



Diplomová práce

Návrh procesu a nástrojů lean problem solvingu s implementací prvků průmyslu 4.0

Studijní program:

N0413A050007 Podniková ekonomika

Studijní obor:

Management podnikových procesů

Autor práce:

Bc. Libuše Šimáčková

Vedoucí práce:

Ing. Natalie Pelloneová, Ph.D.

Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Liberec 2023



Zadání diplomové práce

Návrh procesu a nástrojů lean problem solvingu s implementací prvků průmyslu 4.0

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Libuše Šimáčková
<i>Osobní číslo:</i>	E21000341
<i>Studijní program:</i>	N0413A050007 Podniková ekonomika
<i>Specializace:</i>	Management podnikových procesů
<i>Zadávající katedra:</i>	Katedra podnikové ekonomiky a managementu
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Definice lean managementu, jeho stručná historie a principy se zaměřením na proces a metodu PDCA.
2. Definice a charakteristiky průmyslu 4.0.
3. Představení společnosti a oddělení lean managementu.
4. Analýza současného stavu nástrojů a řešení PDCA procesu.
5. Návrh procesu a nástrojů problem solvingu s implementací prvků průmyslu 4.0.
6. Ekonomické zhodnocení, shrnutí výsledků a diskuze.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce:

Jazyk práce:

min. 65 normostran

tištěná/elektronická

Čeština

Seznam odborné literatury:

- ANDRÉ, Jean-Claude, 2019. *Industry 4.0: paradoxes and conflicts*. London: ISTE. ISBN 978-1-78630-482-7.
- BENNETT, Jason a Jennifer BOWEN, 2018. *Lean: 8-in-1 book ultimate collection – lean startup, lean analytics, lean enterprise, kaizen, six sigma, agile project management, kanban, scrum*. England: Independently Published. ISBN 978-1720216292.
- BUFFE, Youri, 2020. *Lean Six Sigma x.0 Statistical Problem Solving: 1. Flow Problems and Lean Management*. Brussels: Lean Six Sigma Belgium & France. ISBN: 9782931059111.
- DEVEZAS, Tesseleno, João LEITÃO a Askar SARYGULOV, 2017. *Industry 4.0: entrepreneurship and structural change in the new digital landscape*. Cham: Springer. ISBN: 978-3-319-49604-7.
- KRAFT, Jiří, Andrej Aleksandrovič ZAJCEV a Aleksandr Vladimirovič ZAJCEV, 2017. *Discovering the lean production secrets on the verge of industry 4.0*. Liberec: Technical University of Liberec. ISBN: 978-80-7494-392-8.
- PROQUEST, 2022. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2022-09-30]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>.

Konzultant: Ing. Hana Šťastná (Lean Coordinator)

Vedoucí práce:

Ing. Natalie Pelloneová, Ph.D.

Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Datum zadání práce:

1. listopadu 2022

Předpokládaný termín odevzdání: 31. srpna 2024

L.S.

doc. Ing. Aleš Kocourek, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Štichhauerová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Anotace

Návrh procesu a nástrojů lean problem solvingu s implementací prvků Průmyslu 4.0

Tato diplomová práce se zaměřuje na proces problem solvingu a jeho nástroje. Na základě literární rešerše a analýzy současného stavu řešení problémů od fáze plánovací až po fázi implementace je navržen zlepšující projekt. Cílem tohoto projektu je zefektivnění a digitalizace problem solvingu a využitých nástrojů za pomoci prvků Průmyslu 4.0 vzhledem k současným možnostem vybraného podniku. Měřítko úspěchu návrhu jsou primárně úspora času seřizovačů, redukce digitální mudy, kvalita sběru dat a také efektivita procesu problem solvingu.

Klíčová slova

Problem solving, lean management, Průmysl 4.0, digitální transformace, tok dat

Annotation

Design of the lean problem-solving process and tools with the implementation of Industry 4.0 elements

The thesis deals with the process of problem solving and its tools. Based on the literature review and the analysis of the current problem-solving process from the planning phase to implementation, a new design is proposed. The aim is to increase efficiency and the digitalization of the problem-solving process and its tools by implementing elements of Industry 4.0 relative to the present capabilities of the selected company. The success metrics of the design are primarily the saved time for setters, reduction of digital muda, the quality of data collecting and finally the efficiency of the problem-solving process as well.

Keywords

Problem solving, lean management, Industry 4.0, digital transformation, data flow

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí této diplomové práce, Ing. Natálii Pelloneové, Ph.D., za metodické vedení a vstřícnost při jejím vypracování a také konzultantce této práce, Ing. Haně Šťastné, za odborné připomínky a ochotu při konzultacích.

Obsah

Seznam ilustrací.....	13
Seznam zkratk.....	14
Úvod	15
1 Metodologická část	16
2 Lean management	18
2.1 Základní principy a metody	20
2.2 Metodologie problem solvingu	24
2.2.1 Přístupy a varianty	25
2.2.2 Základní kroky procesu.....	26
2.2.3 Nástroje a metody.....	27
3 Průmysl 4.0.....	31
3.1 Big data.....	33
3.2 Kyber-fyzikální systémy	35
3.3 Internet věcí	36
3.4 Digitální transformace	37
3.5 PDCA 4.0	39
3.6 Digitální plýtvání.....	42
4 Charakteristika vybrané společnosti.....	44
4.1 Historie společnosti	44
4.2 Základní informace o společnosti.....	45
4.2.1 Společenská odpovědnost	45
4.3 Knorr Production System	46
4.3.1 Oddělení lean managementu.....	47

5	Analýza současného stavu nástrojů a řešení procesu problem solvingu	49
5.1	Fáze plánování	51
5.1.1	Sběr dat	51
5.1.2	Vyhodnocení dat	57
5.1.3	Vizualizace dat	59
5.1.4	Analýza dat	62
5.2	Fáze realizace	64
5.2.1	Návrh akčního plánu a průběh jeho plnění	64
5.2.2	Analýza příčin a důsledků	67
5.3	Fáze kontroly	68
5.4	Fáze implementace	70
6	Návrh procesu a nástrojů problem solvingu s implementací prvků Průmyslu 4.0.	73
6.1	Audit čidel	80
6.2	Tvorba procesních map	85
6.3	Propojení a tvorba reportu v PowerBI	86
6.4	Power Automate a další možnosti transformace	89
7	Ekonomické zhodnocení, shrnutí výsledků a diskuze	91
	Závěr	97
	Seznam použité literatury	99

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Dům TPS	20
Obrázek 2: Struktura A3 reportu	29
Obrázek 3: Technologické pilíře Průmyslu 4.0	32
Obrázek 4: Klasifikace nástrojů Big data v Průmyslu 4.0	34
Obrázek 5: Dům KPS	46
Obrázek 6: Struktura oddělení lean managementu.....	47
Obrázek 7: Linka FP09	52
Obrázek 8: Tok dat	54
Obrázek 9: Obrazovka pro zapisování do Databáze záznamů seřizovače	58
Obrázek 10: Databáze záznamů seřizovače.....	59
Obrázek 11: Rozcestník interních aplikací pro linku FP09.....	60
Obrázek 12: Vývoj prostojů	61
Obrázek 13: Kniha zásahů.....	65
Obrázek 14: Report výkonu.....	66
Obrázek 15: A3 report	70
Obrázek 16: Návrh procesu a nástrojů v reakci na analýzu současného stavu. 74	
Obrázek 17: Analýza zlepšujícího projektu.....	76
Obrázek 18: Zakládací listina projektu.....	77
Obrázek 19: Předběžný plán projektu	78
Obrázek 20: Zmapování rozsahu čidel dle stanic.....	81
Obrázek 21: Checklist auditu	84
Obrázek 22: Úspora při tvorbě datových analýz.....	91
Obrázek 23: Kalkulace využití kapacity seřizovače při manuálních zápisech ..	93

Seznam zkratek

8D	Osm disciplín (k řešení problémů)
CPS	Cyber Physical System (kyber-fyzikální systém)
DMAIC	Define, measure, analyze, improve, control (definovat, měřit, analyzovat, zlepšit a kontrolovat)
JIT	Just in Time (právě včas)
KB	Knorr-Bremse
KPI	Key Performance Indicators (klíčové výkonné ukazatele)
KPS	Knorr Production Systém
LM	Lean management (štíhlé řízení)
OPC	Open Platform Communications
PDCA	Plan, do, check, act (naplánavat, udělat, zkontrolovat a jednat)
PULL	Systém tahu
PLC	Programovatelný logický automat
SP ČR	Svaz průmyslu a dopravy České republiky
TPM	Total Productive Maintenance (totálně produktivní údržba)

Úvod

Tato práce je zaměřená na proces problem solvingu ve vybrané firmě a jeho úroveň digitalizace na vybrané výrobní lince. Zkoumá, jaký je aktuální stav řešení problémů na robotické lince FP09, a to od fáze plánovací do fáze implementace v rámci cyklu PDCA. Při analýze a následném návrhu zlepšujícího projektu se opírá o literární rešerši, která je teoretickým základem pro různé přístupy a principy využití při řešení problémů ve štíhlém řízení výroby. Také se věnuje tématu digitální transformace a s tím spojené digitální zralosti, stejně jako představení základních prvků Průmyslu 4.0.

Synergie lean managementu, kterého se problem solving týká a technologií Průmyslu 4.0 je klíčová pro efektivní řešení současných problémů moderních výrobních linek. Problem solving je zásadní pro zvyšování produktivity a jeho zefektivnění má tak přímý vliv na výkon nejen výroby, ale celého systému ve společnosti. V tom hraje v současnosti i velký podíl digitalizace, jelikož jsou nyní dostupné možnosti k úspoře zdlouhavých manuálních činností při analýzách problémů. Technologie Průmyslu 4.0 představují krok k více efektivnímu a opravdu štíhlému procesu problem solvingu.

Předmět práce byl zvolen na základě osobních zkušeností autorky při řešení projektů problem solvingu. Reaguje na současné nedostatky a navrhuje efektivní a digitalizovaný systém řešení problémů vzhledem k potenciálu, který nabízí vybraná robotická linka. Hlavním cílem práce je navrhnout efektivní a digitalizovaný problem solving na vybrané robotické lince na základě zjištění z provedené analýzy současného stavu. To zahrnuje nejen návrh jednotlivých kroků ke zlepšení procesu řešení problémů, nýbrž i nástrojů k tomu vhodných.

1 Metodologická část

V první teoretické části je provedena literární rešerše a ve které jsou využity sekundární externí i interní zdroje. V rámci sekundárních zdrojů je pracováno především s monografiemi a odbornými články. Interní zdroje v této části představují interní školící dokumenty zkoumané společnosti.

V navazující kapitole, která se zabývá samotnou analýzou současného stavu procesu problem solvingu, je čerpáno především z osobních zkušeností autorky, která se podílela na konkrétních projektech problem solvingu ve firmě, jež jsou v této kapitole analyzovány a také z dodatečných primárních dat zjištěných pozorováním či dotazováním osob zúčastněných v projektech problem solvingu na vybrané lince. Celá kapitola se zaměřuje na průběh celého procesu problem solvingu od počáteční plánovací fáze až po finální fázi implementační.

Také je v této kapitole při analýze současného průběhu provedena analýza aktuálního stavu digitalizace vzhledem k poznatkům z literární rešerše. Jsou tady zmíněny využití technologie i práce s daty z linky během řešení projektů problem solvingu. Je zkoumáno především technické hledisko, a to stav digitalizace procesu, ale i lidský faktor s ohledem na frekvenci využití jednotlivých digitálních nástrojů, které jsou nyní k dispozici pro proces problem solvingu.

Analytická kapitola je proto hlavním zdrojem zjištění pro následný návrh nástrojů a procesu řešení problem solvingu již s implementací prvků Průmyslu 4.0. Představuje důkazovou oporu pro výběr zlepšujícího projektu jako návrh k implementaci pro stanovení základního stupně digitální zralosti a možnost posunout celý proces k digitální transformaci. Cílem této práce je navrhnout efektivní a digitalizovaný proces problem solvingu na vybrané lince. Nicméně, při zajištění úspěchu dle měřítek definovaných v zakládací listině projektu na obrázku č. 17 (str. 78), je možná budoucí implementace navrženého projektu i do ostatních výrobních linek ve společnosti, jež budou splňovat stejná kritéria.

Zlepšující projekt je navržen v rámci kostry cyklu PDCA pro přehled druhu vykonaných činností a jejich váhy ke zlepšení samotného způsobu řešení problémů a využitých nástrojů ve vybrané společnosti. K tomuto účelu jsou rovněž využity některé projektové nástroje.

V poslední kapitole je zhodnocen ekonomický dopad návrhu zlepšujícího projektu. Kalkulovány jsou především kapacitní úspory vzhledem ke zlatému pravidlu leanu, které poukazuje na to, že „*pomalé procesy jsou drahé*“. Proto je efektivnost procesu vypočítána právě přes úsporu času zúčastněných osob, což zrychlí projekty problem solvingu a také přímo navýší jejich frekvenci a výkon linky.

2 Lean management

Pojem lean management je rozsáhlý a zahrnuje nejen principy a jejich nástroje, ale také filozofii myšlení. Následující kapitola se proto bude věnovat vysvětlením jeho základních principů a metodik, nýbrž bude představeno i historické pozadí, na jehož základě lean management vznikl a co vše obnáší. Základní otázka „co je to vlastně lean management“ je nejčastěji vysvětlována za pomoci pěti základních principů štíhlé výroby. Jedná se o definici hodnoty pro zákazníka, identifikaci toku hodnot, vytvoření toku pro odstranění plýtvání, vytvoření tahu a hledání dokonalosti. Jednoduše řečeno, lean management představuje filozofii založenou na systematickém procesu neustálého zlepšování a zvyšování přidané hodnoty činností podniku. (Netland a Powell, 2017)

Hlavními současnými budovateli leanu jsou Womack a Jones, kteří založili Lean Enterprise Academy a Lean Enterprise Institute, kde se pod jejich vedením definoval termín lean. Důraz je kladen na úsporu času a znalostí, které budou potřeba, stejně jako množství kroků ke zvýšení kvality služby zákazníkovi. Jedním ze zlatých pravidel leanu je, že *„pomalé procesy jsou drahé“*. (Bennett a Bowen, 2018)

Definice leanu je proto založena na významu slova plýtvání (tj. aktivita, která nevytváří žádnou přidanou hodnotu), jelikož je jejím pravým opakem. Jak uvádějí Womack a Jones (2013, str. 15) *„Myšlení leanu je štíhlé, protože poskytuje způsob, jak dělat více a více s méně a méně – méně lidského úsilí, méně vybavení, méně času a méně prostoru – a zároveň se přibližovat blíže a blíže k tomu, aby zákazníkům bylo poskytováno přesně to, co chtějí“*.

Lean management je proto považován za standard pro systematické zlepšování produktivit. Nicméně, úspěch tohoto systému je také spojen i s mnoha neúspěšnými pokusy o jeho zavedení. Dle studií (Netland a Powell, 2017; Pierce a Pons, 2019) přezkoumávající již zmíněné základní principy štíhlé výroby, tyto

neúspěchy nastávají, protože je systém lean managementu (dále také LM) využitelný primárně v masové výrobě a nikoli ve všech oblastech průmyslu.

První zlom při vzniku systému lean managementu představovala pásová výroba za pomoci vybudování montážních linek v Severní Americe po první světové válce. Taiichi Ohno a Eiji Toyoda dále v Japonsku po druhé světové válce rozvíjeli koncept štíhlé výroby právě při pásové výrobě Henryho Forda. Avšak se jedná o čistě japonský koncept. I přes vliv americké produkce v rukou Henryho Forda, v základních pilířích leanu přetrvává evidentní japonská filosofie. (Parkes, 2015; Nicholas, 2018)

Došlo ke zdatnému spojení masové výroby a produkce širokého spektra výrobků pouze v malém objemu tzv. Just in Time neboli právě včas (dále také JIT), který představuje jeden ze základních pilířů štíhlé výroby. Fúze prvků jako jsou standardizace práce, toku výroby, plánování, měření a analýzy jednotlivých aktivit operátorů dala vzniknout původu systému Toyota Production System. (Parkes, 2015)

Systém, který společně Taiichi Ohno a Eiji Toyoda navrhli, reprezentuje prototyp dnešního systému lean managementu, a to Toyota Production System (dále TPS). I když se jednalo o systém vyvinutý převážně pro automobilový průmysl, byl rozšířen do širokého spektra průmyslových odvětví. Zhoršený finanční stav Japonské ekonomiky po druhé světové válce oproti Severní Americe podpořil rozvoj prvotních principů systému. Nutnost uskromnit se sebou nesla potřebu pro jednoduchost oproti americkému stylu výroby, která si mohla dovolit plýtvání. Lean management proto představuje preciznost čistě japonské filosofie, ať už byl počáteční vliv či impuls jakýkoliv. (Nicholas, 2018)

Za pomoci snížení času přestavby, menší sériové výroby, toku jednoho kusu, standardizace práce, systému tahu, neustálého zlepšování, preventivního udržování strojů, smluv s dodavateli a kvality jako primárních hodnot, stvořili

zcela inovativní myšlenku systému, který daleko předčil dobu a dále inspiroval systém dnešního lean managementu. (Nicholas, 2018)

2.1 Základní principy a metody

Lean je filozofie řízení organizace pro naplnění vizí a dlouhodobých cílů organizace a také soubor principů a praktických metod, jak daných cílů dosáhnout. Jak lze dle níže uvedeného domu TPS spatřit (viz obrázek č. 1), zaměřuje se hierarchicky na čtyři hlavní oblasti. První oblast zahrnuje metody pro odhalování plýtvání a stabilizaci procesu. Druhá oblast se věnuje JIT, tedy metodám zajišťující efektivní a plynulé procesy. Třetí se zabývá metodami pro neustálé zlepšování (např. metoda jidoka) a poslední oblast věnuje pozornost lidem, a to především rozvíjení týmové spolupráce při řízení procesů. V samotném jádru domu TPS se nachází trvalé zlepšování, jemuž napomáhá také Kaizen (tj. japonská filozofie zlepšování v malých krocích). (Pro Lean Consulting s.r.o., 2020)



Obrázek 1: Dům TPS

Zdroj: Pro Lean Consulting, 2020

Pro vytvoření a následné udržení tohoto základu je však důležité nejprve vybudovat odpovídající firemní hodnoty a kulturu a také mít transparentní

procesy. Toho druhého lze docílit např. vizuálním managementem. Cílem správně nastavené vizualizace je totiž odhalit odchylky od standardů, identifikovat ztráty, podpořit spolehlivost procesů, zjednodušit komunikaci, zajistit transparentnost a srozumitelnost sdělení, produkce a dalších prvků nutných pro efektivní systém štíhlé výroby. Vizuální management je metoda, jež zviditelňuje vše potřebné v podniku a zjednodušuje jeho chod. Je však důležité omezit informace na nezbytné minimum, aby nedošlo k přehlcení. Dále je potřeba zveřejnit tyto informace včas a především tak, aby bylo možné vše rozpoznat na první pohled. Příkladem může být tzv. andon – alarm, který funguje na základě barevného značení jako semafor a zobrazuje stav výroby. (Tezel a kol., 2016)

Jedním z hlavních principů štíhlé výroby je také čistota a organizace. Znečištěná, nepřehledná a přeplněná zařízení a pracoviště ztěžují práci a často také následně vedou k nekvalitě. Dochází ke ztrátě času hledáním ztracených nástrojů a materiálů, skrytí problémů za špínou, nadbytečnému pohybu a možnosti poškození nástrojů a zařízení. (Nicholas, 2018)

Pro vybudování systému, ve kterém hraje výše zmíněná organizace a čistota podstatnou roli, je často využita metoda 5S. Tato metoda se používá k redukci ztrát optimalizací pracovního prostředí, z hlediska pořádku a čistoty. Metoda 5S je základem pro kontinuální zlepšování a je využitelná nejen pro výrobu, ale také pro administrativu. Zvyšuje efektivitu použití nástrojů, snižuje časovou náročnost úkonů a liská pracovní síla je lépe využita. (Filip a Marascu-Klein, 2015)

Pomocí této metody lze dosáhnout trvale čistého, přehledného a organizovaného pracoviště. Jelikož čistota a řád jsou základem pro kvalitní a bezchybnou práci. Metoda 5S je založena na pěti základních krocích, a to separovat (jap. seiri), systematizovat (jap. seiton), stále čistit (jap. seiso), standardizovat (jap. seiketsu) a sebedisciplína (jap. shitsuke). Nejprve je nutné vytřídit nepotřebné věci. Potom ty potřebné uspořádat a označit. A dále čistit, vytvořit standard a tento stav udržovat a zlepšovat. Nicméně, také bezpečnost práce může být považována jako další šesté S. (Omogbai a Salonitis, 2017)

System lean managementu je založen na jednoduchosti, a proto je tak úspěšný. Jeho cílem je odstranění aktivit, jenž reprezentují plýtvání pro zákazníka a nepředstavují přidanou hodnotu. Hnacím motorem štíhlé výroby je nastavení produkce tak, aby všechny činnosti operátorů měly přímo přidanou hodnotu pro zákazníka a výroba nebyla přerušována. Nejprve je proto zásadní plýtvání identifikovat a zviditelnit, což je jedna z nejobtížnějších částí. K tomu je využíván již zmíněný vizuální management. Bez tohoto kroku by jinak nebylo ani možné rozpoznat a následně definovat problém. (Pieńkowski, 2014)

Toyota identifikovala sedm zásadních zdrojů plýtvání neboli **Muda**. Jedná se o nadprodukcí, zásoby, vady/opravy, čekání, komplikovaný proces, transport a pohyb. Často se však s původními sedmi pojí a rovněž označuje jako osmý druh plýtvání také nevyužitý lidský potenciál. (Nicholas, 2018)

Ze všech druhů plýtvání je nadprodukce tím nejvýraznějším. Nastává v případě, že jsou produkty vyrobeny v předstihu či jejich kvantita přesahuje poptávku zákazníka. Tím tak podnik plýtvá časem i prostorem nutným k uskladnění vzniklých nadbytečných zásob. Z toho důvodu tak plýtvá rovněž penězi, jelikož čas i prostor je nutné financovat. Je považována za nejhorší druh plýtvání, jelikož pokud dochází k nadprodukcí, velice často pak tento jev vede k dalším druhům plýtvání. Nadprodukce proto dává vzniknout dalším druhům plýtvání. (Phil, 2018)

Dalším plýtváním je čekání, ke kterému může dojít, pokud jsou například operátoři či stroje nečinné a neprodukují tak přidanou hodnotu pro zákazníka. Transport a pohyb jsou ztráty, jež jsou zaměřeny na zbytečné pohyby dílů, produktů i operátorů. Ty lze eliminovat například vhodným rozvržením pracoviště. Transport se liší od pohybu tím, že řeší nadbytečnou manipulaci s materiálem či jeho dopravu oproti pohybu, který představuje nepotřebný pohyb či chůzi operátora při výkonu standardní činnosti. (Pieńkowski, 2014)

Naopak plýtvání v podobě komplikovaného procesu poukazuje na to, že plýtváním může být i příliš komplexní zpracování produktu, nesmyslné množství

kontrol či balení finálního produktu. Jsou jím tak činnosti, které přímo souvisí se zpracováním produktů, ale nejsou pro finální produkt vyžadované. Příčinou tohoto plýtvání může být například špatný design produktu, nedostatečně definované normy, a tak i nedostatečná flexibilita. Dále plýtvání v podobě zásob ukazuje, že nadbytečné zásoby a manipulace s nimi vytvoří další druhy plýtvání. V neposlední řadě vady či opravy jsou plýtváním v podobě defektů produktů, které vedou k přepracování a ostatním nadbytečným činnostem v případě, že by bylo chybám předcházeno. (Pieńkowski, 2014)

Na základě již zmíněných principů štíhlé výroby jako jsou primárně vizuální management a eliminace plýtvání je podnik schopný připravit prostředí, ve kterém je možné dále rozvíjet další principy a nástroje štíhlé výroby. Jedná se tak o přípravu i pro vytvoření standardů, jelikož standardní a stabilní procesy vyžadují, aby bylo možné identifikovat aktivity přidané hodnoty a plýtvání. Standard je základem zlepšování, který popisuje prozatím nejlepší známý postup a zajišťuje možnost opakovatelnosti procesu napříč celým podnikem. (Pro Lean Consulting s.r.o., 2020)

A protože je cílem podniku nastavit stabilní výrobní procesy, vysokou produktivitu i flexibilitu za vysoké kvality a minimálních výkyvů, přichází na řadu vyrovnané plánování. Identifikace a odstranění plýtvání je vhodným začátkem, avšak pro plynulou výrobu to není dostačující. Rovněž je důležité vybrat správnou sekvenci toku výroby. K tomu je třeba zohlednit nejenom jednotlivé schéma činností pracovníků, ale také standardizaci práce, efektivní design produktu a další. (Htun et al., 2019)

Jedním z neodmyslitelných prvků vyrovnané výroby je výroba JIT, která reprezentuje podstatnou část japonské filozofie využívané ve výrobě. JIT také překračuje filozofický rámec a představuje i kontrolní mechanismus a nástroj štíhlé výroby. Podstatou metody je mít správné produkty ve správné kvantitě i čase. JIT v zásadě zjednodušuje tok materiálů od dodavatelů přes výrobní

proces až k zákazníkům. Tím nejenom zrychluje výrobní proces, ale také snižuje náklady na uskladnění zásob a zvyšuje poměr obratu kapitálu. (Htun et al., 2019)

