
4.4.1	Videoanalýza č. 1.....	27
4.4.2	Videoanalýza č. 2.....	29
5	Navržené opatření pro zefektivnění výrobního procesu.....	32
6	Závěr.....	34
7	Seznam použitých zdrojů.....	35
8	Seznam obrázků.....	37
9	Seznam grafů, tabulek.....	38
10	Seznam zkratk, symbolů.....	39
11	Přílohy.....	40

1 Úvod

Firma Bosch Diesel s. r. o. v Jihlavě se řadí mezi největší výrobní závody na světě, kteří se zaměřují na výrobu palivových systémů Common Rail. Mezi hlavní výrobky patří vysokotlaký zásobník rail, který slouží ke vstřikování paliva pod vysokým tlakem do válce vznětových motorů.

Jako většina prosperujících podniků i firma Bosch využívá systém štihlé výroby. Historie štihlé výroby začala v Americe Henrym Fordem a největších pokroků bylo dosaženo v Japonsku ve firmě Toyota. Každý podnik má svůj upravený systém procesu zeštíhlování. Bosch vyvinul systém BPS (Bosch Production System), který má za cíl především neustále zvyšovat produktivitu práce a snižovat náklady. Podstatou je především identifikovat plýtvání a pomocí vybraných prvků štihlé výroby docílit jejich odstranění.

Důvodem zeštíhlování je stále vyšší konkurence, a proto je důležité zdokonalovat výrobní systém společnosti. Úzce související s výrobou je ekonomická stránka podniku. Pokud budou náklady na výrobu růst, zvýší se i cena vyráběného produktu a tím dostávají šanci další podniky. Cena výrobku je částečně regulována trhem, ale pokud zůstane stejná, je nutné snižovat náklady na jeho výrobu, aby se docílilo vyšších zisků. Z toho vyplývá, že na identifikaci plýtvání a jeho následné odstranění je kladen obrovský důraz.

Jedním z cílů této bakalářské práce je analýza současného stavu svařovací linky a vyhledání zdroje plýtvání. Po identifikaci zdroje plýtvání následuje vyhodnocení pomocí nástroje ViCTA, který slouží ke zpracování videoanalýz potřebných k definování možného potenciálu pro zvýšení produktivity práce na výrobní lince. Dalším cílem je návrh řešení, které by splňovalo požadavky minimálních nákladů pro firmu Bosch, zároveň minimálního omezení činnosti na svařovací lince a docílilo se zvýšení produktivity a tím nárůstu zisku firmy. Na závěr bakalářské práce je nutné stanovit možnou realizaci projektu v závislosti na časových možnostech navrženého řešení.

2 Robert Bosch GmbH

Společnost vzniká roku 1886, kdy Robert Bosch ve Stuttgartu založil malou dílnu pro jemnou mechaniku a elektroniku. První výrobní závod mimo Německo byl otevřen roku 1905 v Paříži. [1]

Na českém území se objevuje společnost Robert Bosch od konce 19. století, ovšem první pobočka byla založena roku 1920 v Praze. Spolupráce musela být po politických změnách přerušena a na území se vrátila až roku 1989. [1]

V současné době má více než 390 000 zaměstnanců po celém světě. V České Republice zaměstnává 8 289 lidí a společnost působí v 7 lokalitách. [2]



Obrázek 1) Pobočky společnosti Bosch v České Republice [2]

2.1 Bosch Diesel s. r. o. Jihlava

V Jihlavě byla společnost založena roku 1993. Závod patří mezi největší výrobní závody celého světa pro palivové vstříkovací systémy Common Rail mezi skupinou Bosch. [2]

V současnosti patří mezi největší zaměstnavatele Kraje Vysočina. Zaměstnává 4 129 lidí ve třech závodech rozmístěných po celé Jihlavě. [2]

2.1.1 Závod 1 – Humpolecká

Nejstarší závod Humpolecká v Jihlavě zaměstnávající 181 lidí se zaměřuje se na sériové opravy čerpadel VP44, VP30, VE, UI/UP. [2]

2.1.2 Závod 2 – Na Dolech

Závod Na Dolech je druhým nejstarším závodem a zaměstnává 628 lidí. Soustředí se na výrobu vysokotlakového zásobníku Rail (vyrábí se typy pro 3, 4, 6, 8mi válcové motory) a tlakový regulační ventil DRV. [2]

2.1.3 Závod 3 – Pávov

Nejmladší a nejmodernější závod Pávov s 3 320 zaměstnanci se specializuje se na vysokotlaká čerpadla CP3 (výroba tělesa, drobných komponentů a samotná montáž čerpadla), CP4 (výroba tělesa, příruby a montáž čerpadla) a CPN5 (montáž čerpadla). [2]



Obrázek 2) Letecký snímek závodu 3 – Pávov [2]

3 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je proces, který usiluje o zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem eliminací plýtvání. Plýtvání je všechno, co zvyšuje náklady výrobků bez toho, aby zvyšovalo jejich hodnotu. Znamená to vyrábět jednoduše, usilovat o snižování finančních nákladů, efektivněji využívat své plochy a výrobní zdroje. [3]

3.1 Historie štíhlé výroby

Historie štíhlé výroby byla započata roku 1913 Henrym Fordem. Trvale roztřídil zaměnitelné díly, stanovil pohyb přepravovaných dílů a vytvořil standardní pracoviště. Tento proces nazval tok výroby. Pro rychlou výrobu a montáž komponent sestavil pomocí jednoúčelových strojů a měřidel tzv. pohyblivou montážní linku. Tento systém ovšem ztroskotal na problému neschopnosti vyrábět variabilní typy vozidel. Po 19 letech výroby jednoho modelu nebyl Ford schopný zajistit spokojenost zákazníků, a proto začala prosperovat konkurence. [4]

To neplatí pro českého podnikatele Tomáše Baťu, který se díky své pili a svému přístupu dostal až na vrchol světové výroby obuvi. Roku 1905 se vydal na cestu do Ameriky, kde pracoval jako dělník 5 měsíců v obuvnickém průmyslu. Cílem bylo seznámit se s novou americkou hromadnou výrobou. Své poznatky po návratu začal aplikovat na výrobu obuvi ve Zlíně. [5] Hlavní podstatou Baťova řízení bylo zdokonalování svých pracovníků a výrobního procesu. Přímou výrobní linku z Fordovy dílny pozměnil na kruhovou, kde pracovali dělníci na několika dílčích pracovištích. Produkce se díky nízkým cenám bot zvyšovala a celý svět mluvil o Zlíně jako o průmyslovém zázraku. Baťa uspořádal podle potřeb velkovýroby své továrny, město Zlín a pobočky po celém světě. Přinesl Fordovy principy, které zdokonalil a vylepšil ve prospěch svých zaměstnanců. [6]

Stejně Fordovy principy s řadou nových inovací byly zavedeny v Japonsku v 50.–60. letech 20. století ve firmě Toyota. Japonsko nejdříve zaostávalo za Amerikou a západní Evropou v produktivitě a prosperitě firem, ale díky všestrannosti zaměstnanců a chuti učit se novým věcem brzy došlo ke změnám. [6] Vedoucí výrobního úseku v Toyotě Taiichi Ohno přišel s nápady, kterými dosáhl zrodu nového výrobního systému Toyota. Jeho úkolem bylo eliminovat plýtvání a zvýšit produktivitu zaměstnanců. Tento úkol byl splněn zavedením nové výrobní linky, kde obsluhoval jediný člověk několik strojů různých druhů. Pracovník na lince byl maximálně vytížený, snížily se časy prostojů a produktivita se zvýšila až třikrát. Došlo ke změně, která přispěla k úplně odlišnému směru budoucího vývoje výrobního procesu po celém světě. [4]

Koncept řízení výroby v Toyotě byl založen na 2 principech, které jsou v současnosti přijímány dalšími firmami. První z nich je JIT (Just-In-Time) a druhý je JIDOKA. Základní myšlenkou JIT je, že se na montážní linku dostanou díly v potřebné kvalitě, množství a právě včas. JIT eliminuje ztráty, které plynou z nadprodukce, dopravy, skladování, časových prodlev a z nekvalitních výrobků. [7] Hlavní myšlenkou principu JIDOKA je automatizace s lidskou inteligencí. Kvalita každého výrobku je pečlivě sledována na všech úsecích výroby. Pokud nastane v některém z úseku problém, stroj je okamžitě schopen zjistit, kde vznikla chyba, a automaticky se zastaví. Nevzniknou tedy další zmetkové kusy a není potřeba, aby obsluha stála u každého stroje a vizuálně ho kontrolovala. [8]

O rozšíření práce Taiichiho Ohnoha se postaral v 60. letech Shigeo Shingo redukcí nastavovacích časů, díky kterým zmenšil výrobní dávky. To vedlo ke zvýšení flexibility, která byla výhodou při pozastavení vývoje průmyslu v 80. letech během vypuknutí ropné krize. Tato krize byla první zkouškou, jak nově vznikající výrobní způsob obstojí. I přes snižující se náklady vyráběli během krize stále se ziskem. [9]

Díky zvýšenému zisku a nárůstu produktivity práce se dostala firma Toyota do podvědomí celého světa. Manažeři významných firem odcestovali do Japonska, aby se naučili, jak aplikovat systém do svých firem. Přinesli zpět většinou pouze povrchní informace, které nebyly vloženy do ucelené soustavy. Jejich práce proto měla jen krátkodobé trvání. [9]

Bez kompletní změny chápání nového systému výroby byly veškeré snahy o zavedení bez očekávaného výsledku. Toyota položila základ k výrobnímu způsobu, který překročil zvyklosti z minulosti a zasáhl veškerý průmysl současnosti. [9]

3.2 Druhy plýtvání a prvky štíhlé výroby

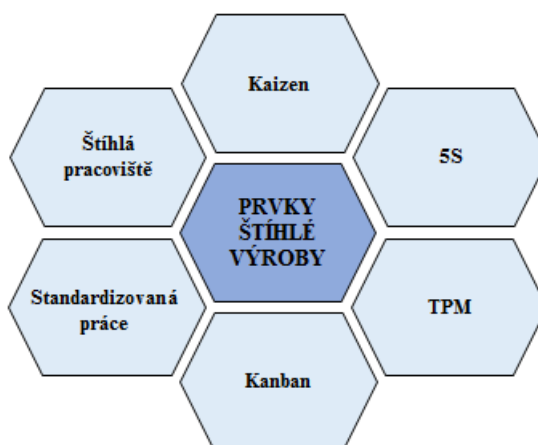
Rozlišujeme 8 základních forem plýtvání, které se vyskytují v každém výrobním systému:

- Nadvýroba – příliš velká nadprodukce nebo předčasná výroba
- Nadbytečná práce – nad rámec definované činnosti
- Zbytečný pohyb
- Zásoby – přesahující minimum ke splnění úkolů
- Čekání – na materiál, informace, dokončení stroje
- Opravování – odstranění poruchy
- Doprava – všechna nadbytečná doprava a manipulace
- Nevyužité schopnosti pracovníků – největší plýtvání [3]

