

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: N6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208T088 Podniková ekonomika a management provozu

NÁVRH VYUŽITÍ INDUSTRY 4.0 VE VÝROBĚ KOMPONENTŮ ŠKODA AUTO A.S.

Bc. Jan TEPLÝ

Vedoucí práce: Ing. Pavel Wicher, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Bc. Jan Teplý**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Podniková ekonomika a management provozu

Název tématu: **Návrh využití Industry 4.0 ve výrobě komponentů
ŠKODA AUTO a.s.**

Cíl: Cílem práce je analyzovat možnosti využití Industry 4.0 ve výrobě motorů a převodovek ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. a navrhnout komplexní koncepci obsahující konkrétní dílčí řešení včetně expertního zhodnocení jejich přínosů, omezení a rizik.

Rámcový obsah:

1. Provedte literární rešerši principů, nástrojů a metod uplatňujících se v Industry 4.0.
2. Analyzujte současný stav výroby motorů a převodovek ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. se zaměřením se na logistické a výrobní procesy.
3. Navrhněte soubor konkrétních aplikací principů, nástrojů a metod z Industry 4.0 ve výrobě motorů a převodovek ŠKODA AUTO a.s.
4. Expertně vyhodnoťte jednotlivé návrhy a stanovte podmínky pro jejich zavedení.

Rozsah práce: 55 – 65 stran

Seznam odborné literatury:

1. SPATH, D. *Studie Produktionsarbeit der zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer IAO, 2013. ISBN 978-3-8396-0570-7.
2. GEISSBAUER, R. – KOCH, V. – KUGE, S. *Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*. [online]. 2014. URL: <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>.
3. KREUTZER, S. – SMIT, J. – MOELLER, C. *Industry 4.0 – Study for the ITRE Committee*. [online]. 2016. URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf).
4. BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG. *Industrie 4.0: Innovationen für die Produktion von morgen*. [online]. 2015. URL: https://www.bmbf.de/pub/Industrie_4.0.pdf

Datum zadání diplomové práce: srpen 2016

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2017

L. S.



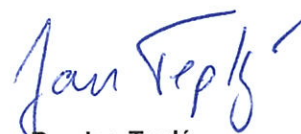
Ing. Pavel Wicher, Ph.D.
Vedoucí práce



Mgr. Petr Šulc
Prorektor ŠAVŠ



prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
Vedoucí katedry



Bc. Jan Teplý
Autor práce

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 5. ledna 2018

Handwritten signature in blue ink, reading "Jan Teplý".

Děkuji Ing. Pavlu Wicherovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, přínosné konzultace a kolegům ze závodů ŠKODA AUTO ve Vrchlabí a Mladé Boleslavi za poskytování komplexních informací k aktuálním tématům a odborné posouzení mých návrhů na zlepšení.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	7
1 Úvod	9
2 Představení společnosti ŠKODA AUTO a.s.....	11
3 Industry 4.0	13
3.1 Projekt Industrie 4.0	14
3.2 Iniciativa Průmysl 4.0 MPOČR.....	15
3.3 Zahraniční iniciativy Industry 4.0	16
3.4 Využití ve výrobě / automotive	19
4 Aktuální situace v automotive	20
5 Současný stav inovací ve ŠKODA AUTO a.s.	24
5.1 Výroba komponentů ŠKODA AUTO a.s.	26
5.2 Zavedené technologie Industry 4.0 ve výrobě komponentů a jejich optimalizace.....	28
5.2.1 Kolaborativní robot.....	28
5.2.2 Laserově naváděný manipulační robot	30
5.2.3 Transparentní továrna.....	33
5.2.4 AMU – mobilní údržba strojního zařízení	36
6 Návrh konkrétních opatření v oblasti údržby.....	41
6.1 Optimalizace softwaru a režimu výdejný	42
6.2 Implementace mobilního robota na dovoz náhradních dílů	43
6.3 Inteligentní stroje.....	45
6.4 Inteligentní komponenty	46
7 Zhodnocení návrhu řešení	48
7.1 První etapa optimalizace	48
7.2 Druhá etapa optimalizace.....	49
7.3 Třetí etapa optimalizace	50
7.4 Cílový stav – Smart Maintenance.....	50
7.5 Shrnutí.....	51
8 Závěr.....	53

Seznam literatury	55
Seznam obrázků a tabulek.....	57
Seznam příloh	59

Seznam použitých zkratk a symbolů

AMU	Aplikace mobilní údržby
CPS	Cyber-Physical Systems
ČR	Česká republika
DQ	Doppelkupplung-Quergetriebe
EA	Entwicklungsantrag
EBP	Nákupní elektronický systém
ERP	Enterprise Resource Planning
EUR	Euro
FTS	Fahrerlose Transport System
IT	Information Technology (informační technologie)
KMR	KUKA Mobile Robotik
MFA	identifikační karta zaměstnance ŠA
MPI	Multi Point Injection
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MQ	Manuell-Quergetriebe
PDA	Personal Digital Assistant
RFID	Radio Frequency Identification (Identifikace na rádiové frekvenci)
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung
SMS	Short message service
SPC	Statistická regulace procesu
SQ	Sequentiell-Quergetriebe
SUV	Sport Utility Vehicle
ŠA	ŠKODA AUTO a.s.
TIA	Totally Integrated Automation
TPM	Total Productive Maintenance

TSI	Twincharged Stratified Injection
USA	United States of America
VW	Volkswagen AG
WIFI	Bezdrátová internetová síť

1 Úvod

Stále častěji se ve výrobním sektoru hovoří o tzv. čtvrté průmyslové revoluci. Ta není charakteristická konkrétním vynálezem či technologickým převratem, jako tomu bylo u předcházejících revolucí, ale o to větší dopad a přínosy může mít. Nepřináší zásadní změny pouze pro oblast průmyslové výroby. *Industry 4.0* je pouze jednou z iniciativ, která spolu s ostatními tvoří proměnu celé společnosti, ekonomiky a lidského myšlení.

Pojmy s přízviskem „4.0“ se aktuálně nejvíce objevují ve zpracovatelském průmyslu (z velké míry v automobilovém průmyslu). Není proto divu, že to byla právě německá vláda, která v roce 2013 představila vizi průmyslu budoucnosti, strategickou koncepci s názvem *Industrie 4.0*. Reakcí České republiky, jednoho z nejprůmyslovějších států v EU, je *Iniciativa Průmysl 4.0*, kterou vyhlásil v roce 2015 ministr průmyslu a obchodu Jan Mládek. Ta přináší řadu výzev a zejména jedinečnou příležitost k zajištění dlouhodobé konkurenceschopnosti celého českého průmyslu v globálním konkurenčním prostředí.

Cílem diplomové práce je na základě provedené rešerše nově zaváděných inovací v automobilovém průmyslu navrhnout a expertně zhodnotit komplexní koncepci možného využití principů *Industry 4.0* do výroby komponentů mladoboleslavské automobilky ŠKODA AUTO a.s.

V první části, po ekonomicko-hospodářském představení společnosti ŠKODA AUTO a.s., je definován pojem čtvrté průmyslové revoluce a její základní principy. Větší pozornost je dále věnována představení německého projektu *Industrie 4.0*, české *Iniciativy průmyslu 4.0* a srovnáním s ostatními evropskými a světovými iniciativami. První část uzavírá čtvrtá kapitola, která představuje částečný výčet zavedených inovací konkurenčních průmyslových podniků v automotive a tím analýzu nástrojů a metod uplatňujících se v *Industry 4.0*.

Praktická část se zaměřuje pouze na automobilku ŠKODA AUTO a.s., kde jsou v kapitole 5 blíže představeny některé zveřejněné inovace. Hlavním sledovaným subjektem je následně centrální údržba výroby komponentů, tedy motorů, převodovek a náprav automobilky ve Vrchlavě a Mladé Boleslavi. Pro tuto část výroby je pak navržena koncepce využívající principů *Industry 4.0*, která je rozčleněna do čtyř postupných etap realizace. Sedmá, závěrečná kapitola

expertně zhodnocuje jednotlivé etapy a porovnává přínosy a rizika, které by se v případě zavedení konkrétní inovace v procesu centrální údržby objevily.

Veškerá interní numerická data a údaje společnosti ŠKODA AUTO a.s. byly v některých kapitolách pro účely diplomové práce zkráceny matematickým koeficientem, který z důvodů utajení nebude zveřejněn.

2 Představení společnosti ŠKODA AUTO a.s.

Společnost ŠKODA AUTO a.s. (dále jen „Společnost“ či „ŠA“) se řadí mezi nejvýznamnější a největší průmyslové podniky České republiky. Sídlo Společnosti se od jejího založení nachází ve městě Mladá Boleslav. Historie firmy sahá do roku 1895, kdy se mechanik Václav Laurin a knihkupec Václav Klement zabývali výrobou jízdních kol. Jízdní kola brzy vystřídaly motocykly. Produkty slavily mnoho úspěchů a vítězství v mezinárodních závodech. Výroba však nezůstala pouze u motocyklů a tak v roce 1906 vznikl první čtyřkolový vůz s názvem „Voiturette A“. Díky tomu se ŠA řadí k nejstarším automobilkám na světě.

Další zlomový bod nastal v roce 1925, kdy se firma Laurin & Klement spojila se strojírenským podnikem ŠKODA Plzeň. Díky této spolupráci dala vzniknout průlomovému modelu ŠKODA Popular. Po 2. světové válce byla společnost v rámci socializace přeměněna na národní podnik s označením AZNP Škoda, jemuž náleželo v souvislosti s politickým vývojem země monopolní postavení ve výrobě vozidel. Nový průlom zaznamenala výroba teprve se zavedením modelové řady Škoda Favorit v roce 1987.

Po politickém převratu v roce 1989 začala vláda Československé republiky a vedení firmy Škoda v Mladé Boleslavi hledat v nových podmínkách tržního hospodářství silného zahraničního partnera, který by zajistil svými zkušenostmi a investicemi mezinárodní konkurenceschopnost.

Vládě se podařilo nalézt německý koncern Volkswagen, jehož je nyní Společnost více než 25 let součástí. Během tohoto čtvrtstoletí se z firmy, vyrábějící jeden typ vozidla, stal celosvětově konkurence schopný podnik s širokým portfoliem modelových řad. Od fúze s koncernem VW šestinásobně vzrostly dodávky zákazníkům – v roce 1991 Společnost dodala 172 000 vozů a v roce 2016 celkem 1 126 477.

Rekordní rok 2016 byl již třetím v řadě, kdy se Společnosti podařilo překročit hranici jednoho milionu vozů dodaných zákazníkům. Vozy značky ŠKODA se prodávají u přibližně 5 300 prodejců ve více než 100 zemích světa.

Předmětem podnikatelské činnosti je nyní zejména vývoj, výroba a prodej automobilů, komponentů, originálních dílů a příslušenství značky ŠKODA

a poskytování servisních služeb. Jediným akcionářem ŠA je společnost VOLKSWAGEN FINANCE LUXEMBURG S.A. se sídlem v Luxembourg u ve Velkovévodství lucemburském. Společnost VOLKSWAGEN FINANCE LUXEMBURG S.A. je dceřinou společností společnosti VOLKSWAGEN AG.

V červenci roku 2017 dle Zprávy o stavu personálu ŠA zaměstnávala více než 29 010 osob, které řadí do kmenového personálu. Další 3 194 zaměstnanců spadá pod zapůjčený agenturní personál.