Pro úspěšné uplatnění JIT je potřeba nejprve nastavit vhodné výrobní prostředí. Je všudypřítomnou filosofií protkanou v celé výrobě. Výrobní linky mohou produkovat v JIT pouze pokud k tomu existuje uzpůsobené prostředí za pomoci již zmíněných principů leanu. Esenciální podstatou pro vytvoření JIT prostředí je redukce či přímo eliminace aktivit, které nemají pro zákazníka žádnou přidanou hodnotu a jsou plýtváním. (Htun et al., 2019)

2.2 Metodologie problem solvingu

Pojetí problem solvingu souvisí s potřebou vytvoření jednoduchého procesu řešení komplexních problémů na různých úrovních obtížnosti. Jedná se o metodologii, jež je protkaná v celém domu TPS a systému štíhlé výroby. Představuje strukturované řešení problémů, které mohou nastat nejenom ve výrobním prostředí, ale i na administrativní úrovni. (Samantha, 2019)

Problém nastává v případě, že existuje rozdíl mezi aktuálním stavem a ideální či standardní situací. Z toho důvodu je potřeba mít jasně stanovené standardy a cíle, se kterými lze současné situace srovnávat. Jak říkal Albert Einstein: „Pokud bych měl jednu hodinu na záchranu světa, strávil bych 55 minut na definici problému, a jen 5 minut hledáním řešení.“ A to z toho důvodu, jelikož kvalitně popsaný problém je problém z poloviny vyřešen. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Nicméně, řešení problémů není pouze čistě metodické, ale je také součástí lean myšlení. Jedná se o část rozsáhlejšího procesu, který zahrnuje odhalování problémů, jejich vymezení a analýzu. Řešení problémů je proces, díky němuž lze přijít na to, jak postupovat od současného problémového stavu k požadovanému cílovému stavu, a tím nastavit nový standard. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

2.2.1 Přístupy a varianty

Jedním z hlavních přístupů k systematickému řešení problémů je **Osm disciplín (8D)** řešení problémů. Je to metoda vyvinutá ve společnosti Ford Motor Company typicky používaná technologickými inženýry nebo jinými odborníky. Zaměřuje se na zlepšování produktů a procesů. Jejím účelem je tak identifikovat, opravit a odstranit opakující se problémy. Jednotlivé disciplíny jsou řešeny v tomto pořadí: D0 plán řešení problému a určení podmínek, D1 vytvoření týmu, D2 popsání problému, D3 vypracování okamžitého opatření, D4 analyzování příčiny, D5 provedení nápravného opatření, D6 ověření trvalé opravy a D7 zabránění opakování a D8 poblahopřání týmu. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Dalším a jedním z hlavních metod k řešení problémů v systému štihlé výroby je sedmikrokový systematický proces **Toyota**, který pečlivě vymezuje problém, zjišťuje jeho skutečnou kořenovou příčinu a využívá řízené experimenty k testování opatření, aby se zajistilo, že problém bude vyřešen jednou provždy. Tento systém je základním stavebním kamenem úspěchu společnosti Toyota a je praktikován všemi zaměstnanci, a to ve všech úrovních společnosti. Sedm procesních kroků představují: počáteční vnímání problému, objasnění problému, vyhledání místa příčiny, vyšetření příčiny, vytvoření opatření, vyhodnocení a následná standardizace. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Oproti tomu metoda **Kepner-Tregoe** udává důraz na rozhodování. Jedná se o strukturovanou metodiku shromažďování informací, jejich prioritizaci a následné vyhodnocení. Myšlenkou není najít dokonalé řešení, ale spíše nejlepší možné rozhodnutí pro vyřešení daného problému, založené na dosažení výsledku s minimálními negativními důsledky. Jedná se o systematickou techniku, která řídí kritické myšlení, aby maximalizovala odbornost a efektivně využívala data v pěti krocích, a to obdobně jako u předchozích metod. Tyto kroky jsou definovat, generovat, rozhodnout se, implementovat a vyhodnotit. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Obdobné postupy jsou využívány také v metodě **DMAIC**. Kroky v tomto procesu kopírují název metody, a to: definovat, měřit, analyzovat, zlepšit a kontrolovat (angl. define, measure, analyze, improve, control). Dále se používají i v metodologii Six Sigma. Většina částí cyklu DMAIC spočívá v konání postupných malých kroků, během kterých je určeno a implementováno řešení až ve fázi zlepšování. Tento přístup se zabývá z velké části nejdříve komplexní analýzou samotného problému, než jsou zkoušena nápravná opatření. (Buffe, 2020)

A3 problem solving je dalším přístupem a zároveň za pomoci A3 reportu představuje současně i nástroj problém solvingu. A3 je formát vyvinutý společností Toyota pro zaznamenání průběhu zlepšování. A3 má dvě základní funkce. První je využití jako metoda pro podávání návrhů a druhou jako prostředek pro podávání zpráv o realizovaných a schválených opatřeních. Myšlenka A3 je prostá. Jde o sdělení návrhu řešení na jednom listu papíru A3, jelikož ve výrobních podnicích není vždy čas na to, číst složky dat pro pochopení problému či situace. Metoda A3 proto účinně zhušťuje velké množství dat do snadno čitelného a srozumitelného formátu. (Matthews, 2018)

2.2.2 Základní kroky procesu

Jak je již zřejmé z výčtu některých metod a přístupů k problem solvingu, lze si povšimnout jisté podobnosti ve struktuře analýzy a řešení problémů. Pro mnoho zaměstnanců, ať zkušených nebo méně zkušených, je různorodost přístupů k řešení problémů matoucí. Ale mezi těmito přístupy není nakonec tolik rozdílů, jak by se dalo očekávat. Všechny odlišnosti závisí pouze na typu zkoumaného problému, který je třeba vyřešit, a také na jeho rozsahu. Všechny tyto přístupy mají společný metodický systém řešení problémů. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Kromě toho mohou být různé fáze každého přístupu implementovány do fází ostatních metod, neboť mají všechny již zmíněnou podobnou strukturu, a to koncepci **PDCA**. Tato metoda zahrnuje kroky naplánovat, udělat, zkontrolovat

a jednat (angl. plan, do, check, act). PDCA se používá pro středně velké problémy, přičemž poslední fáze „jednat“ znamená, že cyklus PDCA by měl začít znovu, tedy ve smyslu procesu neustálého zlepšování. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Koncepční rámec PDCA se používá k podpoře a koordinaci každodenního rutinního řízení, obecných procesů řešení problémů, úsilí o neustálé zlepšování a také k podpoře výrobního procesu. Metoda PDCA tak může být využita jako indikátor k měření výkonnosti nebo i jako nejlepší způsob pro pochopení a vytvoření vize při zlepšování výrobního procesu. (Amin a kol., 2018)

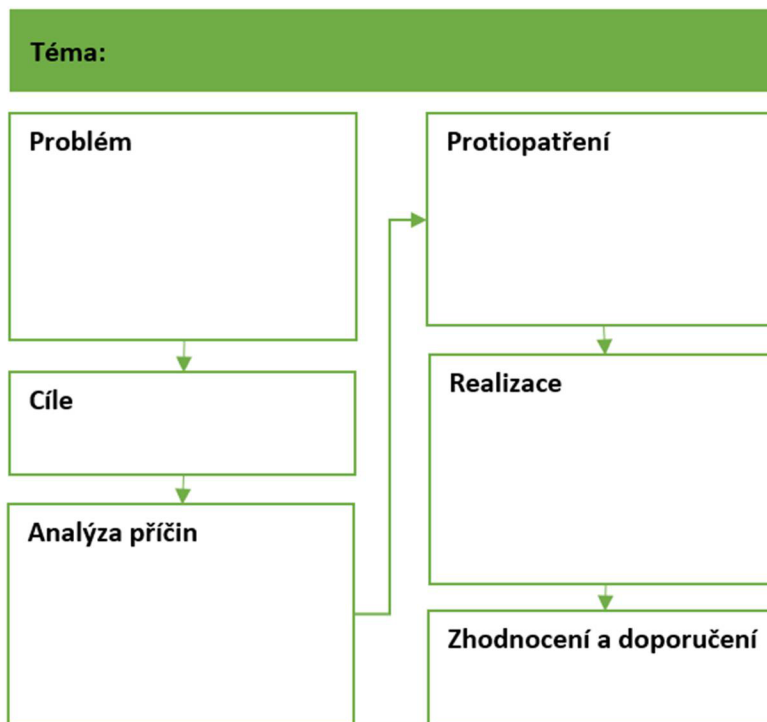
2.2.3 Nástroje a metody

Nástroje a metody lze rozdělit dle jejich využití v jednotlivých fázích konceptu PDCA. Ve fázi plánování mohou být aplikovány tyto nástroje: GAP analýza, analýza stromu poruchových stavů (FTA, angl. fault tree analysis), brainstorming, analýza plýtvání, procesní mapy a další. Jejich společným znakem je snaha o zmapování procesu a nalezení přesného problému pro možnost naplánovat další kroky vedoucí k jeho vyřešení. GAP analýza je technika pro definování odchylky mezi současným a navrhovaným stavem jakéhokoli podniku a jeho funkcí. Skládá se ze dvou základních otázek, a to kde se nacházíme a kde chceme být. FTA metoda na druhou stranu využívá grafického zobrazení pro zjištění, jak jsou problémy vedeny celým systémem a ve kterých oblastech se primárně vyskytují. Analýza plýtvání a procesní mapy jsou v tomto ohledu velice podobné. Brainstorming je na rozdíl od ostatních spíše technika pro generování nápadů. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018; Marra a kol., 2017; Ruijters a Stoelinga, 2015)

Druhá fáze PDCA tj. „dělat“ zahrnuje nástroje, jejichž účelem je na základě výstupu z první fáze systematicky vykonávat kroky k eliminaci nalezeného problému. Jedná se o Ganttův diagram pro analýzu časového harmonogramu (lze jej však využít i v plánovací fázi), školení na pracovišti, metody sběru dat, vzorkování, kontrolní diagramy apod. Fáze „zkontrolovat“ poté využívá

grafických analýz, Pareto diagramu, metod skupinového rozhodování a analýzy příčin a následků pro zjištění, zda nápravná opatření a provedené kroky přispěly ke zlepšení. Dle výstupu z této fáze jsou poté ve fázi „jednat“ užity kontrolní formuláře a diagramy, standardizace a jiné nástroje ke zhodnocení a případnému implementování řešení kroků předchozích fází. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

V rámci A3 problem solvingu je oproti klasickému PDCA použito menší množství nástrojů i vzhledem k menšímu rozsahu řešených problémů. A3 problem solving je totiž koncept řešení problému v různorodých funkčních týmech. Nejprve je za pomoci rozpadu jednotlivých okolností vedoucích k identifikovanému problému a grafického zobrazení popsán daný problém. Poté následuje analýza kořenových příčin (Ishikawa diagram) problému v souvislosti s 5 x proč v místě, kde problém nastal s tím, že konečným cílem je eliminovat možnost opakování problémů právě opakováním cyklu PDCA. Definice protiopatření jsou navrhovány primárně pomocí brainstormingu a jiných subjektivních metod skupinového rozhodování. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)



Obrázek 2: Struktura A3 reportu

Zdroj: vlastní zpracování dle předlohy Matthews, 2018

A3 problem solving je zároveň přístupem řešení problémů pomocí A3 reportu zobrazeného na obrázku č. 2, který má jasně danou obecnou strukturu, jež by měla zahrnovat vše, co je potřeba pro shrnutí procesu řešení problému na jedné straně o velikosti A3. V tomto reportu jsou zahrnuty nejen již zmíněné techniky a nástroje pro A3 problem solvingu, ale také veškeré informace spojené s již zmíněným postupem řešení. (Matthews, 2018)

Struktura A3 reportu je rozdělena do sedmi různých částí. Prvních pět částí se vztahuje k plánovací fázi A3 problem solvingu, kdy je problém definován, analyzován a jsou určena protiopatření. První část představuje téma neboli oblast řešení problému. Část druhá, která se zabývá samotným problémem, informuje o současném stavu, odchylkách od standardu a definuje hlavní otázky týkající se vzniku, rozsahu a výskytu problému. Třetí část popisuje cíle a kroky problem solvingu, jež jsou určeny na základě definice problému v předchozí části. Dále je v čtvrté části shrnuta analýza příčin, a to nejčastěji za pomoci Ishikawa diagramu,

kdy jsou v rámci různých kategorií podrobně rozebrány možné příčiny problému až je nalezena kořenová příčina. Rovněž na to navazuje metoda 5 x proč, kdy je pěti otázkami ověřeno, zda je zjištěná příčina opravdu jádrem problému. V páté části jsou poté na základě analýzy uvedena protiopatření, ať už krátkodobá či dlouhodobá s jejich vysvětlením v souvislosti s příčinou problému. (Matthews, 2018)

V šesté části se po vytvoření plánu řešení v předchozích částech následně pokračuje k realizaci jednotlivých protiopatření a uvedení výsledků řešení problému. V poslední části jsou poté výsledky protiopatření v souvislosti s řešeným problémem zhodnoceny a jsou navržena doporučení a kontroly pro další postup. (Matthews, 2018)

3 Průmysl 4.0

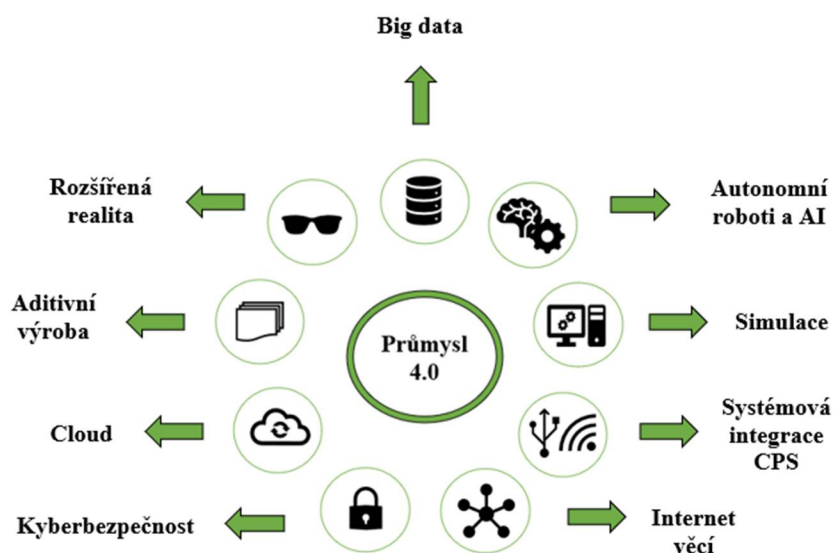
Průmysl 4.0 představuje synergické spojení fyzikálního a kybernetického prostoru. Za využití technologií a konceptů jako jsou rozšířená realita, aditivní výroba, big data, roboti atd. je možné zautomatizovat základy průmyslu. Dochází k realizaci jak horizontální integrace, která je spojením informačního toku s výrobou v reálném čase, ale také k vertikální integraci, jež transformuje tradiční výrobní systém na moderní systém řízený informačními technologiemi. Nicméně využití pokrokových technologií samo o sobě neznačí Průmysl 4.0. Naopak, změnou je dopad na koncepci výroby produktů, jejich distribuci, a především způsob, jakým firmy řeší hodnotu výrobku. (Khan a kol., 2017; Klingenberg a Antunes, 2017) Tato kapitola se proto bude věnovat objasněním tohoto konceptu i technologií, které nabízí samostatně i v reakci na systém štíhlého řízení výroby v předchozí kapitole.

Pojem Průmysl 4.0 byl poprvé uveden v roce 2011 v článku německé vlády jako strategie špičkové technologie. V roce 2013 byl tento pojem dále představen a zaveden jako koncept na průmyslovém veletrhu v německém Hannoveru a překvapivě rychle se stal německou národní strategií. V současnosti se jedná o široce diskutovaný koncept, který bývá dále rozvíjen v různých průmyslových odvětvích a informačním průmyslu. (Zhou a kol., 2015)

Chytrá továrna je jedním z možných výstupů finalizace konceptu Průmyslu 4.0. Jedná se o výrobní systém, ve kterém stroje i lidé mezi sebou přirozeně komunikují a reagují v reálném čase bez jakýchkoli obtíží. Představuje plnou a aktivní synergii lidského faktoru a technologií, jež významně počítá s kvalitním sběrem dat a inovativní informační infrastrukturou. Průmysl 4.0 totiž vyžaduje 100% propojení každého prvku, který vstupuje do výrobního systému přes zavedenou informační infrastrukturu. Důležité je také klást důraz na bezpečnost a spolehlivost tohoto komunikačního toku. (Ghobakhloo a Fathi, 2019)

Nicméně, Průmysl 4.0 nepředstavuje alternativu lean managementu v podobě chytré továrny. Naopak, dle Rosin (2020) prvky Průmyslu 4.0 nemohou nahradit principy leanu, nýbrž je pouze zefektivní. Nejčastěji navrhovanými technologiemi k jejich zlepšení jsou internet věcí a simulační technologie. Průmysl 4.0 proto nabízí způsob, jak napomoci neustálému zlepšování v rámci zavádění systému lean managementu jako takového, ale také přímo transformace systému samotného. (Rosin, 2020)

V rámci Průmyslu 4.0 jsou rovněž již zmíněné technologie navrhované pro rozvoj LM označeny jako jedny z technologických pilířů Průmyslu 4.0. Na obrázku č. 3 je uvedeno všech devět hlavních technologických pilířů spojovaných s Průmyslem 4.0. (Benotsmane a kol., 2019)



Obrázek 3: Technologické pilíře Průmyslu 4.0

Zdroj: vlastní zpracování dle předlohy Benotsmane a kol., 2019

Jedním z vyobrazených pilířů jsou autonomní roboti a AI (angl. Artificial Intelligence), které zahrnují technologie inteligentních strojů, spolupracujících robotů a dalších řídicích jednotek. Dalším je systémová integrace CPS (angl. Cyberphysical systems), tedy propojení kybernetických i fyzikálních systémů z hlediska celého podnikového procesu. Na což navazují Big data, které jsou konceptem optimalizace sběru a analýzy velkého množství dat v reálném čase.

K vizualizaci výstupů těchto dat poté mohou sloužit simulační technologie, jež mohou digitálně modelovat výrobní procesy. (Benotsmane a kol., 2019)

Technologickým pilířem je také nezbytná kybernetická bezpečnost za účelem ochrany pokročilých systémů Průmyslu 4.0. Také využití cloudu pro přenos a propojení velkého množství dat je jednou z potřebných technologií v Průmyslu 4.0. pro zajištění propojení jednotlivých dat i pro účely již zmíněných technologií. Rozšířená realita následně umožňuje vizualizaci výrobních procesů ve virtuálním prostředí digitalizací reality a internet věcí naopak přispívá částečně jako cloud k propojení a komunikaci různých zařízení, a to nejenom pomocí síťového spojení, ale také výměnou dat mezi zařízeními. (Benotsmane a kol., 2019)

Další pokrokovou technologií představuje aditivní výroba, která umožňuje 3D tisk vrstvu po vrstvě a na druhou stranu od ostatních technologií, transformaci samotného kroku výroby. Jednou z hlavních předností aditivní výroby je možnost tisku jakéhokoli dílu. Je téměř bez omezení na požadavky tvaru i složitosti, což společně přináší přidanou hodnotu v možnosti plně přizpůsobit daný díl své výrobě a požadavkům. (Devezas, 2017)

Některé z těchto technologií budou v dalších podkapitolách podrobněji představeny v souvislosti s jejich významem pro uchopení synergie konceptů LM a Průmyslu 4.0 v oblasti problem solvingu. Nicméně i přesto, že nebudou v této práci podrobně zmíněny veškeré technologické pilíře Průmyslu 4.0, neznamená to, že nedisponují přidanou hodnotou pro lean 4.0.

3.1 Big data

Big data reprezentují koncept, ve kterém je složité veškerá data sbírat, ukládat, spravovat a vyhodnocovat tradičními nástroji. Jsou odpovědí na otázku problematiky stabilizace a zajištění komplexního informačního systému Průmyslu 4.0. Jelikož právě automatizace procesů v chytré továrně mění data generovaná výrobou na big data. Prvky Průmyslu 4.0 jako jsou roboti, senzory, programovatelné logické automaty (dále PLC), bezdrátová zařízení a další tvoří

podstatu konceptu big data. Z toho jsou senzory, akční členy a PLC hlavními zdroji těchto dat v automobilovém průmyslu. (Khan a kol., 2017)

PLC je programovatelná jednotka, kde se jsou uloženy instrukce pro automatizaci a přijímá rozhodnutí na základě vstupních dat ze senzorů, zatímco akční členy pracují na základě pokynů PLC. Vstupní data ze senzorů jsou získávána tak, že senzor mění fyzikální stav nebo činnost na elektrický signál. Tento signál je poté přijímán PLC pro další účely automatizace. Velké množství strojů i robotů ve výrobě tyto senzory má. A jelikož je možné získávat data i z jejich vnějšího prostředí, např. ke snímání tepla nějakého stroje nebo jeho okolí, získávání dat ze senzorů v Průmyslu 4.0 představuje výzvu pro prediktivní zamezení poruch strojů a nalezení alternativního řešení v předstihu. Naopak oproti senzorům, akční členy přijímají elektrický signál z PLC a ten poté převádí na fyzickou činnost. Nicméně, senzory, akční členy a PLC jsou vyrobeny různými dodavateli a generují různorodá data, která jsou velkou výzvou pro Big data. (Khan a kol., 2017)

Aby bylo možné získat kvalitní výstupy z těchto technologií, vyvstává na povrch nutnost disponovat vhodnými nástroji k opravdu kvalitnímu zpracování a analýze těchto dat pro další využití v podnikových činnostech. Níže na obrázku č. 4 je představena klasifikace daných nástrojů v souvislosti s jejich rolí v konceptu Big data v Průmyslu 4.0. (Xu a Duan, 2019)



Obrázek 4: Klasifikace nástrojů Big data v Průmyslu 4.0

Zdroj: vlastní zpracování dle předlohy Xu a Duan, 2019

Existují dvě hlavní rozdělení nástrojů, které se vztahují ke konceptu Big data v Průmyslu 4.0, a to na systémovou infrastrukturu a datovou analytiku, jak je znázorněno na obrázku č. 4. Infrastruktura systému zajišťuje a dohlíží na propojení komunikace dat v reálném čase mezi různými zařízeními. Oproti tomu se datová analytika zabývá spíše zlepšením personalizace výrobků a efektivním využitím zdrojů. K oběma oblastem se dále vztahují témata adaptivity, bezpečnosti a odolnosti v souvislosti s jejich nástroji. (Xu a Duan, 2019)

Dále, jelikož je oblast systémové infrastruktury spojena s cílem a udržením propojení jednotlivých zařízení a jejich dat, úzce tak souvisí i s potřebou kvalitního sběru těchto dat, jejich uchováním a přenosem skrze databáze a následnou distribucí napříč systémy. Další důležitou oblastí je již zmíněná datová analytika, jenž zahrnuje nástroje pro zpracování výstupů z dat systémové infrastruktury. Existuje mnoho různých typů metod, které lze rozdělit do tří zásadních: popisná analytika, prediktivní analytika a preskriptivní analytika. Popisná analytika se zabývá popisem dat a jejich souvislostí v minulosti. Další metoda prediktivní analytiky, jak již z názvu také vyplývá, předpovídá obraz možných variant budoucnosti, a to na základě popisné analytiky. Poslední ze tří metod zahrnuje nástroje zabývající se tím, jak jednat v současnosti, a to na základě předpovědí prediktivní analytiky. (Xu a Duan, 2019)

3.2 Kyber-fyzikální systémy

Na koncept Big data, představený v předchozí kapitole, poměrně silně navazuje a přímo s ním souvisí kyber-fyzikální systémy. Tyto systémy totiž spojují fyzikalitu výrobních zařízení a zařízení s kybernetickými jednotkami sítě. Jedná se tak o vzájemnou spolupráci hmotných a nehmotných datových základů se schopností monitoringu, kontroly i výpočtů. Tímto proto představují jeden ze základních pilířů myšlenky Průmyslu 4.0. Nicméně, využití potenciálu kyber-fyzikálních systémů (CPS) souvisí s potřebou realizace nástrojů konceptu Big data, a stejně tak pro nástroje konceptu Big data vzniká požadavek na kvalitu CPS. (Jiang, 2018)

CPS jsou proto definovány jako transformační technologie pro řízení propojených systémů mezi jejich výpočetními schopnostmi a fyzickými prostředky. Jedná se o systém několika spolupracujících IT prvků a je určen k řízení fyzických (mechanických či elektronických) objektů. Komunikace probíhá prostřednictvím datové infrastruktury jako je internet. (Wang a Wang, 2016)

Primárně sestává ze dvou funkčních složek, a to pokročilé konektivity a inteligentní správy dat. Pokročilá konektivita zajišťuje možnost získání dat z fyzického světa a v reálném čase se zpětnou vazbou informací kybernetického prostoru. Naopak inteligentní správa dat představuje výpočetní a analytické schopnosti, které vytvářejí tento kybernetický prostor. Některé technologie, které jsou úzce spojeny s CPS, jsou internet věcí, bezdrátové sítě senzorů a cloud. (Wang a Wang, 2016)

3.3 Internet věcí

Internet věcí (angl. Internet of Things, tj. IoT) je klíčovým prvkem Průmyslu 4.0. Lze jej popsat jako technologický koncept, který využívá senzory a další vestavěné zařízení, jejichž prostřednictvím lze v reálném čase shromažďovat data z výrobního prostředí. Tato data pak mohou být sdílena mezi příslušnými výrobními zdroji, a to mezi stroje a lidi, což umožňuje transformaci na více pohotový a inteligentní výrobní systém. Efektivní implementace IoT a dalších přístupů založených na efektivitě, jako je například LM, může nabídnout možnost, jak dosáhnout konkurenceschopnosti a větší udržitelnosti vzhledem k současnému trendu digitalizace a tlaku modernizovat. (Anosike a kol., 2021)

LM představuje kompatibilitu s IoT především ve zlepšení informačního toku, rozhodovacího procesu, zvýšení produktivity a rychlosti reakcí. Dále také využití při principech a metodách LM může vést ke zvýšené potřebě pro technologii jako je IoT pro zlepšení jednotlivých procesů. Nicméně, koncept neustálého zlepšování není vnímán jako jedna z oblastí, kde mohou být zcela využity technologie IoT, jelikož zde hraje a pravděpodobně i nadále bude, hrát kritickou

roli lidský faktor. Zatím neexistuje předpoklad, že by se systémy mohly samy zlepšovat. (Anosike a kol., 2021)

3.4 Digitální transformace

Pojem digitalizace značí přesun datových procesů s využitím technologií do digitální podoby. Nicméně, aby se jednalo o digitální transformaci podniku znamená to nejen tuto digitalizaci dat, ale také celkové změny ve struktuře podnikových systémů, činnostech a propojení využitých technologií. Právě digitální transformace je jedním ze základních pilířů Průmyslu 4.0. (Machado a kol., 2019)

Digitální transformace je rovněž popisována jako způsob využití technologií k exponenciálnímu zlepšení podnikových procesů. A jelikož dochází k neustálému zlepšování těchto technologií a změny průmyslového ekosystému, většina firem proto musí zahrnout digitální transformaci v kořenech své základní strategie pro zajištění konkurenceschopnosti podniku. (Heavin a Power, 2018)

Proces digitalizace a její transformace v průmyslové sféře probíhá v různých odvětvích již od 50. let 20. století. Od té doby pokračoval rozvoj technologií a možnosti pokroku výrazně vzrostly. Technologie umožňující monitorování dat v reálném čase, digitální asistenti, personalizace i prediktivní analýzy představují jedny z výstupů novodobých technologií současné digitální transformace. (Heavin a Power, 2018)

Nicméně, pro úspěšnou digitální transformaci je třeba, aby byl podnik digitálně připravený do tohoto procesu vstoupit. Úspěšná cesta k digitální zralosti představuje kombinaci investic do pokrokových technologií a zároveň neustálý rozvoj schopností podniku pro řízení procesu transformace. (Machado a kol., 2019)

Aby byl podnik schopný docílit digitální zralosti, musí překonat několik bariér, které brání podnikům přijmout a rozvíjet výzvy transformace Průmyslu 4.0.