Aby bylo docíleno eliminace nechtěného plýtvání, je zapotřebí úzké propojení s vývojem výrobků, technickou přípravou výroby, logistikou a administrativou v podniku. Do tohoto procesu se musí zapojit každý pracovník, od dělníků ve výrobě až po manažery. Cílem procesu eliminace je vyhledávání zdrojů plýtvání, upozornění na něj a následná práce na jejich odstranění, které vede ke snižování nákladů. [3]

K vyhledávání a odstranění plýtvání, ke kterému dochází v každém podniku, slouží prvky štíhlé výroby. Mezi nejpoužívanější patří (výběr z nejznámějších):

- Kaizen
- 5S
- TPM
- Kanban
- Poka Yoke
- Štíhlá pracoviště
- Standardizovaná práce. [3]



Obrázek 3) Prvky štíhlé výroby [3]

3.2.1 Kaizen

Slovo Kaizen pochází ze dvou japonských slov: „kai“ – změna a „zen“ – lepší a znamená neustálé zlepšování a zdokonalování. Je to určitý způsob myšlení, životní filozofie, která symbolizuje, že zítra může být lépe než dnes. [10] Proces neustálého zlepšování začínáme nejdříve u sebe, při spolupráci s ostatními a nakonec u věcí a procesů kolem nás. Ve firmě se zdokonalování týká všech pracovníků, dělníků i manažerů a nerealizuje se velkými kroky, ale postupným zlepšováním těch nejmenších detailů. [3]

Kaizen je založený na tom, že zlepšení můžeme dosáhnout pouze tehdy, pokud budeme při práci přemýšlet, budeme si všimnout problémů kolem nás a upozorníme na ně. Pracovníci sami by měli odhalovat všechny druhy plýtvání a potenciály, které by ušetřily čas a peníze. Zároveň je potřeba, aby tato činnost byla ohodnocena. [3]

Výsledky jsou často nenápadné a málokdy okamžitě viditelné. Kaizen obvykle nevyžaduje velké investice, ale je třeba stále vyvíjet úsilí, které představuje postupný, ale trvalý vzestup. [10]

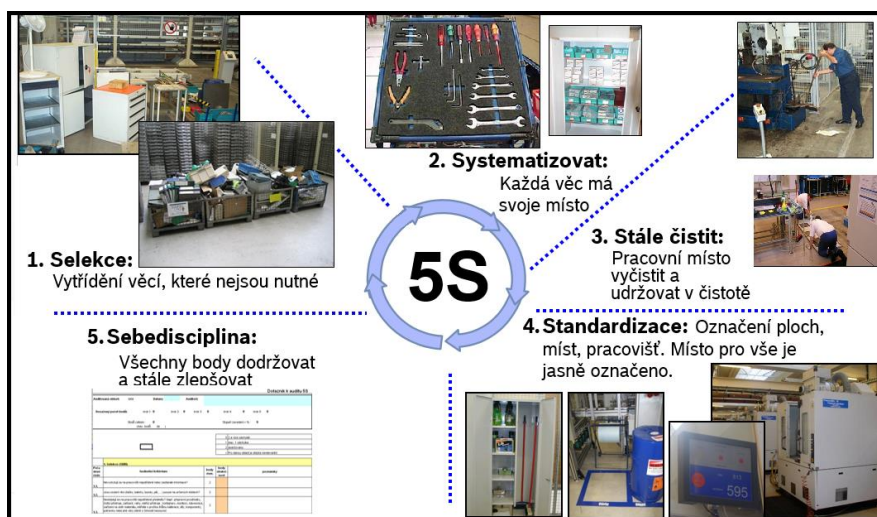
3.2.2 5S

Při zeštíhlování výroby bývá mezi prvními zpravidla uváděna metoda 5S, která vychází z pěti japonských slov (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke). Nejlépe ji lze charakterizovat pěti kroky, které vedou ke zlepšení organizace na pracovišti:

- 1. krok - Seiri = roztrídít, odstranit nepotřebné
 - rozlišit věci potřebné od zbytečných
 - odstranění zbytečného materiálu, nástrojů, zásob

- 2. krok - Seiton = systematizovat
 - uspořádání pracoviště, materiálu, nástrojů
 - roztřídění a uložení věcí na stále definované místo
 - označení pracoviště, regálů, strojů a zavádění plánu úklidu
- 3. krok - Seiso = uklízet, udržovat pořádek
 - čištění a udržování pracoviště a strojů k okamžitému použití
 - roztřídění odpadu na pracovišti
- 4. krok - Seiketsu = určit pravidla
 - zavádění a dodržování standardů čistoty z předchozích kroků
 - každý odpovídá za svoje pracoviště
- 5. krok – Shitsuke = dodržovat a zlepšovat
 - kontrola a neustálé zlepšování čistoty na pracovišti
 - upozorňovat na nedostatky [11]

Metoda se aplikuje ve výrobních i kancelářských oblastech. Cílem je dosažení trvale čistého, přehledného a organizovaného pracoviště, které má přinést zvýšení bezpečnosti, produktivity práce, zlepšení kvality, toku materiálu a informací a především zpříjemnit pracovní prostředí. [12]



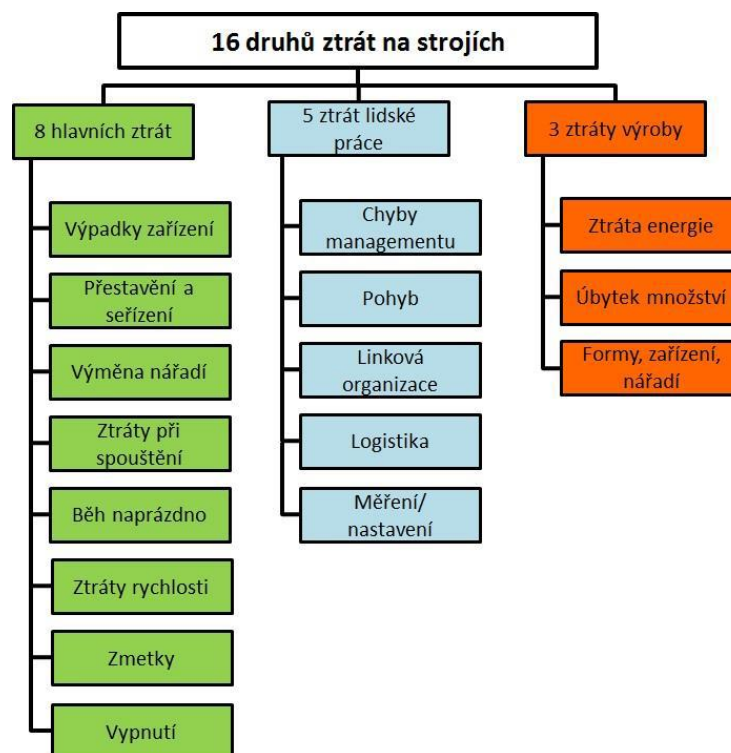
Obrázek 4) JhP standard 5S [2]

3.2.3 TPM

Název pochází z anglických slov Total Productive Maintenance (absolutně produktivní údržba) a zahrnuje činnosti související s údržbou strojů a zařízení. Při snaze firem dodat zákazníkům výrobky co nejrychleji narazili na problém v podobě nečekaných poruch na strojích, odstávek, špatné údržby a opotřebení strojů. To vedlo ke zpoždění zakázek a nespokojenosti zákazníků. [11]

Cílem této metody je tedy zvyšovat efektivitu strojů a technických zařízení tím, že se bude aktivně účastnit údržby větší okruh zaměstnanců, tj. nejen údržbáři, ale i obsluha, seřizovači, mistři a další. Idea vychází z toho, že pracovník, který obsluhuje stroj, má šanci zachytit případné zdroje poruch nejdříve. [11]

Při hledání plýtvání většinou začínáme analýzou osmi hlavních druhů ztrát na strojích. V prvním kroku zaznamenáme všechny druhy prostojů a ty posléze vyhodnocujeme. Z výsledku můžeme vypočítat celkovou efektivitu zařízení OEE, která procentuálně vyjadřuje efektivní využití stroje v porovnání k času, kdy je stroj nevyužitý. Po vyhodnocení nastává implementace TPM pilířů. [11]



Obrázek 5) 16 druhů ztrát na strojích [11]

3.2.4 Kanban

Kanban se dá přeložit z japonštiny na štítek, kartu nebo lístek. Štítky se používají jako objednávky součástek, které mají své omezené množství, odpovídající povolenému množství k uskladnění. [8]

Pracoviště, kterému dochází zásoby, pošle objednávku v podobě kanbanu na pracoviště, které se postará o dodání chybějících kusů. Objednávkový kanban je vyměněn za výrobní a součástky ze skladu jsou v předepsaném množství dopraveny na pracoviště. Pokud se střetne více objednávek, uplatňuje se FIFO (First In, First Out), tj. kdo dřív přijde, dříve odchází. [8]

Cílem kanbanu je co nejvíce podporovat výrobu na objednávku, kde se zásoby doplňují podle denního odběru a spotřeby. Ve firmě Bosch je systém kanban vylepšen čárovými kódy, které jsou na každém materiálu a umožňují systémově sledovat jejich pohyb. Tento systém je vhodný implementovat pro sériovou výrobu a na výrobky s velkým odbytem. [8]



Obrázek 6) JhP kanbanové karty [2]

3.2.5 Poka Yoke

Název pochází opět z japonského termínu a znamená v překladu „chybu-vzdorný“. Zařízení Poka Yoke odhaluje chyby v procesech a posléze zabráňuje jejich následkům. Metoda vychází z principů JIDOKA, jejichž cílem je zabránění nechtěných a neúmyslných chyb vzniklých lidským faktorem. [3]

Mezi základní principy patří zavedení pomocných prvků (snímače, čidla, senzory), které přímo kontrolují proces výroby. Úkolem pomocných prvků je upozornění obsluhy, přerušení nebo zastavení procesu, pokud se objeví neshody. Mezi časté lidské chyby, které se později objeví díky snímači, patří: zapomnětlivost (vynechání operace), nedostatek zkušeností (chybějící díly), nedbalost, nesrozumitelné vysvětlení úkolu (nesprávný postup montáže). Opatření lze provést již při konstrukci. [13]

Na Obr. 7 je uveden příklad využití Poka Yoke v praxi. Jedná se o zásobníky na vymezovací podložky, které jsou konstruovány tak, aby každý zásobník měl své předem určené místo a nebylo možné vložit jiný. Tímto se zamezí výměně vymezovacích podložek při práci na stanici