Kromě hlavního výrobního závodu v Mladé Boleslavi má Společnost dvě pobočné fabriky na území České republiky a to konkrétně ve Vrchlabí a Kvasinách. Ve Vrchlabí vyrábí pouze dvouspojkové automatické převodovky DQ200 a Kvasinách se zaměřuje na výrobu limuzíny Superb a nově také na terénní modely z řady SUV. Aktuální portfolio vozů roku 2017 je vidět na obrázku 1. Vozy značky ŠKODA se vyrábějí také v Číně, Rusku, Indii, na Slovensku, Ukrajině a v Kazachstánu.

Vzhledem k faktu, že ŠKODA je jediným českým automobilovým výrobcem a jedním z mála středoevropských, je a bude tato firma velkým hráčem a určitým prototypovým podnikem na poli technologického pokroku.



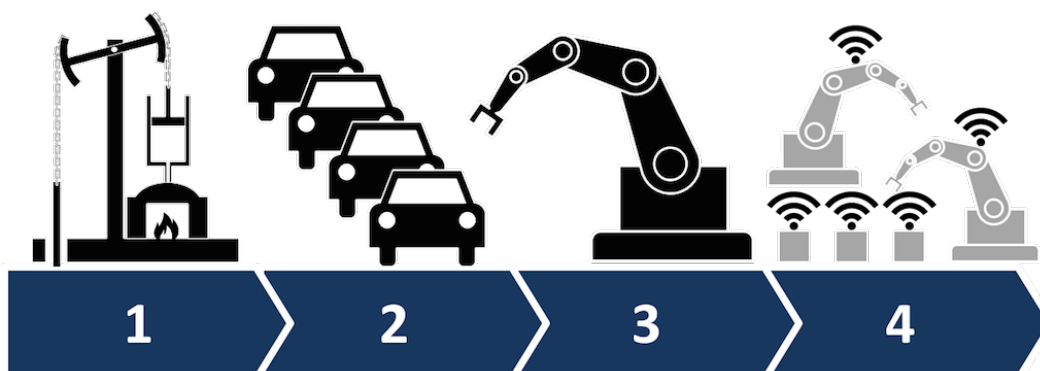
Zdroj: ŠKODA Media Portal

Obr. 1 Portfolio vozů ŠKODA roku 2017

3 Industry 4.0

Technologický pokrok dal postupně vzniknout myšlence 4. průmyslové revoluce, která spojuje řadu klíčových technologií a umožňuje realizovat výrobu, ve které jednotlivé stroje a výrobky společně navzájem komunikují.

V novodobé historii byla každá průmyslová revoluce charakterizována nástupem klíčové industriální technologie (viz obr. 2). První průmyslová revoluce vynálezem vodního a parního pohonu, který znamenal převrat v manufakturní výrobě. Druhá pak zavedením elektřiny do výroby, domácností, i do veřejného sektoru a první sériovou výrobní linkou. Doposud poslední, třetí průmyslová revoluce, je spjata s nasazením a využíváním výpočetní a robotické techniky prakticky ve všech oblastech lidské činnosti, průmyslovou výrobu nevyjímaje.



Zdroj: Aberdeen Essentials, Reflecting on Industry 4.0 at Epicor Insights, 2017

Obr. 2 Průmyslové revoluce graficky

Nyní, dvě stě let po první, stojí populace na prahu čtvrté průmyslové revoluce. Její rozvoj nastartovaly digitální technologie a významné inovace. Mnoho z nich se velmi rychle dostalo do běžného života – např. chytré telefony a mobilní aplikace, rychlý internet nebo datová úložiště.

Ministerstvo průmyslu a obchodu celou situaci v Iniciativě průmyslu 4.0 a její dopady shrnuje: „Průmysl a celá ekonomika aktuálně procházejí zásadními změnami způsobenými zaváděním informačních technologií, kyberneticko-fyzikálních systémů a systémů umělé inteligence do výroby, služeb a všech odvětví hospodářství. Dopad těchto změn je tak zásadní, že se o nich mluví jako o 4. průmyslové revoluci“ (Mařík a kol., 2016, str. 18).

Ač výše zmiňovaná čtvrtá průmyslová revoluce nepřináší zcela nové, převratné technologie, lze hovořit o další epoše. Principem Industry 4.0 je totiž co nejefektivněji využít možností technologií současných. A to především díky komunikaci výpočetní techniky – potažmo strojů a zařízeními mezi sebou navzájem. Výsledkem by měla být výrazně upravená výroba – takzvaná vysoce flexibilní masová výroba v chytré továrně.

Ing. Petr Marcoň, Ph.D. z Ústavu teoretické a experimentální elektrotechniky uvádí názorný příklad, jak by chytrá továrna na výrobu lahví mohla vypadat: „Zákazník si přeje, aby lahev byla žlutá, měla červené víčko a růžové květiny na povrchu. Výroba bude tedy probíhat tak, že lahev na sobě bude mít uvedený štítek s veškerými informacemi o tom, jak má být zpracována. Tudíž jeden stroj vyrozumí, že má být žlutá, druhý, že bude mít červené víčko, a třetí, že lahev bude mít na svém povrchu růžové květiny. Průmyslová výroba tak nebude závislá na centrálním systému, ale bude více decentralizovaná. To výrobcům umožní zachovat masovou výrobu, lépe vyhovět potřebám zákazníků a zároveň držet ceny při zemi“ (Marcoň, 2017).

MPO ČR předesílá, že zmiňované chytré továrny otevřou prostor pro nové cesty tvorby přidané hodnoty ve výrobních procesech a tím dojde i k nastolení nových obchodních modelů (MPO, 2015).

Následující podkapitola krátce shrnuje, odkdy se diskuse o další průmyslové revoluci a pojmu Industry 4.0 začaly v Evropě a ve světě vyskytovat.

3.1 Projekt Industrie 4.0

O počátcích projektu Industry 4.0 se dá hovořit v roce 2006, kdy německá vláda spustila projekt „HighTechstrategy“, který reprezentuje první národní koncepci s cílem spojit klíčové odborníky a specialisty za účelem posunout sektor průmyslu díky vývoji inovativních technologií. Německé Ministerstvo vzdělávání a výzkumu následně v roce 2010 ustavilo odborný tým sestávající z 21 významných vědeckovýzkumných institucí včetně předních špičkových firem (např. Bosch, SAP, ACATECH, Festo). Tento tým v lednu 2011 představil první představu o tzv. *Industrie 4.0* (originální název). Označení *4.0* odkazuje na čtvrtou revoluci v historii průmyslu. Vize byla dále odborným týmem rozvíjena a oficiální představení

platformy Industrie 4.0 v Německu proběhlo na veletrhu Hannover Messe v dubnu roku 2013 (MacDougall, 2014).

Zjednodušeně se dá tvrdit, že průmysl 4.0 představuje koncept sestávající z mnoha principů, které zaměstnancům ve výrobních podnicích skrze technickou podporu rozšiřuje jejich dovednosti. Může je tak v „inteligentní a propojené“ továrně pasovat do role agilních řešitelů problémů. Posouvají se tak od pouhých uživatelů strojů k jejich programátorům a „učitelům“. Německé Ministerstvo vzdělání a výzkumu v publikaci Industrie 4.0 vyzdvihuje tezi o nastolení cest k optimální součinnosti člověka, stroje a IT systémů (BMBF, 2015, str. 4).

Mezi stěžejní témata rozvoje Industrie 4.0 v průmyslu, zařadilo německé Ministerstvo průmyslu a energie (BMW i, 2014, str. 4):

- *bezpečnost* jako zásadní faktor úspěchu,
- *právní rámcové podmínky*,
- *organizace a pracovní náplň* v době průmyslové digitalizace,
- *normování a standardizace* referenční architektury,
- *ovládnutí komplexních systémů*,
- *celoplošná infrastruktura širokopásmového připojení* v průmyslu,
- *vzdělávání*,
- *efektivita využívání zdrojů*,
- *a nové obchodní modely*.

3.2 Iniciativa Průmysl 4.0 MPOČR

Ani český průmysl v těchto ohledech nezůstává pozadu. Dva roky od oficiálního představení projektu Industrie 4.0 v Německu vydalo české Ministerstvo průmyslu a obchodu tzv. Národní iniciativu Průmysl 4.0. V tomto dokumentu mj. popisuje specifickou situaci průmyslu v ČR, technologické předpoklady a nastiňuje směry dalšího vývoje. Zároveň blíže zkoumá dopady na trh práce, kvalifikaci pracovní síly a s tím spojené vzdělání zaměstnanců. Svým obsahem rámcově kopíruje stěžejní témata platformy Industrie 4.0 vzniklé v roce 2013 v Německu. Přidanou hodnotou české Národní iniciativy Průmysl 4.0 jsou doporučení českým firmám,

jak změnit jejich aktuální hodnototvorné modely. Níže výběr těch nejdůležitějších (MPO ČR, 2015, str. 32):

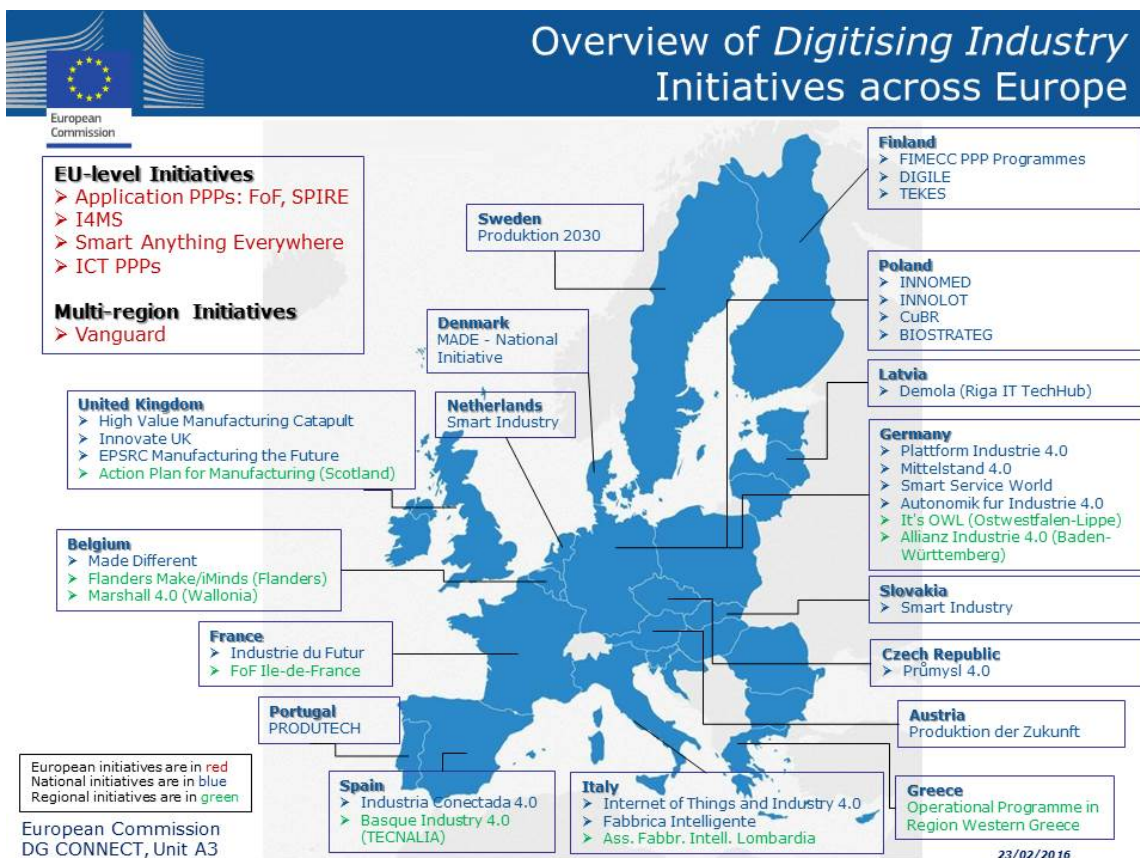
- „Vytvoření a realizace strategie Průmyslu 4.0 jako hlavní firemní strategie.
- Změna přístupu k definování pracovních pozic, kdy budou stírány hranice mezi odbornostmi v oblasti mechaniky, elektrotechniky, datové analytiky apod. Vysoce automatizované, flexibilní procesy výrobní, ale i podpůrné, jako např. údržba strojů a zařízení, schopné autodiagnostiky a automatizovaného řešení odchylek od předepsaného nastavení. Možnost vizualizace veškerých procesů již v předvýrobních etapách.
- Efektivnější nasazování robotů s vyšší inteligencí schopných autonomního rozhodování a řízení.
- Zapojení prediktivních a následně deskriptivních analýz a možností umělé inteligence do řízení firmy“.