Počáteční překážky mohou tvořit nedostatečně připravené strategie, nejasné určení priorit postupu a chaotická struktura digitální transformace. Jedním z hlavních vlastností vyspělého systému je totiž silné a plynulé vedení podniku, jež má jasně definovanou digitální strategii a decentralizovanou komunikaci. (Machado a kol., 2019)

Další bariéry vstupu do digitální transformace pro podniky mohou být nesrozumitelný komunikační tok či nepostačující technologické know-how. Z toho důvodu je potřeba vybudovat jednoznačnou a transparentní komunikaci, stejně tak jako rozvíjet znalostní základy, talenty a schopnosti. Ty představují další ze znaků digitálně vyspělých podniků. (Machado a kol., 2019)

Dále z hlediska českého chápání integrace Průmyslu 4.0 v rámci podniku, je vytyčeno pět základních kroků k posouzení, zda je daný podnik digitálně zralý. Dle Špičky a kol. (2016) musí mít podnik nastavený informační systém, který umožňuje řízení výroby, interaktivní rozhraní softwarů na několika platformách v rámci sběru dat a jejich vyhodnocení, jasně definovanou strategii pro digitální transformaci, integrovanou datovou strukturu a v neposlední řadě platformy, které vytváří prostředí komunikace kybernetických a fyzikálních systémů v jednom podnikovém celku. Podnik je tak schopný individuálně reagovat v průběhu celého výrobního procesu na požadavky zákazníka. (Špička a kol., 2016)

Nicméně, to, že je podnik digitálně zralý, znamená nejen digitalizaci systémů. Digitalizace je pouze nástrojem širší digitální transformace, jejíž cílem je kompletně daty řízená výroba. Pouhými nástroji jsou také ostatní technologie využívané k transformaci. Ačkoli jsou inovativní technologie podstatnou součástí procesu, jádro tvoří jasně a flexibilní transformační strategie zaměřené na srozumitelně definovanou rozhodovací strukturu. Agilita podniku a samotné inovativní smýšlení jsou rovněž prvky podporující základ transformace. (Heavin a Power, 2018)

Schumacher a kol. (2020) proto jmenují čtyři kroky digitální transformace podniku, a to **digitalizaci, virtualizaci, propojení a následně automatizaci**, která je dlouhodobým cílem transformace. Jakmile dojde k digitalizaci a virtualizaci podnikových procesů, dochází ke vzniku nového směru spolupráce člověka a stroje. V rámci stávajících trendů designu výroby a narůstající komplexity činností v již digitální továrně, tak musí přijít na řadu propojení vybudovaných systémů do kyberfyzikálních entit. Tyto budoucí procesy jsou nejen digitálně propojeny, ale také na sebe reagují a plynule komunikují. Metody lean managementu tak budou rozšířeny pro toto nové schéma výroby jak organizačně, tak technologicky. (Schumacher a kol., 2020)

Digitální transformace posouvá a rozvíjí systém leanu. Ačkoli základní strategie leanu zůstávají stále specifická pro konkrétní podnik, výrobní strategie již reagují na digitální transformaci. Procesy jsou pružné a v souladu s Průmyslem 4.0, stejně tak jako základní principy uvedené v kapitole č. 1 díky jejich obecné povaze. Naopak metody a nástroje štíhlé výroby jsou předmětem hlavních změn v rámci transformace, a to nejen jejich integrací do kyberfyzikálních systémů (Schumacher a kol., 2020)

3.5 PDCA 4.0

V Průmyslu 4.0 je zdůrazněn tlak na jasnost strategií, priorit a řešení komplexity výrobního systému. K dosažení cílů Průmyslu 4.0 se objevují pokročilé technologie a potřebné strategie, které mají vést ke zvýšení efektivity procesů při současném snížení provozních nákladů a zachování globálních standardů kvality, kdy se také zrychlí řízení podnikových procesů. Je však třeba poznamenat, že i když je Průmysl 4.0 často představován jako finální řešení, které zajistí eliminaci současných problémů a úspěch firmy v éře digitální transformace, nemůže být implementován, pokud nejsou zavedeny systémové transformace a firma má reálné strategické základy, na které je možno navázat. (Valamede a Akkari, 2020)

V této souvislosti se ukazují možné překážky synergie Průmyslu 4.0 se systémem LM, jehož nástroje a koncepty nejsou plně připraveny na digitalizaci a posun k prediktivnímu modelu řízení s automatickým sběrem dat. Je třeba zajistit nejen komplexní technologické zázemí, ale rovněž transformovat základní systematizaci jednotlivých kroků PDCA. Jelikož by ve chvíli synergie s průmyslem 4.0 vstupoval do tohoto schéma i krok predikce, a to pravděpodobně dříve, než již budou kroky současné kostry tohoto rámce realizovány.

Na druhou stranu LM řeší překážky pružnosti výrobního systému, rychlými změnami poptávky a nízkou objemovou výrobou. Tyto překážky by synergie Průmyslu 4.0 s LM mohla zcela eliminovat. Bylo by totiž možné nejenom více personalizovat jednotlivé výrobky, což jde kupředu s nynějším trendem požadavků zákazníků, a to na základě širší a detailnější datové základny každého výrobního procesu, ale také rychleji reagovat při datech v reálném čase a automatizaci plánovacích systémů. Nicméně, jak už bylo zmíněno, aby koncept problem solvingu a ostatních metod a nástrojů LM mohl být účinně implementován v synergii s průmyslem 4.0, je zapotřební technicky vybavených výrobních linek a automatizovaného systému řízení jejich procesů při zohlednění jasné a pevné strategie firmy umožňující kroky transformace. (Valamede a Akkari, 2020)

Z toho důvodu musí být splněny jisté funkční požadavky, aby koncept PDCA mohl navázat na transformační kroky Průmyslu 4.0. Se změnou rámce PDCA na 4.0 v souladu s Průmyslem 4.0 patří také potřeba systému automatického sběru dat a následně pokročilého nástroje, který by zvládl analýzu tohoto velkého objemu dat. Díky potenciálu Big data je pak také možný i požadavek systému predikce problémů, který úzce souvisí i s analýzou dopadu protipatření před jejich zavedením a dynamickým plánováním zlepšování se systémem alarmů. Tyto analýzy a získaná data by rovněž měly být v reálném čase vizualizovány pro potřeby managementu, aby bylo možné mít systém, u kterého lze jednoduše určit priority zlepšovacích projektů, mít digitální podporu dokumentace, a to průběžně

pro tyto projekty, a organizačně podpůrný systém již osvědčených praktik z minulosti. Ve shrnutí, pro přechod na koncept PDCA 4.0 je žádoucí automatický, prediktivní a inteligentní systém schopný nejenom data sbírat, ale také vizualizovat a následně zanalyzovat v reálném čase. (Peças a kol., 2021)

Očekává se, že využitím možností Průmyslu 4.0 jako jsou technologie pokročilých senzorů, cloud, umělá inteligence, rozšířená realita, Big data či pokročilé analýza a bezdrátová konektivita, zajistí zvýšení efektivity operátorů. Také s tím umožní zrychlení přejímky nových linek či inovativní produktů a optimalizuje zásoby a procesy ve společnosti. Synergie by v tomto ohledu znamenala snížení plýtvání a zvýšení objemu výroby, což by mělo významný vliv na produktivitu společností, pokud by integrovaly nástroje Průmyslu 4.0 s výrobním systémem. (André, 2019)

Jednou z metod využívanou i LM, kterou lze pro usnadnění synergie LM a Průmyslu 4.0 použít, je Kaizen. Jejím cílem je neustálé zlepšování, ale za pomoci malých a postupných změn, a to rozvojem znalostí a kreativity zaměstnanců společnosti. Jelikož právě lidský faktor hraje významnou roli při implementaci inovací, jeho rozvoj a eliminace plýtvání lidského potenciálu budou klíčové. (Kraft et al., 2017)

Koncept PDCA 4.0 využívá již některé zmíněné technologické pilíře Průmyslu 4.0 jako jsou například Big data, a to ke sběru výrobních dat a následnou digitalizaci výrobních procesů, což umožňuje identifikovat kritické aspekty související s výkonností systému prostřednictvím analýzy a mapování klíčových výkonných ukazatelů (dále KPI). Tyto aspekty jsou dále zpracovány prostřednictvím nástrojů Big data pro analýzu a vizualizaci dat, což umožňuje také určení jejich kořenových příčin. Nápravná opatření lze poté testovat prostřednictvím simulačních technologií jako je digitální dvojče. Tento rámec rovněž napomáhá realizaci a zhodnocení zlepšení prostřednictvím zefektivnění a zjednodušení plánování a standardizace činností. Lze říci, že využití technologií Průmyslu 4.0 pro PDCA přispívá k rychlejšímu, transparentnějšímu a efektivnějšímu procesu

založenému na datech, což umožňuje překonat tradiční překážky spojené s realizací LM v některých průmyslových odvětvích. (Peças a kol., 2021)

3.6 Digitální plýtvání

Průmysl 4.0 sebou nese nejenom změnu ve strategiích a činnostech podniku, ale ruku v ruce se tím pojí také struktura zaměstnanců a rozšířené portfolio IT produktů. Výrobní společnosti nabízejí více pracovních míst pro specialisty s technickým vzděláním, zatímco technologové a operátoři se musí přizpůsobovat více a více digitálnímu prostředí. AI je pouze jedním z mnoha příkladů, kde analýza dat hraje významnou roli. U Japonska lze předpokládat dokonce ambice, aby se vývoj AI stal strategickou prioritou a nedávno tak oznámilo nové obory v rámci svých vysokých škol a technických učilištích. Význam a rozsah dat ve výrobním odvětví narůstá, stejně tak jako nástroje pro sběr a interpretaci těchto dat. (Alieva a Von Haartman, 2020)

Jak už bylo řečeno v předešlých podkapitolách, tato digitalizace se rovněž dotýká i LM. I přesto, že tématu plýtvání při implementaci Průmyslu 4.0 a jeho synergii s LM není věnováno příliš pozornosti. Koncept digitálního plýtvání je rozsáhlý a objevuje se v mnoha oblastech, ať už veřejného či soukromého sektoru. Ve výrobních podnicích je spojován se ztracenou digitální příležitostí a schopností využívat možností, jež digitalizace vůči práci s daty zjednodušuje a rozšiřuje. Digitální plýtvání je definováno jako jakákoli nepřidaná hodnota v digitální činnosti lidí, strojů či metod, měření a materiálech v digitalizovaném podniku. (Alieva a Von Haartman, 2020)

Dále je rovněž identifikováno nové rozdělení plýtvání, a to Muda, Muri a Mura digitální povahy. Mura v tomto případě značí nerovnoměrnost mezi požadavky na zpracování dat a možnostmi jejich zpracování. To vede k velkému objemu nevyužitých dat, což představuje Muda. Nejenže tak dochází k plýtvání, ale v zásadě to i více zatěžuje systém v podobě Muri, kdy je proces rozhodování ovlivněn a ztížen tímto velkým objemem dat, jež nemají žádnou přidanou

hodnotu. Tímto nejen končí, ale i začíná celý koloběh digitálního plýtvání, jelikož Muri vede ještě k větší Mura a následně i Muda. (Romero, 2019)

Toto digitální rozdělení plýtvání v zásadě potvrzuje i výzkum Alieva a Von Haartman (2020), kde byly identifikovány tři úrovně digitálního plýtvání ve výrobních procesech. První úroveň je částečná nebo úplná neznalost sběru dat buď o produktu nebo o jeho výrobě, což by se dalo spojit s Murou. Druhou úrovní je netransformace shromažďovaných dat do informací přidané hodnoty, jež mohou zefektivnit výrobní procesy. Tímto poukazuje na vysoký objem nevyužitých dat, tj. Mudu. Třetí a poslední úroveň představuje plýtvání v podobě shromažďování a analýzy dat, které nepřináší žádné zlepšení či jinou přidanou hodnotu. V neposlední řadě lze třetí úroveň spojit s Muri v nedostatku informací přidané hodnoty z datových analýz. Důvodem mohou být nestrukturovaná řešení sběru dat, nevyjasněné a špatně zvolené strategické priority či neopodstatněný sběr dat. Nicméně, stále je toto téma uvedeno jako zcela nový koncept vznikající jako vedlejší produkt Průmyslu 4.0 a není možné zcela vyčíslit dopady postupné digitalizace v oblasti plýtvání. (Alieva a Von Haartman, 2020)

V důsledku toho je však nutné klást důraz na ucelenější a systematictější plánování jednotlivých prvků a priorit strategií pro identifikaci a eliminaci fyzického i digitálního plýtvání ze strany digitálních lean manažerů. Jelikož se již nejedná pouze o tradiční typy plýtvání, na které je vedena pozornost. Nyní více než kdy dříve je důležité identifikovat nejen skrytá plýtvání, ale také oblasti jejich vzniku, které nemusí být tradičně zřejmé. (Romero, 2019)

4 Charakteristika vybrané společnosti

Pro praktickou část této práce bude analyzován současný stav procesu problem solvingu a implementace konceptů a technologií Průmyslu 4.0 ve společnosti Knorr-Bremse, a to konkrétně v jejím libereckém závodě Knorr-Bremse, Systémy pro užitková vozidla, CR, s.r.o.

4.1 Historie společnosti

Společnost Knorr-Bremse GmbH vybuřoval George Knorr v roce 1905 v Berlíně s Loewe & Cie AG. Jako majitel společnosti Carpenter & Schulze již několik let pracoval na zdokonalování vzduchových brzd pro vlaky. Jeho Knorr rapid brzdy napomohly osobním vlakům převážet cestující rychleji a bezpečněji. Dále nastal v roce 1918 průlom s brzdou pro nákladní vlaky a v roce 1922 získala společnost první patent na brzdy nákladních aut. (Knorr-Bremse Group, 2023)

Nicméně, po druhé světové válce byl závod v Berlíně z důvodu válečných reparací zcela zkonfiskován a rozebrán. Zaměstnancům se podařilo zachránit pouze pár technických dokumentací. Avšak v roce 1946 byla společnost znovu založena a roku 1953 vybudováno nové sídlo v Mnichově, které zůstává sídlem společnosti i v současnosti. V následujících čtyřiceti letech tak dochází k obnově společnosti a expanzi produktového portfolia. (Knorr-Bremse Group, 2023)

Zásadní změna nastává v roce 1985, kdy se společnost Knorr-Bremse GmbH spojuje se společností Süddeutsche Bremsen AG a vzniká společnost Knorr-Bremse AG. Heinz Hermann Thiele, jako předseda představenstva, zavádí rozsáhlé strukturální změny. Od 1988 drží rodina Thiele 100 % akcií společnosti Knorr-Bremse AG. Heinz Hermann Thiele zůstal ve své pozici až do své smrti roku 2021. V následujících třiceti letech od roku, kdy vznikla spojená společnost Knorr-Bremse AG, dochází k její expanzi za pomoci joint venture, akvizic, produktového portfolia a inovací v souvislosti s technologickým pokrokem. (Knorr-Bremse Group, 2023)

Co se týče libereckého závodu Knorr-Bremse, jeho historie začala v roce 1957 výrobou hydraulických a mechanických zvedáků v Hejnicích. Od roku 1967 byla zahájena výroba vzduchotlakových brzdových systémů pro nákladní i užitková vozidla, a i když mezi lety 1990-1991 byla vlivem politických změn zvažována likvidace podniku, během 90. let se společnost postupně zcela začlenila pod Knorr-Bremse AG. V roce 2010 byl závod v Hejnicích relokován do průmyslové zóny Liberec Sever. (Knorr-Bremse ČR, 2023)

4.2 Základní informace o společnosti

Společnost Knorr-Bremse je rozdělena v rámci výrobních závodů do dvou divizí, a to kolejní vozidla a nákladní vozidla. Liberecký závod patří do divize nákladních vozidel, kde se produktové portfolio skládá z brzdových systémů, tlumičů, kompresorů, elektronických systémů, ventilů, kotoučových brzd, bubnových brzd, válců, náradí a diagnózy, produktů pro řízení vzduchu motoru, úpravu vzduchu a ovládání převodovky. (Knorr-Bremse ČR, 2023)

Knorr-Bremse má přes 100 lokalit po celém světě ve více než 30 zemích a ke konci roku 2021 měla v Asii 8 763 zaměstnanců, v Evropě 15 512 zaměstnanců a v Americe 6 270 zaměstnanců. (Knorr-Bremse Group, 2023)

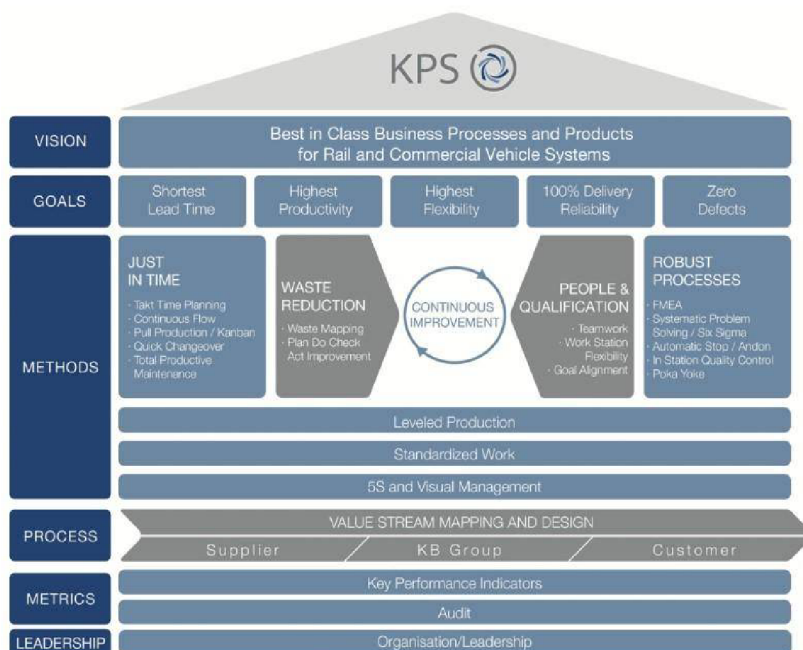
4.2.1 Společenská odpovědnost

Knorr-Bremse dbá ve svých cílech kromě finančních ukazatelů také na dopad společnosti na životní prostředí, společnosti a zaměstnance a také na globální odpovědnost. Do roku 2030 si klade za cíl snížit emise oxidu uhličitého o 50 % a pokračuje ve snaze o kompletní uhlíkovou neutralitu. Rovněž podporuje genderovou rovnost a diverzitu na lokalitách, a to při zajištění výborných pracovních podmínek. V Německu v roce 2021 vyhrála cenu zaměstnavatele roku již devátým rokem po sobě. Ve svých projektech se stará o zajištění finančních i hmotných darů neziskovým organizacím a za jeden z hlavních cílů považuje vést společnost k vytvoření úspěšné udržitelné dopravy. (Knorr-Bremse Group, 2023)

4.3 Knorr Production System

Zavedení Knorr-Bremse Production System (dále KPS) v divizi kolejových vozidel začalo v roce 2002 jako malý zlepšovací projekt s cílem formování týmů a workshopů pro zlepšení výrobního procesu. Nicméně, výsledky byly velice pozitivní a tato iniciativa byla brzy implementována v celosvětových lokalitách Knorr-Bremse. Rovněž divize nákladních vozidel založila svůj vlastní výrobní systém obdobného charakteru, a to Truck Production System. Oba výrobní systémy probíhaly paralelně, avšak v roce 2009 bylo rozhodnuto o jejich sjednocení v jeden společný výrobní systém KPS. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

Modelem pro dům KPS na obrázku č. 5 se stal dům TPS zobrazený na obrázku č. 1 v kapitole Lean management. KPS si klade za cíl neustálé zlepšování a tok hodnot, jak ve výrobě, tak i administrativě od dodavatelů k odběratelům. Tok hodnot je posloupnost činností potřebných k navržení, výrobě a poskytnutí konkrétního zboží nebo služby, a kterým zároveň protékají informace, materiál a práce. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

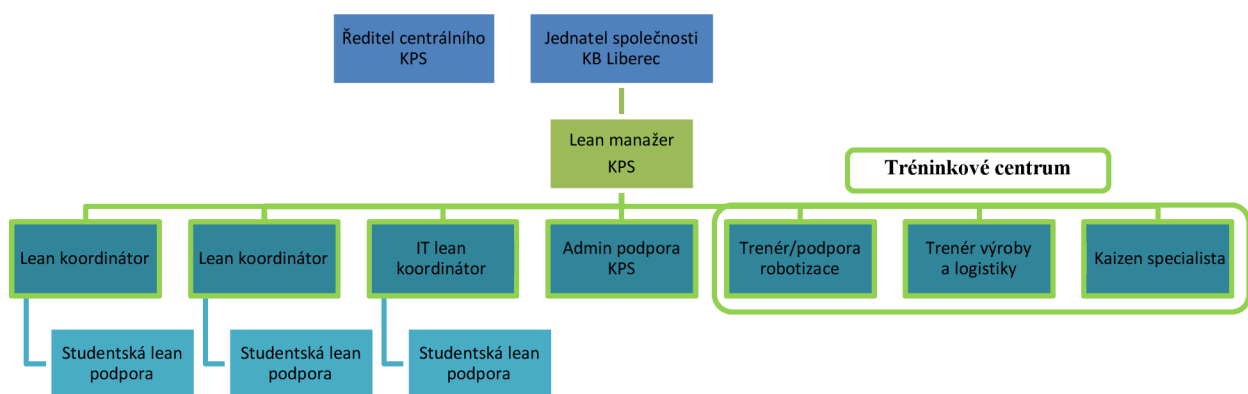


Obrázek 5: Dům KPS

Zdroj: interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018

KPS dům zahrnuje základní principy LM a metody pro analyzování, zlepšování a standardizaci procesů a pracovních postupů v rámci toku hodnot Knorr-Bremse i mimo něj směrem k zákazníkům a dodavatelům. Jádrem a nejdůležitějším cílem v KPS modelu je neustálé zlepšování. Procesy v Knorr-Bremse jsou podporovány základními metodami, kterými jsou vyrovnaná výroba, standardizovaná práce, metoda 5S a vizuální management, společně se čtyřmi pilíři, do kterých patří metoda JIT, lidé a kvalifikace, snížení plýtvání a robustní procesy. V problem solvingu je zahrnut právě v pilíři robustní procesy. (Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018)

4.3.1 Oddělení lean managementu



Obrázek 6: Struktura oddělení lean managementu

Zdroj: vlastní zpracování, 2023

Oddělení lean managementu je v Knorr-Bremse označováno jako oddělení KPS vzhledem k názvu globálního zlepšovateľského projektu společnosti. KPS oddělení se v libereckém závodě skládá z několika různých pozic, jak lze vidět na obrázku č. 6. Celé oddělení vede hlavní lean manažer, který je zároveň v tuto chvíli podřízen jednateli společnosti v Liberci, ale také řediteli centrálního týmu

KPS. Centrální tým KPS zaštiťuje konceptuální rámec KPS a některá školení pro globální lokality Knorr-Bremse.