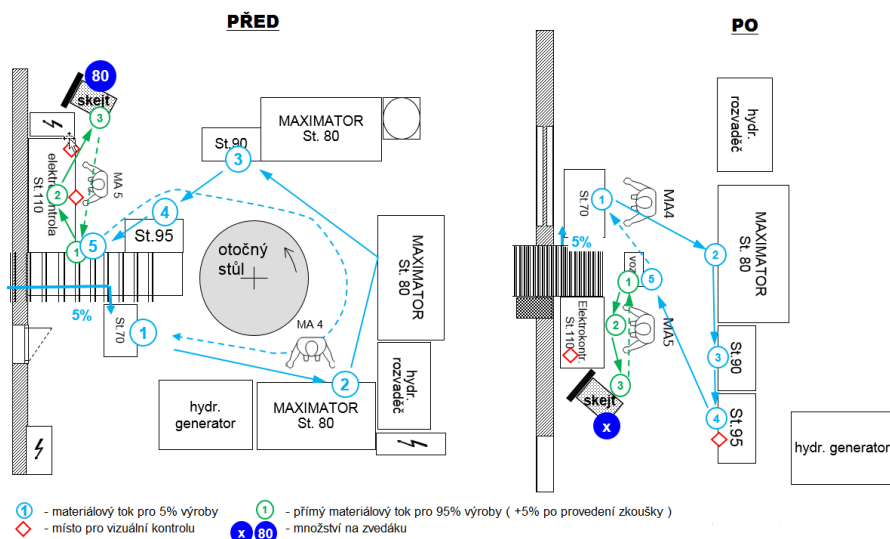
Obrázek 7) Poka Yoke v praxi - zásobníky na vymežovací podložky [2]

3.2.6 Štíhlé pracoviště

Štíhlé pracoviště je pracoviště, na kterém byly odstraněny prvky plýtvání. Uplatňují se zde principy 5S, zásady ergonomie, analýza a měření práce tak, aby se zamezilo zbytečným pohybům a činnostem, které snižují produktivitu práce. Pracovník musí podat při minimální námaze maximální výkon. [3]

Při zavádění štíhlého pracoviště je nejdůležitější kvalitní analýza. Je nutné zmapování všech manuálních cyklických činností, určení výrobních časů a následný návrh nejvýhodnějšího pořadí činností. Díky tomuto kroku dostaneme ideální pracovní cyklus bez ztrát a můžeme určit možný počet pracovníků k obsluze. Dalším krokem je analýza automatických strojů, zjištění jejich vytíženosti a kapacity. Nakonec sestavíme části pracoviště tak, aby došlo k redukci vzdáleností, a umožnilo tak obsluze rychlejší přemístění. [3]

Cíle štíhlého pracoviště jsou zvýšení výkonnosti, snížení úrazovosti a zatížení organismu, zlepšení stability procesu a kvality, úspornější prostorové uspořádání pracoviště, zkrácení průběžné výrobní doby a možnost víceobsluhy. [3]



Obrázek 8) Příklad zeštíhlení JhP pracoviště [2]

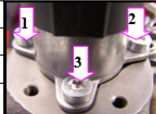
3.2.7 Standardizovaná práce

Standardizovaná práce slouží jako prostředek ke zvýšení kvality a produktivity práce. Ve štíhlém podniku je nutnost ze všech procesů na pracovišti vytvořit standardy. Jejich zavedením napomáháme udržet podmínky z hlediska kvality, produktivity, termínů, nákladů, bezpečnosti a etiky. [3] Při tvoření standardů jde především o sloučení správných technologických postupů a dobrých pracovních návyků. [11]

Standardy práce jsou zaměřeny na následující oblasti: redukce chyb, zvýšení bezpečnosti, zlepšení komunikace, pomoc při zaškolení nového personálu, vizualizace problémů a mají následující vlastnosti:

- stručnost
- jednoduchost s vysvětlující fotodokumentací
- jednoznačnost činností.

Nejpodstatnější je to, aby pracovník jednoznačně a bez problémů pochopil dané instrukce. Lze říci, že standardy jsou stručně a srozumitelnou formou sepsané výtahy z technologických postupů. [3]

Výrobní a zkušební návod		BOSCH			
A2 – Sled pracovních činností					
Cyklické činnosti					
C.	Levá ruka	Pravá ruka	ZN	Důležité	Link/Obrázek
1	Zmáchnout tlačítko „Start“				
2	Napozicovat čerpadlo		HSE		J330_050_2.2
3	Vložit čerpadlo do přípravku zubovkou dovnitř, plocha pro ZME nahoru		HSE	Obouruč	
4	Přidržet čerpadlo	Zajistit čerpadlo klipem			
5	Zajistit čerpadlo klipem	Přidržet čerpadlo			
6	Protočit hřídel o 360°		OC	Lehce se protáčí	
7		Vymout ZME ze zásobníku, vizuální kontrola	PQC		J330_050_2.1
8	Sejmout krytku ze ZME a odložit do zásobníku				
9	Nasadit podložku na ZME				
10	ZME s podložkou nasadit krouživým pohybem na čerpadlo				J330_050_2.2
11	Vložit šroub 1	Vložit šroub 2			
12	Vložit šroub 3	Uchopit šroubovák			
13	Zašroubovat šrouby 1,2,3				
14	Šrouby lehce dotáhnout, odložit šroubovák				
15	Uvolnit aretaci a otáčet čerpadlo ve směru hodinových ručiček				

Obrázek 9) Část standardu JhP [2]

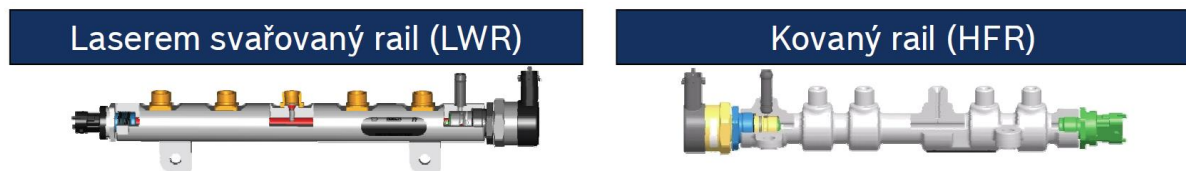
4 Praktická část

Obsahem praktické části bakalářské práce je eliminace plýtvání pomocí moderní metody videoanalýzy na svařovací lince 3 v závodě 2 ve firmě Bosch v Jihlavě. Oddělení TEF 6, které se zabývá průmyslovým inženýrstvím (problematikou zeštíhlování ve výrobě, ergonomií a plánováním práce), bylo osloveno zástupci výrobního oddělení, aby odhalili možný potenciál na vybrané výrobní lince. Cílem je analyzovat současný stav na svařovací lince, nalézt zdroj plýtvání, vyhodnotit ho aplikací nástroje ViCTA a navrhnout optimální řešení pro firmu Bosch.

4.1 Vysokotlaký zásobník Rail

Vysokotlaké zásobníky se vyrábí v jihlavském závodě 2 – Na Dolech pro 3, 4, 6 a 8válcové motory. Jedná se o část palivové soustavy vznětových motorů. Z vysokotlakého čerpadla je soustavně dodáváno palivo do railu, odkud je dopravováno k jednotlivým vstřikovacím jednotkám. Vysokotlaké zásobníky slouží k hromadění paliva pod velmi vysokým tlakem a pomocí regulačního ventilu k udržení tlaku na požadované konstantní hodnotě. Další funkcí je tlumení hydraulických rázů od čerpadla, které stlačuje naftu na vysoký tlak. [2]

Ve firmě Bosch rozlišujeme výrobu dvou druhů railů, které se liší použitou technologií při jejich výrobě. První z nich je laserem svařovaný rail označovaný LWR (Laser Welded Rail). Tlakový zásobník je v tomto případě vyráběn z polotovaru, kterým je válcová tyč. Po opracování jsou odporově a pomocí laseru navařeny jednotlivé komponenty. Většina produkce vysokotlakých zásobníků je vyráběna tímto způsobem. Druhým typem je kovaný rail označovaný HRF (Hot Forged Rail). Zde se používá jako polotovar výkovek kovaný za tepla. [2]

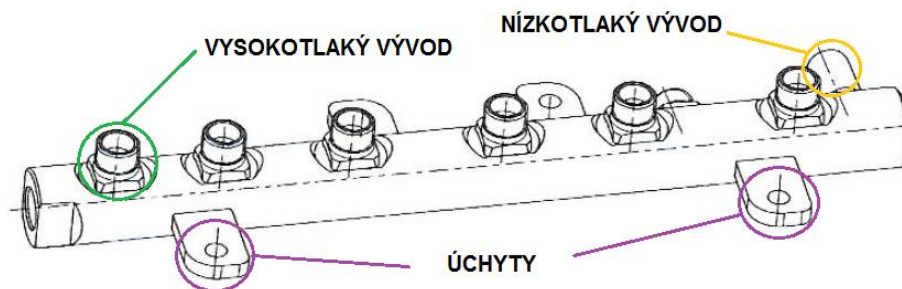


Obrázek 10) Typy railů [2]

4.1.1 Popis vysokotlakého zásobníku Rail

V dalších částech bude bakalářská práce zaměřena na konkrétní typ railu s označením XY. V příloze č. 1 můžeme vidět výrobní výkres tohoto typu railu.

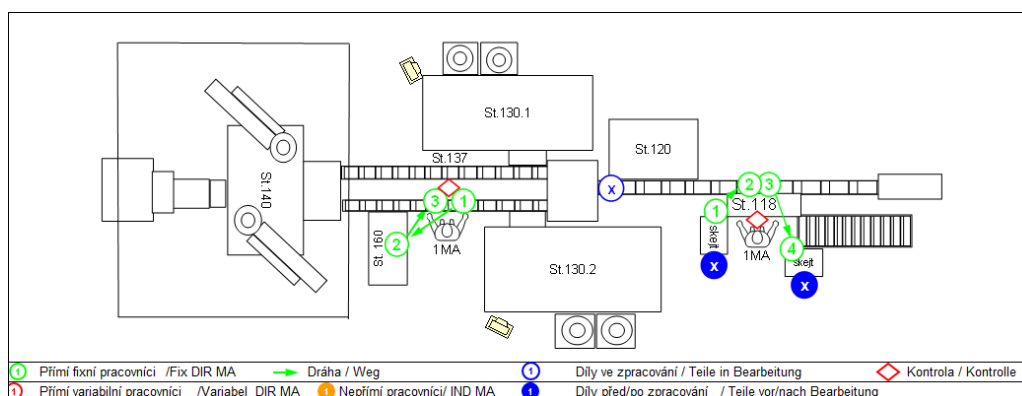
Vysokotlaký zásobník XY je určený pro 6válcové motory nákladních automobilů. Jedná se o svařovaný typ s označením LWR, který je vyráběn z ocelové válcové tyče o průměru 33 mm. Polotovar je dále rozřezán a obroben na potřebný tvar. Na schématickém obrázku č. 11 jsou popsány jednotlivé části railu. [2]



Obrázek 11) Popis railu typu XY [2]

4.2 Popis svařovací linky

Výrobní linka se skládá ze tří automatických stanic a dvou ručních pracovišť. Dále k této lince patří podpůrné oddělení, které tvoří dvě pracoviště a nenachází se přímo ve výrobní lince, ale v laboratořích kvality. Stanice na sebe vzájemně navazují a doplňují se. Výrobek, který do procesu na jedné stanici vstupuje, z ní po dokončení svařování i vystupuje. Vyráběná součást je mezi jednotlivými dílčími pracovišti přesouvána dvoupatrovým dopravním pásem. Uspořádání pracovišť výrobní linky je zobrazeno na obrázku č. 12.