3.3 Zahraniční iniciativy Industry 4.0

Vzhledem k tomu, že zmiňovaná čtvrtá průmyslová revoluce je celosvětového charakteru, vypracovala již řada států své Národní iniciativy. Evropská komise sestavila přehled iniciativ patrný z obrázku 3 níže v této podkapitole. Každá z nich nese jiný název, který se odkazuje na vždy na jedno a to samé.

Obsahuje vedle prvně vzniklé iniciativy *Industrie 4.0* v Německu také další, jako např. francouzská *Industrie du Futur*, která vznikla v roce 2015 a obsahuje taktéž devět základních strategických oblastí, na které se chce francouzská vláda primárně zaměřit. Jen na první z nich – rozvoj nových technologií vyčlenila 730 mil. EUR.

Přehled obsahuje 41 národních, regionálních i celoevropských iniciativ jednotlivých zemí. Pro porovnání iniciativ v rámci této diplomové práce byly vybrány projekty sousedního Slovenska a světového lídra průmyslu – Číny, který logicky ve výčtu Evropské komise chybí.



Zdroj: Online portál Evropské komise (https://ec.europa.eu/info/index_en)

Obr. 3 Přehled evropských iniciativ Industry 4.0

3.3.1 Slovensko – Smart Industry

Na Slovensku nese iniciativa název *Smart Industry* čili Inteligentní průmysl. Tato koncepce byla vytvořena Ministerstvem hospodářství SR a zástupci průmyslu pro veřejný sektor, akademickou obec a průmysl samotný. Představuje začátek celostátní iniciativy, jejímž cílem je transformování a posílení průmyslu pomocí nejnovějšího technologického rozvoje a pomoc adaptaci Slovenska na změny, které s sebou transformace nese.

Základní témata, která se ve slovenské iniciativě objevují, jsou (Ministerstvo hospodářství SK, cit. 14. 12. 2017):

- nutná vyšší flexibilita ve zpracovatelských a obchodních procesech,
- stále rozsáhlejší automatizace prostřednictvím množství komunikačních kanálů a systémů digitálního řízení,

- efektivní spolupráce člověka s robotem a zajištění maximální bezpečnosti práce,
- rostoucí počty digitálních továren, tedy továren s vysokou efektivitou, velmi nízkou úrovní chybovosti, vysokou kvalitou výroby a vyšší flexibility výrobních faktorů.

3.3.2 Made in China 2025



Zdroj: Online portál vlády Čínské lidové republiky
[\(http://english.gov.cn/2016special/madeinchina2025/\)](http://english.gov.cn/2016special/madeinchina2025/)

Obr. 4 Logo iniciativy Made in China 2025

Vzhledem k postupné ztrátě výhody v podobě levné pracovní síly a zpomalujícího růstu ekonomiky spustila v květnu 2015 čínská vláda program na zvýšení konkurenceschopnosti svého průmyslu s názvem „Made in China 2025“. Tento desetiletý akční plán si klade za cíl do roku 2025 zvýšit podíl lokálně vyrobených komponent a materiálů ve vyrobených produktech na 70 procent. I zde bylo heslovitě vybráno několik z celkem deseti sektorů, na které se čínská iniciativa zaměřuje:

- nová pokročilá informační technologie,
- automatizovaný strojní park a robotika,
- výroba technicky vyspělého lodního, kosmonautického a železničního příslušenství v dopravě a

- výroba a vývoj vozů s novými energetickými pohony.

Čínská vláda toto podporuje významným investičním plánem a ostatními praktickými prostředky. Centrum strategických a mezinárodních studií okomentovalo Made in China 2025 jako „frontální výzvu pokročilé výrobě v USA, Evropě a východní Asii“ (GrandageConsulting, 2016).

3.4 Využití ve výrobě / automotive

Z předchozích kapitol je patrné, že se o nové průmyslové revoluci hovoří téměř všude na světě. Myšlenky a principy lze implementovat i do ostatních (často) podpůrných oblastí průmyslu jako např. řízení lidských zdrojů. Pro efektivní využití Industry 4.0 toto bude dokonce nutné, aby si výrobní podnik udržel konkurenceschopnost.

Z podstaty průmyslové revoluce však vyplývá, že se největší změny odehrávají v samotné výrobě. Strojní průmysl včetně automotive, jež svou hloubkou výroby a objemem produkce v rozvinutých zemích reprezentuje velkou část průmyslové výroby, je tak ideální oblastí ke zkoumání možného využití principů Průmyslu 4.0.

Vznikají zde nové globální sítě vzájemně propojených výrobních zařízení do tzv. CPS (kyber-fyzikálních systémů). Ty tvoří základní stavební prvek „chytrých továren“. V chytré továrně jsou stroje schopné autonomní výměny informací, vyvolání potřebných akcí v reakci na momentální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly. Propojené CPS na sebe reagují díky standardním komunikačním protokolům na internetu a dokáží analyzovat data, pro případné odhalení chyby či poruchy, která by nastala. Výstupy z „chytrých továren“ by měly být „chytré produkty“. Ty znají svou výrobní historii a měli by být jednoznačně identifikovatelné a lokalizovatelné (MPO ČR, 2015).

V jakém stavu je automotive, co se inovací a přístupů k „chytrým továrnám“ týká, popisuje následující kapitola.

4 Aktuální situace v automotive

V první části této kapitoly budou popsány dvě společnosti, jež se řadí mezi špičku v zavádění inovací. Obě firmy nabízí vlastní hardware i software řešení pro ucelené koncepce chytrých továren. Z několika inovací byla vybrána od každé společnosti pouze jedna, která je blíže popsána.

Mezi prvními se iniciativy Industry 4.0 chopila firma *SIEMENS AG* (dále jen „Siemens“), jež přišla s platformou Digitální továrny. Vlajkovou lodí společnosti se stal závod Siemens Electronic Works v německém městě Amberg. Výrobky zde komunikují se stroji, které je zhotovují. Stroje a počítače zastupují 75% veškerých procesů v továrně, potažmo ve výrobním procesu. Tyto výrobní procesy jsou kontrolovány a optimalizovány skrze IT systémy, čímž je dosaženo dle Siemensu 99,9985% kvality výroby. Komunikace výrobků se stroji probíhá na bázi bar kódů, ve kterém má každý výrobek důležité informace o tom, jak by měl ve výsledku vypadat. Díky tomu Siemens docílil, aby byl každý výrobek v jakémkoli stádiu zpracovanosti (samozřejmě i dlouho po vyrobení) výsledovatelný/zjistitelný. Objem výroby v Ambergu se od roku 1989 zvýšil sedmkrát. (Portál Siemens, 2014).

Krok s firmou Siemens drží společnost *Bosch*. Ta již do sériové podoby dostala mnoho velmi inovativních řešení. Mezi konkrétní příklady Průmyslu 4.0 Bosch uvádí použití RFID technologie k inventarizaci strojního parku. Více než 2 500 strojů, na kterých museli v čínské výrobní hale Suzhou kontrolovat nalepené inventarizační štítky, osadili RFID vysílači. Po zavedení optimalizace stačí pouze projet definovanou trasu s RFID přijímačem připevněným na mobilním vozíku a ten zaznamená všechny stroje v hale. Toto opatření zkrátilo čas potřebný pro inventarizaci z téměř jednoho měsíce na čtyři hodiny (Bosch Media Service, 2015).

Na základě rešerše aktuálně zavedených projektů Industry 4.0 a produktů, které se na trhu v automotive aktuálně nachází, vznikla tabulka č. 1, která zachycuje vybrané inovace. V příloze této diplomové práce jsou k nalezení obrazové záznamy většiny z níže popisovaných technologií.

Tab. 1 Přehled vybraných inovací v automotive

Název	Výrobce / firma	Popis
„Ádám“ a „Éva“	AUDI	Kooperující roboty, které na montáži vozů AUDI v Györu měří spáry dveří na karoserii vozu v přítomnosti zaměstnanců na standardní montážní lince.
		KOEBLER, J. <i>Mensch und Roboter am Band</i> . [online]. 2017 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: < https://audi-illustrated.com/de/audi-encounter-01-2017/kollege_4_0 >
Ciros	Festo	Software pro vytváření digitálního dvojčete provozní linky, což lze využít pro její simulace, řízení a pro řešení problémů.
		FESTO DIDACTIC SE. <i>Innovations for 2016</i> . [online]. 2016 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: < https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/427048/Brochure%20-%20Innovations%20for%202016%20-%20EN%20-%2056757.pdf >
Drony pro transport lehkých dílů	AUDI	Drony využívané v interní logistice určené pro transport dílů do 2 kg uvnitř haly v závodu AUDI ve městě Ingolstadt. Aktuálně probíhá testovací fáze, ve které drony dopravují volanty na montážní linku vozů.
		POLL, D. <i>Drohnen in der Intralogistik: Geflügelter Lieferservice</i> . [online]. 30. 03. 2017 [cit. 18. 10. 2017]. Dostupný z URL: < https://www.produktion.de/trends-innovationen/drohnen-in-die-intralogistik-gefluegelter-lieferservice-108.html >
Gakushu	FANUC	Robot s tzv. hlubinným posilovaným učením, který se naučí své nové práci během pár hodin metodou pokus-omyl. Nevyžaduje úpravu programu zásahem člověka.