KPS tým v Liberci má tři hlavní lean koordinátory, kteří mezi sebou mají rozdělené řídicí odpovědnosti. Dále se oddělení skládá z administrativní podpory a také týmu tréninkového centra. Každý ze tří lean koordinátorů má k sobě k dispozici rovněž studentské brigádníky. Zodpovědnosti jsou rozděleny na výrobní oblasti a také metodiky jako jsou SMED, 5S, problem solving a jiné principy a techniky využívané v LM. O tyto hlavní témata v rámci lean principů KPS domu v libereckém závodě se dělí dva lean koordinátoři. IT lean koordinátor následně pracuje na výrobních aplikacích a digitalizaci lean projektů.

Nicméně, administrativní podpora se stará nejenom o oddělení KPS, ale rovněž i o jiné celky. Pracovní náplní je převážně podpora projektů, SRM a jiné činnosti související s běžným operativním chodem společnosti. Naopak tréninkové centrum se skládá ze tří hlavních trenérů, kteří mají na starost školení ve vlastních specializovaných oblastech a také podporu zlepšovatelských projektů výroby a problem solvingu.

5 Analýza současného stavu nástrojů a řešení procesu problem solvingu

Analýza celého procesu problem solvingu bude zpracována výhradně na jedné lince, a to FP09. Tato linka byla vybrána z několika důvodů. Zaprvé, je z velké části zcela automatizována a představuje tak potřebný datový základ pro potenciální využití prvků Průmyslu 4.0 k zefektivnění procesu problem solvingu. Zadruhé, i když je to jedna z linek, která by měla přinášet největší část zisku z výroby, je s ní spojeno mnoho tzv. problem solvingových projektů nejen v minulosti, ale také v současnosti. Zatřetí se jedná o linku, s níž je autorka dobře obeznámena nejen v rámci problem solvingových projektů, nýbrž i v rámci standardizace práce či jiných analýz.

V této práci bude zkoumán stav výše jmenované linky z hlediska využitých nástrojů a metodik problem solvingu. Rovněž bude poskytnut krátký vhled do budoucích plánů implementace i ve spojitosti s vizí centrálního KPS, jelikož jsou s ním spojeny některé využívané nástroje a koncepty. Nicméně, pozornost bude věnována i existujícím technologiím Průmyslu 4.0 v současnosti.

V rámci průzkumu Svazu průmyslu a dopravy České republiky (dále SP ČR) z roku 2022 bylo zjištěno, že digitální zralost firem v ČR i přes mnohé krize v posledních letech a podíl objemu investic na podporu digitální transformace rostou. S ohlednutím na průzkumy z předchozích let však stále zůstává největší překážkou pro zavedení technologií a metodik Průmyslu 4.0 v rámci jednotlivých podniků nedostatek kvalifikovaných pracovníků. Na druhou stranu narůstá podpora IT v opatřeních kybernetické bezpečnosti, kterou firmy vnímají jako důležitý cíl v rámci digitální transformace v příštích dvou letech ve stejné míře jako považují cíl navýšení produktivity. (SP ČR, 2022)

V poslední době vyvstává jak v odborné literatuře, tak dle průzkumu v jednotlivých firmách otázka digitální transformace, jako jedna z hlavních nejenom pro zajištění konkurenceschopnosti a produktivity podniku, ale také

v návaznosti na vnější podněty, jako jsou politické, či ekonomické dopady. V návaznosti na současný trend digitalizace nastává tlak na populární tradiční koncept LM, který však znamená pro štíhlé řízení výroby pozitivní příležitost k plnému rozvoji jeho potenciálu, eliminaci dosavadních překážek implementace LM v některých typech podniků a zefektivnění jeho nástrojů a metodik.

Oblast využití technologií a metod Průmyslu 4.0 bude analyzována v rámci analýzy procesu problem solvingu. Obě části budou propojeny v rámci základní kostry kroků problem solvingu PDCA. V jednotlivých fázích bude analyzována organizace, průběh fáze a využití nástroje a technologie. Rovněž bude v jednotlivých fázích pomocí projektových technik a také jiných metod analýzy zjišťován potenciál synergie s prvky Průmyslu 4.0 a současný stav oblastí, které již digitalizovány jsou.

Nicméně, jelikož bude analýza vedena pouze na jedné výrobní lince a nikoli v rámci celé společnosti, tento audit bude zúžen pouze na oblast vertikální integrace. Vertikální integrace zahrnuje mapování podnikových činností v rámci managementu výroby, plánování a rozvrhování, dohledu nad výrobou, řízení linek/buněk a také řízení strojů. Životní cyklus zařízení a produktů stejně tak jako podpůrné procesy výroby a další podnikové činnosti nebudou předmětem analýzy z důvodu rozsahu této práce.

Důvod, proč je tato práce zaměřena právě na oblast problem solvingu pro návrh zefektivnění procesu je jeho široký rozsah využití v rámci různorodých firemních procesů a také proto, že problem solving představuje součást jednoho z podpůrných pilířů KPS domu. Knorr-Bremse se snaží být nejlepší ve své třídě a neustále zvyšovat svou konkurenceschopnost, a nejenom proto je tak systematické řešení problémů klíčové. Z toho důvodu by s ohledem na přicházející postupnou digitální transformaci měla být oblast problem solvingu jednou z primárních v začlenění pro Průmysl 4.0.

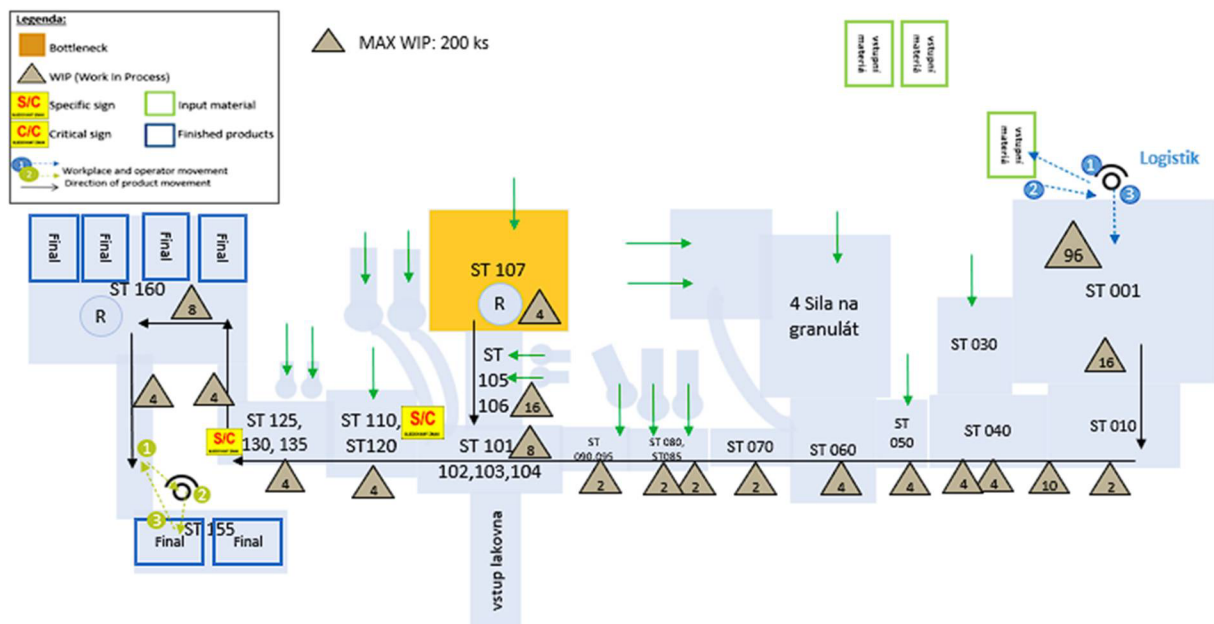
5.1 Fáze plánování

Jelikož je fáze plánování nejdůležitější částí, měla by zabírat přes polovinu celkového času problem solvingu. Tato fáze zpravidla bývá podceněna v mnoha firmách, i přesto, že by měla představovat základní pilíř informací pro zbylé fáze problem solvingu. Prvním krokem jakéhokoli projektu je vyhodnocení kritického místa, tedy nalezení problémů, které jsou prioritou k vyřešení. Tento proces je proveden na základě datové analýzy a také poznatků od seřizovačů, operátorů či jiných osob spjatých s výrobním procesem v dané oblasti.

5.1.1 Sběr dat

Dříve než započne jakákoliv akce v rámci problem solvingu, je nutné ověřit si, zda jsou k dispozici veškerá data k tomu potřebná. Pokud není v oblasti problému nastavený sběr dat či jsou současná data nedostačující, je třeba nejdříve zajistit kvalitní sběr dat. Data jsou jádrem celého problem solvingu a není možno se bez nich obejít, pokud má být problém identifikován a úspěšně vyřešen. Data jsou také jediné přesné východisko pro validaci nápravných opatření, aby bylo možné vyčíslit, jestli má či nemá vliv na problémový proces i jeho rozsah. Bez dat není možné vidět jakékoli dopady, natožpak příčiny. Z toho důvodu bude nejprve objasněn samotný proces sběru dat pro lepší uchopení budoucích analýz a práce s daty v dalších fázích.

Datová analýza a proces sběru dat pro tuto analýzu má několik podob. Zde hraje roli úroveň modernizace výrobní linky, jež určuje množství i typ dat, které je poté možné vytěžit z výrobního procesu. Tato práce se bude věnovat lince FP09, jež je téměř plně robotizovaná a pouze malé procento úkonů je prováděno manuálně operátory.



Obrázek 7: Linka FP09

Zdroj: interní dokument, 2023

Linka FP09, jež je vyobrazena na obrázku č. 7, sestává z 25 stanic. V lince jsou zaznačeny i materiálové toky linky. Na této lince se vyrábí filtrační patry (tj. vzduchové systémy, které suší stlačený vzduch a chrání tím brzdový systém od zamrznutí, koroze i snížením výkonu), proto jsou v názvu linky zastoupena písmena F a P. Výsledné filtrační patry jsou členěny na dva typy, a to STD (tj. standardní bez odlučovače oleje) a dále OSC (tj. patry s odlučovačem oleje). Nicméně, celkových variant je výrazně více v závislosti na diferencii v barvě, vnitřním složení a dalších. O přestavbách a využití stanic je rozhodnuto dle každého odlišujícího se vstupního komponentu.

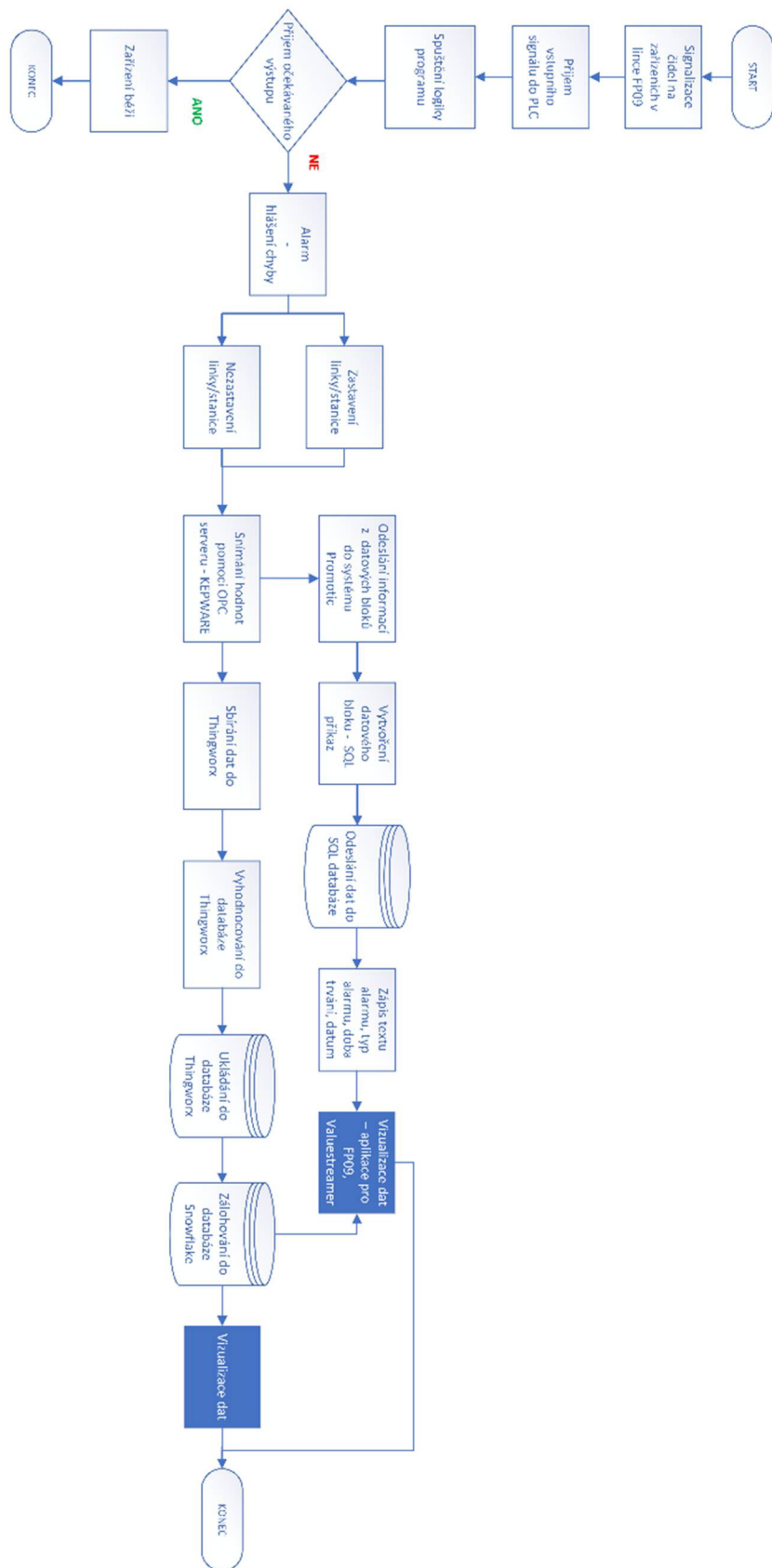
Na lince jsou využity také některé z technologií Průmyslu 4.0 jako jsou kolaborativní roboti, internet věcí či možnost 3D tisku, jež je nově rozšířena v rámci tréninkového centra pro celou výrobu. Pro problem solving je však nejvíce relevantní právě využití platformy internetu věcí, a to Thingworxu, který bude blíže představen v dalších podkapitolách. Kromě toho je linka z větší části zahrazena klecemi a její chod zastává několik robotických a automatizovaných stanic.

Z toho důvodu je možné získat data o problematických místech nejen pozorováním, nýbrž je možné tato data přímo odebírat z jednotlivých strojů a čidel. Na vybrané lince FP09 je rozmístěno velké množství čidel, a to několik typů. K dispozici jsou převážně optická čidla detekující přítomnost dílu, které odvádí informaci o tom, zda se kus na měřené pozici nachází či nikoli. Tímto čidlem je možné regulovat objem dílů, který se nachází v různých částech linky, kde jsou tato čidla umístěna. Na základě této informace si linka vyhodnotí ve svém programu dle nastavení, zda je možné projet další kusy či zastavit, jelikož je linka plná.

Dalším typem čidla, která se nachází na lince, jsou jakostní čidla měřící určitou hodnotu dílu. Čidla mohou měřit a kontrolovat rozměr, barevné spektrum či jinou požadovanou veličinu dílu. To nabízí možnost přímo v průběhu výroby automaticky kontrolovat zmetky, tj. kusy nesplňující požadované charakteristiky. Tyto kusy jsou poté nahlášený a manuálně odebrány či automaticky odkloněny do odebíracího místa zmetků.

Následně jsou využívána také čidla RFID a častěji i čidla indukční. RFID jsou čidla, která snímají unikátní kód umístěný na jednotlivých dílech. Tato informace umožňuje detekovat, který díl již projel danou částí linky a zda obsahuje požadované vlastnosti a veškeré komponenty. Oproti tomu indukční čidla udávají pouze informaci o tom, zda je v měřené části dílu přítomen kov či nikoli. Nicméně čidel je na lince mnoho, a ne vždy jsou logicky popsány, natožpak funkční.

Nefunkčnost čidel se na lince projevuje nejčastěji v chybových hláškách tzv. errorů či nezahlášení erroru. Konkrétně se může jednat o nahlášení nepřítomnosti dílu v měřené oblasti, i když v daném místě díl přítomen je. Z toho vyplývá, že ani alarmy, které se k jednotlivým čidlům vztahují, nejsou zcela přesné. Rovněž pokud nastane na lince error, zhlásí tuto skutečnost ve většině případech několik alarmů najednou z důvodu řetězové reakce čidel a kořenová příčina tak není jednoznačná. Avšak, stále tyto alarmy slouží jako základ dat pro problem solving.



Obrázek 8: Tok dat

Zdroj: vlastní zpracování v programu Visio, 2023

Jak lze vidět v diagramu na obrázku č. 8, všechna zmíněná čidla dále posílají signály do programu PLC. Pokud je splněna logika programu a jsou přijaty i očekávané výstupy z čidel, je vše v pořádku a linka vyrábí. Jako očekávaný výstup si lze představit například díl, který doputoval do předepsané pozice, se správným komponentem atd. Vždy záleží na tom, jak je naprogramován jednotlivý proces.

Pokud nejsou očekávané výstupy z čidla zhlášeny zpět do PLC v rámci intervalu časové prodlevy, jedná se o nesplnění požadavků na daný díl. Tato informace je vyhodnocena jako chyba a dochází ke spuštění alarmů, jež jsou provázány s čidly. Buď se jedná o závažný problém a je vyhlášen červený alarm, který linku zastaví, nebo je chyba malého rozsahu a linka zastavena není.

Poté jsou data z alarmů stáhnuta OPC (angl. Open Platform Communications) serverem (tj. Kepwarem), který tato data standardizuje. Zde je tok dat (viz obrázek č. 8) rozdvojen v závislosti na databázi, do které jsou ukládány. Do databáze SQL, z níž si data stahuje většina interních aplikací a ValueStreamer, jsou data uloženy následujícím způsobem. Z Kepware serveru se odesílají informace do datových bloků (seskupení dat) do systému Promotic, který zde funguje jako prostředník v rámci přeposílání dat. Na základě SQL příkazu jsou z dat utvořeny datové bloky, a ty jsou odeslány do databáze SQL.

Text, který je spojen s adresou daného alarmu je možné upravit dle potřeb. Tedy pokud jsou spuštěny alarmy .X1 a .X2 na stanici 010, je možné nastavit, aby se odeslala specifická hláška, která alespoň částečně upřesňuje error, jež spustily alarmy. Z SQL databáze jsou poté tyto informace z alarmů využity pro vizualizaci interních aplikací a také ValueStreamer.

Druhý způsob, kterým jsou data ukládána je pomocí Kepware přímo do Thingworxu, jež představuje platformu internetu věcí a je využíván pro sběr a následnou vizualizaci dat na výrobních linkách. Ten data z linky sbírá a následně vyhodnocuje do své databáze, kde je rovnou i ukládá. Tyto informace poté

zálohuje ještě do databáze Snowflake (tj. cloudového datového uložení), ze které jsou data vizualizována pro platformu Thingworx menší procento interních aplikací. Data jsou vizualizována až z databáze Snowflake, protože v této databázi jsou data již přehledně vyznačena u všech nových robotických linek, a tímto způsobem je proto jednodušší data vizualizovat.

V případě linky FP09 je možnost získat data ve své primární podobě pouze z již zmíněných čidel. Tedy je možné zjistit, kdy byl daný alarm čidel aktivní, typ alarmů a jeho časové razítko. Tato informace je dostupná na lince u PLC či v již zmíněných databázích SQL, Snowflake či Thingworx.

Nicméně, nejen četnost prostožů na různorodých místech v rámci výrobní linky znemožňuje sběr přesných dat, který je klíčovým pro úspěšný problem solving. Dalším zásadním faktorem je také nutnost manuálního vstupu seřizovače do aplikací, i když nyní již za pomoci čtečky. Jestliže se na tabletu, vizualizaci (obrazovce) nad linkou seřizovače rozsvítí alarm na lince u některého z čidel, popř. proběhne signalizace alarmů sirénou, musí správně naskenovat kód prostoje za pomoci čtečky z vybraných kódů prostožů u jednotlivých stanic. Ty se propíší do aplikace. Tedy pokud zapomene či naskenuje jiný kód, data jsou znehodnocena.

Tento postup „zapisování“ prostožů je v pilotní fázi, jelikož donedávna byly prostoje zapisovány po jejich vyřešení až u počítače seřizovače do stejné aplikace. Angažovanost seřizovače při sběru konkrétních dat o prostojích stále zůstává nutností a nejedná se o automatický proces sběru dat. Při sběru dat i následných datových analýz není k dispozici žádný program či aplikace, který by byl schopen upozornit a vizualizovat pro uživatele specifické místo vzniku problému, aniž by bylo potřeba lidského „zápisu“ či interpretace. Lidský faktor zde hraje velkou roli, a proto jsou zjištění nepřesná. Různorodá zpětná vazba a odlišný pohled na věc jsou zcela běžné.

5.1.2 Vyhodnocení dat

I když je linka FP09 z větší části zcela robotická, automaticky sebraná data, nejsou dostačující či kvalitní. Faktorů, kvůli nimž není možné mít dostatečně kvalitní základ pro jejich efektivní vyhodnocení, je více. Důvodem není pouze nefunkčnost a nepřesnost některých čidel a jejich alarmů, ale také nedostatečně pokročilé monitorování této linky v rámci současných možností jako je například snímání dění na lince pomocí digitálního dvojčete či tzv. condition monitoring, který je aktuálně na lince pouze zčásti přístupný.

I když jsou sbíraná data jako je spotřeba elektrické energie, tlakový vzduch, vakuum, teploty pohonů a další, není možné zkoumat tato data do detailu. V rozhraní je možné zobrazit rychle pouze aktuální údaje. Historická data jsou uložena ve frontě na cloudovém uložišti v nestrukturované podobě, které spravuje externí firma a přístup k těmto datům není zcela zřízen. Aktuálně však existují snahy o zprostředkování nikoli pouze aktuálních, ale také již historických dat, která jsou při condition monitoringu vyhodnocována, do firemní správy. Proto bylo pro zjištění některých výrobních dat na lince vytvořeno a stále je využíváno velké množství interních aplikací.

Není zpracováno schéma, které by ukazovalo umístění čidel a o jaká čidla se jedná. Rovněž značení čidel není zcela aktuální. Buď popisy čidel chybí, takže ani seřizovač neví, kde jsou některá z čidel umístěna, nebo ví, ale pouze na základě zkušenosti. Nicméně, čidel pouze na této lince je kolem tisíce. Pokud přijde někdo nový, sám neví téměř nic. Nikdo není zodpovědný za aktualizaci značení a v praxi to vypadá tak, že i když je zhlášen alarm na lince, seřizovač vždy není schopen rozpoznat dle textu alarmu, o jaké místo či čidlo se jedná a může se jen domnívat.

Z toho důvodu jsou informace, které z linky hlásí alarmany, zpracovány dvojnásobným způsobem. Buď jsou posílány a vyhodnoceny přes další programy automaticky nebo jsou vloženy na základě automatického podnětu manuálně do interních aplikací za pomoci seřizovače.

Aktuální čas: 13:22:00		Prostoj: 00:00:52		Čas posledního kusu: 13:21:08 (2023-04-27)	
Logistic / Logistika	Changeover / Přestavba	Input components + packaging / Vstupní komponenty + balení	Organization / Organizace	Repair, maintenance / Oprava, údržba	Technical downtime / technický prostoj

Kategorie	Stanice	Prostoj	Začátek	Konec	Komentář	Rozdělit
---	ST030	---	13:21:13 (2023-04-27)	---		Rozdělit
Technical downtime / technický prostoj	ST061	ST061 - Zaseknutá víčka ve vibračním pod...	13:19:24 (2023-04-27)	13:21:03 (2023-04-27)		Rozdělit
---	ST030	---	13:10:03 (2023-04-27)	13:12:49 (2023-04-27)		Rozdělit
---	ST030	---	13:06:18 (2023-04-27)	13:06:54 (2023-04-27)		Rozdělit
Technical downtime / technický prostoj	ST061	ST061 - Zaseknutá víčka ve vibračním pod...	12:35:09 (2023-04-27)	12:35:45 (2023-04-27)		Rozdělit
Technical downtime / technický prostoj	ST125	ST125 - O-kroužky (219) zaseknuté ve vibr...	12:26:52 (2023-04-27)	12:27:24 (2023-04-27)		Rozdělit

Obrázek 9: Obrazovka pro zapisování do Databáze záznamů seřizovače

Zdroj: interní aplikace, 2023

Jedna z interních aplikací, která je využívána k vyhodnocení dat získaných z alarmů, je Databáze záznamů seřizovače. Tato aplikace představuje manuální či semi-manuální (při použití čtečky kódů) aplikaci, která umožňuje zaznamenávat a shromažďovat již zapsaná data o prostojích. Nicméně, jak už bylo řečeno, tato aplikace přijímá data z alarmů a na základě jejich chybových hlášení vypisuje prázdné okno pro seřizovače k zapsání prostoje. Tato aplikace slouží jako zápis prostojů pro další statistické využití v ostatních aplikacích a také jako zpětný přehled podrobných prostojů s časovým razítkem na lince. Obrazovku aplikace, jak ji využívá seřizovač, lze vidět na obrázku č. 9, který ukazuje úvodní obrazovku pro zápis prostojů

Zapisují se informace o čase a místě vzniku prostoje, stejně tak jako typu a názvu prostoje. Prostoje jsou rozděleny do tří hlavních typů, a to technických, organizačních a logistických. Rovněž existují prostoje kvůli přestavbě na lince, organizaci a další, ale tyto typy prostojů nejsou předmětem zájmu v oblasti problem solvingu.