Obrázek 12) Uspořádání pracovišť na svařovací lince 3 [2]

Vstupní stanicí na svařovací lince je stanice číslo 118. Jedná se o manuální pracoviště. Úkolem pracovníka je vkládání a vykládání railů. Operátor výroby nejdříve odebere svařený rail a vloží jej do připraveného stojanu. Poté vyjme obrobek z vozíku a vloží ho místo svařeného railu na dopravní pás. U svařeného railu odebere krytky ze všech vysokotlakých vývodů (dále jen HD vývod) i nízkotlakých vývodů (dále jen ND vývod). Dále vizuálně zkontroluje kvalitu svárů, případnou přítomnost okují a poškození. Následně rail vloží do připraveného vozíku určeného pro hotové dílčí výrobky.

Obrobek pokračuje ke stanici 120, která je plně automatická a probíhá zde odporové svařování ND vývodu. Pracovník, který má na starosti kontrolu celé linky, musí pravidelně doplňovat komponenty ke svařování do automatických vibračních zásobníků, které

jsou pomocí vibrací uvedeny do prostoru svařování. Tam jsou upnuty do kleští a odporově navařeny k railu.

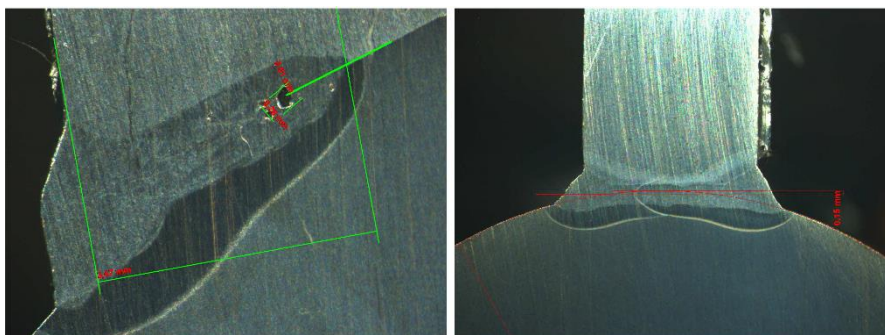
Těleso s navařeným ND vývodem putuje do automatické stanice číslo 130. Na lince jsou paralelně uspořádány dvě tyto stanice (130.1 a 130.2). Důvodem duplikace této stanice je delší pracovní cyklus oproti stanici předchozí (stanice 120). Tímto opatřením se nepřerušuje plynulý chod linky, tzn. stanice 120 nemusí čekat na dokončení výrobních procesů ve stanici 130. Na stanici 130 se provádí bodové svařování HD vývodů a úchytů. Komponenty jsou do stanice dopraveny opět pomocí vibrací z automatických vibračních zásobníků. HD vývody a úchyty jsou uchyceny do kleští a bodově navařeny na rail. Proces bodového svařování je tzv. přípravná fáze pro svařování CO₂ laserem, které se provádí na automatické stanici 140, nejedná se tedy o svarek finální.

Následující výrobní operace jsou vykonány na stanicích 137/138 a 160. Jedná se o ruční pracoviště s nutnou obsluhou. Na pracovišti 137/138 pracovník vizuálně (pomocí lupy) kontroluje sváry zhotovené v předchozích svařovacích stanicích a následně nasazuje krytky na HD a ND vývody. Kontrola se provádí po všech stranách railu.

Později se na pracovišti 160 provádí tlaková zkouška ND vývodu. Pracovník rail odebere z vozíku a upne ho do zkušebního přípravku. Do ND vývodu vloží kontrolní trn a spustí zkoušku těsnosti. Po dokončení rail odloží na dopravní pás a následně je zakrytovaný rail přesunut do automatické stanice číslo 140, v níž jsou HD vývody a úchyty finálně přivařeny k railu pomocí CO₂ laseru. Tato stanice je podrobněji popsána níže. Po dokončení procesu svařování na stanici 140 jsou raily přesunuty dopravním pásem zpět na stanici 118, kde jsou uloženy s antikoročním papírem na vozík a převezeny do laboratoří metalografie.

Po převozu se v laboratořích provádí trhací zkouška a metalografická zkouška (kontrola kvality svárů). Stanice nejsou přítomny na svařovací lince, ale jsou nedílnou součástí výrobního procesu. V laboratořích jsou připravovány vzorky pro pozdější vyhodnocení svárů. Tato kontrola se zaměřuje zejména na hloubku sváru u HD vývodů a na polohu středu sváru. Při vyhodnocování sváru úchytu se zjišťuje vrchol sváru pro pravou i levou stranu úchytu a vyosení středu sváru. Při trhací zkoušce se testuje kvalita, pevnost a odolnost všech svařených spojů.

Všechna ruční pracoviště, která jsou popsána na této svařovací lince, jsou standardizována výrobními a zkušebními návody.



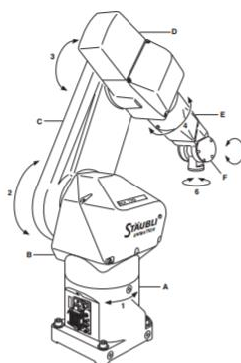
Obrázek 13) Výsledky metalografické zkoušky:
a) HD vývod, b) úchyt [2]

4.2.1 Popis stanice 140 – CO₂ box

Stanice 140 se pracovně nazývá „CO₂ box“. Pracoviště je plně automatické a skládá se ze dvou robotů Stäubli a CO₂ laseru Trumpf. Z bezpečnostních a pracovních důvodů je svařování skryto pod speciálním sklem boxu, které zamezí propouštění jakéhokoliv záření. [2]

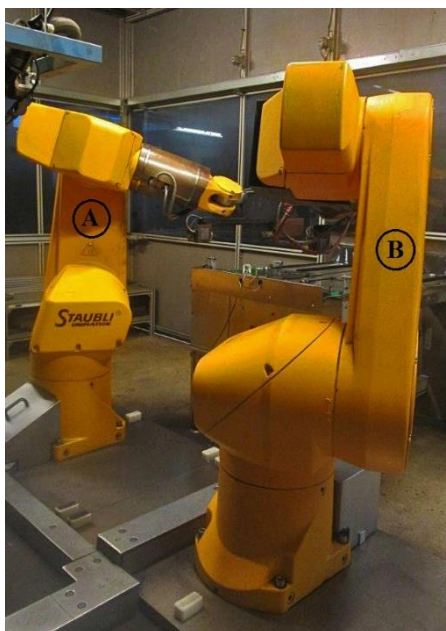
Roboty dodala firma Stäubli. Jedná se o řadu RX170B. Pohybují se v šesti osách, mohou manipulovat maximálně s 60 kg, váží zhruba 721 kg a maximální rychlost bodu těžiště břemena je 11,9 m/s. Základní údaje o robotu jsou na obrázku níže. [14]

MODEL	RX170	
Characteristics		
Maximum load ⁽¹⁾	60 kg	
Nominal load	30 kg	
Reach (between axis 1 and 6)	1835 mm	
Number of degrees of freedom	6	
Repeatability - ISO 9283	± 0,04 mm	
Motion range	Axis 1 (A)	± 180°
	Axis 2 (B)	± 120°
	Axis 3 (C)	± 145°
	Axis 4 (D)	± 270°
	Axis 5 (E)	+130°/-110°
	Axis 6 (F)	± 270° ⁽²⁾
Work envelope	Maximum reach between axis 1 and 5 (R. M)	1701,4 mm
	Minimum reach between axis 1 and 5 (R. m1)	390 mm
	Minimum reach between axis 2 and 5 (R. m2)	490 mm
	Minimum reach between axis 3 and 5 (R. b)	750 mm
Maximum speed	Axis 1	155°/s
	Axis 2	130°/s
	Axis 3	205°/s
	Axis 4	237°/s
	Axis 5	243°/s
	Axis 6	562°/s
Maximum speed at load gravity center		11,9 m/s
Maximum inertia	Axis 5	13,5 kg.m ²
	Axis 6	2,15 kg.m ²
Weight		721 kg



Obrázek 14) Základní informace o robotu Stäubli [14]

Roboti se po spuštění programu pohybují společně následujícím způsobem. Robot A nejprve odebere rail z dopravního pásu, přesune se ke svařovacímu trnu a začne proces svařování. Mezitím robot B odebere další rail, přemístí se ke svařovacímu trnu a vyčkává na bezpečném místě do té doby, než skončí proces svařování u robota A. Po dokončení operace nastává výměna pozic a začíná svařování u robota B. Během toho se robot A vrací zpátky k dopravnímu pásu, odkládá hotový výrobek na pás a bere si další rail ke svařování. Opět se přesune na pozici a čeká u trnu až do ukončení procesu svařování u robota B. Poté následuje výměna robotů. Tento proces se neustále opakuje.



Obrázek 15) Označení robotů [2]

Svařovací proces probíhá pomocí CO₂ laseru. Samotný laser byl dodán firmou Trumpf a nese označení TruFlow 500. Pracuje v pulzním režimu, jeho výkon je 5 kW a vlnová délka záření je 10,6 μm. [2] Lze svařovat laserovým paprskem bez přídavného drátu nebo s přídavným drátem.

CO₂ laserové svařování probíhá na principu zesílení světla stimulovanou emisí záření. Paprsek z laseru se zaostřuje v rezonanční dutině, ve které se nachází aktivní prostředí CO₂, pomocí dvou zrcadel, z nichž jedno je polopropustné, do jednoho bodu. Ohnisková vzdálenost je 250 mm a průměr paprsku v ohnisku je 0,4 mm. Vlivem laserového paprsku vzniká v základním materiálu kapilára, která je plná par kovu pod velkým tlakem. Páry jsou ionizovány a vzniklá plazma indukována laserem tryská z místa svařování. Plazma pohlcuje záření a brání průchodu fotonů do hloubky. Vychyluje ji ochranná atmosféra složená z plynů Ar + CO₂ + O₂, která zároveň chrání tavnou lázeň. [15] U railu se tímto způsobem svařují vysokotlaké vývody a úchyty.

4.3 Analýza současného stavu

Analýza současného stavu byla provedena za účelem identifikace potenciálů a následné eliminace plýtvání. Na svařovací lince 3 bylo již zamezeno plýtvání způsobeného nadbytečným pohybem, dopravou a nadbytečnou prací. Řešením se stalo zavedení prvků štíhlé výroby (standarty, štíhlé uspořádání pracoviště).