	<p>FANUC. <i>Learning Robot Series</i>. [online]. 2017 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: http://www.fanuc.co.jp/en/product/robot/gakushu.html</p>	
KMR iiwa	KUKA	Autonomní robot lehké konstrukce integrovaný do mobilní, autonomní plošiny. Robot se může pohybovat volně po výrobní hale a konat práci na více místech.
	<p>KUKA. <i>KMR iiwa</i>. [online]. 2017 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: https://kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/mobilita/mobiln%C3%AD-roboty/kmr%C2%A0iiwa</p>	
Smart Transport Robots (STR)	BMW (Wackersdorf, Dingolfing)	Bezobslužné samonaváděcí vozíky, platformy, přepravující zboží, komponenty a materiál po výrobních halách. Vozíky se orientují pomocí výpočtu vzdálenosti k bezdrátovému transmitteru ve výrobní hale.
	<p>NICA, G. <i>BMW Logistics Now Use Autonomous Transport Robots</i>. [online]. 18. 11. 2016 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: http://www.bmwblog.com/2016/11/18/bmw-logistics-now-use-autonomous-transport-robots/</p>	
Virtuální montáž - TecFabrik	Mercedes-Benz	Zkušební montáž ve virtuálním prostředí s reálným dílem určeným na zástavbu. Člověk s dílem v laboratoři koná stejné pohyby, jako při reálné montáži, počítač ho transformuje do virtuálního prostředí montáže vozu, což pomáhá odhalit možné problémy ještě před nasazením do série.
	<p>DAIMLER. <i>Industrie 4.0 – Digitalisierung bei Mercedes-Benz: Die nächste Stufe der industriellen Revolution</i>. [online]. 2017 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko.xhtml?oid=9272047&reId=1001&fromOid=9272047&borders=true&resultInfo</p>	

	TypeId=172&viewType=thumbs&sortDefinition=manualsort-1&thumbScaleIndex=0&rowCountIndex=5>	
YuMi	ABB	Kolaborativní robot se dvěma rameny a jemnou sensorikou pro spolupráci člověka s robotem.
	GREENFIELD, D. <i>ABB to Unveil collaborative Robot</i> . [online]. 09. 10. 2014 [cit. 23. 12. 2017]. Dostupný z URL: < https://www.automationworld.com/article/technologies/robotics/abb-unveil-collaborative-robot >	

Zdroj: vlastní zpracování

Průmyslové špičky jako např. výše popsaná společnost Siemens, již implementují ucelené koncepce továren využívajících pouze principů Industry 4.0. Nicméně doba ještě není tak daleko, aby se takto chovalo celé odvětví průmyslu. Většina výrobců je ve fázi vymýšlení ucelených koncepcí, při současném zavádění jednotlivých pilotních projektů či inovativních metod Industry 4.0. Na těchto „pilotprojektech“ si ověřují jejich funkcionalitu a možné ekonomicko-výrobní přínosy. Stejný postoj má v tuto chvíli i ŠKODA AUTO a.s. v České republice.

5 Současný stav inovací ve ŠKODA AUTO a.s.

Pro společnost ŠA představují pojmy inovace a digitalizace aktuálně centrální úkol pro konkurenceschopnost v budoucnosti. Založila proto v roce 2016 nový útvar „Rozvoj společnosti a digitalizace“ a vytvořila tím důležitý předpoklad pro zohlednění technologické transformace. Management Společnosti ve Výroční zprávě roku 2016 předesílá, že témata jako celopodniková digitalizace, konektivita a nová řešení mobility jsou hlavními pilíři digitální strategie.

První krok tímto směrem představuje založení společnosti ŠKODA AUTO DigiLab v Praze na začátku roku 2017. Jako hnací motor inovací bude podporovat celou Společnost při využívání nových možností, které se prostřednictvím digitální transformace otevrou. Tato „dílna nápadů“, která je koncipována jako rychle reagující start-up, vyvíjí nové obchodní modely, řešení a produkty. Na základě získaných poznatků se chce firma připravit na zvládnutí nových úkolů v oblasti digitalizace, konektivity, nové mobility i autonomního řízení.

Ve výrobě vozů a jejich komponentů k inovacím dochází průběžně. V rozsahu této diplomové práce nelze obsáhnout a dostatečně popsat všechny nedávno uskutečněné inovace a nově zavedené technologie. Následující tabulka č. 2 však dává jednoduchý přehled o zveřejněných projektech, které se v automobilce ŠA již do určité míry vyskytují:

Tab. 2 Zveřejněné technologie Industry 4.0 zavedené ve ŠKODA AUTO a.s.

Název	Popis	Přínosy
3D tisk	Výroba funkčních modelů vozidel, výroba tlakových forem pro vstřikování hliníkových odlitků, tisk prototypových dílů vozů a jejich komponentů z plastu či kovu.	Zkrácení doby výroby předseriových vozů a komponentů, výroba dílů s komplikovanými vnitřními tvary, finanční úspora při náběhu výroby.
Drony v logistice	Využití dronů vybavených kamerou během logistických	Úspora času, plná flexibilita ve vzduchu, přínos jiné

	inventur obalů na venkovních plochách a při monitoringu ploch.	perspektivy a s tím spojené zlepšení ergonomie.
Inteligentní dopravníky	Nainstalování RFID čipů a několika senzorů na každý závěs karoserie, za účelem kontroly jeho stavu a hlášení opotřebení rolen, pohonu, izolace opotřebení uhlíků apod.	Stoprocentní kontrola závěsů karoserie, okamžitá identifikace špatného článku celého řetězu závěsů, zkrácení/eliminace prostojů.
ProGlove	Elektronická rukavice s implementovaným scannerem pro evidenci dat či kontrolu materiálu.	Zvýšení ergonomie, sběr dat, kontrola manuálních operací.
Robotická ruka	Kooperující robot, testující životnost a tzv. haptiku interiérovných tlačítek vozu.	Precizní naladění a dlouhodobé testování tlačítek, jednodušší nastavení haptiky a akustiky.
Simulace průchodnosti lakovnou ve virtuální realitě	Zobrazení lakovny ve virtuální realitě pomocí brýlí HTC Vive za účelem preventivního odhalení možné kolize karoserie vozu s lakovacími roboty během nanášení laku.	Včasná predikce a odhalení kolizí, prostojů, úspora času a nákladů při náběhu nových lakovacích programů.
Vibromonitoring	Včasná diagnostika konce životnosti rotačních (vysokootáčkových i pomalootáčkových) a lineárních ložisek na framerech (jeřáby pro dosažení maximální geometrické přesnosti	Časová úspora prostojů při zadření ložisek a preventivní údržba.

	karoserií) v lisovnách.	
Virtuální trénink	Doplněk k zaučení pracovníků přímo na montážní lince vozů díky simulaci chyb a závad.	Úspora času potřebného k zaučení pracovníků během náběhu nových modelů a výbav.

Zdroj: vlastní zpracování

5.1 Výroba komponentů ŠKODA AUTO a.s.

Detailněji budou popsány některé inovace z oblasti výroby komponentů. Ta je zodpovědná za provozování, dohled, řízení a optimalizaci veškerých výrobně-logistických procesů v kovárně, slévárně, mechanické výrobě, montáži a operativní logistice v tuzemských závodech společnosti ŠKODA AUTO a.s.

Oblastí zájmu je výroba benzinových motorů EA211/EA111, manuálních i automatických převodovek MQ/SQ100, MQ200, DQ200 a předních či zadních náprav pro vozy značky ŠKODA jakož i pro potřeby koncernu.

Výroba motorů v Mladé Boleslavi slouží primárně pro potřeby vozů ŠKODA. Mezi vyráběné typy motorů patří atmosférické tříválce 1,0 MPI či čtyřválce 1,6 MPI a přeplňované tříválce 1,0 TSI a čtyřválce 1,2/1,4 TSI. Hloubka výroby sahá od obrábění ojníc, bloků motoru, hlav válců a klikových hřídelí, přes montáž podkompletů až po finální kompletaci motorů. Pokrývá tak téměř kompletní výrobní proces stavby motoru. Kapacita montážních linek motorů je 1 736 kusů za den ve třech směnách.

Výroba převodovek je rozdělena na výrobu manuálních a sekvenčních převodovek MQ100/SQ100 a MQ200 v Mladé Boleslavi a na výrobu automatické dvouspojkové převodovky DQ200 s výrobním závodem ve Vrchlabí. Kapacita všech vyráběných převodovek je 4 122 kusů za den.

Podkomponenty pro montáž mnoha typů motorů a převodovek dodávají domácí hutní provozy – kovárna a slévárna. Ty mají v Mladé Boleslavi tradici již od roku 1899 z dob firmy Laurin & Klement. ŠA kove pastorky, unašeče, klikové hřídele či ozubená kola. Kapacita kovárny čítá 11 835 000 kusů za rok. Slévárna hliníku

dodává do výrobního toku skříně spojky a převodovky a několik druhů bloků válců. Výrobní kapacita slévárny hliníku je 1 560 000 kusů ročně.

Primárním cílem výroby komponentů je taková produkce, která pokrývá domácí potřeby pro vozy ŠKODA v odpovídající kapacitě. Doplnění výrobních kapacit pak nastává za účelem prodeje produktů do koncernových závodů Volkswagen. Výběr z portfolia přibližuje obrázek 5.



Zdroj: Interní materiály ŠKODA AUTO a.s.

Obr. 5 Portfolio výroby komponentů ŠA

Výroba komponentů zaměstnává přes 4485 zaměstnanců v sedmi výrobních halách v Mladé Boleslavi a podkrkonošském Vrchlabí. Od roku 2009 počet zaměstnanců vzrostl o necelých 1 835 pracovníků, což značí jasný růst potřeb výroby a její rozvoj. Z celkového počtu pracovníků je 48 % výrobních dělníků, 38 % zapůjčeného personálu a 14 % technickohospodářských zaměstnanců.

Přes 56 % pracovníků je vyučených, dalších 33 % má maturitu, 3 % zaměstnanců vlastní vysokoškolský diplom a pouze 8 % všeho personálu má základní vzdělání. Téměř 40 % lidí ve výrobě komponentů je starších 46 let. Naopak jen 11 % zaměstnanců jsou mladiství - pod 25 let.

Snahou managementu výroby komponentů je výrazné rozšíření zájmu mladých o zaměstnání v této oblasti výroby ŠA. Důvodem proto je i čím dál tím intenzivnější digitalizace montážních linek a inovativní technologie v kompletním procesu výroby.

5.2 Zavedené technologie Industry 4.0 ve výrobě komponentů a jejich optimalizace

Výroba komponentů, popsaná v předchozí podkapitole, již disponuje některými zavedenými technologiemi Industry 4.0. Tyto inovace jsou pilotními projekty v oblastech montáže a logistiky motorů, převodovek a náprav. S přibývajícím časem roste počet úspěšně zavedených projektů do výroby. Daří se tak i díky spolupráci s ostatními útvary firmy ŠA a jejími dodavateli. Ideální příležitostí pro zavedení inovací z Industry 4.0 je výstavba zcela nových montážních a výrobních linek. Jejich včasná implementace již při plánování výstavby může uspořit náklady, které by jinak vyvstaly při dodatečném zavedení během přestavby.

V následujících podkapitolách jsou blíže představeny některé z inovativních technologií, kdy se většina z nich nachází v moderní továrně na výrobu převodovek ve Vrchlabí.

Vytvoření celkové koncepce autonomních systémů a plně fungující chytré továrny se zatím jeví být až vzdálenější budoucností. Jasně ale je, že tento směr je ten, kam se veškeré inovace budou pohybovat. Prvními kroky však budou rozšíření či evoluční změny jednotlivých metod a projektů popsaných níže. Potenciální optimalizace přibližují jednotlivé podkapitoly.

5.2.1 Kolaborativní robot

Prvním z příkladů je montážní kolaborativní robot. Jak bylo v kapitole 3 popsáno, využití robotů spadá do třetí průmyslové revoluce. Doposud bylo především z bezpečnostního hlediska nutné, aby výrobní stroje (roboty) pracovaly samostatně v uzavřených klecích. Do nich nemohl za běžného provozu vstoupit žádný zaměstnanec (ani zaměstnanec údržby). Pokud by tento zákaz porušil, mohly by mu pohybuující se části strojů, způsobit zranění. Pokud má být na těchto strojích prováděna údržba, je nutné jejich provoz přerušit a až následně začít s údržbou.

Kolaborativní (či někdy označované kooperující) roboty jsou však přímo konstruovány pro spolupráci s lidmi. Hlavním atributem je zde bezpečnost spolupracovníků – pokud robot při své práci do čehokoliv narazí nebo se přiblíží do velmi blízké vzdálenosti, okamžitě přeruší svou činnost. Absolutně se tak minimalizuje riziko sebemenšího zranění zaměstnanců. Tato funkce se doposud u robotů nevyskytovala a tím pádem jsou kolaborativní roboti dalším stádiem, které již lze integrovat do principů Industry 4.0.