Od 03/30/2023		Do 03/30/2023		Ranní	Odpolední	Noční	Všechny směry				
Kategorie	Prostoj	Stanice	Začátek	Konec	Trvání	Komentář					
Technical downtime	ST080 - Ostatní	ST080	2023-03-29 22:07:54	2023-03-29 22:10:13	0:02:19.197						
Technical downtime	ST125 - O-kroužky (219) zaseknuté ve vibračním bubnu	ST125	2023-03-29 22:12:43	2023-03-29 22:13:33	0:00:50.430						
Technical downtime	ST061 - Zaseknutá víčka ve vibračním podavači	ST061	2023-03-29 22:17:37	2023-03-29 22:18:30	0:00:53.177						
Technical downtime	ST090 - Kónická pružina zaseknutá na přechodu mezi bubnem a lištou	ST090	2023-03-29 22:33:56	2023-03-29 22:34:34	0:00:38.680						
Technical downtime	ST125 - O-kroužky (219) zaseknuté ve vibračním bubnu	ST125	2023-03-29 22:37:19	2023-03-29 22:38:03	0:00:44.287						
Technical downtime	ST095 - Kolyze paletěk (pád díla)	ST095	2023-03-29 22:57:13	2023-03-29 22:57:43	0:00:30.177						
Technical downtime	ST110 - Dichtring zaseknutý ve vibračním podavači	ST110	2023-03-29 23:03:20	2023-03-29 23:04:02	0:00:42.513						
Technical downtime	ST110 - Sklápěná dichtring	ST110	2023-03-29 23:14:33	2023-03-29 23:27:23	0:12:50.403						
Technical downtime	ST105 - Chyba válec 105c23	ST105	2023-03-29 23:39:26	2023-03-29 23:39:59	0:00:33.910						
Input components + packaging	ST103 - Chybi tělesa (z lakovny)	ST103	2023-03-29 23:50:53	2023-03-29 23:55:54	0:05:01.913						
Input components + packaging	ST103 - Chybi tělesa (z lakovny)	ST103	2023-03-29 23:56:51	2023-03-29 23:57:27	0:00:36.477						
Technical downtime	ST110 - Dichtring zaseknutý ve vibračním podavači	ST110	2023-03-30 0:15:39	2023-03-30 0:16:44	0:01:05.723						
Technical downtime	ST125 - O-kroužky (219) zaseknuté ve vibrační liště	ST125	2023-03-30 0:18:27	2023-03-30 0:19:07	0:00:40.237						
Technical downtime	ST107 - Chyba robota při odkládání kusů na paletky	ST107	2023-03-30 0:23:31	2023-03-30 0:25:17	0:01:46.717						
Technical downtime	ST090 - Kónické pružiny zasekle v odebiracím lištu - chyba přítomnosti kónické pružiny v lištu	ST090	2023-03-30 0:26:02	2023-03-30 0:26:49	0:00:47.590						
Input components + packaging	ST103 - Chybi tělesa (z lakovny)	ST103	2023-03-30 0:29:40	2023-03-30 0:44:28	0:14:38.063	porucha sitotisku					
Input components + packaging	ST103 - Chybi tělesa (z lakovny)	ST103	2023-03-30 0:45:29	2023-03-30 2:22:17	1:36:48.250	porucha sito tisku					
Technical downtime	ST061 - Zaseknutá víčka ve vibračním podavači	ST061	2023-03-30 2:31:02	2023-03-30 2:32:37	0:01:35.460						
Changeover	Standardní přestavba (vyjetí + najetí)	Linka	2023-03-30 2:43:09	2023-03-30 3:09:56	0:26:47.167						
Technical downtime	ST125 - Namontovaný drůtky o-kroužek - zaseknutý manipulátor	ST125	2023-03-30 3:11:15	2023-03-30 3:16:41	0:05:26.443						
Technical downtime	ST061 - Zaseknutá víčka ve vibračním podavači	ST061	2023-03-30 3:20:26	2023-03-30 3:21:32	0:01:06.703						
Technical downtime	ST030 - Zaseknutá filtry na dopravníku - nedoputovaly	ST030	2023-03-30 3:27:16	2023-03-30 3:28:33	0:01:17.933						
Technical downtime	ST160 - Ostatní	ST160	2023-03-30 3:30:16	2023-03-30 3:32:37	0:02:21.017	porucha válec 160e59					
Technical downtime	ST030 - Ostatní	ST030	2023-03-30 3:35:46	2023-03-30 3:39:04	0:03:18.067	paletka mimo zdvih					
Technical downtime	ST107 - Porucha manipulátoru	ST107	2023-03-30 3:42:56	2023-03-30 3:44:47	0:01:51.047						
Technical downtime	ST125 - O-kroužky (219) zaseknuté ve vibračním bubnu	ST125	2023-03-30 3:57:07	2023-03-30 3:59:44	0:02:37.600						
Technical downtime	ST030 - Zaseknutá filtry mezi dopravníky	ST030	2023-03-30 4:05:05	2023-03-30 4:10:30	0:05:25.777						
Technical downtime	ST107 - Chyba robota při odkládání kusů na	ST107	2023-03-30 4:10:44	2023-03-30 4:12:17	0:01:33.997						

Obrázek 10: Databáze záznamů seřizovače

Zdroj: interní aplikace, 2023

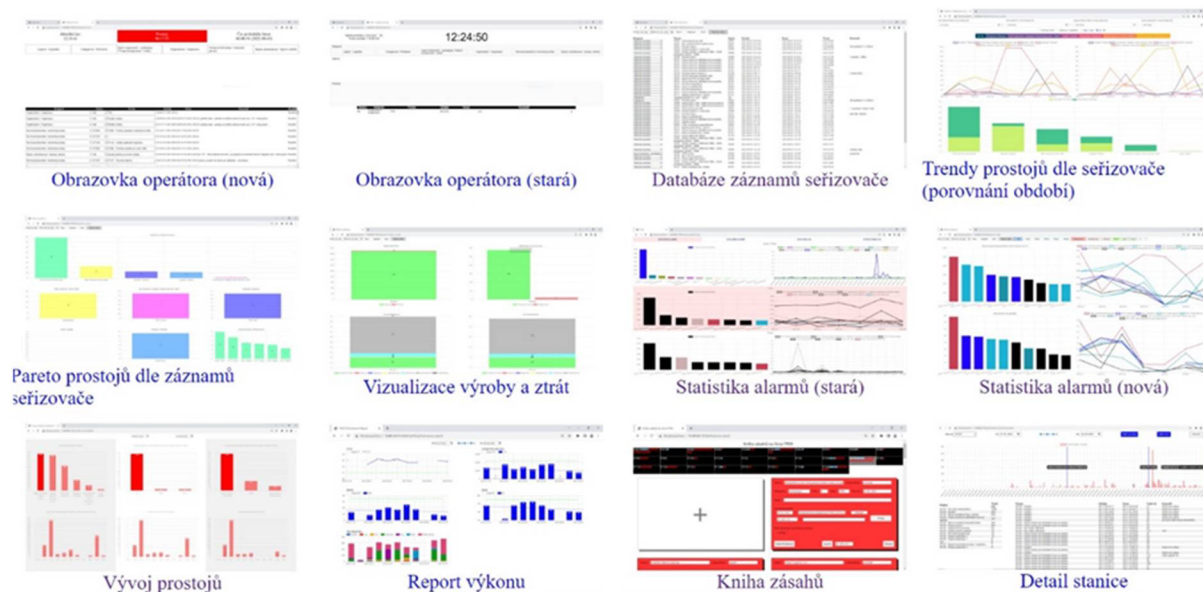
Jelikož jsou však pro vyhodnocení dat, a tím tak zaznamenávání prostojů využívány především interní aplikace, které vyžadují také manuální vstupy od seřizovače (viz obrázek č. 10, kde je zobrazen přehled informací o prostojích zapsaných seřizovači), data nemusí být vždy přesná. Seřizovač má na starost velké množství stanic linky sám a daná výrobní linka FP09 je stále optimalizována. Nicméně, manuální zapisování prostojů na základě chybových hlášek alarmů do aplikace proto existuje z důvodu snahy o vytvoření datového základu z jednotlivých stanic pro následnou vizualizaci prostojů na lince. Současné projekty problem solvingu využívají jako prvotní zdroj dat právě interní aplikace, které jsou uživatelsky přívětivější, protože systémy automatického vyhodnocování dat nejsou stále nastaveny tak, aby bylo možné veškeré manuální zapisování eliminovat a množství interních aplikací redukovat.

5.1.3 Vizualizace dat

Ať už probíhá sběr a vyhodnocení dat manuálně či automaticky, data jsou poté pro přehlednost vizualizována. Vizualizace dat probíhá třemi způsoby, a to přes Thingworx, interní aplikace a ValueStreamer. Nicméně, ani jeden ze způsobů digitální vizualizace není schopen zobrazit a identifikovat data na konkrétním

místě linky s propojením vizuálního obrazu procesu na stanici/lince. Důvodem je především neexistence procesních map a rovněž nedostatečně přesný sběr dat. Nejvyšší úroveň, která by měla zahrnovat veškeré funkce databází a interních aplikací, je platforma internetu věcí, a to **Thingworx**. Jedná se o jednu z platforem, která je součástí plánu centrálního KPS pro budoucí zeštíhlení programů a aplikací, jež zpracovávají výrobní data.

Platforma je oficiálně určena ke sběru dat, a je schopná data pouze zobrazit, nikoli však spolehlivě interpretovat. Pracuje s výrobními daty, jako jsou prostoje, zmetky, ale také i počty lidí na směně. Platforma byla prvně zavedena před pěti lety na základě úspěšného obchodního případu a stále je nadále optimalizována a její nedostatky jsou v řešení. Rozhraní platformy je rovněž již trochu zastaralé a pro potřeby problem solvingu nedostačující. Hlavně také neumí zobrazit trend prostojů v dlouhodobém měřítku. Je možné zobrazit tato data v podobě nerozřazených prostojů pouze několik dnů zpátky.



Obrázek 11: Rozcestník interních aplikací pro linku FP09

Zdroj: interní aplikace, 2023

Interní aplikace jsou využívány nejen k vyhodnocení a sběru dat, ale také k jejich vizualizaci. Pro účely plánovací fáze problem solvingu jsou využívány vizualizace

aplikací Vývoj prostožů a také Report výkonu. Nicméně, pro linku FP09 je k dispozici dohromady 12 interně vytvořených aplikací určených pro sběr, a především pro vizualizaci výrobních dat a akcí z linky, viz obrázek č. 11.



Obrázek 12: Vývoj prostožů

Zdroj: interní aplikace, 2023

Data, z již zmíněné aplikace Databáze záznamů seřizovače, jsou dále vizualizována právě v aplikaci Vývoj prostožů (viz obrázek č. 12). Zde je zobrazen přehled prostožů v čase, a to v šesti grafech. V první části aplikace je zobrazen přehled veškerých typů prostožů, které mohou nastat v námi zvoleném období, a to od nejčastějšího po nejméně častý. V rámci těchto typu prostožů je možné zakliknout jeden z těchto typů a na dalším grafu bude zobrazeno osm stanic, na kterých v tomto období daný typ prostože nastal. Pokud je zakliknuta konkrétní stanice, následně v posledním grafu v řadě, je poté k nahlédnutí osm nejčastějších prostožů, které na vybrané stanici v tomto období nastaly.

V řadě pod prvními třemi grafy jsou rovněž k dispozici další tři grafy. Každý z nich se váže k jednomu již zmíněnému grafu, a zobrazuje jejich vývoj v čase v jednotlivých dnech ve zvoleném období. Horní grafy vizualizují pouze data z prostožů v souhrnu za celé vybrané období či směnu. Jelikož je možné, že některé prostože vznikají pouze v určitý čas a při konkrétní směně.

Vývoj prostožů je zprvu vytvořen pouze pro vizualizaci úzkých míst stanic a jejich konkrétních prostožů, které jsou potřeba vyřešit. Nicméně, ukázalo se, že pouhá vizualizace počtu a druhu prostožů nebude postačující. Rovněž bylo potřeba revidovat a vytřídit názvosloví, stejně tak jako způsob zapisování prostožů tak, aby co nejvíce odpovídaly realitě a bylo možné zjistit konkrétní problém až ke kořenové příčině.

Jelikož jsou prostože do této aplikace zapisovány manuálně, i když na základě podnětu z alarmů, a seřizovači se střídají, bylo nutné sjednotit podle čeho zapisují jednotlivé prostože, na které je upozorní alarm v dané oblasti a kterou kategorií prostože volí. Často se stávalo, že názvosloví prostožů a alarmů, která byla k dispozici nebyla jednoznačná pro všechny. Proto většina prostožů končila v kategorii ostatní, a pokud seřizovač nezapsal žádný komentář, nebylo téměř možné zjistit, jaký problém v danou chvíli nastal.

V návaznosti na obdobné nedostatky byl zaveden pilot programu **ValueStreamer**, který má být schopný nahradit papírový shopfloor management a ten převést do digitální podoby. Ať už se jedná o akční plány či vizualizaci KPI. V tomto rozhraní je možné nejen vizualizovat výrobní data, ale také detailně seřadit tato data a vzhlížet na proces problem solvingu v jedné aplikaci. Tento program byl na zkoušku zaveden teprve nedávno. Stále je potřeba doladit kalkulace KPI a jednotlivé funkce programu tak, aby byl vhodný pro všechny skupiny zúčastněné v shopfloor managementu a také informace zobrazoval přesně. Není však možné z této aplikace získat vizualizaci dat jako jsou pareto diagramy a další. Nicméně, mělo by se jednat také o jednu z platforem, jež má být využita v rámci práce s výrobními daty v budoucí vizi centrálního KPS.

5.1.4 Analýza dat

Jakmile je proces sběru, vyhodnocení a vizualizace dat zajištěn, dochází k jejich analýze a definitivní selekci problému k řešení. Nejčastěji používaný zdroj pro datovou analýzu prostožů a zjištění problémové stanice linky v rámci jednotlivých prostožů na dané stanici, je aplikace Vývoj prostožů. V rámci této aplikace je

vybrána stanice s největším počtem prostojů. Na základě výběru stanice jsou poté rozebrány jednotlivé prostoje, které jsou hlášeny na této stanici a je nalezena problémová oblast, ve které je následně zkoumána kořenová příčina za pomoci A3 problem solving metody.

Analýza vychází nejen ze zdrojových dat z aplikací a programů, ale také z videoanalýz. Ty jsou prováděny pro hlubší porozumění zkoumaného problému na lince. Jelikož je linka FP09 převážně robotickou linkou, většina procesů vyžaduje větší časový rozsah týmu LM pro pochopení kroků, které k danému problému vedou a možných důsledků, jež z problému mohou nastat. Pozorování a videozáznamy jsou jedny z hlavních zdrojů pro porozumění procesu. Není k dispozici žádná procesní mapa, která by proces blíže vysvětlila. Během několika dní jsou natočeny videozáznamy ve zkoumané problémové oblasti. Následně se ze záznamů vypisuje četnost prostojů v měřeném období, místo vzniku prostojů, důsledky prostojů a také typ prostojů, které byly zachyceny.

Na základě zjištění z videozáznamů je poté vypracován vizuální „layout“ stanice. Tento „layout“ zobrazuje celou zkoumanou oblast a obsahuje vyznačená místa prostojů i s procentuální hodnotou dle jejich četnosti. Tímto je tak nejenom vizualizováno, ale také potvrzeno hlavní místo vzniku problému a daný problém je popsán i řešen do A3 reportu. V rámci videoanalýzy je rovněž navrženo několik předběžných nápravných opatření vzhledem ke shlednutému průběhu procesu.

Díky již provedeným krokům je poté definován tým, který bude problém řešit a období, během kterého bude problém řešen. Tento krok není jedním z prvních převážně proto, že dokud není problém přesně pochopen a není vymezeno, které znalosti i schopnosti budou k jeho vyřešení potřeba, zvolený tým nemusí být kompletní a vhodný k jeho úspěšnému vyřešení.

Problém je v rámci přípravy v plánovací fázi také podrobně rozebrán, a to se shrnutím všech vstupních dat a poznatků, které byly získány během předchozích

kroků. Dochází k identifikování prostožů, které po vzniku problému nastanou. Rovněž je ke každému z prostožů přiřazeno vizuální zobrazení konkrétního místa vzniku prostože i s jeho četností v rámci zkoumaného období analýz. A dále jsou vyjasněny případné trendy v rámci okolností při měření, které mohly mít na četnost zkoumaného problému vliv jako je například střídání směn.

Nicméně, analýza dat, ať již ze zdrojů aplikací, programů či videoanalýz, není konečná. V plánovací fázi je velice důležitá pro porozumění problému a také k předběžnému zjištění možných příčin a důsledků spojených s vybraným problémem. V ostatních fázích je tato analýza provedena pro validaci a kontrolu nápravných opatření znovu.

5.2 Fáze realizace

Po plánovací fázi následuje fáze realizace, během níž je vypracován a doplňován akční plán stejně jako analýza kořenové příčiny. Ve spojitosti s tím jsou také zpracována nápravná opatření v jednotlivých akcích akčního plánu. Validace opatření a veškerých akcí vykonaných v problémovém místě probíhá průběžně během doplňování akčního plánu v této fázi, avšak podrobný plán validace a analýzy jejich důsledků je zpracován ve fázi kontroly.

5.2.1 Návrh akčního plánu a průběh jeho plnění

Na začátku této fáze jsou se členy týmu dohodnuty pravidelné schůzky a na první z nich zpravidla bývá vytvořen předběžný akční plán v programu MS Excel, kde jsou specifikovány akce v návaznosti na předchozí analýzu, stejně tak jako odpovědná osoba, priority i časové období, do kdy je potřeba akce vykonat. Také je definován cíl redukce prostožů a časové rozpětí daného problem solvingu. Většinou je řešeno několik problémových oblastí linky najednou dle aktuální závažnosti, i když je jako projekt problem solvingu vybrána jedna specifická oblast k řešení. Je nutné reagovat na prostože ohrožující výrobní schopnost linky, i když nejsou v současnosti součástí řešení již zvoleného problému týmem řešitelů.

Kniha zásahů na lince FP09

Obrázek 13: Kniha zásahů

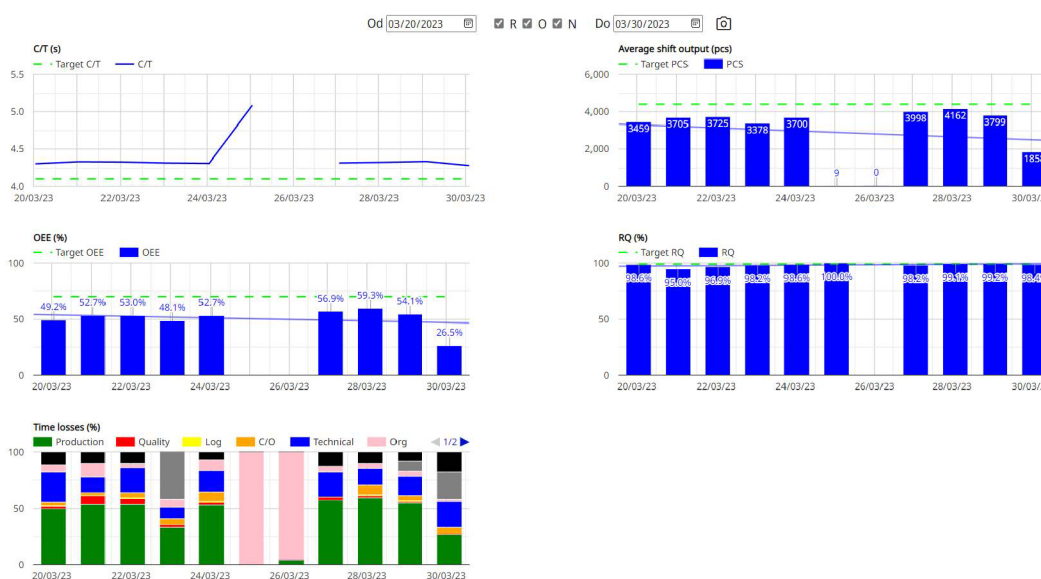
Zdroj: interní aplikace, 2023

Avšak excelový akční plán se prokázal jako nedostatečný, a z toho důvodu ho v pozdějších krocích nahradila aplikace Kniha zásahů, kterou lze vidět na obrázku č. 13. Prvotní impuls ke knize zásahů byla potřeba mít akce, které je možné přiřadit ke konkrétnímu prostoji, jež mají řešit. Během analýzy totiž vyšlo najevo, že mnoho akcí a nápravných opatření, které byly na lince řešeny, buď nebyly zapsány nebo nebyl důvod jejich provedení zřejmý. Vznikalo několik řešení najednou, která akorát „zalepovala“ okamžité problémy na lince, ale již se nevěnovala dlouhodobému řešení jejich příčiny nebo naopak způsobila nové problémy. Tím nebylo jasné, zda mají nápravná opatření přímo vliv na konkrétní problém, což je ovšem z hlediska procesu problem solvingu nezbytné.

Tato kniha zásahů je schopná alespoň propojit jednotlivá opatření v reakci na vzniklé prostoje. Taková optimalizace nebyla účinná a tím tak vyšlo najevo, že je zapotřebí nejen systému monitorování jednotlivých nápravných opatření a jejich validace, ale také akční plán, jež bude tuto potřebu reflektovat již od rozhodovacího procesu. Tato aplikace později zcela nahradila akční plán

v excelu. V průběhu procesu problem solvingu jsou již dohodnuté akce řešeny přes vytvořenou interní aplikaci.

Kniha zásahů představuje aplikaci v podobě záhlaví, kde jsou vypsány veškeré stanice linky FP09 a u nich bodově označen počet úkolů s barvou odpovědného člena týmu problem solvingu jako je například technolog, údržba a další. V rámci tohoto rozhraní je možné filtrovat akční karty dle období, stanic, odpovědné osoby či kategorie, která většinou reflektuje obor zkušeností odpovědné osoby. Samotné akční karty v knize zásahů mají podobu karty s názvem akcí, odpovědnou osobou, kategorií, prioritou, monitorováním stavu vyřešení, termínem pro dokončení, podrobným popisem akce a v závěru vypsané problémy, které by měly vyřešit. Do každé karty lze rovněž přidat i komentáře/plán kroků pro danou akci. Na schůzkách týmu pro linku FP09 je tato aplikace pravidelně využívána pro agendu akčního plánu. Další nástroje představují aplikace Report výkonu a Vývoj prostořů.



Obrázek 14: Report výkonu

Zdroj: interní aplikace, 2023

Jednotlivé schůzky týmu probíhaly do nedávna až čtyřikrát týdně. Jedná se o tzv. task force tým, jehož agenda je převážně zvednout OEE linky na

požadovanou úroveň, a proto se zabývá následujícími kroky. Během týdne jsou dle přiřazených úkolů z akčních plánů vykonány akce odpovědnými osobami tohoto týmu s úkolem vyřešit nejtěžší problémy co nejrychleji a nejefektivněji. Na začátku schůzky se nejprve kontroluje Kniha zásahů. Následně je využita aplikace Report výkonu z obrázku č. 14. Zde se kontrolují převážně čtyři hlavní faktory, a to, zda linka stojí/vyrábí, jaký je problém v případě prostojů (zda se jedná o kvalitu, logistický prostoje aj.), OEE vzhledem k cíli a podíl vyrobených kusů vzhledem ke zmetkům a jiným prostojům.

Na základě vyobrazených dat v rámci daného týdne je poté také využita aplikace Vývoj prostojů (viz obrázek č. 11) pro určení problémové stanice, a také konkrétní prostoje na této stanici k řešení pro zvýšení výkonu linky. Na základě těchto zjištění jsou poté vytvořeny nové akční karty v Knize zásahů či jsou doplněny stávající akční karty o dodatečné komentáře. K tomu se také váže diskuse o příčině problému a brainstorming možných opatření, které jsou na schůzkách naplánovány. MS Excel, aplikace Kniha zásahů, Report výkonu a Vývoj prostojů jsou tedy hlavními nástroji využívanými v průběhu fáze realizace všemi členy týmu kromě dalších podpůrných nástrojů Microsoft Office jako je Outlook a Teams.

5.2.2 Analýza příčin a důsledků

Paralelně s počátkem schůzek týmu probíhá také analýza možných příčin a následků zkoumaného problému. Panuje zde rozkol mezi systémovým postupem se strukturovaným řešením problému a na druhé straně snaha co nejrychleji odstranit prostoje a vyrábět za pomoci spontánních rychlých opatření, které vedou k dočasnému „zalepení“ problému. V rámci toho je proto velice důležitá komunikace na týmových schůzkách a organizace dle akčního plánu, která v této fázi také probíhá.