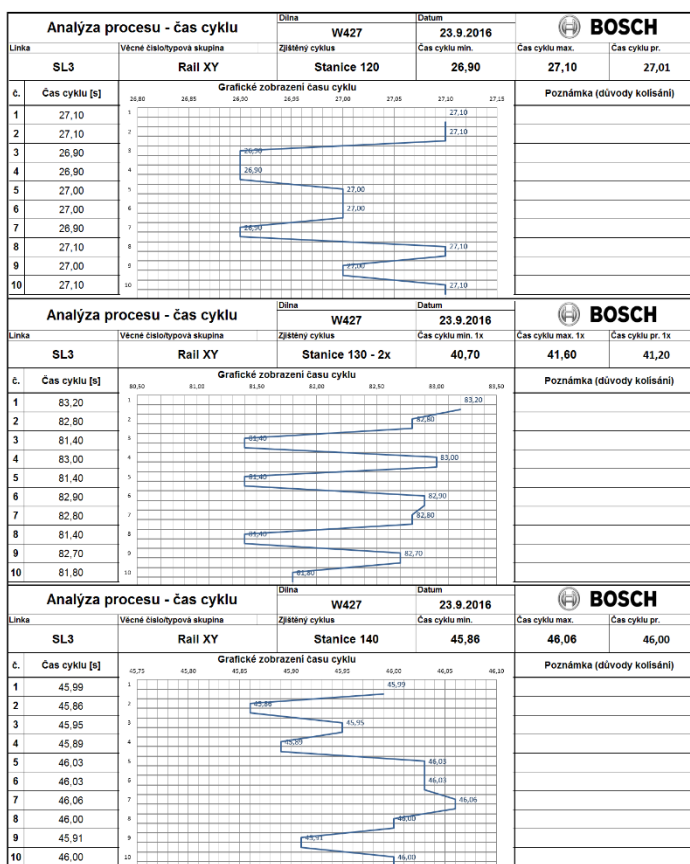
Z výše uvedených druhů plýtvání se tato práce zabývá eliminací čekání, tzn. časů omezujících plynulý a efektivní chod linky. Optimalizace chodu bude provedena na automatizovaných pracovištích za účelem maximalizace využití výrobních zařízení. Pracoviště s ruční obsluhou byla analyzována dříve. K identifikaci čekání se použije jedna z metod měření časů uvedených níže.

4.3.1 Metody měření časů

U pracovišť s obsluhou (stanice 118, 137/138, 160) byla využita metoda MTM analýzy. MTM je zkratka pro „Methods Time Measurement“, která znamená v překladu „metoda časového měření“ a jedná se o metodu předem určených časů. Při této metodě se průběhy pohybů dělí na základní pohyby a každému je přiřazena normovaná časová hodnota, která je vymezena druhem pohybu a podmínkami, ze kterých se provádí. MTM analýzy byly provedeny zaškolenými pracovníky souhrnně na ručních pracovištích 137/138 + 160 a na pracovišti 118. Výstupem této metody jsou celkové časy cyklů na obou měřených pracovištích. [16]

U automatických stanic (stanice 120, 130, 140) byla použita autorkou této bakalářské práce metoda přímého měření. Jedná se o časovou studii realizovanou za pomoci časoměrného zařízení – stopkek. Strojní časy odečtené ze stopkek se následně zanesly do předpřipravených formulářů. Není nutné naměřit velké množství hodnot, stačí 5–10 naměřených časů, které se zprůměrují. Hodnoty se zapisují do formulářů určených k analýze procesů, které jsou k vidění na obrázku 16. Software z výsledovaných hodnot vytvoří grafické zobrazení času cyklu a určí jeho průměrný čas. Tímto způsobem byly vyhodnoceny všechny automatické stanice. U stanice 130 se měří obě paralelně uspořádané stanice dohromady (130.1 a 130.2) a výsledný průměr naměřených času je podělen dvěma. [16]

Pro přesnější analýzu velmi krátkých a rychlých úkonů slouží metoda videozáznamu. Zajistí podrobné zmapování každého pohybu pomocí videokamery. K vyhodnocení procesu je potřeba program na počítači, který dokáže rozdělit činnosti do několika kroků po velmi krátkých časových úsecích. [16]



Obrázek 16) Analýzy procesů z naměřených časů [2]

4.3.2 Diagram rozdělení činností

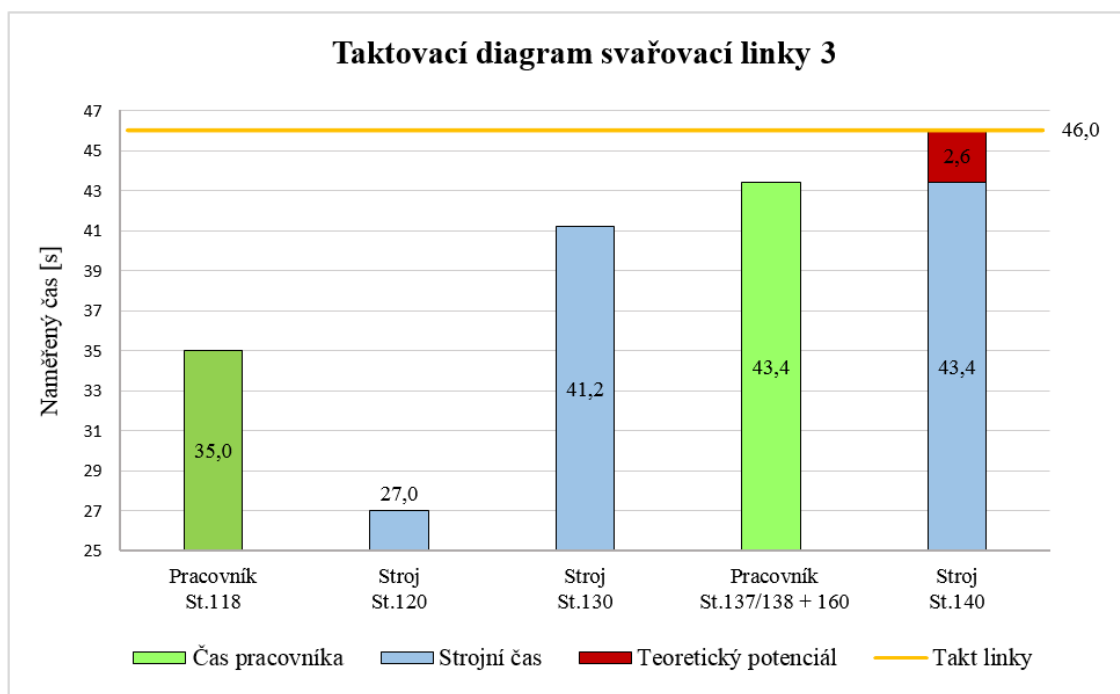
Nyní se provede vyhodnocení současného stavu. Hodnoty z provedených analýz se použily k vytvoření grafu č. 1. Graf slouží k vizualizaci časů automatických stanic i ručních pracovišť a zlepšuje odhalení úzkých míst výroby.

Z vyhodnocených MTM analýz bylo zjištěno, že u manuálních činností nelze hledat potenciál, neboť pracovníci jsou plně vytíženi a jejich práce již byla optimalizována. V tomto případě jsou stroje časově určující. Aby byl určen nejefektivnější takt linky neboli tempo výroby, které odpovídá nejrychlejšímu splnění objednávky zákazníka, je tedy potřeba se zaměřit na stanici s nejdelším pracovním cyklem.

Činnost	[s]
Pracovník - stanice 118	35,0
Pracovník - stanice 137/138 + 160	43,4
Stroj - stanice 120	27,0
Stroj - stanice 130	41,2
Stroj - stanice 140	46,0

Tabulka 1) Výsledky měření a MTM analýz

V grafu č. 1 lze vidět, že pracovní cyklus stanice 140 je nejdelší. Výrobní cyklus stroje je o 2,6 sekund delší, než čas určený pracovníkem na souhrnně analyzovaných stanicích 137/138 a 160. Z toho vyplývá, že teoretický potenciál musíme hledat na stanici 140. Ideálním stavem je vybalancovaný takt linky.



Graf 1) Taktovací diagram svařovací linky 3

Pro vyhledání reálného potenciálu použijeme podrobnější metodu videozáznamu. Proces svařování byl nejdříve natočen videokamerou a později vyhodnocen pomocí vhodného

programu na počítači. Pro tyto účely byl použit autorkou této bakalářské práce tzv. program ViCTA.

4.4 Aplikace nástroje ViCTA

Název ViCTA vznikl ze slov Video Cycle Time Analysis, které znamenají v překladu videoanalýza časového cyklu. Tento pracovní nástroj je poskytován s cílem umožnit snadnou vizualizaci sekvencí kroků, která napomáhá k eliminaci plýtvání.

Nástroj ViCTA je založen na tabulkovém procesoru MS Excel s aktivovanými makry a k přehrávání videa používá Media Player Plugin. Nástroj vede uživatele snímek po snímku analýzou opakujících se sekvencí v procesu, který byl předtím zachycen videokamerou. Nejprve se vymezí pohyby jednoho cyklu daného procesu a při jeho opakování se tvoří potřebné množství sekvencí. Z toho je vymodelován graf, který vykreslil průměrné hodnoty každého vymezeného pohybu ze všech naměřených sekvencí. Pomocí grafu lze jednoduše zjistit možný potenciál. V bakalářské práci bude tímto způsobem analyzována automatická stanice 140. Nejdříve bude provedena analýza s rozbohem pohybů u každého robota zvlášť.

4.4.1 Videoanalýza č. 1

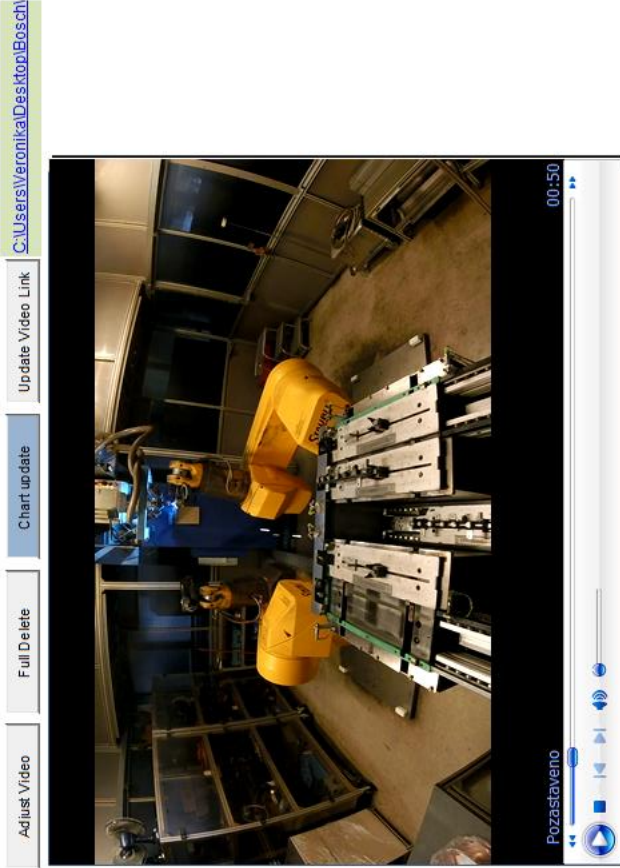
Na obrázku č. 16 jsou vidět prvky nástroje ViCTA popsány níže. Při otevření programu se musí nejprve vložit link potřebný pro spuštění videozáznamu. Tlačítkem Update Video Link se spustí video a tlačítkem Video Step se nastaví délka kroku posouvání videa. V tomto případě byl zvolen krok 0,04 sekundy. V levé části jsou vytvořeny pod čísly 1–18 vysvětlivky jednotlivých pohybů robota A a pod čísly 21–38 robota B v pořadí tak, jak jdou za sebou. S videoanalýzou se začne u robota A nastavením první sekvence a výběrem počátečního bodu činnosti tlačítkem Take Time. Po posunutí potřebného počtu kroků na konec prvního pohybu – svařování robotem A – opět použijeme tlačítko Take Time. V této činnosti se pokračuje až do konce prvního cyklu – první sekvence. Zaznamenají se tedy přesuny robota se svařeným railem, odložení railu, uchycení nového kusu ke svařování, posun ke svařovacímu trnu a čekání, než se dokončí proces svařování u robota B. Následuje nastavení druhé sekvence a videa, kde bude robot A začínat svůj první předepsaný pohyb druhého cyklu. Poté se opakuje souhrn předepsaných pohybů. Časy v obou sekvencích by měly přibližně odpovídat stejným hodnotám. Pro účely bakalářské práce postačí vyhodnotit dvě sekvence u každého robota. Po ukončení druhého cyklu robota A se vybere první sekvence a do řádku 21 se tlačítkem Set video to cursor position nastaví počáteční pohyb robota B. Proces se opakuje podle stejného principu i u robota B.