V druhé polovině roku 2015 byl úspěšně spuštěn provoz prvního kolaborativního robota ve Vrchlabí. Zaveden byl do montáže řazení dvouspojkové automatické převodovky. Zakládání pístů řazení je jedním z nejcitlivějších úkolů v celém výrobním procesu. S pomocí lehkého robota KUKA LBR iiwa (Intelligent Industrial Work Assistant), který je vidět na obrázku 6, provádí zaměstnanci tuto výrobní operaci přesněji a bezpečněji. Díky jeho technické citlivosti a nízké vlastní hmotnosti pouhých 23,9 kg je možné robota přesně a flexibilně ovládat.

Vysoce citlivé senzory, na každé z jeho sedmi os, zaručují zakládání pístů řazení s nejvyšší přesností. Senzory téměř po celém pohyblivém rameni robota přitom registrují případný kontakt se zaměstnancem. Tím je stále zajišťována jeho bezpečnost. Robot díky tomu výrazně přispívá stabilitě celé výroby převodovek, a to i díky tomu, že jeho zmetkovitost, resp. prostoj činí méně než 1 % celkového výrobního času.



Zdroj: www.stredocech.net

Obr. 6 Kolaborativní robot ve výrobě převodovek DQ200 ve Vrchlabí

V rámci spolupráce člověka s kolaborativním robotem se lze zamýšlet nad větší soustavou robotů spolu kooperujících v rámci jednoho pracoviště, kde je stále zapotřebí lidského operátora – zaměstnance. Tam, kde je kladen důraz na precizní manipulaci s díly, lze využít právě roboty, kteří zároveň pracovníkovi ulehčí práci a postarají se o konformní vykonání činnosti. Rozšíření pracoviště nutně nemusí znamenat dalšího robota navíc. V potaz přichází přidání dalšího operačního ramene. Toto rameno by mohlo plnit další úkol, který předchází primární funkci již zavedeného robota. Např. jednoduchou předmontáž dílu v jeden menší celek, což by obhospodařilo jedno rameno s flexibilní hlavicí a následně montáž do většího podkomponentu např. části převodovky či motoru. O tuto činnost by se postaralo rameno druhé, manipulační.

Další možností optimalizace této inovační technologie by mohlo být využití mobilního kooperujícího robota, který není staticky přiřazen k jedné opakující se operaci. Pracovník by se s robotem na vozíčku mohl přesouvat po výrobní hale, např. při nutnosti přejít na výrobu náhradní technologií při výpadku hlavní linky. V tomto případě by však byly kladeny velké nároky na precizní aretaci, při ukončení manipulace mobilního vozíku s robotem a pozicování robota do správné výrobní pozice. Jinak by nemuselo být zajištěno, že robot bude fungovat správně a precizně, což je jeho největší přednost a výhoda.

5.2.2 Laserově naváděný manipulační robot

Druhý zástupce inovací typu Industry 4.0 je z oblasti logistiky. Ve Vrchlaví se podařilo nasadit laserově naváděný manipulační robot (viz obr. 7). Ten zvyšuje produktivitu práce a zefektivňuje materiálové toky.

Ve zdejším úseku měkkého obrábění kol a hřídelí pro převodovku DQ 200 se původně palety zavážely e-rámem. Obsluha musela každou paletu ve skladu do rámu nasunout a znovu ji z něj ve výrobě vyjmout na zástavbové místo. Celý proces byl fyzicky náročný, neboť se jedná o těžké palety s výkovky. V současnosti zaměstnanci vysokozdvížným vozíkem pouze vychystají paletu na předem definovanou přípravnou výdejovou pozici ve skladu a přes dotykový terminál zadají zakázku robotovi. Ten pak ve skladu paletu sám nabere, odveze na určenou pozici ve výrobě a odsud ji prázdnou přepraví zpět do skladu.

Robot se dokáže samostatně orientovat v prostorách výroby a provést sám výměnu plné palety za prázdnou bez zásahu člověka. Orientaci manipulačního robota zajišťuje laserový paprsek, který je na něm umístěný a jenž snímá odrazové prvky rozmístěné v hale. Pro správnou navigaci potřebuje laser na robotovi snímat alespoň tři odrazky, ty pak umožňují jízdu i nutné zastávky s přesností jednoho centimetru. Svou polohu robot hlásí přes síť Wi-Fi řídicímu serveru, ve kterém jsou předem nastaveny jednotlivé trasy i zastávky. Rychlost robota při jízdě na rovné komunikaci dosahuje 5,4 km/h, v zatáčkách a při manipulaci s paletami se snižuje na 1,1 km/h až do úplného zastavení.



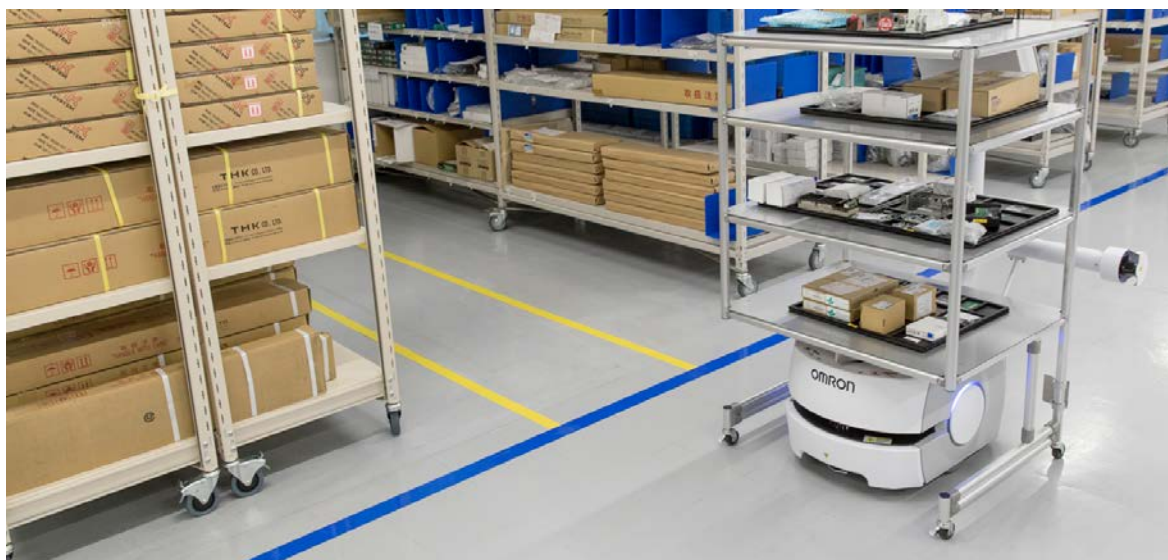
Zdroj: https://hradec.idnes.cz/automobilka-skoda-vrchlabi-robot-karel-dy9-/hradec-zpravy.aspx?c=A171110_363594_hradec-zpravy_pos

Obr. 7 Manipulační robot ve výrobě převodovek DQ200 ve Vrchlabí

Zmíněný laserově naváděný manipulační robot znamená výrazné zvýšení produktivity v logistice. Není to však jistě poslední evoluční stupeň. Stroj není schopen samostatného myšlení, sám nepozná jako člověk volná místa ve skladu materiálu a nedokáže se rozhodovat v nečekaných situacích. Vozík je nutno předem vše naučit a „myšlení“ mu tak nejdříve vysvětlit.

Na japonském trhu se již vyskytuje zcela autonomní vozík, který tvoří další příležitost pro rozvoj interní logistiky. Autonomní FTS představuje 4. fázi v cestě k autonomnímu režimu ve výrobních a logistických halách, jejíž výhody a nevýhody vůči předešlým fázím srovnává obrázek 9. Společnost Omron přichází s manipulačním robotem, který se pohybuje pouze za pomoci laserů a senzorů, které jsou umístěné ze všech stran vozíku. Nepotřebuje k tomu žádné odrazové prostředky rozmístěné po hale. Maximální rychlost činí 1,5 m/s a uveze 100 kg.

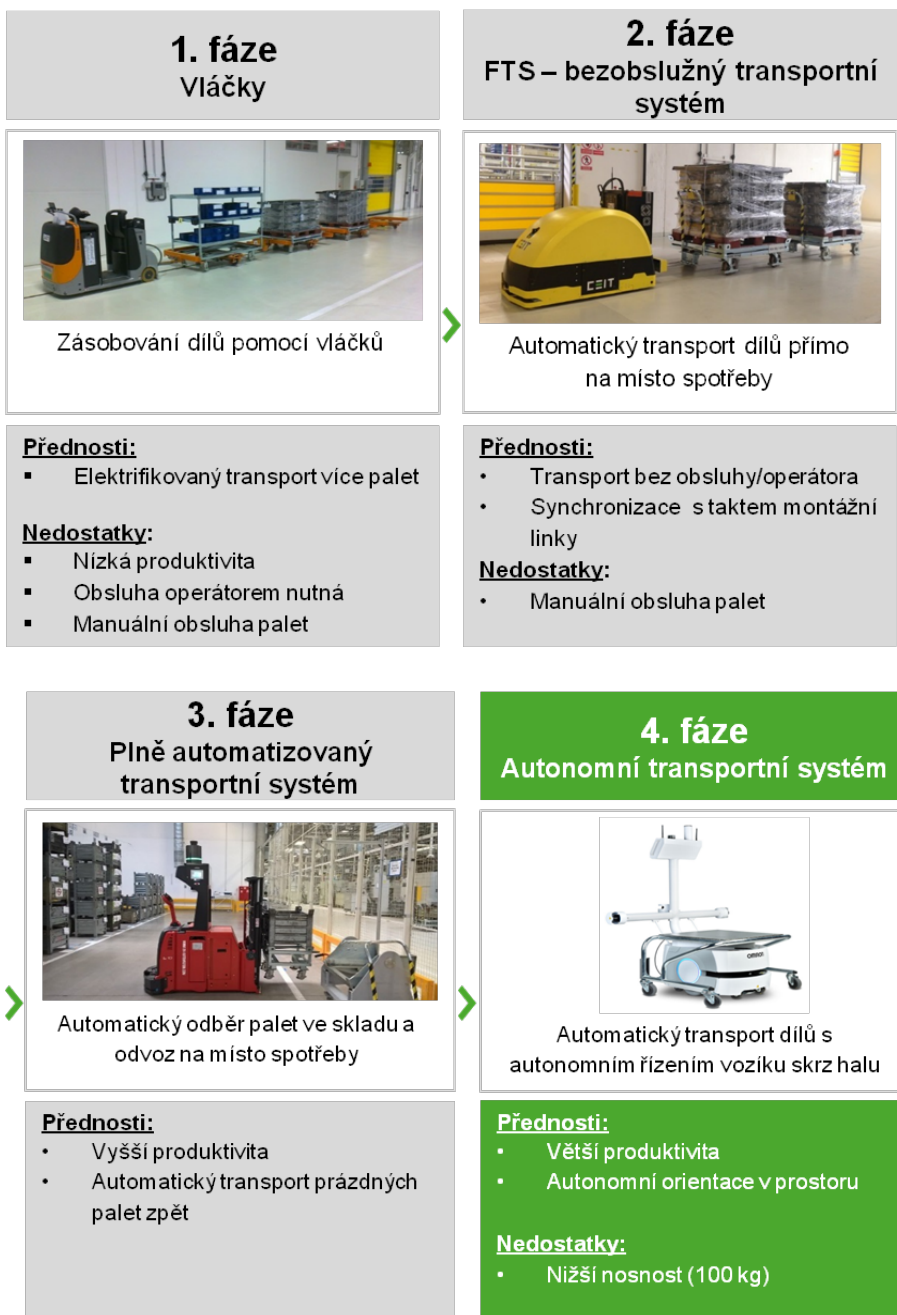
V počítači se předem naprogramují zóny a bariéry, do kterých vozík vjet nemůže. Veškeré trasy však vypočítává on sám na základě zakázek, které musí vyřídit. Tím, že se orientuje po hale sám za pomoci laserů, se OMRON dokáže vyhnout překážkám různých druhů. Neohrozí tak ani operátory/pracovníky v hale, ani ostatní logistické vozíky či vláčky. Dojde-li k narušení jeho cesty, sám automaticky přepočítá objížďku a pokračuje v jízdě. Vozík Omron je zobrazen na obrázku 8.