Nicméně, samotná analýza je vedena převážně za pomoci myšlenkové mapy, a to buď Ishikawa diagramu či jiné. V této části jsou analyzovány všechny vstupy procesu v problémové oblasti a jejich vlivy na vznik problému. Využíván je

tradiční papírový formát a členové týmu z LM se věnují pozorování a brainstormingu možných vlivů na problém. Často dochází také ke komunikaci s osobami, které jsou dobře seznámeny s problémovou oblastí, jako jsou operátoři, seřizovači aj. Ta probíhá většinou v návaznosti na již hrubý náčrt myšlenkové mapy. Jedná se spíše o dovysvětlení okolností vzniku problému či zjištění předchozích zkušeností se snahou problém vyřešit.

Dále je pokračováno k týmové komunikaci o nápravných opatřeních pro řešení problému a jiných krocích k jeho vyřešení. Tento krok závisí na složitosti procesu zkoumaného problému a složení týmu řešitelů. Mnohdy je způsob řešení problémů odkázán na přístup členů týmů. Myšlenková mapa či Ishikawa diagram jsou rovněž zhotoveny v papírové formě a pomáhají k rozřídění potenciálních příčin problému a k nalezení pravé kořenové příčiny z vlivů identifikovaných za pomoci těchto nástrojů.

Jakmile je rozbor pravděpodobných příčin dokončen, je identifikováno několik možných oblastí, které by na zkoumaný problém mohly mít významný vliv. Na základě toho je vyzkoušeno v rámci akčního plánu několik předběžných nápravných opatření menšího zásahu, které jsou následně otestovány v průběhu následujících směn. Pokud by zapříčinily zhoršení problému či problémy jiné, pokud to je možné, dochází k jejich odstranění. Tyto řízené experimenty testují různá nápravná opatření k odhalení kořenové příčiny problému, než jsou vykonány závažnější zásahy do linky.

Jednotlivá nápravná řešení a postup při jejich realizaci jsou poté zaznamenány do digitální podoby A3 reportu v MS Excel. Na jejich základě poté kontrolovány, zda opravdu eliminují kořenové příčiny problému a jsou sledovány také další vlivy, které při jejich realizaci v daném procesu nastaly.

5.3 Fáze kontroly

V této fázi je navázáno na předchozí řízené experimenty a jednotlivá nápravná opatření menšího i většího rozsahu jsou monitorována. Jak už bylo naznačeno,

v rámci procesu problem solvingu se kroky PDCA v jistých částech prolínají, a ne vždy je dodržována postupná struktura. Z toho důvodu je také fáze kontroly započata již při fázi realizace pro okamžitou validaci (tj. ověření míry vlivu) veškerých akcí z akčního plánu a nejedná se pouze o monitorování finálních nápravných opatření.

Byla zde snaha o aplikaci, která by vizualizovala vliv zavedených nápravných opatření – akcí na odstranění problému. Mít přehled o míře vlivu akce na řešení problému je klíčové zejména ve fázi validace/kontroly. Možnost sledování korelace toho, jak dlouho ve sledovaném období linka či jednotlivá stanice vyráběla propojená s četností prostojů, které nastaly, neexistuje. Je zcela možné, že nápravné opatření není řešením problému, nýbrž se pouze snížila produkce linky, a tak jednotlivé stanice jsou méně v provozu a pravděpodobnost vzniku prostoje se sníží pouze z tohoto důvodu. Nicméně, tato aplikace nebyla nikdy zcela dokončena. Proto tým LM komunikuje také se seřizovači během řešení problémů, aby bylo možné vzít tuto informaci v potaz a vyhnout se tak co nejvíce zkreslení dat.

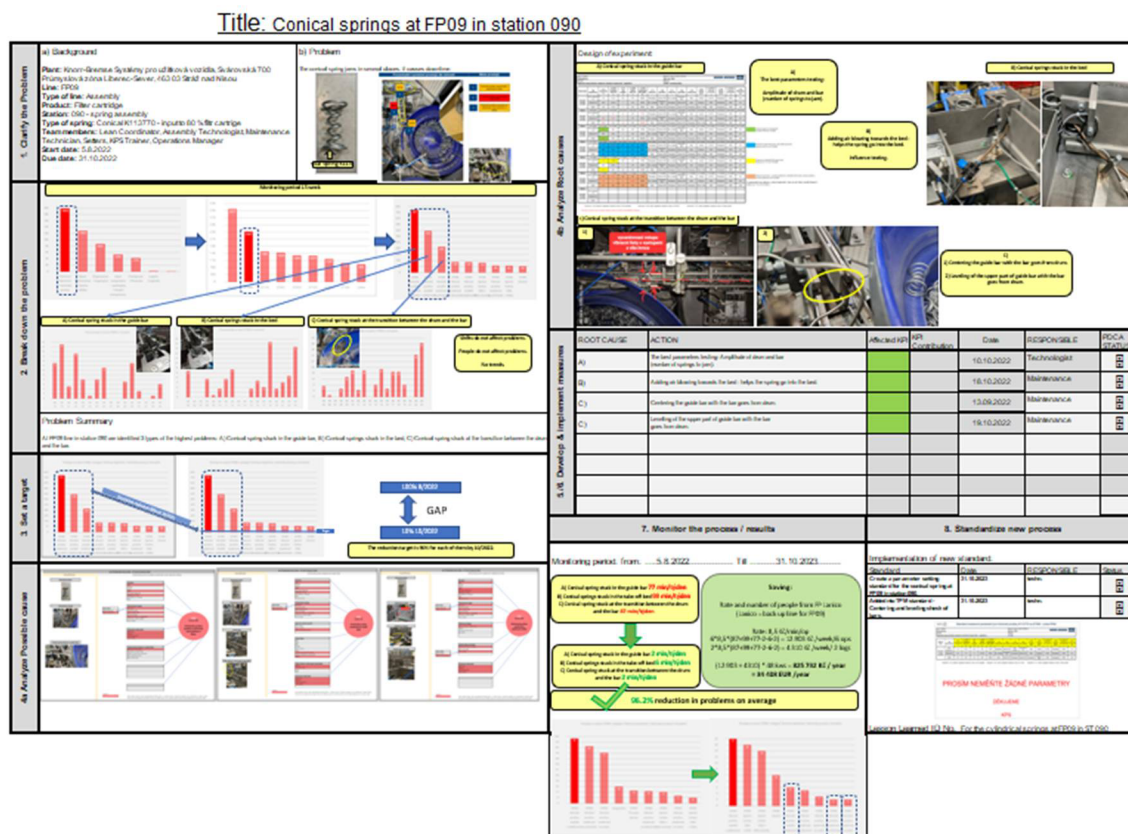
V excelu je vytvořen plán validací obdobný akčnímu plánu, který monitoruje veškerá nápravná opatření, která byla vykonána v problémové oblasti od začátku procesu problem solvingu. Dochází ke srovnání stavu před a po v rámci sledovaného období a také vyhodnocení vlivu opatření na problémovou oblast. Validací plán doplňuje akční plán podrobným přehledem, o již proběhlých či probíhajících akcích a jejich konkrétních vlivech na zkoumané problémy. Závěrem této fáze bývá ověření poznatků o kořenové příčině a řešení vybraného problému na základě proběhlých úspěšných i neúspěšných akcí.

Samotná validace probíhá v několika etapách. Nejdříve se sledují trendy v rámci prostojů v aplikaci Vývoj prostojů, která je klíčová a představuje jediný ukazatel vlivu nápravných opatření na zkoumaný proces v lince. Pokud je trend stejný, tedy bez vlivu, zkoumají se další možnosti zlepšení problému a také se přihlíží znovu k analýze problémového procesu. Je-li trend klesající, nápravná opatření

byla zaměřena správným směrem a je pozorován kladný vliv na vybraný proces. Nicméně, pouze jestliže dojde k samotné eliminaci problému, je splněn cíl problem solvingu.

5.4 Fáze implementace

Jakmile je fáze kontroly u konce (tj. problém byl eliminován), započíná finální část procesu problem solvingu, a to fáze implementační. Tato část se soustředí na úspěšná nápravná opatření a převádí je do podoby standardu. Výstup problem solvingu procesu je standardizován a jsou nastavena opatření pro dodržení daného standardu. Nicméně, standard představuje pouze stav zlepšení v dané chvíli a není možné vyloučit jeho aktualizace v budoucnu.



Obrázek 15: A3 report

Zdroj: interní dokument, 2022

A3 report, jak je představen na obrázku č. 15, je finálním výstupem procesu problem solvingu a zahrnuje všechny klíčové části jeho procesu. První část se věnuje vyjasnění a definici řešeného problému. Kromě toho jsou zde vypsány

také okolnosti problému jako je závod, ve kterém problém vznikl, linka a její typ, stanice, produkt linky, část produktu vznikající na dané stanici, členové řešícího týmu a časový rozsah řešení. Část druhá definuje jednotlivé části problému a ty následně analyzuje. Rozebírá prostoje, které problém způsobuje a zjišťuje jejich časový rozsah. Třetí část v návaznosti na druhou stanovuje cílovou hranici redukce problému a jeho prostožů v rámci časového rozsahu řešení problému.

Dále jsou již ve čtvrté části analyzovány konkrétní kořenové příčiny samotného problému jako celku i jeho jednotlivých dopadů, které tvoří prostoje. Za pomoci myšlenkové mapy a následně testování těchto příčin i jejich parametrů jsou ověřovány domněnky. Jakmile je nalezena kořenová příčina, v páté části jsou vytvářena nápravná opatření s odkazem na akční plán projektu problém solvingu. Rovněž v této části také dochází k jejich implementaci.

Ve finálních dvou částech jsou implementovaná opatření monitorována ve vybrané časovém období a je posuzováno, zda mají pozitivní, nulový či negativní efekt na zkoumaný problém a jeho dopady. Tyto výsledky jsou zhodnoceny a srovnány s předchozí druhou částí, která zaznamenávala a rozebírala prostoje problémů před implementací vybraných opatření. V konečné fázi je výstup z předchozích částí A3 reportu standardizován vytvořením potřebných dokumentů doprovázející tento report a přiřazením zodpovědné osoby, která má na starost jeho aktualizace a budoucí vývoj.

Rovněž je projekt problem solvingu zhodnocen, a to jak ze stránky finanční, tak i z té časové. Je vytvořen přehled, kde jsou vypsány jednotlivé úspory v časech prostožů na stanici/lince a lidí jako jsou operátoři, seřizovači a další, které daný problém ovlivnil. Také jsou v rámci výstupu projektu identifikovány lekce ponaučení do příštího problem solvingu. Samotný proces problem solvingu je stále rozvíjen a upravován dle potřeby.


Avšak pro pokročilé vyhodnocování dat a procesů je klíčové nejprve vymezit jasnou strategii i disponovat kvalitní strukturovanou datovou základnou. Hlavním

cílem je totiž nejen nastavit datový a vizuální základ pro problem solving na jednotné digitální platformě, nýbrž i jeho automatizace pro efektivní řešení. Důležitým prvkem projektů problem solvingu je možnost rychlého pochopení procesů a toku dat pro vyhodnocení kořenové příčiny problému přesně a okamžitě. Náplní problem solvingu by nemělo být zdlouhavé hledání příčin ve složitých procesech, ale převážně návrh a implementace možných řešení problémů na základě zjištění kořenové příčiny.

6 Návrh procesu a nástrojů problem solvingu s implementací prvků Průmyslu 4.0.

V návaznosti na předchozí části byla identifikována potenciální místa pro zlepšení procesu problem solvingu a potenciál k jeho digitální transformaci. Bylo identifikováno několik zásadních problémů ztěžujících současný proces řešení problémů na lince FP09. Jedním z nich je nekvalita sběru dat, kvůli které je hledání kořenové příčiny a uchopení problému zdlouhavé a nepřesné. Na tento problém také navazuje další, a to neexistence procesních map na lince, které by jasně znázorňovaly po sobě jdoucí procesní kroky v lince, a tím učinily proces pro všechny přehlednější. Jelikož je linka téměř zcela robotická, je srozumitelnost procesů náročná nejen z hlediska využitých technologií, ale také množstvím vstupů a procesů, které se na lince odehrávají a navzájem se ovlivňují.

Rovněž je proto málo času na samotné řešení problémů, pokud zastavují linku. Priorita je najít co nejrychlejší řešení aktuálního problému. Z toho důvodu pak vznikají dočasná nápravná opatření, jež postrádají strukturu a dlouhodobé řešení kořenové příčiny problému. Nicméně, i když jsou poté započaty projekty problem solvingu u problémů, které sice zastavují linku, ale přímo neohrožují výkon linky z hlediska jejich rozsahu, stále je celý proces příliš zdlouhavý. Děje se tak hlavně kvůli složitosti procesů, nekvalitě dat i digitálnímu plýtvání. K dispozici je velké množství aplikací a programů, které občas řeší to stejné ale s rozdílnými daty a celkově je informací hodně. K tomu tyto informace již nejsou mnohdy propojeny s jinými, a tak je náročné najít souvislosti mezi nimi. Pro úspěšný problem solving je klíčová vizualizace všech vstupů i výstupů ve zkoumaném problému a také jejich vzájemná spojení.

NÁVRH NA ZLEPŠENÍ PROCESU PROBLEM SOLVINGU				
#	Operativní subjekt	hlavní činnosti	reakce na nedostatky	benefity
1	Audit čidel	audit čidel (kontrola, údržba, množství, značení)	nespolehlivý sběr dat a pozornost zaměřená na rychlé řešení problémů	už jsou z čidel získávána data jako je text alarmu a časové razítko, jsou v lince a dají se využít pro sběr přesných dat
2	Tvorba procesních map	vytvoření vizualizace procesu	chybí vizualizace (princip LM - vidět vše na první pohled), nepřehlednost o procesech, složitost procesů (nelze pochopit jedním pozorováním), neexistující procesní mapy/vývojové diagramy	linka bude vizualizována, přehled o procesech, prostoje mají dané místo a jsou jasné jednotlivé provázanosti a vlivy procesních kroků
3	Propojení a tvorba reportu v PowerBI	propojit záznamy z čidel s procesní mapou	příliš manuálních činností výroby mimo výrobu, nestandardní postupy, digitální muda, nevyužití potenciálu robotické linky, každý má jiné vize/jiné aplikace	štihlost, redukce digitální mudy, jednoduše, není třeba manuální zápisu seřizovačů (mohou se věnovat kaizenu či pokrýt více linek); spojení technického přístupu se systémovým; prioritizace výroby i zlepšování procesu paralelně
4	PowerAutomate a další možnosti transformace	odstranění manuální údržby automatizací a zajištění nastavení procesu problem solvingu	nevyužití potenciálu robotické linky, rychlé "zalepování" problémů kvůli prioritizaci vyrábět (málo času na strukturovanou reakci)	úspora času, kontinuální flow, potenciál pro přesné statistické vyhodnocení sběru dat, validace a prediktivita, využití i pro mng plánování
		Problem solving	nejednotnost, dlouhé a manuální, digitální muda, složitost procesů, nedostatek vizualizace procesů i linky, natožpak procesů	reakce na základě předpovědi prostojů, možnost sdílení best practices i dat napříč firmou/závody, prediktivní i rychlejší problem solving, přehledné a přesné analýzy,

Obrázek 16: Návrh procesu a nástrojů v reakci na analýzu současného stavu

Zdroj: vlastní zpracování, 2023

Z toho důvodu byl vypracován projekt, který reaguje na nedostatky nalezené při analýze současného stavu a přináší benefity pro proces problem solvingu na vybrané lince. Základní fáze projektu a jejich popis v reakci na předchozí analytickou část je uveden v tabulce na obrázku č. 16. Jednotlivé fáze budou následně popsány a jejich průběh bude objasněn v dalších podkapitolách.

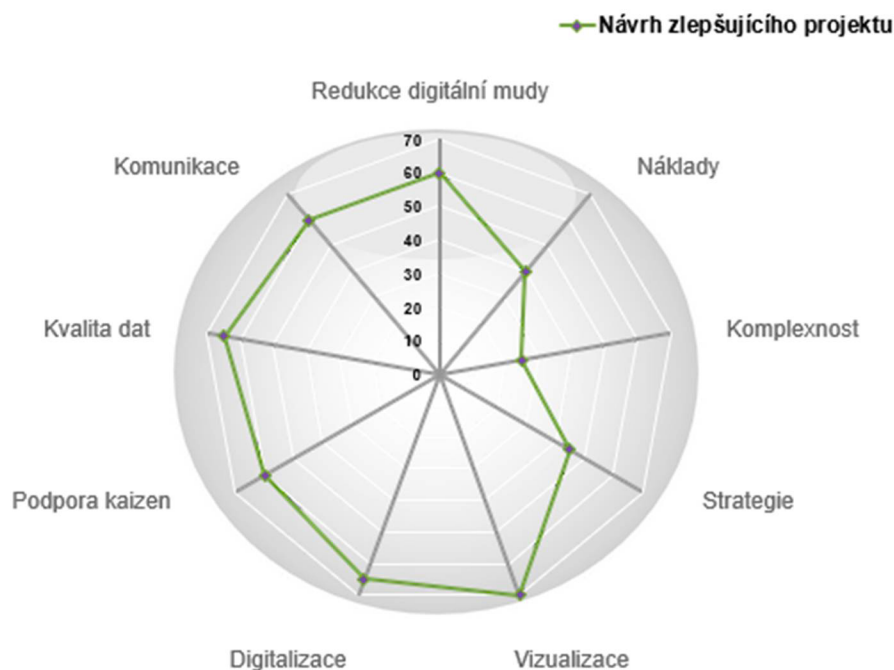
Tato kapitola se bude zabývat návrhem na zlepšení procesu problem solvingu, jež bude zaměřen převážně na vizualizaci procesního toku a kvalitu sbíraných dat. Návrh je dále vyobrazen jako zlepšující projekt, který bude implementován v rámci struktury PDCA. Tato práce se bude zabývat převážně fází plánování tohoto projektu, avšak i činnosti ostatních fází budou popsány a vysvětleny. Jádrem projektu tvoří tři klíčové etapy a jedna navazující v závislosti na zhodnocení implementace předchozích. Jedná se o Audit čidel, Tvorbu procesních map, Propojení a tvorbu reportu v PowerBI (tj. cloudová technologie od firmy Microsoft umožňující vizualizaci a analýzu dat) a následně Power Automate a další možnosti transformace.

Projekt řeší většinu současných problémů v první plánovací fázi procesu problem solvingu. Počátek procesu a aktivity obsažené v této fázi odráží úspěch ostatních fází a samotný závěr procesu. Přitom je v současnosti tato fáze nejvíce

problémová, i když bývá nejvíce klíčová pro průběh procesu. Jakmile jsou totiž k dispozici veškeré potřebné nástroje a data pro řešení problému efektivně s jasnou vizualizací procesu, celý problem solving je urychlen a jeho výstup zpřesněn. Fáze plánování je tedy základní kámen úspěchu procesu, a proto je v této práci navržen projekt, jež zkvalitní výstupy této fáze a zefektivní její průběh. Jedná se rovněž o projekt, který přispěje k digitální transformaci přístupu řešení problémů, avšak s ohledem na digitální zralost a její strategie.

V první etapě projektu bude proveden audit čidel, který reaguje na současnou nekvalitu sběru dat a stav čidel. V další etapě budou vytvořeny procesní mapy, jež zpřehlední složité procesy a provázanost nejen technologií, nýbrž i jednotlivých vstupních komponentů do linky. Poté, po důkladné kontrole, výměnách či doplnění potřebných čidel budou informace z nich sbírány do nástroje PowerBI přes datový tok SQL databáze či Snowflake, kde jsou již data z čidel aktuálně sbírána.

Tyto informace budou zobrazeny na pozadí procesních map, a to umožní propojit statistická data s vizualizací procesu v rámci jednotlivých větví. Rovněž bude využito výhody platformy PowerBI a budou vyobrazeny i další potřebná data z programu SAP pro opravdu kompletní náhled na jednotlivé procesy na lince. Následně v možné navazující etapě bude tvorba reportu a stahování dat plně automatizována za předpokladu splnění podmínek času, nákladů a kvality takového zpracování na dané lince.



Obrázek 17: Analýza zlepšujícího projektu

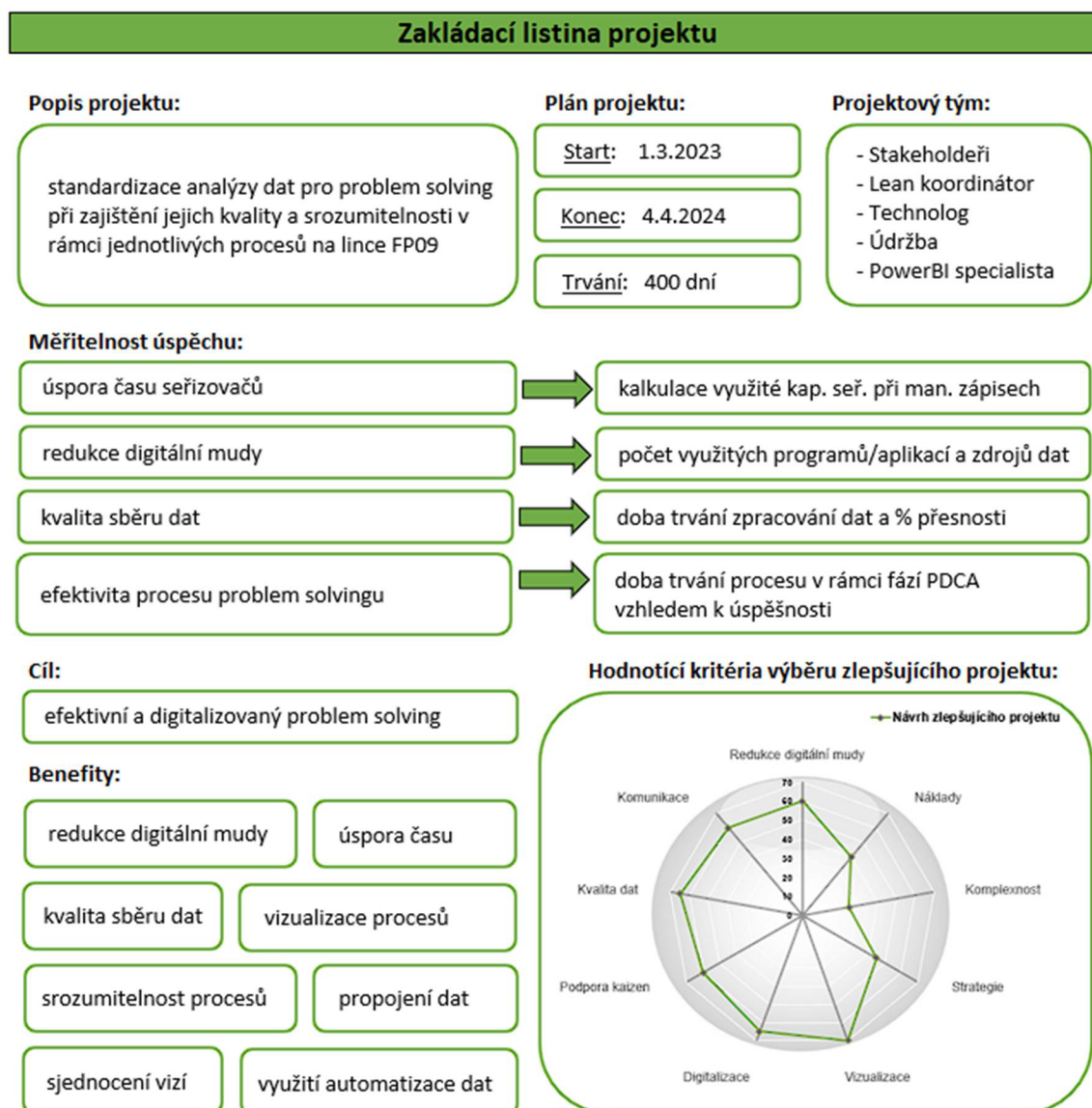
Zdroj: vlastní zpracování, 2023

Výběr zlepšujícího projektu je založen na základě devíti klíčových charakteristik, které reagují na problémy současného procesu. Na obrázku č. 17 je projekt analyzován v rozsahu paprskového grafu a jeho hodnot vůči jednotlivým kategoriím. Kritéria byla zvolena na základě výstupů z předchozích kapitol. Reagují na identifikované problémy či potenciál ke zlepšení z hlediska Průmyslu 4.0, nýbrž i na potřeby projektu problem solvingu jako takového z teoretického úhlu.

Problem solving by měl být úspěšně a jasně komunikován a měl by přispívat k podpoře neustálého zlepšování – kaizen. Rovněž by měl mít přiměřené náklady vůči rozsahu řešeného problému. V souvislosti s hlavním směrem centrálního KPS a technologií, která je aktuálně k dispozici, by tento projekt měl být z hlediska nákladů relativně nenáročný. Proto je výše nákladů závislá v první řadě pouze na rozsahu práce odpovědných lidí v jednotlivých etapách.