Po vyhodnocení videa následuje doplnění významu pohybů ve sloupci Type, aby se zobrazil graf, který se nachází pod videem. Th (Hauptnutzungszeit) reprezentuje hlavní činnost stroje, tn (Nebennutzungszeit) vedlejší činnosti stroje – posuny při výměně railu a tw (Wartezeit) čekání stroje. Th a tn jsou produktivní časy, tw je neproduktivní čas stroje. Nakonec tlačítkem Chart update aktualizujeme graf. Graf č. 2 byl vytvořen z průměrných hodnot každého pohybu obou sekvencí. Na svislé ose jsou vidět jednotlivé pohyby robotů s průměrnými časy podle toho, jak byly sepsány do řádků pro videoanalýzu a na vodorovné ose jsou časové úseky po 5 sekundách. Nad grafem je šedou barvou vyznačen průměrný čas stroje, modrou barvou čas posunů při výměně railů, červenou barvou čas čekání a zelenou barvou průměrný čas jednoho cyklu obou robotů.

A B C D E F G O P Q R S T U V W X Y Z AA AB

Process Video Cycle Time Analysis Tool

Num	Operation	S01		S02	
		Start	End	Start	End
1					
2					
3					
4					
5	1 Svařování robotem A	0.000	43.510	0.000	43.493
6	2 Posun robotu A dolů	43.510	43.694	43.493	43.694
7	3 Posun robotu A vpravo	43.694	44.878	43.694	44.878
8	4 Čekání	44.878	45.245	44.878	45.245
9	5 Posun robotu A nahoru a otočení k pásu	45.245	47.464	45.245	47.464
10	6 Čekání	47.464	47.714	47.464	47.698
11	7 Posun dolů k odložení railu	47.714	48.632	47.698	48.659
12	8 Odložení svařeného kusu	48.632	50.717	48.659	50.734
13	9 Přejezd ke kusu na WT	50.717	52.536	50.734	52.569
14	10 Čekání	52.536	52.950	52.569	52.963
15	11 Posun dolů k uchycení railu	52.950	54.371	52.963	54.388
16	12 Uchycení kusu z WT	54.371	57.624	54.388	57.574
17	13 Posun nahoru	57.624	58.992	57.574	58.992
18	14 Čekání	58.992	59.326	58.992	59.326
19	15 Posun robotu A nahoru a otočení	59.326	61.511	59.326	61.511
20	16 Čekání až dokončí svařování robot B	61.511	90.591	61.511	90.594
21	17 Posun robotu A vlevo	90.591	91.858	90.594	91.858
22	18 Posun robotu A nahoru	91.858	92.172	91.858	92.225
23					
24					
25	21 Svařování robotem B	46.163	89.456	46.196	89.473
26	22 Posun robotu B dolů	89.456	89.783	89.473	89.806
27	23 Posun robotu B vlevo	89.783	90.941	89.806	91.008
28	24 Čekání	90.941	91.258	91.008	91.308
29	25 Posun robotu B nahoru a otočení k pásu	91.258	93.694	91.308	93.777
30	26 Čekání	93.694	93.954	93.777	94.011
31	27 Posun dolů k odložení railu	93.954	94.895	94.011	95.012
32	28 Odložení svařeného kusu	94.895	96.807	95.012	96.847
33	29 Přejezd ke kusu na WT	96.807	98.699	96.847	98.749
34	30 Čekání	98.699	99.159	98.749	99.166
35	31 Posun dolů k uchycení railu	99.159	100.584	99.166	100.634
36	32 Uchycení kusu z WT	100.584	103.570	100.634	103.620
37	33 Posun nahoru	103.570	104.955	103.620	105.088
38	34 Čekání	104.955	105.305	105.088	105.355
39	35 Posun robotu B nahoru a otočení	105.305	107.741	105.355	107.791
40	36 Čekání až dokončí svařování robot A	107.741	136.803	107.791	136.847
41	37 Posun robotu B vpravo	136.803	138.071	136.847	138.105
42	38 Posun robotu B nahoru	138.071	138.372	138.105	138.405
43					



Adjust Video Full Delete Chart update Update Video Link C:\Users\Veronika\Desktop\Bosch

Pozastaveno 00:50

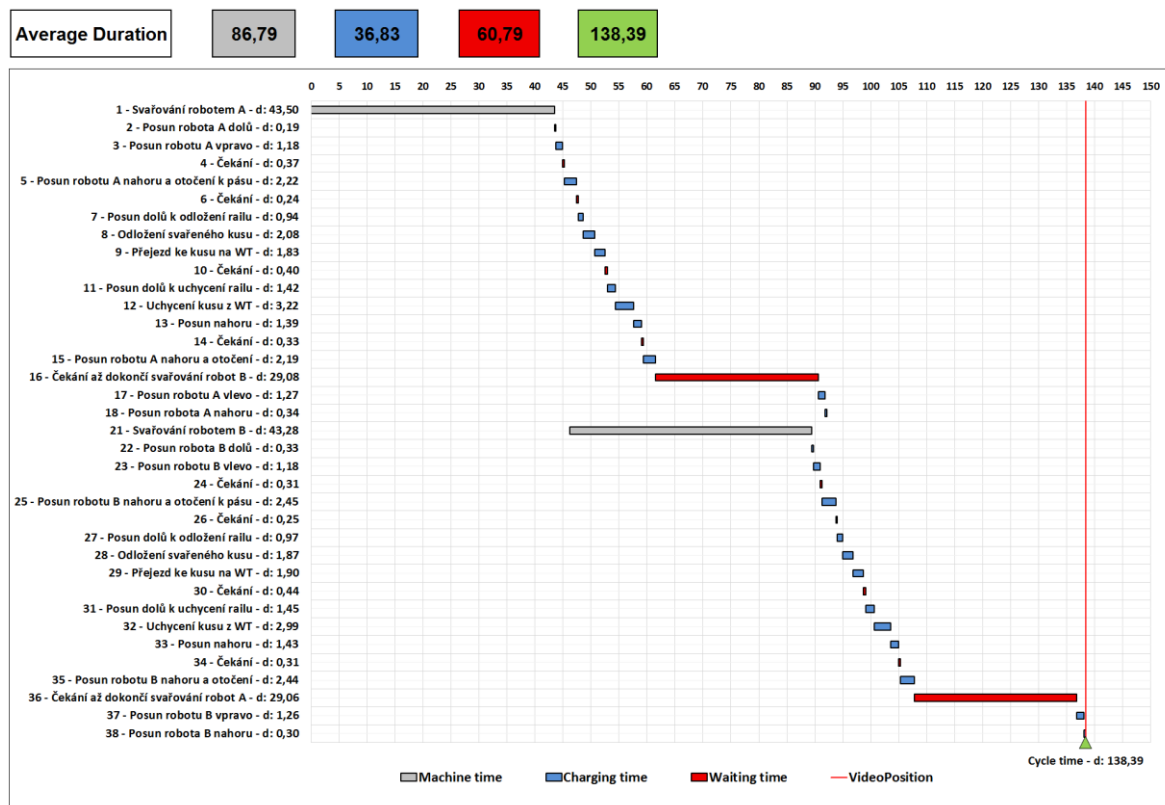
< (Ctrl+b) > (Ctrl+n) Video step: 0.04 Sequence: 1 Position: 50,267 s

Take Time (Ctrl+m) Shift mode: Auto Sequence position: 0,000 s Milestone: 1

Set video to cursor position (Ctrl+ j) Set Milestone to Cursor position (Ctrl+ k)

Obrázek 17) Prvky nástroje ViCTA videoanalýzy č.1 [2]

Z grafu č. 2 lze vyčíst, jak na sebe pohyby robotů navazují. Důležitým momentem je časový úsek, kdy robot B dokončuje svařování a robot A čeká na výměnu. Je to jediné místo, kde je možné určit úsporu času, a proto je nutné se na tento úsek zaměřit při další důkladnější analýze, jelikož dosavadní analýza není natolik podrobná, aby bylo možné tuto úsporu určit ihned.



Graf 2) Znárodnění pohybů u každého robotu zvlášť [2]

4.4.2 Videoanalýza č. 2

Ve druhé videoanalýze na obrázku č. 17 bude proveden rozbor pohybů obou robotů dohromady se zaměřením na proces svařování a čas výměny robotů. Pracuje se podle stejného postupu jako u první analýzy. Do nového souboru se vloží stejný link ke spuštění videa, nastaví se délka kroku posouvání videa a první sekvence. Dále se vybere počáteční bod činnosti. Vyhodnocování videa začíná svařováním robotu A a pokračuje jeho pohybem dolů a doprava k odložení railu. Během těchto posunů robot B stojí. Následuje proces svařování robotu B, jeho posun dolů a doprava, kdy robot A stojí a čeká na pozici. Posledním pohybem je přesun robotu A s novým kusem na místo svařování. Dále by se činnosti opakovaly, proto je analýza přepnuta do další sekvence. Celkem byly vytvořeny čtyři sekvence. Po ukončení rozboru videa se doplní význam jednotlivých pohybů. Z průměrných hodnot časů všech sekvencí byl vytvořen graf č. 3.