Zdroj: <http://www.omron-ap.com/robotics/mobilerobot/>

Obr. 8 Omron - autonomní logistický vozík

Koncept tak tvoří další možný krok k celkové autonomii v továrně. Vzhledem k tomu, že jde o zatím nejpokročilejší technologii zavážení materiálu ze všech fází předcházejících, cena pořízení se dá předpokládat vyšší než u předchůdců. Konkrétní cena autorovi této diplomové práce není známá, jedná se pouze o expertní odhad, který hraje roli v matici využitelných příležitostí pro výrobu komponentů (viz kapitola 5.2.5).



Zdroj: vlastní zpracování / interní materiály ŠKODA

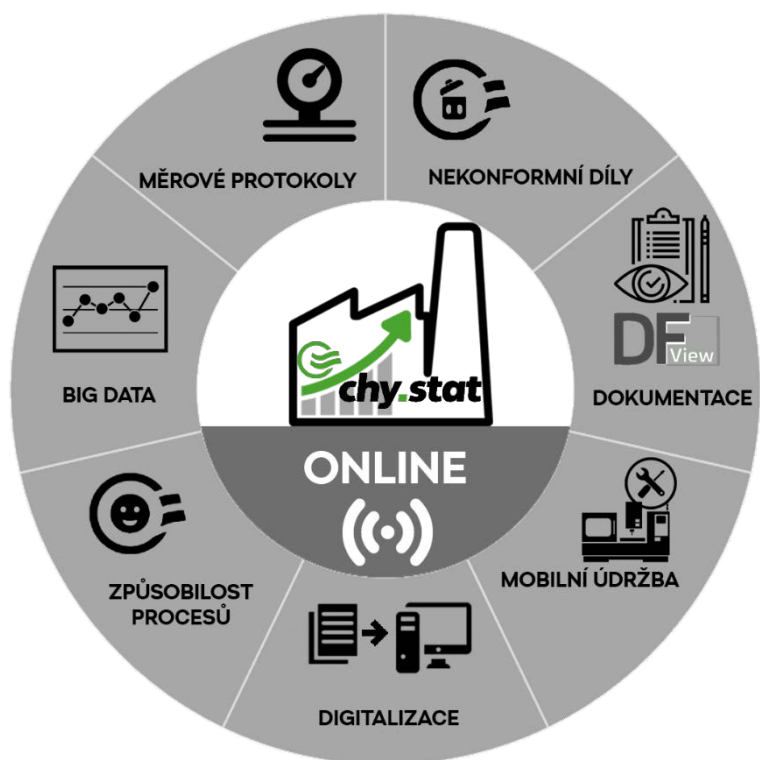
Obr. 9 Čtyři fáze k autonomnímu režimu v logistice

5.2.3 Transparentní továrna

Jedním z nejkompexnějších inovačních projektů ve výrobě komponentů je tzv. *Transparentní továrna* ve Vrchlabí. Projekt umožňuje digitalizovat informace, které je třeba při průmyslové výrobě převodovek sledovat. Donedávna se tato data sbírala v papírové podobě a teprve na jejich základu se reportovaly výsledky vedoucím výroby.

Díky aplikaci Chy.stat od společnosti Diribet s r.o. se výrobní data zobrazují přímo na monitorech ve výrobních halách a vedle snížení nákladů a úspory času přinášejí i další výhody.

Jak je na obrázku 10 patrné, v rámci projektu existuje zatím sedm samostatných modulů, přičemž každý se stará o sledování konkrétní problematiky. Všechny však mají jedno společné – online sběr, vyhodnocení a vizualizaci výrobních dat tak, aby šla jednoduše interpretovat na každém připojeném počítači, mobilu nebo tabletu.

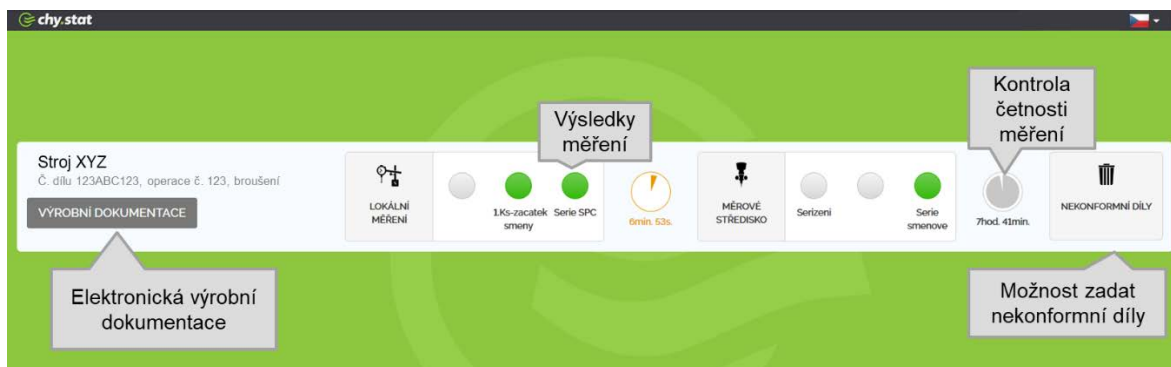


Zdroj: interní materiály ŠA

Obr. 10 Struktura modulů Transparentní továrny

První z modulů s názvem *Měrové protokoly* digitalizuje velké množství měrových protokolů referenčních vzorků z měrového stanoviště, kterých je ve výrobní hale několik desítek. Každé z nich má terminál (monitor) a specifická měřidla. Měří se vybrané znaky komponentů převodovek jako např. rozměrové tolerance ozubených kol a hřídelů. Měření neboli zakázky probíhají v pravidelných i nepravidelných intervalech, např. každé dvě hodiny, či na začátku směny a v náhodných měřeních nařízených technickou kontrolou výroby. Každý měrový protokol je díky Chy.stat elektronicky archivován a jeho vyhledávání a analýza je

efektivnější a rychlejší než v případě papírové formy. Je díky tomu zkrácena odezva na případné alarmany/vady z měření dílů a tím zkrácené prostoje strojů včasnou identifikací. Na obrázku 11 je vidět základní obrazovka terminálu. Operátor vidí, na jakém čísle operace, u kterého stroje se nachází a na jakém dílu má provést měření. Může si jedním kliknutím pro informaci otevřít jeho výrobní/výkresovou dokumentaci a aplikace ho informuje, za jakou dobu musí proběhnout další měření, které je zaměstnanec povinen udělat.



Zdroj: aplikace Chy.stat

Obr. 11 Základní obrazovka terminálu ve výrobní hale

Digitální protokol z měření se uloží do systému a díky tomu je možno i zpětně se podívat na historii měření v poslední době, což je důležitý prvek pro analýzu výstupů měření s ohledem na variabilitu a stabilitu procesů. Ukázková historie je vidět na obrázku 12, a to včetně hodnot mimo toleranční pole.



Zdroj: aplikace Chy.stat

Obr. 12 Ukázková historie měření dílu na dané operaci

Skrze tuto aplikaci může operátor taktéž zadat výskyt nekonformního dílu (zmetku) a vyřadit ho tak z výrobního toku.

S tímto tématem úzce souvisí další modul Transparentní továrny, a to *Způsobilost procesů*. Způsobilost procesů neboli SPC zajišťuje online sběr a vyhodnocení dat z měřidel přímo ve výrobě a představuje tak online nástroj pro rychlou analýzu kvality výroby. Pracovníci technické kontroly mohou díky této aplikaci porovnávat sledované znaky na více strojích a vyhodnocovat způsobilost procesů v rámci dovolených specifikací, dle architektury Drill-Down. To znamená, že se ve struktuře výstupy/data mohou číst od většího logického celku (např. celá výrobní linka) až do detailu výrobní linky (konkrétní operace, stroj apod.).

Jedním z dalších modulů je webová aplikace *Dokumentace*. Díky softwaru DFView je umožněno zobrazení většiny výrobní dokumentace online v digitální podobě. Tím pádem tento modul představuje řešení pro bezpapírovou správu výrobních postupů, přístup do centrálního úložiště skrze terminály ve výrobních halách. Nespornou výhodou je i možnost školit výrobní operátory přímo na místě u výrobní linky, resp. u monitoru, což může být výrazně efektivnější než teoretické proškolení zaměstnanců z prostor školících center.

5.2.4 AMU – mobilní údržba strojního zařízení

Součástí *Transparentní továrny* je Aplikace mobilní údržby (dále jen AMU). Tato aplikace bude v další části diplomové práce detailněji zkoumána z důvodů uvedených v podkapitole 5.2.5. AMU je základní pilíř k zavedení konceptu Smart Maintenance (chytrá údržba), na kterém oddělení Údržby výroby komponentů společně s dalšími odbornými útvary automobilky v průběhu roku 2017 pracuje. Systém AMU je nyní používán v továrně ve Vrchlabí a částečně v Mladé Boleslavi.

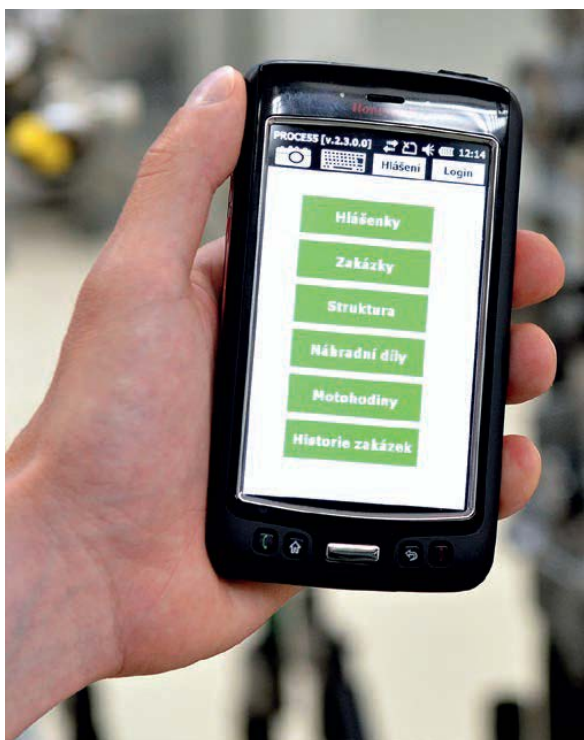
Jedná se o nástroj pro zaznamenávání a analyzování poruch na výrobních zařízeních. Velkou přidanou hodnotou je online monitorování procesu údržby od vzniku poruchy až po dokončení opravy stroje.

Aktuálně je průběh řešení oprav v systému AMU následující:

1. Když pracovník výroby nemůže závadu opravit sám, nahlásí poruchu stroje tím, že načte jeho čárový kód a svou identifikační kartu zaměstnance MFA. Díky tomu je založen požadavek na údržbu pomocí terminálu umístěného

poblíž ve výrobní hale (v každé hale je rozmístěno několik terminálů pro zajištění optimální dostupnosti). Může přidat i textovou poznámku o poruše, aby ulehčil identifikaci problému pracovníkovi údržby.