Dále dochází k redukci digitálního plýtvání v případě, že bude eliminováno množství aplikací, které jsou aktuálně využívány, stejně jako manuální

i automatické zápisy kvůli nepřesnosti dat. Také po auditu čidel a informací získaných z nich budou sbíraná data kvalitnější, jelikož tímto budou eliminovány ruční zápisy prostojů seřizovači. Finálně celý projekt podporuje vizualizaci problémů, a to v digitální podobě s automatickým sběrem dat přímo ze strojních procesů. To navazuje na podporu strategie k digitální zralosti a následným plánům inovace. Nicméně, jelikož jde o zlepšení současného procesu za dostupných technologií a nástrojů s know-how k dispozici přímo ve firmě, samotný zlepšující projekt není tak náročný, a přitom nastaví základ pro rozvoj budoucích inovačních strategií.



Obrázek 18: Zakládací listina projektu

Zdroj: vlastní zpracování, 2023

Projekt má za cíl zefektivnit a digitalizovat problem solving, a to standardizací analýzy dat při zajištění jejich kvality a srozumitelnosti v rámci jednotlivých procesů na lince FP09. V rámci příprav projektu byla vytvořena základní listina (viz obrázek č. 18), která dále představuje přehledný výpis. Tato listina mj. poukazuje na benefity a rozsah projektu. Rovněž tím zdůrazňuje důvody výběru zlepšujícího projektu a jeho potřeby.

Měřítko úspěchu projektu, jež jsou uvedena na obrázku č. 18 v základní listině projektu, budou představovat základní měřitelné zhodnocení vhodnosti návrhu zlepšujícího projektu. V rámci kapitoly o ekonomickém zhodnocení budou plně rozebrány a předběžně vypočteny.

Projektový tým projektu budou tvořit stakeholdeři a následně ostatní členové týmu, již představují odpovědné osoby v rámci plnění aktivit projektu v procesech zajišťovaných stakeholderů linky FP09. Počátek projektu je stanoven na začátek března, kdy byla započata praktická část analýzy a brainstorming návrhu zlepšujícího projektu této práce. Avšak trvání projektu je stanoveno na základě odhadu časového rozsahu jednotlivých aktivit projektu dle zkušeností z analytické části.

#	Aktivity projektu	Start	Trvání	Konec	Plán projektu:	Odpovědná osoba
<i>fáze</i>			<i>ve dnech</i>		01.03.23 09.06.23 17.09.23 26.12.23 04.04.24	
P	Příprava a výběr projektu	01.03.2023	40	10.04.2023		Lean koordinátor
P	Analýza a komunikace stakeholderů	10.04.2023	3	13.04.2023		Lean koordinátor
P	Plán rozsahu projektu	13.04.2023	9	22.04.2023		Lean koordinátor
D	Audit čidel	22.04.2023	90	21.07.2023		Technolog/údržba
D	Tvorba procesních map	21.07.2023	65	24.09.2023		Lean koordinátor
D	Propojení a tvorba reportu PowerBI	24.09.2023	35	29.10.2023		PowerBI specialista
C	Kontrola kvality toku dat	29.10.2023	20	18.11.2023		Technolog
C	Zhodnocení plnění cíle projektu	18.11.2023	17	05.12.2023		Lean koordinátor
C	Analýza hodnotících kritérií	05.12.2023	7	12.12.2023		Lean koordinátor
C	Vyhodnocení současného stavu digitální zralosti	12.12.2023	12	24.12.2023		Lean koordinátor
A	Power Automate a další možnosti transformace	24.12.2023	65	27.02.2024		PowerBI specialista/technolog
A	Standardizace dat pro problem solving	27.02.2024	22	20.03.2024		Lean koordinátor
A	Sdílení best practices a zhodnocení dalšího postupu	20.03.2024	15	04.04.2024		Lean koordinátor

* v rámci každé sekce aktivity bude připraven checklist/brána pro vstup do další fáze a kontrola zpětné vazby stakeholderů

Obrázek 19: Předběžný plán projektu

Zdroj: vlastní zpracování, 2023

Samotný výčet aktivit je stanoven v plánu projektu na obrázku č. 19, jež slouží jako stručný nástin činností projektu pro možnost jejich systematizace a nástin doby trvání v jednotlivých fázích cyklu PDCA. V rámci každé sekce aktivit bude rovněž utvořena zevrubná kontrolní listina pro zhodnocení a validaci jednotlivých kroků ve všech fázích projektu.

Při první fázi plánování jsou nejprve autorkou této práce provedeny přípravy a výběr zlepšujícího projektu. Na základě těchto aktivit je stanoven časový plán projektu a stručný výčet jeho činností, kde jsou vybrány také odpovědné osoby pro danou aktivitu.

Jak už bylo zmíněno, čtyři klíčové etapy projektu tvoří audit čidel, tvorba procesních map, propojení a tvorba reportu PowerBI a také poté možnosti automatizace jako je například Power Automate. První tři tvoří realizační fázi projektu, kdy budou vykonány úkony potřebné pro vytvoření kvalitního datového a vizuálního základu procesu problem solvingu.

Následně je v rámci kontrolní fáze provedeno nejen zhodnocení samotných realizovaných aktivit, ale také validace nového sběru a vizualizace dat z linky v návaznosti na cíle projektu. Z toho důvodu bude zpracována nová analýza zlepšujícího projektu a její výsledek bude srovnán s hodnotami prvotní analýzy při výběru projektu (viz obrázek č. 17).

Také bude vyhodnocen stav digitální zralosti a možný potenciál k inovaci problem solvingu. Jelikož je čím dál více nových linek a projektů robotických, možnosti využití dat a technologií jsou rozsáhlé i pro samotný proces problem solvingu. Jednou z možností je využití digitálního dvojčete pro simulaci procesů před jejich zavedením, a tím vybudovat prediktivní model pro problem solving. V závěru projektu jsou plánovány kroky standardizace a sdílení zkušeností v rámci vyhodnocení dalšího postupu, ale rovněž plán automatizace zpracování dat.

Proto je automatizace práce s daty v plánovací fázi jednou z částí celého procesu digitalizace, jelikož vytvoří prostor pro prediktivní uvažování o problem solvingu a jeho možné rozšíření o tento model projektů. Fáze plánování při práci s daty je zásadní pro úspěšný problem solving. Jakmile jsou data viditelná a zřejmá ve zkoumaných procesech, kapacita týmu je uvolněna na komplexní návrh opatření pro řešení problému.

Ovšem možnosti automatizace práce s daty v předchozích etapách jsou možné až po jejich úspěšném zhodnocení a kontrole. Z toho důvodu je poslední ze čtyř primárních etap projektu až ve fázi implementační. Jak lze vidět na obrázku č. 19, rozsah etapy automatizace je předběžně stanoven na 65 dní, což je společně s tvorbou procesních dat druhá nejvíce náročná aktivita plánu projektu vzhledem k jejímu rozsahu. Pokud by se ukázalo zhodnocení předchozích etap jako nedostatečné, bylo by možné předejít plýtvání v podobě nadbytečné práce spojené, která by následně nebyla použitelným výstupem a vytvořila by dodatečnou práci při její opravě.

6.1 Audit čidel

Nejprve bude vykonán audit čidel. Tento audit se bude týkat kontroly stavu čidel na lince z hlediska jejich funkčnosti, umístění, rozsahu množství a převážně také značení. Jelikož jsou veškerá čidla zmapována v PLC i v primárních datech portálu pro tuto robotickou linku, není potřeba mapovat jejich současný stav kvůli značení a množství na jednotlivých stanicích předem.

Stanice	Počet vstupů	Počet výstupů	upřesnění
ST001	210	109	
ST010	42	31	
ST020	6	2	
ST030	45	45	a kamera + (cca 299x8)
ST040	32	21	
ST050	52	51	
ST060	36 + 213	10 + 123	dávkovací jednotka + zásobník
ST061	53	31	
ST070	43	47	
ST080	43	32	
ST085	28	31	
ST090	49	38	
ST095	24	20	
ST100	89	63	
ST104	15	16	
ST105	75	62	
ST108 (ST107)	206 + 130	100 + 130	linka + robot
ST110	123	86	"Lanico"
ST120	50	28	
ST125	55	47	
ST130	33	26	
ST135	3	X	pouze zápisy
ST150	43	42	
ST155	20	12	
ST160	85 + 60	32 + 71	dopravník + robot
ST500	50	32	dopravník
ST510	104	40	dopravník
ST530	27	13	dopravník
ZV1	120	75	a kamera + (52)
ZV2	120	75	a kamera + (52)
STATISTIKA	39		výpočty sledovaných ukazatelů

* každý vstup a výstup nemá nastavený alarm

Obrázek 20: Zmapování rozsahu čidel dle stanic

Zdroj: vlastní zpracování dle dat z PLC, 2023

Nicméně, jak lze vidět z obrázku č. 20, rozsah vstupních a výstupních signálů z linky je objemný. Některé stanice rovněž disponují kontrolní kamerou, která obsahuje další množství sledovaných bodů. Dále mohou být stanice rozděleny do několika funkčních bloků, pokud je na stanici více typů jednotek, jako je například právě kamera nebo dopravník, robot aj. Veškerá data, jež jsou z linky sbírána v rámci těchto funkčních bloků nemají nastavené alarmy, které hlásí chybu v toku dat (viz obrázek č. 8).

Vzhledem k velkému objemu sbíraných vstupů a výstupů z linky je tímto způsobeno, že chyba není zahlášena v místě vzniku problému, ale pravděpodobně její nalezení u vzdálenějšího alarmu propojeného s daným chybovým procesem. Z toho důvodu je těžké a složité dohledat, co je přesná

kořenová příčina a často je vyhodnocena na základě domněnky zkušenostního předpokladu seřizovačů. Cílem této etapy je tak nejenom systematizovat stav čidel, ale také provést audit množství monitorovaných alarmů z čidel v jednotlivých procesech vzhledem k jejich množství vstupů a výstupů pro optimální poměr datové štihlosti a dostatečné komplexity sbíraných dat k jejich efektivnímu vyhodnocení.

Kromě toho jsou také sbírány informace o komunikaci jednotlivých stanic mezi sebou, jelikož jsou procesy na lince vzájemně propojené a postupně na sebe navazují dle předpisu výroby na základě typu vstupních komponentů dílů. Tyto informace dále k dispozici v rámci samostatných funkčních bloků v PLC.

Klíčovým prvkem pro vyhodnocování dat je však statistika v PLC, která představuje výpočty sledovaných ukazatelů. Statistika přijímá vstupy ze všech jednotlivých funkčních bloků dat a ty propojuje na základě požadavků vzorců jednotlivých kalkulací. Jedná se o počet dílů na konkrétním dopravníku, počet zásob, počet vyrobených kusů na lince nebo jiné důležité ukazatele, které odráží výkon a stav výroby linky.

Prvním krokem tak bude zkontrolovat, která čidla jsou funkční a která nikoli pro zajištění kvality výstupních dat. Rovněž bude vhodné projít typy jednotlivých čidel a zamyslet se nad vhodností jejich druhu, tvaru a umístění v rámci daného procesu. Co vše je potřeba signalizovat vůči jednotlivým úkonům na stanicích a jaká čidla i jejich množství jsou k tomu zapotřebí. Umístění i vhodné množství čidel je stejně tak klíčové jako jejich typ pro kvalitní sběr dat z linky.

Tato kontrola bude provedena v čase, kdy je linka zastavena, aby nebyl ohrožen její produkční výkon. Nejvhodnější doba je při téměř každotýdenní akci TPM (angl. Total Productive Maintenance), kdy jsou pravidelně preventivně udržovány stroje a zařízení na lince. Většinou v tuto dobu probíhá úklid a opravy či testy nápravných opatření na problémy v lince. Jelikož linka v tuto dobu nevyrábí, je možné mít přístup do všech klecí robota a tím také i ke všem čidlům na stanicích.

Doba konání TPM je zpravidla předepsaná na během nočních směn a její rozsah se liší dle požadavků technologů či údržby. V tomto ohledu opravdu záleží, jestli je potřebné pro výkon linky opravit závady, provést nápravná opatření či se jedná pouze o preventivní údržbu. Rovněž, jestli je problém na lince natolik kritický, že výrazně zastavuje linku – je vykonáno TPM ad hoc mimo sepsaný časový harmonogram.

Audit bude vykonán technologem odpovědným za tuto linku, protože bude obeznámen s procesy i zázemím linky. Kontrola by byla vhodná také ve spolupráci se seřizovači, kteří mají podrobný vhled do procesů linky a jejich problematických oblastí při řešení každodenních prostojů na lince. Doba kontroly je přímo závislá na vytíženosti účastníků auditu vůči ostatním pracovním povinnostem i problémech na lince, které by byly řešeny při TPM.

I když by se zdálo, že bude stav čidel zachycen, při již zmíněných pravidelných TPM akcí, není tomu tak. Hlavním důvodem je, že to není dostatečně závažné, aby se jednalo o prioritu. To, že čidla nejsou přehledně vyznačena, jejich tvar či typ nemusí být pro daný proces ideální, natožpak otázky jejich množství, nemusí samy o sobě zastavit linku. Ovšem jakmile nastane problém, hledání kořenové příčiny je výrazně ztíženo, jelikož zde chybí vizualizace a jistá spolehlivost sbíraných dat.

Proto je audit potřebný. Zajištění kvalitní a srozumitelné datové základny je prioritou pro další postup v zefektivnění samotného procesu problem solvingu. Pro tyto účely byl rovněž vytvořen návrh checklistu, který bude představovat průvodce auditem jednotlivých stanic (viz obrázek č. 21). Jejich pořadí bude určovat agenda týdních TPM. Pokud to však bude možné a nebudou při TPM organizovány větší akce při výskytu problémů, bude při každém TPM proveden audit minimálně dvou stanic v závislosti na rozsahu jejich množství a výrobního výkonu linky.

procesu v případě chyby. Rozsah seznamu bude upraven na základě potřeb každé auditované stanice. Nicméně, výčet otázek checklistu je stejný pro všechny stanice.

Audit čidel má představovat základ pro další etapy realizační části zlepšujícího projektu, který nastaví dostatečnou kvalitu dat potřebnou pro jejich efektivnější sběr i vizualizaci pro potřeby problem solvingu na lince. Čidla zůstanou zdrojem dat pro tyto účely, jelikož představují primární zdroj dat z linky a jejich tok je již zabezpečován do databází SQL či Thingworx, které mohou být dále využity. S tím se však pojí nejenom spolehlivost na jejich funkčnost a správné vyhodnocení jejich signálů, ale také jejich názvosloví a potřeba standardizovat informace, které jsou v databázích z čidel dostupné.

V závěru první etapy by tak bylo možné eliminovat manuální sběr dat za pomoci seřizovačů, a tím tak umožnit seřizovačům věnovat více pozornosti problémům linky a nikoli jejich zapisování. Byl by využit potenciál robotické linky a pravděpodobně by to zvýšilo jejich iniciativu v zapojení při kaizen nápadech o tom, jak samotné procesy na lince zlepšit.

6.2 Tvorba procesních map

Poté mohou být tvořeny procesní mapy (tj. schématické znázornění kroků v rámci procesu), které budou základem pro pochopení a zpřehlednění procesů na jednotlivých stanicích linky. Pro potřeby procesních map budou využity datové bloky z portálu linky, ve kterých lze s přesností spatřit tok signálů přes každé čidlo v rámci všech procesů. Ukazují provázanosti a spouštěče ve všech částech procesu, které nejsou pouhým okem zřetelné. Tyto informace budou zpracovány do stručné a přehledné podoby pro každou stanici linky zvlášť. Procesní mapy bude mít na starost Lean koordinátor pro tuto linku s pomocí technologa.

Vizualizován bude layout stanice se všemi vstupními částmi a pohyb procesu s názvy čidel, které jej signalizují. Proto je opravdu důležité, aby čidla byla

zahrnuta ve všech částech procesu a standardně pojmenována tak, aby bylo možné z těchto procesních map vytáhnout informaci o tom, co alarm daného čidla konkrétně značí a jaký je rozsah jeho vlivu v procesu.

Tímto bude zaplněno prázdno ve vizualizaci linky. Tyto procesní mapy umožní na první pohled upřesnit oblast kořenové příčiny zkoumaných problémů a objasnit jejich souvislosti. Stejně tak to umožní zjednodušit komplexní procesy i technologie na lince pro řešitelský tým, ve kterém každý nemá technické know how či zkušenosti s linkou. Jelikož to je jeden z hlavních nedostatků, který zpomaluje systematické řešení problémů.

Tato etapa je v souladu s jedním ze základních principů LM, a to s vizuálním managementem. Veškeré informace, ať už se jedná o odchylky/problémy ve výrobě či otázku, kam odložit uklízeč potřeby, by měly být na první pohled zřetelné. A to nejenom pro zvýšení efektivity problem solvingu, ale také pro jeho úspěšné zhodnocení při nalezení skutečné kořenové příčiny a eliminaci problému oproti pouhé redukci prostojů, které způsobuje.

6.3 Propojení a tvorba reportu v PowerBI

Data jsou na základě požadavků interního zákazníka (jako je manažer, tým lidí a různá oddělení) aktuálně sbírána různými cestami i vzhledem k tomu, jaká data jsou potřeba k vizualizaci. Rovněž je kvůli nejistotě o kvalitě a přesnosti dat z čidel nastaven i manuální sběr dat prostojů za pomoci seřizovače. Jedním ze zásadních problémů je proto digitální plýtvání, a to v podobě velkého množství aplikací a platforem, stejně tak jako duplikace sběru dat z linky. Proto jsou tyto nedostatky řešeny již v první etapě tohoto projektu.

Jakmile je totiž zajištěn kvalitní sběr dat, je možné data efektivně analyzovat. Srozumitelná vizualizace dat v jednotlivých procesech linky je následně získána při dokončení druhé etapy projektu. Další z hlavních problémů současného problem solvingu představuje nepřehlednost a robotický charakter linky, jež obsahuje nespočet drobných technických procesů, jež na sebe navazují. Tyto

problémy umožní eliminovat nejenom druhá etapa projektu, ale také tato třetí. Tato podkapitola se proto bude zabývat způsobem analýzy dat s propojením vizualizace jejich toku v jednotlivých procesech linky. Protože v případě, že je sběr dat kvalitní a je možné jej napojit na konkrétní proces, lze přesně vidět, čeho se data týkají a jaké jsou možné příčiny i vlivy za těmito daty v pozadí. Jeden ze způsobů je využití nástroje PowerBI.

PowerBI umožňuje již za dnešních podmínek ve firmě vybudovat datovou vizualizaci s propojením různého druhu dat od fyzikálních a mechanických projevů linky až po finální produkt. Zajistí tak provázanost rozsáhlého množství zdrojů dat na jednom místě, a tím vytvoří detailní vhled pro problem solving v rámci jedné platformy. V tomto případě by data byla pro účely problem solvingu sbírána z databáze Snowflake, jelikož data v této databázi jsou dostupná pro linku již ve strukturované podobě, a také z programu SAP.

Nabízí se zde také příležitost propojení jednotlivých požadavků a vizí interních zákazníků mezi sebou, protože by byla možná standardizace sběru i vizualizace dat. Celý proces analýzy dat by byl zeštíhlen a vizualizován propojením záznamů čidel a dalších zdrojů dat produkce jako je např. SAP s procesními mapami vytvořenými v druhé etapě projektu. Byl by spojen technický přístup se systematickým vyjádřením na platformě, kterou lze sdílet mezi jednotlivé uživatele kupříkladu za pomoci cloudu. Priority by byly kladeny jak na výrobu tím, že by data byla automaticky sbírána a procesy přehledné natolik, že analýzy videí a dlouhá pozorování na lince nebudou nutná.

V současnosti je časová náročnost právě důvodem, proč jsou projekty problem solvingu brány negativně. Je vyvíjen tlak na výkon linky, a proto systematické řešení s dlouhým časovým rozsahem je často nahrazováno rychlými a většinou dočasnými řešení. Dostupnost přehledných procesních informací umožní systematický přístup k problem solvingu. Rovněž je tímto také zajištěna přímo viditelná validace nápravných opatření, u kterých by bylo možné dohledat jejich přímý vliv na měřený problém v lince i jeho nepřímé vlivy pro okolní procesy.

V rámci toho bude možnost využít i v širším měřítku statistického vyhodnocení zjištěných dat, které v současnosti není příliš využíváno.

První stránka reportu bude představovat přehled o lince, a to primárně její výkon a nejvíce problémové stanice z hlediska počtu prostojů. Budou k dispozici datové sady s vizuály pro přehled o tom, jaký je výkon linky v souvislosti s počtem vyrobených kusů, časovým rozsahem produkce a prostojů. První strana reportu – přehled, bude simulovat „nástěnku“ všech hlavních sledovaných KPI ve spojitosti s prostoji a reálném dění na lince. Veškerá data by byla vizualizována dle potřeby i s možností filtru pouze vybraných dat.

Následné listy budou rozděleny dle stanic. Avšak budou fungovat také za pomoci odkazu z přehledu v rámci vizualizací. Na každém listu stanice bude pozadím procesní mapa zpracovaná v druhé etapě projektu, která bude představovat layout pro datové vizualizace a statistiky.

V rámci listů stanic budou nejprve k dispozici data o prostojích, a to i za pomoci funkce detekce anomálií. Tato funkce PowerBI umožňuje detekovat anomálie v časové řadě a napomáhá rovněž vysvětlit její příčinu na základě shromážděných dat. Funkce je jako jiné statistické nástroje vhodná pro tento účel, jelikož je sbíráno velké množství dat v různých časových řadách pro zobrazení co nejvíce přesných dat.

Dále bude na layoutu procesu u každého alarmu vyobrazeno pole jeho frekvencí spuštění s formátem pro notifikaci i vizuálním zvýrazněním, jakmile by přesáhla určitou mez. Listy stanice by byly detailním přehledem toku dat v jejich procesech a reagovaly by tak na potřebu srozumitelného a rychlého vhledu do konkrétních problémů. V listech stanic bude využito kromě detekce anomálií primárně výpočtů výskytu prostojů v rámci vyhodnocení frekvence alarmů a jejich typů. Listy budou v mnohém navazovat na procesní mapy, které budou v PowerBI doplněny pouze o vstupy dat do popisu procesního toku a využitých technologií.

V této verzi by report byl využíván týmem problem solvingu jako základ pro datovou analýzu a výběr projektů problem solvingu. Nicméně, nabízí se zde možnost využít výrazně stručnější verzi tohoto reportu pro vyobrazení KPI na výrobní lince v reálném čase.

6.4 Power Automate a další možnosti transformace

Využití Power Automate by mohlo vést k automatické synchronizaci souborů, sběru dat i nastavení služeb automatické notifikace při jakékoli změně datového souboru. Automatizace správy reportu by umožnila snížit lidské úsilí při údržbě tohoto nástroje a také další možnosti zrychlení sběru a vizualizace dat. Zvýšilo by to též úroveň digitální zralosti a otevřelo nové možnosti přístupu k řešení problémů.

Pro koncept PDCA 4.0 je klíčový nejen automatický systém sběru a vizualizace dat, ale také nastavení prediktivního a inteligentního procesu zpracování dat a jejich analýzy přímo v reálném čase. Efektivní a kvalitní zpracování dat s přehledem jednotlivých procesů a jejich technologií v rámci vzájemné provázanosti je základ pro budoucí nastavbu systému problem solvingu.

Rovněž zde existuje možnost na základě zajištění kvalitního sběru dat také transformace problem solvingu. Model prediktivního problem solvingu by znamenal nový rozměr řešení problémů, a to v součinnosti s aktuálními možnostmi při cestě k digitální transformaci. Důvodem, proč se linka FP09 tolik řeší a je jedním z hlavních cílů pro projekty problem solvingu je fakt, že její přejímka, a obzvláště období po přejímce, neproběhlo v rámci stanovených mezí plnění KPI. Zmínění model by za vzniku této etapy přinesl odpověď na budoucí problémy přímo při vzniku, a tím předcházet nabalení problémů, které existují nyní. Proces přejímky nových linek by byl výrazně zefektivněn nejen zrychlením samotného procesu, ale také jeho zkvalitněním při hledání skutečných kořenových příčin. To by tak vyústilo ve vysoké finanční i kapacitní úspory.

Toho lze dosáhnout za pomoci několika nástaveb a funkcí PowerBI i alternativních řešení jako je napojení na jiné nástroje internetu věcí pro hlubší analýzu dat či zapojení systému digitálního dvojčete pro simulaci nejen řešení před jejich fyzickým testováním. V tomto ohledu by však byla spolupráce a komunikace se senzory na lince a jejími technologiemi zásadní.

Proces sběru dat a jejich vyhodnocení v automatizovaném systému na cloudu je neodmyslitelným prvkem pro další budoucí transformace a zefektivnění procesu problem solvingu vzhledem k současným vyvíjejícím se trendům a technologiím. Pokud jsou současné problémy komplexnější a pokročilé vůči historickým projektům, je třeba reagovat i modernizací a transformací samotného procesu jejich řešení. Jinak není možné zaručit pokračující úspěšnost řešení. Jakmile jsou problémy spojeny s moderními procesy robotických linek, tradiční manuální řešení problémů nemusí být plně dostačující pro jejich eliminaci, natožpak zajistit rychlý a plynulý průběh problem solvingu.

7 Ekonomické zhodnocení, shrnutí výsledků a diskuze

Plánovaný zlepšující projekt plně reaguje na aktuální potřeby teamu KPS pro řešení problem solvingových projektů a zároveň bere v potaz současný stav digitální zralosti firmy a možnosti zkoumané linky. Vzhledem k tomu, že je již pro potřeby finančního oddělení nakoupena licence PowerBI Pro, která umožňuje také sdílení obsahu mezi uživatele, jež nedisponují licencí k vytváření reportů, investice do technologie pro potřeby vizualizace na výrobní lince je nulová.