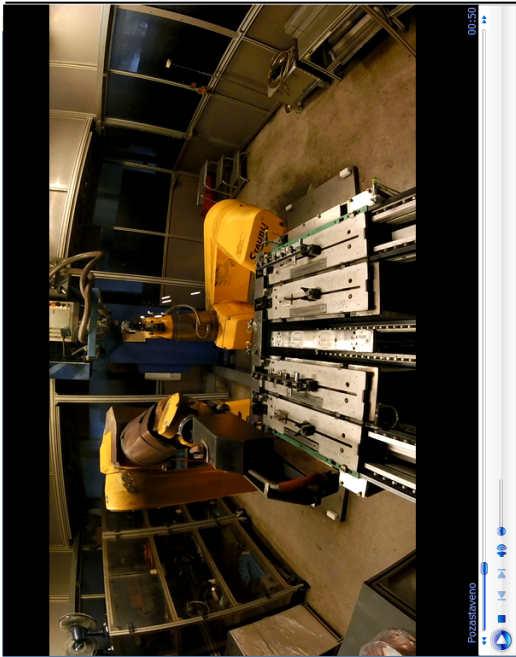
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Process Video Cycle Time Analysis Tool

Insert Row

Update Video Link
C:\Users\Veronika\Desktop\Bosch\Videoanaliza

Adjust Video



Position **50,284 s**

Sequence position **0,000 s**

Milestone **1**

Video step:

< (Ctrl+b) > (Ctrl+n)

Take Time (Ctrl+m)

Set video to cursor position (Ctrl+j)

Set Milestone to Cursor position (Ctrl+k)

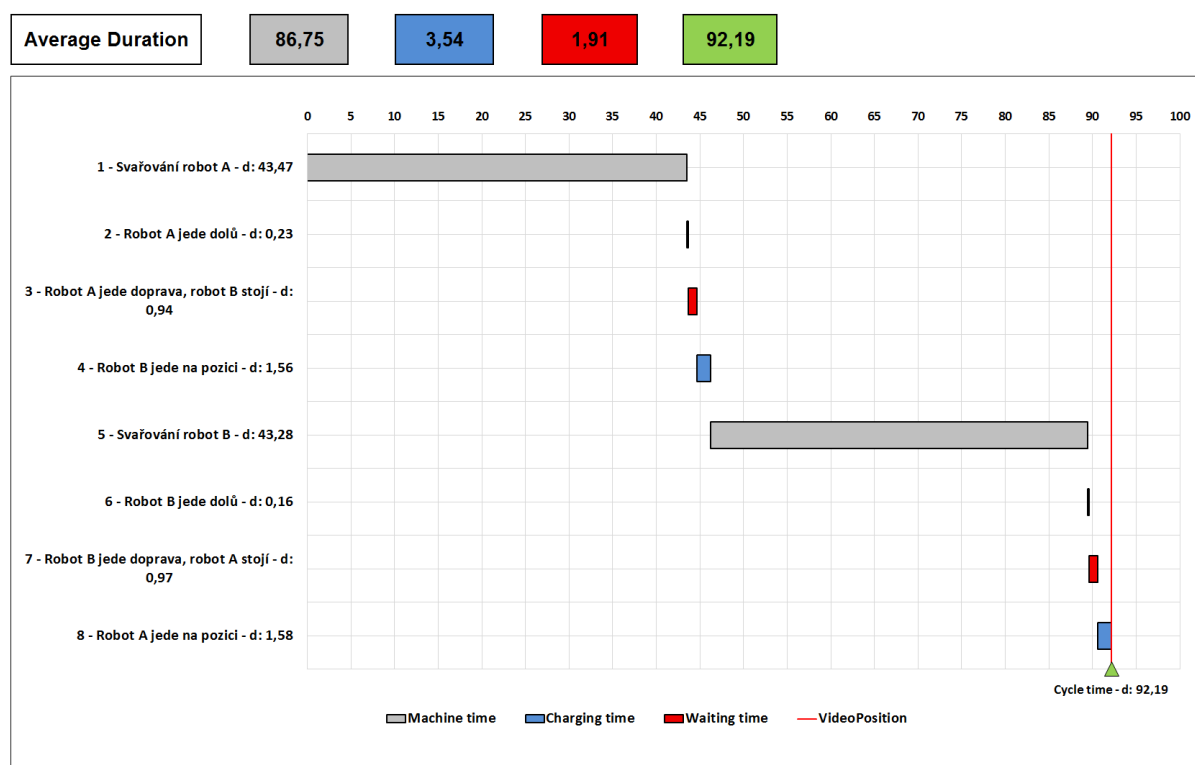
Sequence **1**

Shift mode

Num	Type	SQ1		SQ2		SQ3		SQ4	
		Start	End	Start	End	Start	End	Start	End
1	th	0,000	43,460	0,000	43,477	0,000	43,477	0,000	43,477
2	tn	43,460	43,694	43,477	43,710	43,477	43,710	43,477	43,710
3	tw	43,694	44,645	43,710	44,645	43,710	44,645	43,710	44,645
4	tn	44,645	46,196	44,645	46,213	44,645	46,196	44,645	46,196
5	th	46,196	89,439	46,213	89,489	46,196	89,489	46,196	89,489
6	tn	89,439	89,640	89,489	89,656	89,489	89,623	89,489	89,640
7	tw	89,640	90,591	89,656	90,591	89,623	90,624	89,640	90,624
8	tn	90,591	92,192	90,591	92,192	90,624	92,192	90,624	92,192
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									

Obrázek 18) Prvky nástroje ViCTA videoanalýzy č. 2 [2]

Z předchozí metody přímého měření byl zjištěn teoretický potenciál 2,6 sekundy na automatické stanici 140. Úkolem bylo pomocí videoanalýzy tohoto potenciálu dosáhnout. Z grafu č. 3 lze vidět, že byla zjištěna dvě místa prostojů tw – čekání, která jsou označena červenou barvou. V prvním případě se robot A pohybuje doprava a robot B stojí v průměru 0,94 sekund. V druhém případě se robot B posouvá doleva a robot A čeká v průměru 0,97 sekund. Ze všech čtyř sekvencí byl naměřen celkový průměrný čas čekání 1,91 sekund.

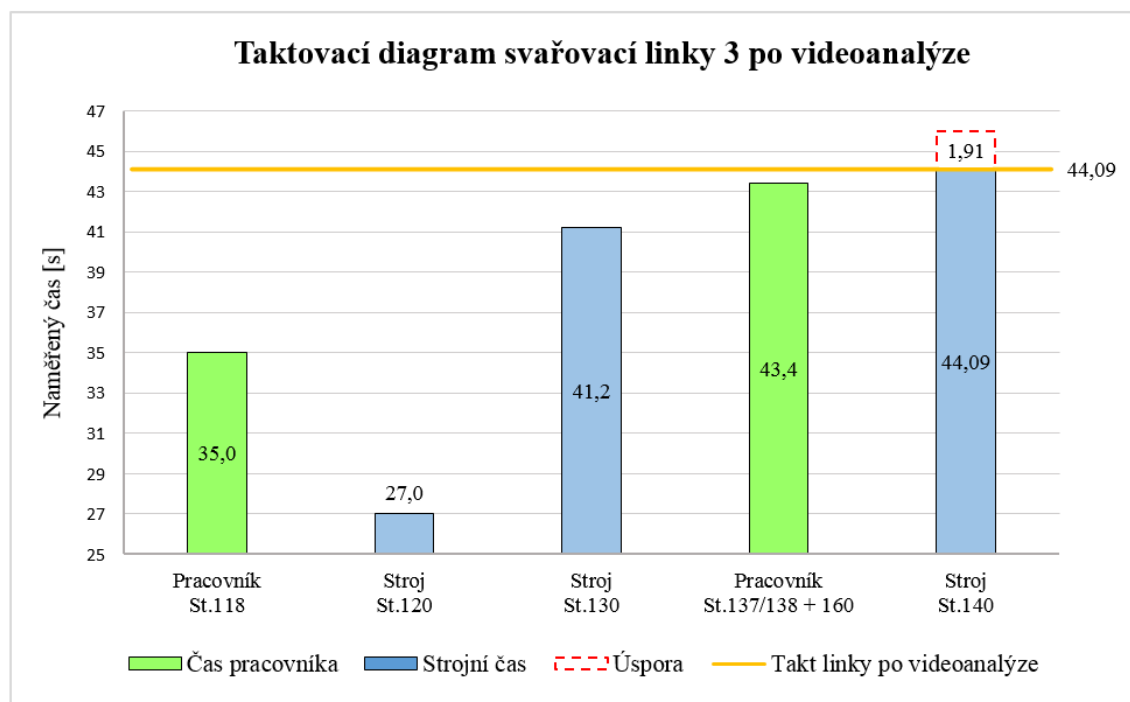


Graf 3) Znázornění pohybů obou robotů dohromady [2]

Provedenou videoanalýzou byl pomocí nástroje ViCTA potvrzen teoretický potenciál. Tohoto závěru bylo dosaženo díky provedené videoanalýze č. 1, pomocí které bylo správně určeno místo možné úspory času pro podrobnější videoanalýzu č. 2. Se zjištěným reálným potenciálem zkrácení strojních časů svařování o 1,91 sekund se bude dále pracovat a navrhovat možná řešení ke zvýšení produktivity práce.

5 Navržené opatření pro zefektivnění výrobního procesu

Dalším cílem této bakalářské práce je navrhnout optimální řešení pro firmu Bosch Diesel Jihlava, které bude ideálně finančně nenáročné a zároveň rychlé na realizaci, aby nedošlo k dlouhému zastavení výrobního procesu na svařovací lince 3. Graf č. 4 byl vytvořen z výsledků videoanalýz a lze v něm vidět reálnou úsporu 1,91 sekund na automatické stanici 140. Z toho vyplývá, že určující takt svařovací linky 3 po provedení videoanalýz bude 44,09 sekund, tedy o 1,91 sekund nižší než před rozborem.



Graf 4) Taktovací diagram svařovací linky 3 po videoanalýze

Po nalezení reálného potenciálu je dalším krokem seznámení zástupců výrobního oddělení s dosavadními výsledky. Po jejich odsouhlasení výsledků je nutné vymyslet řešení, které by vyhovovalo jak vedení firmy v rámci finančních úspor, ale i výrobnímu oddělení. Během navrhování řešení tedy autorka bakalářské práce vycházela z toho, že je nutné zajistit minimální finanční náklady s minimálním omezením chodu výrobní linky při realizaci návrhu.

Plánem na realizaci eliminace plýtvání je změna dosavadního programu svařování. Tato změna je možná za podpory dalšího oddělení, které po domluvě uvolní svého pracovníka – programátora – a ten ji provede ve stávajícím programu. Program se zkrátí o čas čekání na dvou místech podle vyhodnocené videoanalýzy č. 2. Zásah programátora je naplánován na den, kdy probíhá pravidelná odstávka stanice 140 z důvodu čištění CO₂ boxu. Díky tomu nedochází k dalšímu omezení chodu linky. Po spuštění upraveného programu se provede potvrzení procesu opět pomocí videoanalýzy.

Navržené řešení má tyto výhody:

- Nulové náklady
- Úspora finančních prostředků po zavedení
- Zvýšení produktivity práce svařovací linky
- Minimální omezení výroby na lince

Zásluhou podpory programátorů z oddělení TEF 3 nemusí firma Bosch do realizace projektu investovat žádné další peníze. Bylo tedy navrženo řešení s využitím stávajících zařízení, podpory zaměstnanců z jiných oddělení a s nulovými náklady.

Zavedení projektu je naplánované na září roku 2017. Toto datum je stanoveno z důvodu velké vytíženosti zaměstnanců z podpůrného oddělení, kteří budou pracovat na změně stávajícího programu robotů ke svařování a z důvodu rozpracování velkého množství projektů. Po zavedení následuje potvrzení procesu. Je nutné opět provést analýzu stavu po zavedení úspory a následné vyhodnocení pomocí videoanalýzy.

Tento projekt je tzv. „pilotním“ projektem na svařovacích linkách railů. Znamená to tedy, že při úspěšném zavedení lze projekt aplikovat na další dvě svařovací linky.

6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zvýšení produktivity práce, snížení výrobního času a eliminovat plýtvání na svařovací lince vysokotlakých zásobníků rail ve firmě Bosch Diesel s. r. o. v Jihlavě.