2. Zaměstnanec údržby obdrží do PDA (zařízení obdobné mobilnímu telefonu – viz obr. 13) hlášení o poruše, které bylo právě založeno do systému na konkrétním terminálu. Upozornění o aktuální poruše dostanou SMS zprávou také mistři a vedoucí. Hlášení obsahuje informaci o stroji, jeho poloze, stručný popis závady a poznámku, kterou dříve operátor přímo na terminále ve výrobní hale připsal k zakázce opravy. Je tak poskytnut první feedback a přenos informací, aby údržba měla základní vstupní data pro efektivní vykonání opravy zařízení.

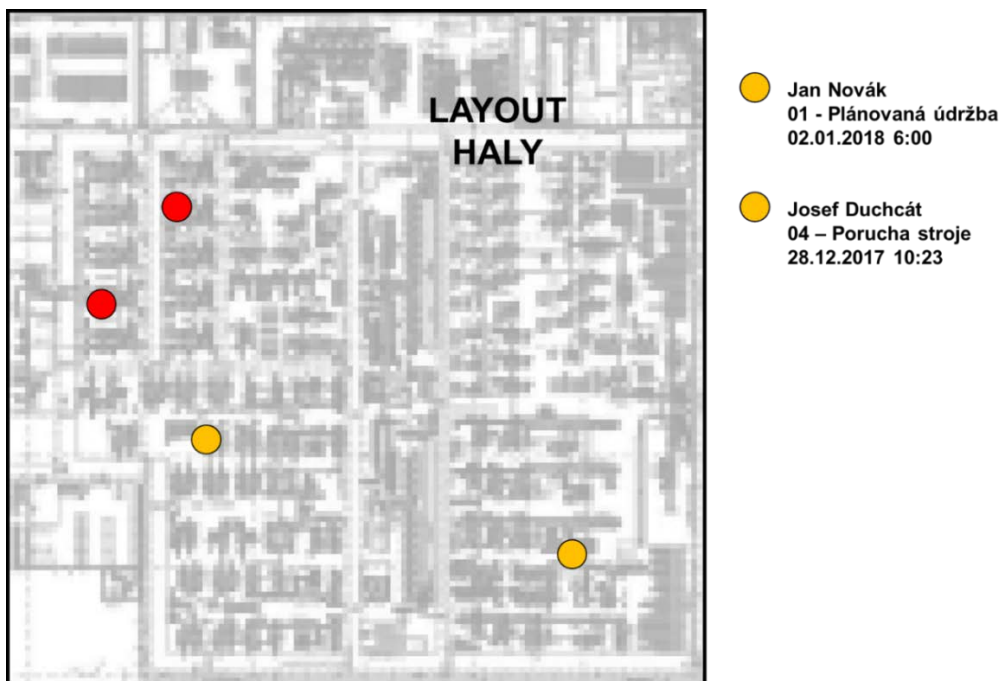


Zdroj: Noviny zaměstnanců – Škoda Mobil 12/2016

Obr. 13 PDA pracovníků údržby ŠKODA

3. Na místě se pracovník načtením stroje přihlásí k opravě a tím začne běžet doba opravy. Díky tomu je řídicím pracovníkům a vedoucím údržby na monitorech začátek opravy indikován žlutou barvou na (v této práci graficky zdeformovaném) layoutu, který je vidět na obrázku 14. Do té doby porucha svítila červeně a ke každé indikaci je možné po najetí kurzoru myši počítače

zjistit bližší informace k dané poruše. Na monitoru je zobrazeno, kdo právě vykonává na stroji údržbu, o jaký typ údržby/opravy jde a kdy přesně začala.



Zdroj: vlastní zpracování dle interních materiálů ŠA

Obr. 14 Layout haly a indikace poruch a oprav

Za pomoci PDA může údržbář na místě závadu vyfotit, současně zjistit online stav náhradních dílů v katalogu skladu a opsat si číslo náhradního dílu (viz obr. 15) či může nahlédnout do technické dokumentace zařízení.



Zdroj: aplikace AMU, demonstrativní hodnoty

Obr. 15 Stav skladu ke konkrétnímu dílu v PDA

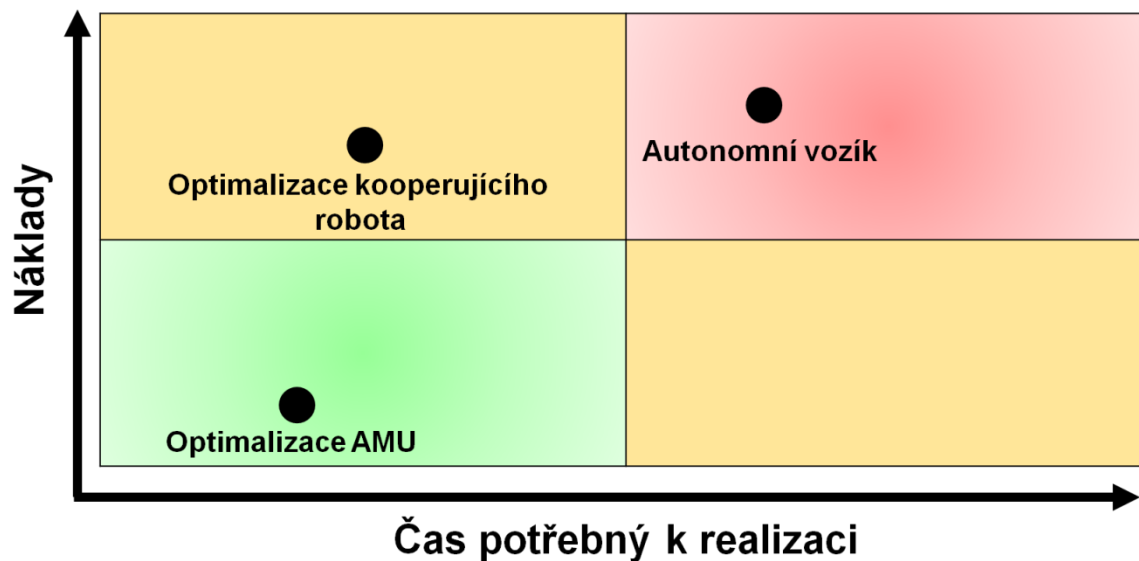
4. Je-li vyžadován náhradní díl, musí zaměstnanec údržby dojít do skladu a dle papírového fasovacího lístku, který si předem připravil, mu je díl vyskladněn. Obsluha výdejny funguje pouze v ranní směně. V případě, že dojde k nutnosti vybrat náhradní díl mimo standardní otevírací dobu výdejny, učiní tak údržbář sám a zpětně odběr nahlásí na příští ranní směně.
5. Údržbář se vrací na místo opravy, vymění poškozený díl a dokončí opravu strojního zařízení.
6. Po opravě přímo u stroje vytvoří závěrečnou zprávu a za pomoci PDA ji nahraje do systému AMU.

AMU tak, jak je dnes zavedeno do výroby, přináší mnoho úspor a výhod. Veškerý průběh oprav je nyní online monitorován v systému. Tak získává vedení centrální údržby přehled nad jednotlivými činnostmi. Díky indikaci a oznamovacím funkcím AMU na PDA a mobilní telefony spoří tento systém i čas potřebný pro informování o vzniklém prostoji. Údržba tak dokáže rychleji reagovat na výpadky strojního zařízení a přispívá k efektivnější výrobě komponentů.

Na druhé straně má AMU i svoje slabé stránky. Krátkým příkladem může být mj. nemožnost objednat náhradní díl ihned z místa poruchy či chybějící účetní odpis odběru náhradního dílu mimo běžnou dobu ve výdejně. Koncepte AMU však nabízí relativně jednoduché a v první fázi převážně systémové úpravy, díky kterým se zmiňované a jiné nedostatky vyřeší a výrazně tak uspoří čas a náklady v procesu centrální údržby ve výrobě komponentů. Zároveň nabízí uplatnění kombinací dříve popisovaných principů a metod Industry 4.0.

5.2.5 Matice implementace navrhovaných optimalizací

V podkapitole 5.2 byl analyzován aktuální stav čtyř vybraných inovací ve výrobě komponentů ŠA. Ke třem z nich byly komentovány možné návrhy na optimalizace (transparentní továrna tvoří komplexní soubor jednotlivých aplikací a proto nebyla zkoumána, co do možného vylepšení). Tyto tři návrhy zachycuje níže uvedený obrázek 16. V něm jsou návrhy porovnány vzhledem k pořizovacím nákladům a času potřebného k realizaci. Pro vytvoření této matice bylo využito odborného odhadu autora diplomové práce a konzultace s odborníkem z oblasti výroby komponentů.



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 16 Matice návrhů k optimalizacím konkrétních inovací

Z matice vyplývá následující:

- Optimalizace kolaborujícího robota (např. přidáním manipulačního ramene) je vzhledem k již nasbíranému know-how v této oblasti relativně rychle realizovatelná. Co se pořizovací ceny týká, jedná se o nákladnou technologii s diskutabilní rentabilitou a přidanou hodnotou, pokud by měl být robot využíván pro statickou montážní činnost.
- Autonomní vozík je inovace s poměrně velkou přidanou hodnotou, ale žádá si velké vstupní náklady a v tuto chvíli delší čas na přípravu logistických a dalších systémů, včetně navázání na další výrobní procesy. Integrace do již fungujícího logistického systému by tedy byla náročná.
- V zeleném sektoru, tedy převážně díky nízkým vstupním nákladům a relativně krátkým potřebným časem na realizaci, se nachází optimalizace AMU – systému mobilní údržby. Optimalizace se dá rozdělit do několika dílčích kroků, které jdou cestou rozsáhlého konceptu *Smart Maintenance*. Chytrá údržba v tuto chvíli tvoří žádoucí cílový stav, ke kterému se budou i nadále veškeré tvůrčí činnosti s tím spojené, ubírat. Proto je v následující kapitole věnována pozornost právě této tématice.

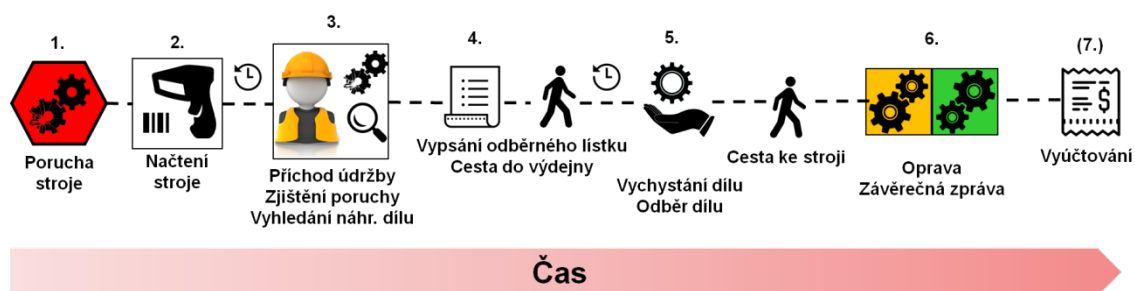
6 Návrh konkrétních opatření v oblasti údržby

Údržba spadá do podpůrné oblasti výroby. Nelze však tvrdit, že by byla jen jejím doplňkem. Primárním cílem údržby je zajištění funkčnosti strojního parku a udržování jeho provozuschopného stavu ve výrobním podniku. Nedaří-li se údržbě zajistit bezchybné fungování strojů a zařízení, vznikají ve výrobním procesu prostoje.