Nicméně, licence je potřeba pro uživatele tvořící reporty. Otázkou totiž je, zda by byla zakoupena individuální licence pro IT lean koordinátora, který by report zpracoval a udržoval anebo by to měl na starost současný PowerBI specialista z finančního oddělení. Na základě toho by byla vyčíslena i částka hodnoty licence a také školení, pokud by reporty tvořil člen oddělení LM. To již záleží na diskusi managementu o odpovědnostech jednotlivých oddělení a budoucí strategii vývoje. Z toho důvodu je obtížné vypočítat návratnost investice, jelikož nejsou známy veškeré potřebné vstupy.

ROZSAH DATOVÝCH ANALÝZ PRO POTŘEBY PROBLEM SOLVINGU	
Počet výrobních linek (ks):	1,00
Počet požadovaných reportů za rok (ks):	2,00
Rozsah práce na analýzách pro reporty (h/rok):	240,00
Průměrný mzdový tarif zaměstnance (Kč):	67 227,00 Kč
Roční úspora (Kč):	32 268 960,00 Kč
Roční úspora (%):	25,00%

Obrázek 22: Úspora při tvorbě datových analýz

Zdroj: vlastní zpracování dle interních dat, 2023

Samotná návratnost PowerBI je těžko kvantifikovatelná, dokud není toto řešení přímo implementováno. Na druhou stranu, pokud se vezmou v potaz současné nároky a rozsah práce při manuálním zpracování datových analýz v excelu aj., lze po implementaci zlepšujícího projektu dospět k budoucí úspoře až 32 268 960

Kč a 25 % času lean koordinátora při řešení problem solvingu na vybrané lince dle výpočtů na obrázku č. 22.

Počet výrobních linek je stanoven pouze na jednu, i když se projekty problem solvingu řeší i na jiných linkách, pro účely výpočtů úspory zlepšujícího projektu mířeného pouze na linku FP09. Dále je počet požadovaných reportů stanovených na dva reporty problem solvingu, jelikož to je v současnosti běžný počet vyřešených reportů za rok na vybrané lince s ohledem na jiné činnosti oddělení. Rozsah práce byl stanoven na 20 hodin měsíčně (tj. 240 hodin za rok). Data jsou založena na odhadu rozsahu práce při minulých projektech problem solvingu dle zkušeností autorky a také diskuzi s konzultantkou práce.

Avšak je nutno brát na zřetel také již zmíněné pravděpodobné počáteční náklady na trénink vývojáře reportů, a také kontinuální náklady ohledně možné částky pro nákup PowerBI licence pro LM oddělení. A prvotní časový rozsah implementace řešení, kdy bude kapacita navýšena.

Po finálním zhodnocení jsou vzhledem ke stanoveným ukazatelům měřitelnosti projektu vyzdvihnuty převážně kalkulace kapacitních úspor, a to z časového hlediska jak pro seřizovače, tak pro LM. Jelikož je projekt plánován jako pilot pro vybranou linku, finanční úspory nemohou být zcela zohledněny, jelikož bude tento systém aplikován pouze na jedné lince. Tím tedy není možné redukovat FTE na činnosti s tím spojené.

Nicméně, právě časová úspora kapacit zde hraje velkou roli, protože současná linka má několik problémových oblastí. Pokud by se samotný proces řešení zefektivnil, vzrostl by tím také výkon linky, jelikož by bylo možné v kratším čase vyřešit více problem solvingových projektů.

Seřizovač:	300 Kč/h	Kalkulace využití kapacity seřizovače
Rozsah práce:	112.5 h/týden	

Týden	Počet prostojů	h/týden	Kč	%
1	868	28.93	8,680.00 Kč	26%
2	1052	35.07	10,520.00 Kč	31%
3	717	23.90	7,170.00 Kč	21%
4	1082	36.07	10,820.00 Kč	32%
5	768	25.60	7,680.00 Kč	23%
6	695	23.17	6,950.00 Kč	21%
7	745	24.83	7,450.00 Kč	22%
8	585	19.50	5,850.00 Kč	17%
9	787	26.23	7,870.00 Kč	23%
10	749	24.97	7,490.00 Kč	22%
11	729	24.30	7,290.00 Kč	22%
12	775	25.83	7,750.00 Kč	23%
13	756	25.20	7,560.00 Kč	22%
14	714	23.80	7,140.00 Kč	21%
15	611	20.37	6,110.00 Kč	18%
16	817	27.23	8,170.00 Kč	24%
17	632	21.07	6,320.00 Kč	19%
18	413	13.77	4,130.00 Kč	12%
19	940	31.33	9,400.00 Kč	28%
20	576	19.20	5,760.00 Kč	17%
21	709	23.63	7,090.00 Kč	21%
22	770	25.67	7,700.00 Kč	23%
23	724	24.13	7,240.00 Kč	21%
24	679	22.63	6,790.00 Kč	20%
25	631	21.03	6,310.00 Kč	19%
26	874	29.13	8,740.00 Kč	26%
27	43	1.43	430.00 Kč	1%
28	28	0.93	280.00 Kč	1%
29	232	7.73	2,320.00 Kč	7%
30	159	5.30	1,590.00 Kč	5%
31	707	23.57	7,070.00 Kč	21%
32	706	23.53	7,060.00 Kč	21%
33	792	26.40	7,920.00 Kč	23%
34	828	27.60	8,280.00 Kč	25%
35	782	26.07	7,820.00 Kč	23%
36	903	30.10	9,030.00 Kč	27%
37	1031	34.37	10,310.00 Kč	31%
38	1054	35.13	10,540.00 Kč	31%
39	906	30.20	9,060.00 Kč	27%
40	971	32.37	9,710.00 Kč	29%
41	1255	41.83	12,550.00 Kč	37%
42	1153	38.43	11,530.00 Kč	34%
43	983	32.77	9,830.00 Kč	29%
44	1094	36.47	10,940.00 Kč	32%
45	1167	38.90	11,670.00 Kč	35%
46	1101	36.70	11,010.00 Kč	33%
47	643	21.43	6,430.00 Kč	19%
48	893	29.77	8,930.00 Kč	26%
49	1080	36.00	10,800.00 Kč	32%
50	1200	40.00	12,000.00 Kč	36%
51	902	30.07	9,020.00 Kč	27%
52	714	23.80	7,140.00 Kč	21%
53	28	0.93	280.00 Kč	1%
Celkem	40753	1358.43	407,530.00 Kč	x

Obrázek 23: Kalkulace využití kapacity seřizovače při manuálních zápisech

Zdroj: vlastní zpracování dle dat z interní aplikace Databáze záznamů seřizovače, 2023

Následně z druhé strany pohledu, lze také vypočítat aktuální využitou kapacitu seřizovačů při provádění manuálních zápisů prostožů na lince, jak lze vidět na obrázku č. 23. Data o zápisů prostožů (tj. časové razítko prostožů s komentáři) byla sebrána za dobu jednoho roku od 28. dubna 2022 po 28. dubna 2023 z interní aplikace Databáze záznamů seřizovače.

V rámci kontingenční tabulky byl zjištěn počet prostožů a jejich rozsah během roku sumarizován na jednotlivé kalendářní týdny pro větší přehlednost. Poté byla na základě pozorování odhadnuta průměrná doba trvání jednoho zápisu prostože na 2 minuty. Při vynásobení této doby počtem prostožů s převodem na hodiny byl zjištěn počet hodin v týdnu, které seřizovač stráví manuálním zápisem do aplikací (viz třetí sloupec h/týden). Ve čtvrtém sloupci je vynásobením mzdového tarifu seřizovače s počtem hodin v týdnu, které seřizovač stráví manuálním zápisem, zjištěna korunová ztráta za daný čas. V posledním sloupci tabulky na obrázku č. 23 je rovněž kalkulováno procento této doby vzhledem k poměru rozsahu práce seřizovače při třisměnném provozu pět pracovních dní v týdnu s pracovní dobou 7,5 hodin (údaje jsou zaokrouhleny na celá procenta).

Vychází z toho, že i seřizovač stráví poměrně významnou část své práce pouze manuálními zápisy prostožů na lince, které budou v rámci projektu zcela eliminovány. Obzvláště pokud se tento čas vynásobí stanoveným mzdovým tarifem seřizovače, ve zkoumaném období (tj. od 28.04.2022 do 28.04.2023) je vyhodnocen na 407 530 Kč, což není zcela malá částka, která je využita pouze na manuální zápisy. Návrh zlepšujícího projektu by eliminací manuálních zápisů měl tuto kapacitu seřizovače využít buď na možnosti zabývání se Kaizen projekty a tím přinést další potenciální úsporu, nebo přímo je využít na technologicky podobných linkách. Tímto by dokonce došlo k úspoře počtu seřizovačů potřebných na jednotlivých směnách, a tak rovněž i mzdových nákladů.

Úspora času je jedním z největších benefitů pro problem solving, jelikož každou vteřinu, během které jsou procesy problematické, je výkon linky snížen a tím také dražší. Čas jsou peníze, a to při řešení problémů platí nejvíce. Z toho důvodu jsou

tyto kapacitní úspory klíčové, jelikož jedním ze současných problémů je nedostatek času na strukturovanou reakci problému se zjištěním kořenové příčiny. Zefektivněním procesu problem solvingu je možná eliminace rychlých a také pouze dočasných řešení, jelikož bude více času k nalezení trvalého řešení. Nicméně, kromě kalkulací úspor při redukci využitých kapacit zaměstnanců, lze hlavně přidanou hodnotu zlepšujícího projektu zhodnotit i v nevyčíslitelných položkách. Audit čidel zajistí požadovaná data v kvalitní formě a procesní mapy umožní více porozumět procesům na lince a jejich vzájemných vlivů. Reporty za pomoci těchto dvou předchozích etap v PowerBI následně zajistí potřebná data na jedné platformě okamžitě v časech, kdy je potřeba se rozhodnout, jak postupovat a validovat.

Rovněž tím umožní eliminovat lidský faktor při sběru dat, a tak zvýšit jejich přesnost. Informace budou rovněž k dispozici na cloudu a nebudou v několika různých souborech a počítačích, což má za následek rychlejší sdílení, propojení a také cestu k digitální transformaci. Prostřednictvím nástrojů PowerBI budou data agregována, ověřena a také jednoduše sdílena, což uspoří náklady na provoz jiných aplikací a programů, stejně tak jako hledání potřebných dat v několika zdrojích.

Také dochází ke snížení počtu využitých aplikací pro vizualizaci a vyhodnocení dat, což znamená redukci digitální mudy. Zdroj dat bude propojen v rámci jedné platformy, a tak se sníží počet nejvyužívanějších aplikací (tj. pět z dvanácti celkem k dispozici pro vybranou linku) a několika excelových souborů na jednu platformu.

Zlepšující projekt tedy umožní vytvoření ekosystému pro efektivní problem solving a také budoucí vývoj v rámci digitální transformace. PowerBI s procesními mapami totiž nastaví rozhodnutí založená na datech, která vychází z propojení několika zařízení a technologií, což je jádrem Průmyslu 4.0, a tím konkurenceschopnosti vzhledem k současnému vývoji digitální transformace

firem. Kvalitní data jsou základ úspěchu pro problem solving. Bez dat je velmi složité s přesností určit kořenovou příčinu problému.

Závěr

Z časových důvodů a také rozsahu této práce bylo možné zpracovat pouze návrh na zlepšení současného procesu problem solvingu. Stejně tak je tato práce limitována náročností jejího tématu. I když byl předmět práce zvolen na základě zkušeností autorky, téma není jednoduché na uchopení, a proto je návrh přijat vzhledem k současným dovednostem a zkušenostem autorky.

Nicméně, z výsledků analýzy je zřejmé, že tento projekt má své pevné opodstatnění a několik benefitů nejenom pro projekty problem solvingu na lince FP09. Jakmile bude implementace dokončena s úspěšným zhodnocením, je předpokládáno jeho rozšíření stejně jako vyzdvižení úrovně digitální zralosti firmy. Jedním z největších důvodů problémů v současnosti je digitální plýtvání, nejasné strategie v rámci digitalizace a procesu řešení problémů, a to i časově náročný a nekvalitní proces sběru dat, který je provázán s předchozími problémy.

Množství dostupných technologií na zkoumané lince FP09 je velké a mnoho jich není využito do plného potenciálu z hlediska práce s daty. To se poté odráží na nemožnosti nálezů trvalých řešení problémů na lince i v rámci nedostatku efektivních nástrojů a strategie. Pro účely plně automatizovaného řešení není možné mít sběr dat manuální i z linky několika zdrojů, a to poté spravovat v rámci velkého množství aplikací, a hlavně neuspořádaného rozmístění množství excelovských tabulek a reportů. Digitalizace procesu problem solvingu nenahradí jeho systém, ale nabízí způsob, jak neustále zlepšovat systém řešení problémů jako takových, a tak transformovat systém samotný. Synergie leanu i Průmyslu 4.0 je klíčová pro pokročilý a inovativní problem solving.

Dále je důležité poukázat na cíl digitální transformace, a to daty řízenou výrobu. Tento cíl se plně shoduje s požadavky na efektivní problem solving. Pokud je datová základna kvalitní a v dostatečném rozsahu i způsobu vyhodnocení, proces problem solvingu bude jednoduchý a rychlý. Aby bylo možné dosáhnout jasně čitelných výsledků z analýz problému, je nutné disponovat kvalitními daty.

Na tyto potřeby reaguje návrh zlepšujícího projektu, který nabízí vizualizaci procesů a jejich problémů na lince i s rychlým přehledným vyhodnocením pro jednoduché a úspěšné analýzy k vyřešení problémů.

Na to však musí reagovat agilní a inovativní smýšlení organizace. Implementace zlepšujícího projektu zajistí včasná data pro rychlé a flexibilní rozhodování. Nicméně, i když jsou k dispozici veškeré potřebné informace v době, kdy jsou potřeba v souladu s hlavními principy LM, hlavní vliv má rozhodující aktér.

Návrh této práce na zlepšení současného procesu problem solvingu a jeho nástrojů reaguje na aktuální nedostatky, potřeby pro jeho úspěšné výstupy a také Průmysl 4.0. Koncept Průmyslu 4.0, chytrá továrna, vyžaduje kvalitní sběr dat a inovativní informační infrastrukturu. Jednotlivé fáze zlepšujícího projektu reagují na bariéry vstupu do digitální transformace a redukuje je. Jedná se o bariéry jako např. nesrozumitelný komunikační tok či nepostačující technologické know-how poskytnutím jasně vizualizovaného datového toku v procesech vybrané linky.

Ekonomické zhodnocení finálně také podporuje výběr zlepšujícího projektu, který splňuje úsporu času seřizovačů o průměrný čas 20 %, ve kterém se mohou věnovat Kaizen projektům. Také při implementaci projektu na více linkách může dojít k redukci jejich počtu a tím přímé finanční úspoře při jednotlivých směnách. Kapacitní úsporu a zefektivnění procesu problem solvingu při vybrání návrhu této práce lze zvýšit o 25 % rozsahu práce lean koordinátora, což přímo zvýší počet problem solvingových projektů a tím podpoří výkon linky. Následně je redukována i digitální muda dostupných aplikací pro vybranou linku a několika excelových souborů na jednu cloudovou platformu a jednoznačný tok dat.

Seznam použité literatury

ALIEVA, Jamila a Robin VON HAARTMAN, 2020. Digital muda-the new form of waste by Industry 4.0. *Operations and Supply Chain Management*, **(13)**3: 269-278. ISSN 1979-3561.

AMIN, Ahmad Nawawi Mohd, Wan Hasrulnizzam MAHMOOD, Seri Rahayu KAMAT a Ilyana ABDULLAH, 2018. Conceptual framework of lean ergonomics for assembly process: PDCA approach. *Journal of Engineering and Science Research* [online], **2**(1): 51-62. [cit. 2022-12-05]. ISSN 2289-7127.
Dostupné z: https://www.jesrjournal.com/uploads/2/6/8/1/26810285/009-_jesr-51-62-volume_2_issue_1_2018.pdf

ANDRÉ, Jean-Claude, 2019. *Industry 4.0: paradoxes and conflicts*. London: ISTE. ISBN 978-1-78630-482-7.

ANOSIKE, Anthony, Konstantinos ALAFROPATIS, Jose Arturo GARZA-REYES, Anil KUMAR, Sunil LUTHRA a Luis ROCHA-LONA, 2021. Lean manufacturing and internet of things–A synergetic or antagonist relationship? *Computers in Industry* [online], **129**: 1-15. [cit. 2023-01-10]. ISSN 0166-3615.

Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361521000713>

BENOTSMANE, Rabab, György KOVÁCS a László DUDÁS, 2019. Economic, Social Impacts and Operation of Smart Factories in Industry 4.0 Focusing on Simulation and Artificial Intelligence of Collaborating Robots. *Social Sciences* [online], **8**(5), 143. [cit. 2023-01-10]. ISSN 2076-0760. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-0760/8/5/143>

BUFFE, Youri, 2020. *Lean Six Sigma x.0 Statistical Problem Solving: 1. Flow Problems and Lean Management*. Brussels: Lean Six Sigma Belgium & France. ISBN 9782931059111.

DEVEZAS, Tessaleno, João LEITÃO a Askar SARYGULOV, 2017. *Industry 4.0: entrepreneurship and structural change in the new digital landscape*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-49604-7.

FILIP, F. C. a Vladimir MARASCU-KLEIN, 2015. The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP conference series: materials science and engineering*, **95**: 1-6. ISSN 1757-899X.

GHOBAKHLOO, Morteza a Masood FATHI, 2019. Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, **(31)**1: 1-30. ISSN 1741-038X.

HEAVIN, Ciara a Daniel J. POWER, 2018. Challenges for digital transformation–towards a conceptual decision support guide for managers. *Journal of Decision Systems* [online], **(27)**1: 38-45. [cit. 2023-01-02]. ISSN 1246-0125. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12460125.2018.1468697>

HTUN, Arkar, Thin Thin MAW a Ch KHAING, 2019. Lean manufacturing, just in time and Kanban of Toyota production system (TPS). *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research* [online], **(8)**1: 469-474. [cit. 2022-11-13]. ISSN 2319-8885. Dostupné z: <http://ijsetr.com/uploads/165423IJSETR17537-99.pdf>

Interní školící materiály Value Stream Akademie, 2018.

JIANG, Jehn-Ruey, 2018. An improved cyber-physical systems architecture for Industry 4.0 smart factories. *Advances in Mechanical Engineering* [online], **(10)**6: 1-15. [cit. 2023-01-06]. ISSN 1687-8132. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814018784192>

KHAN, Maqbool, Xiaotong WU, Xiaolong XU a Wanchun DOU, 2017. Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0. In: *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC) 2017*. Paříž: IEEE, s. 1-6. ISBN 978-1-4673-9000-2.

KLINGENBERG, Christina Orsolin a José Antônio do Vale Jr. ANTUNES, 2017. Industry 4.0: what makes it a revolution. *Technology in Society*, **70**: 1-11. ISSN 0160-791X.

KNORR-BREMSE ČR, 2023. *Knorr-Bremse Česká republika* [online]. Knorr-Bremse v České republice [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.knorr-bremse.cz/cz/>

KNORR-BREMSE GROUP, 2023. *Knorr-Bremse Group* [online]. Knorr-Bremse AG [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.knorr-bremse.com/en/>

KRAFT, Jiří, Andrej Aleksandrovič ZAJCEV a Aleksandr Vladimirovič ZAJCEV, 2017. *Discovering the lean production secrets on the verge of industry 4.0*. Liberec: Technical University of Liberec. ISBN 978-80-7494-392-8.

MACHADO, Carla Gonçalves, Mats WINROTH, Dan CARLSSON, Peter ALMSTRÖM, Victor CENTERHOLT a Malin HALLIN, 2019. Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia Cirp* [online], **81**: 1113-1118. [cit. 2023-01-12]. ISSN 2212-8271. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119305670>

MARRA, Manuela, Carla Di BICCARI, Mariangela LAZOLI a Angelo CORALLO, 2017. A gap analysis methodology for product lifecycle management

- assessment. *IEEE transactions on engineering management* [online], **(65)**1: 155-167. [cit. 2022-12-02]. ISSN 1558-0040. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8097037>
- MATTHEWS, Daniel D, 2018. *The A3 workbook: unlock your problem-solving mind*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-14-3983-489-3.
- NETLAND, Torbjørn H. a Daryl J. POWELL, 2017. *The Routledge companion to lean management*. New York: Routledge. ISBN 978-1-138-92059-0.
- NICHOLAS, John, 2018. *Lean production for competitive advantage: a comprehensive guide to lean methods and management practices*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-14-987-8088-9.
- OMOGBAI, Oleghe a Konstantinos SALONITIS, 2017. The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach. *Procedia cirp* [online], **60**: 380-385. [cit. 2022-12-02]. ISSN 2212-8271. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117300586>
- PARKES, Aneta, 2015. Lean management genesis. *Management* [online], **(19)**2: 106. [cit. 2022-11-13]. ISSN 1429-9321. Dostupné z: <https://sciencedirect.com/article/10.1515/manment-2015-0017>
- PEARCE, Antony a Dirk PONS, 2019. Advancing lean management: The missing quantitative approach. *Operations Research Perspectives* [online], **6**: 1-14. [cit. 2022-12-02]. ISSN 2214-7160. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716018302872>
- PEÇAS, Paulo, João ENCARNACAO, Manuel GAMBOA, Manuel SAMPAYO a Diogo JORGE, 2021. Pdca 4.0: A new conceptual approach for continuous improvement in the industry 4.0 paradigm. *Applied Sciences* [online], **(11)**16: 1-29. [cit. 2023-01-02]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/16/7671>
- PHIL, Ledbetter, 2018. *The Toyota template: The plan for just-in-time and culture change beyond lean tools*. New York: Productivity Press. ISBN 978-1138578715.
- PIEŃKOWSKI, Maciej, 2014. Waste measurement techniques for lean companies. *International Journal of Lean Thinking* [online], **(5)**1: 9-24. [cit. 2022-12-11]. ISSN 5176-7349. Dostupné z: <https://www.ingentaconnect.com/content/doi/21460337/2014/00000005/00000001/art00002>
- PRO LEAN CONSULTING S.R.O, 2020. *Lean management* [tištěná příručka]. 2020 [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: <https://prolean.cz/lean-materialy/>

- ROMERO, David, Paolo GAIARDELLI, Matthias THÜRER, Daryl POWELL a Thorsten WUEST, 2019. Cyber-physical waste identification and elimination strategies in the digital lean manufacturing world. In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems 2019*. Austin: Springer International Publishing, s. 37-45. ISBN 978-3-030-30000-5.
- ROSIN, Frédéric, Pascal FORGET, Samir LAMOURI a Robert PELLERIN, 2020. Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research* [online], **(58)**6: 1644-1661. [cit. 2023-01-06]. ISSN 0020-7543. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- RUIJTERS, Enno a Mariëlle STOELINGA, 2015. Fault tree analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools. *Computer science review* [online], **15**: 29-62. [cit. 2023-01-15]. ISSN 1574-0137. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574013715000027>
- SAMANTA, Maharshi, 2019. *Lean problem solving and QC tools for industrial engineers*. New York: CRC Press. ISBN 978-03-677-3004-8.
- SCHUMACHER, Simon, Andreas BILDSTEIN, a Thomas BAUERNHANSL, 2020. The impact of the digital transformation on lean production systems. *Procedia CIRP* [online], **93**: 783-788. [cit. 2023-01-02]. ISSN 2212-8271. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120306764>
- SP ČR, 2022. *Průzkum SP ČR: Firmy řeší digitální transformaci komplexně 2022* [online]. SP ČR [cit. 30.1.2023]. Dostupné z: <https://www.spcr.cz/pro-media/tiskove-zpravy/15741-pruzkum-sp-cr-firmy-resi-digitalni-transformace-komplexneji>
- ŠPIČKA, Ivo, Tomáš TYKVA a Michal ČERVINKA, 2016. Průmysl 4.0: Příležitost nebo hrozba? In: *Sborník přednášek z 53. slévárenských dnů®*. Brno: Česká slévárenská společnost, z.s., s. 37-46. ISBN 978-80-02-02687-7.
- TEZEL, Algan, Lauri KOSKELA a Patricia TZORTZOPOULOS, 2016. Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of manufacturing technology management*, **(27)**6: 766-799. ISSN 1741-038X.
- VALAMEDE, Luana Sposito a Alessandra Cristina Santos AKKARI, 2020. Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences* [online], **(5)**5: 851-868. [cit. 2023-01-15]. ISSN: 2455-7749. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/e32d/737ba63ea768c798c346e63ebfb4a8671ba9.pdf>

WANG, Lidong a Guanghui WANG, 2016. Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and industry 4.0. *International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM)* [online], **(6)**4: 1-8. [cit. 2023-01-12]. ISSN 2305-3631. Dostupné z: <http://www.mecs-press.org/ijem/ijem-v6-n4/IJEM-V6-N4-1.pdf>

WOMACK, James P. a Daniel T. JONES, 2013. *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. Velká Británie: Simon & Schuster UK. ISBN 978-07-4323-164-0.

XU, Li Da a Lian DUAN, 2019. Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. *Enterprise Information Systems* [online], **(13)**2: 148-169. [cit. 2023-01-12]. ISSN 1751-7575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1442934>

ZHOU, Keliang, Taigang LIU a Lifeng ZHOU, 2015. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In: *12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD) 2015*. Piscataway: IEEE, s. 2147-2152. ISBN 978-1-4673-7682-2.