Nejdříve byl pomocí metody přímého měření zmapován aktuální stav automatických stanic na svařovací lince. Jelikož pracovníci na manuálních pracovištích jsou již plně vytíženi, časově určující jsou tedy svařovací stroje. Nejdelší čas stroje byl zjištěn na stanici č. 140, na kterou byla zaměřena podrobnější metoda analýzy – videoanalýza. Aplikací nástroje ViCTA byl na této stanici nalezen hledaný potenciál. Celkový průměrný čas čekání svařovacích robotů byl vyhodnocen na 1,91 sekund. S tímto časem bylo dále pracováno a navrženo optimální řešení stávající situace. Takt linky po provedené analýze klesl z 46 sekund na 44,09 sekund.

Při navrhování optimálního řešení je nutné dbát na to, aby se našlo takové, které bude realizovatelné s minimálními náklady a s minimálním omezením chodu svařovací linky. Proto bylo navrženo řešení projektu pomocí změny dosavadního programu za podpory zaměstnanců z technických oddělení firmy Bosch Diesel s. r. o. v Jihlavě. Samotná realizace je naplánovaná na den pravidelné odstávky stanice č. 140, kdy dochází k čištění CO₂ boxu. Bude tedy dodržen cíl minimálně omezit chod výrobní linky a navíc se jedná o návrh, který nevyžaduje žádné náklady.

Na základě určených hodnot z videoanalýz oddělení kontrolinku pro firmu vyčíslilo roční úsporu 799 100 Kč. Tato úspora je vypočítána za předpokladu třísměnného provozu, tedy 215 dní v roce. Produktivita práce se na svařovací lince 3 po zavedení projektu zvýší o 4,2 % a roční výroba svařovaných railů se zvýší o 81 kusů bez investic firmy.

Projekt bude realizován v září roku 2017. Při úspěšném zavedení je možné aplikovat výsledky této bakalářské práce na další dvě svařovací linky. Tím lze dosáhnout ještě vyšších finančních úspor pro firmu Bosch.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] Bosch Česká Republika. Bosch [online]. Praha: Robert Bosch odbytová, 2016 [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: http://www.bosch.cz/cs/cz/our_company_7/our-company-lp.html
- [2] Bosch Diesel Jihlava: Firemní materiály. Jihlava, 2017.
- [3] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-868-5138-9.
- [4] History: A BRIEF HISTORY OF LEAN. Lean [online]. Cambridge (Massachusetts): Lean Enterprise Institute, c2000-2017 [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
- [5] BAŤA V DATECH. Baťova vila [online]. Zlín: Nadace Tomáše Bati, b.r. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.batova-vila.cz/bata-v-datech/>
- [6] JIRÁSEK, Jaroslav. Štíhlá výroba. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-716-9394-4.
- [7] Jidoka: Zabudovaná kvalita. Toyota-forklifts [online]. Rudná u Prahy: Toyota Material Handling CZ, b.r. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://www.toyota-forklifts.cz/cs/company/toyota-production-system/jidoka/pages/default.aspx>
- [8] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [9] A History of Lean Manufacturing: A Brief History of (Just-In-) Time. Strategosinc [online]. Kansas City (Missouri): Strategos, b.r. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm
- [10] IMAI, Masaaki. Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-1621-0.
- [11] BAUER, Miroslav. Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [12] 5S. Svět produktivity [online]. Prostějov: Productive systems, 2012 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [13] POKA YOKE. IPA Czech: IPA slovník [online]. Český Těšín: IPA Czech, 2007 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/poka-yoke>
- [14] Robotics Stäubli. Rixan Associates [online]. Dayton, Ohio: Stäubli International, 2016 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: http://www.rixan.com/Portals/0/Staubli%20Brochures/Staubli_RX170.pdf
- [15] Technologie svařování. Fakulta strojního inženýrství: Ústav strojírenské technologie [online]. Brno: Ing. Jaroslav Kubíček, b.r. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_vyroby_I_svarovani_kubicek.pdf

- [16] Analýza a měření práce. API - Akademie produktivity a inovací [online]. Železnice: Ing. Jaroslav Dlabač, Ph.D., 2015 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

8 Seznam obrázků

Obrázek 1)	Pobočky společnosti Bosch v České Republice	10
Obrázek 2)	Letecký snímek závodu 3 – Pávov	11
Obrázek 3)	Prvky štíhlé výroby.....	14
Obrázek 4)	JhP standart 5S	15
Obrázek 5)	16 druhů ztrát na strojích	16
Obrázek 6)	JhP kanbanové karty	17
Obrázek 7)	Poka Yoke v praxi - zásobníky na vymežovací podložky	18
Obrázek 8)	Příklad zeštíhlení JhP pracoviště	18
Obrázek 9)	Část standardu JhP	19
Obrázek 10)	Typy railů	20
Obrázek 11)	Popis railu typu XY	21
Obrázek 12)	Uspořádání pracovišť na svařovací lince 3	21
Obrázek 13)	Výsledky metalografické zkoušky:	22
Obrázek 14)	Základní informace o robotu Stäbli	23
Obrázek 15)	Označení robotů.....	24
Obrázek 16)	Analýzy procesů z naměřených časů	25
Obrázek 17)	Prvky nástroje ViCTA videoanalýzy č.1	28
Obrázek 18)	Prvky nástroje ViCTA videoanalýzy č. 2	30

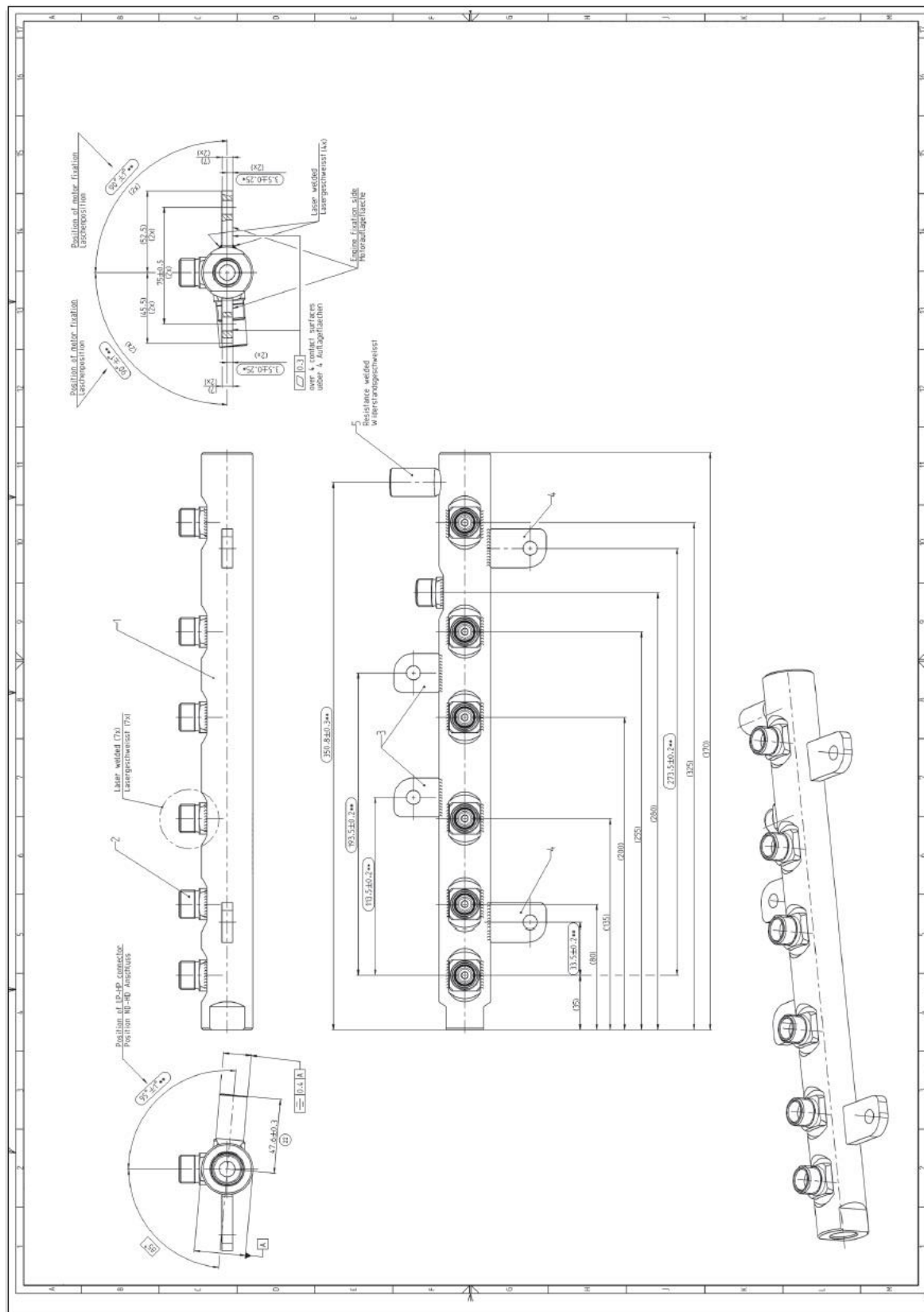
9 Seznam grafů, tabulek

Graf 1)	Taktovací diagram svařovací linky 3.....	26
Graf 2)	Znázornění pohybů u každého robota zvlášť	29
Graf 3)	Znázornění pohybů obou robotů dohromady	31
Graf 4)	Taktovací diagram svařovací linky 3 po videoanalýze	32
Tabulka 1)	Výsledky měření a MTM analýz.....	26

10 Seznam zkratek, symbolů

BPS	B osch P roduction S ystem (Výrobní systém Bosch)
CP3	C ommon R ail P umpe 3 (Vysokotlaké čerpadlo 3)
CP4	C ommon R ail P umpe 4 (Vysokotlaké čerpadlo 4)
CPN5	C ommon R ail P umpe N utzfahrzeuge (Vysokotlaké čerpadlo pro nákladní vozidla)
DRV	D ruck r egelventil (Tlakový regulační ventil)
FIFO	F irst I n, F irst O ut (První dovnitř, první ven)
GmbH	G esellschaft m it b eschränkter H aftung (Podobné českému s. r. o.)
HD	H och d ruck (Vysokotlaký)
HRF	H ot F orged R ail (Kovaný rail)
JhP	Bosch Diesel s. r. o. v Jihlavě
JIT	J ust I n T ime (Právě včas)
LWR	L aser W elded R ail (Laserem svařovaný rail)
MTM	M ethod T ime M easurement (Metoda časového měření)
ND	N ieder d ruck (Nízkotlaký)
OEE	O verall e quipment e ffectiveness (Celková efektivnost zařízení)
TEF	T echnische F unktionen (Technické oddělení)
TH	H auptnutzungszeit (Hlavní činnost stroje)
TN	N ebennutzungszeit (Vedlejší činnost stroje)
TPM	T otal P roductive M aintenance (Absolutně produktivní údržba)
TW	W artezeit (Čas čekání/prostojů)
UI/UP	U nitinjector/ U nit p ump (Rotační vstřikovací čerpadlo)
VE	V erteilereinspritzpumpe (Axiální rotační vstřikovací čerpadlo)
ViCTA	V ideo C ycle T ime A nalysis (Videoanalýza časového cyklu)
VP30	V erteile p umpe (Axiální rotační vstřikovací čerpadlo 3. generace)
VP44	V erteile p umpe (Axiální rotační vstřikovací čerpadlo 4. generace)

11 Přílohy



Příloha 1) Technický výkres railu typu XY [2]