Výrobní prostoje jsou jedním z významných druhů plýtvání. Plýtvání nejen času, ale i s tím spojených nákladů. Čím déle výrobní zařízení během své operační doby stojí a nevyrábí na základě poruchy, tím méně přidává hodnotu celému výrobnímu procesu. Jedná-li se o hlavní výrobní linku (např. montáž agregátů či vozů), každý prostoje může být velmi kritický. Náklady za jednu minutu prostoje montážní linky se šplhají do tisíců eur. Je tedy snahou, aby opravy trvaly co nejkratší dobu a aby prostoje byly indikovány včas. V nejlepším případě pak ještě dříve, než nastanou. To je cílem *Smart Maintenance* čili chytré údržby.

Jak již bylo v předchozí podkapitole nastíněno, cesta k chytré údržbě je i v této diplomové práci rozčleněna na jednotlivé dílčí kroky. Konkrétně tak tvoří čtyři etapy optimalizace. Proces opravy v dnešním stavu tak, jak byl popsán v kapitole 5.2.4, je pro demonstrativní účely schematicky zobrazen na obrázku 17.

0. Etapa – Stav dnes



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 17 Stav AMU dnes

Proces obsahuje sedm procesních kroků, od výskytu poruchy až po opravu či v případě, že byl náhradní díl odebrán mimo standardní dobu výdejny, tak po závěrečné vyúčtování odběru do interního účetního systému SAP. Celý proces obsahuje mnoho časových ztrát kvůli nadbytečným činnostem či prostojům. První

z nich je vyplnění odběrného lístku s číslem náhradního dílu, které údržbář nalezl v PDA v online katalogu skladu. Následuje cesta zaměstnance údržby do skladu pro díl a zpět na místo poruchy, během níž zaměstnanec nevytváří prakticky žádnou přidanou hodnotu. A třetím prostoje je čekání údržbáře při vychystávání náhradního dílu obsluhou výdejny ve skladu.

V první fázi optimalizace je tedy kladen důraz na eliminaci nadbytečných činností a tím na zefektivnění procesu.

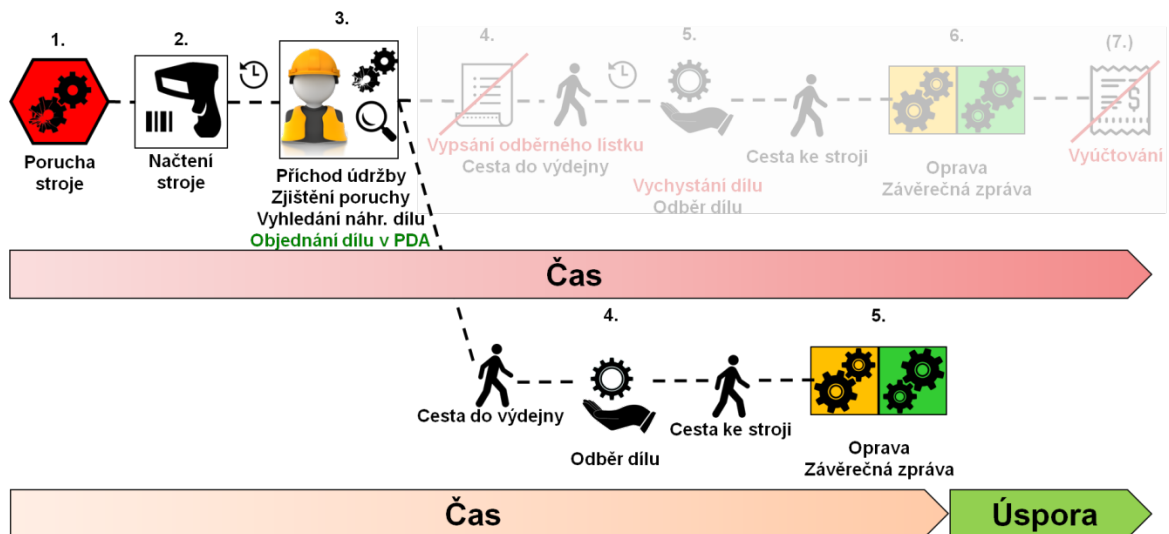
6.1 Optimalizace softwaru a režimu výdejny

Dojde-li k poruše stroje, operátor výroby standardním způsobem načte výrobní zařízení a nahlásí skrze terminál prostoje. Na layoutu, který je popisován v podkapitole 5.2.4, se zobrazí indikace a je vyslán zaměstnanec údržby. Ten po příchodu na místo poruchy analyzuje stav stroje a závažnost problému. Po zjištění konkrétní vady údržbář vyhledá náhradní díl v katalogu skladu skrze PDA a má možnost (pokud se náhradní díl nachází na výdejně) ho elektronicky ihned **objednat**.

Online objednávkou tak zadá úkol do výdejny, připravit a vyskladnit požadovaný náhradní díl. V případě, že není obsluha výdejny přítomna (např. během již jednou zmiňované odpolední či noční směny), údržbář si sám odebere náhradní díl ze skladu, naskenuje jeho čárový kód, případně zapíše do elektronického deníku vyskladnění a utvrdí tento odběr svým podpisem.

Následně se zaměstnanec vrací na místo poruchy a provede opravu. Po dokončení skrze terminál vystaví závěrečnou zprávu a zadá tak do systému informaci o proběhlé opravě. Tím skončí doba opravy a výrobní zařízení se vrací do běžného výrobního režimu. Zjednodušené schéma první etapy optimalizace dokládá obrázek 18, kde je zeleně naznačena časová úspora pro údržbáře.

1. Etapa – Optimalizace softwaru a režimu výdejny

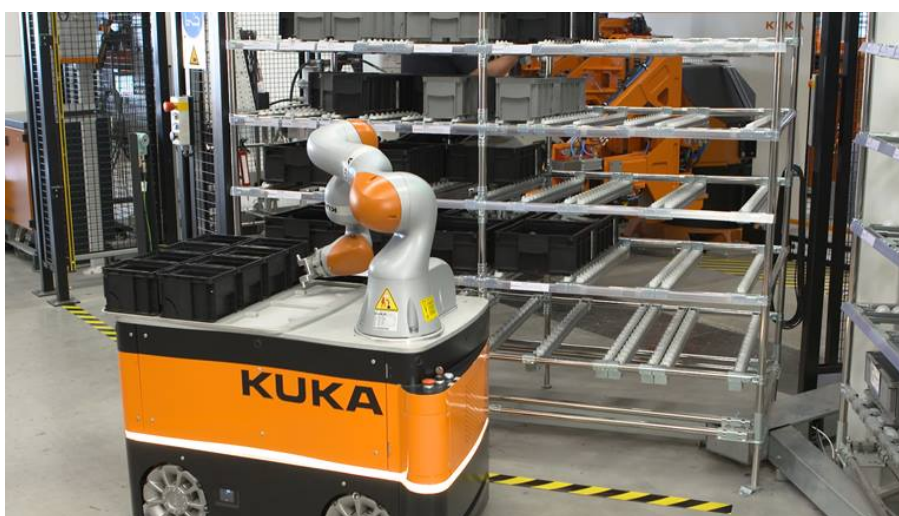


Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 18 První etapa – Optimalizace softwaru a režimu výdejny

6.2 Implementace mobilního robota na dovoz náhradních dílů

Druhá etapa zachovává první tři dříve popisované kroky - od poruchy stroje, až po objednání náhradního dílu operátorem údržby v PDA. Přidanou hodnotou této etapy je však **implementace mobilního robota**, který náhradní díl sám doveze k místu poruchy. Nabízí se zavedení již v testovacích podmínkách fungujícího mobilního robota KMR iiwa od společnosti KUKA, který byl zařazen do výpisu inovací v automotive v tabulce 1 a je zobrazen na obrázku 19.



Zdroj: <http://amtekcompany.com/wp-content/uploads/2017/01/KUKA-kmr-iiwa.jpg>

Obr. 19 Existující mobilní kolaborující robot společnosti KUKA

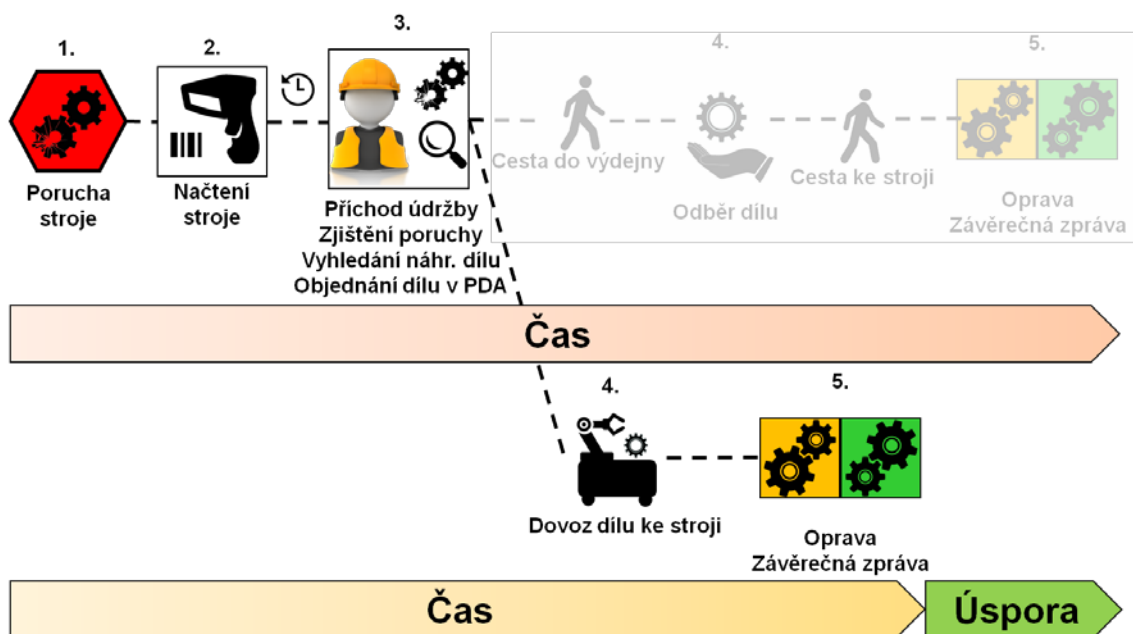
Impulsem na vychystání dílu robotem je online objednání přes mobilní PDA. Mobilní robot s manipulačním ramenem ze skladu vybere požadovaný díl, který musí být jednotlivě uložen ve skladovací přepravce a připraven v regálu výdejny. Robot má na svém těle/autonomní platformě umístěn scanner, díky kterému načte paletku s náhradním dílem a automaticky tím účetně odepíše vychystání dílu.

Následně se robot díky automatické navigaci a navádění lasery vydá na cestu k místě poruchy, kde si náhradní díl odebere zaměstnanec údržby a potvrdí jeho přijetí schválením v PDA. Vrátí prázdnou transportní přepravku na platformu robota a ten ji zaveze zpět do skladu prázdných palet.

Díky mobilní flexibilitě tohoto robota se nabízí možnost zřetězení více požadovaných zakázek k dovozu velikostně menších náhradních dílů, jelikož nosnost plochy autonomní platformy je 170 kg (KUKA, www.kuka.com).

Zaměstnanec údržby se tedy soustředí pouze na výkon opravy a její evidenci v systémovém terminálu. Druhá etapa optimalizace procesu údržby je schematicky zobrazena na obrázku 20.

2. Etapa – Implementace mobilního robota na dovoz náhr. dílů



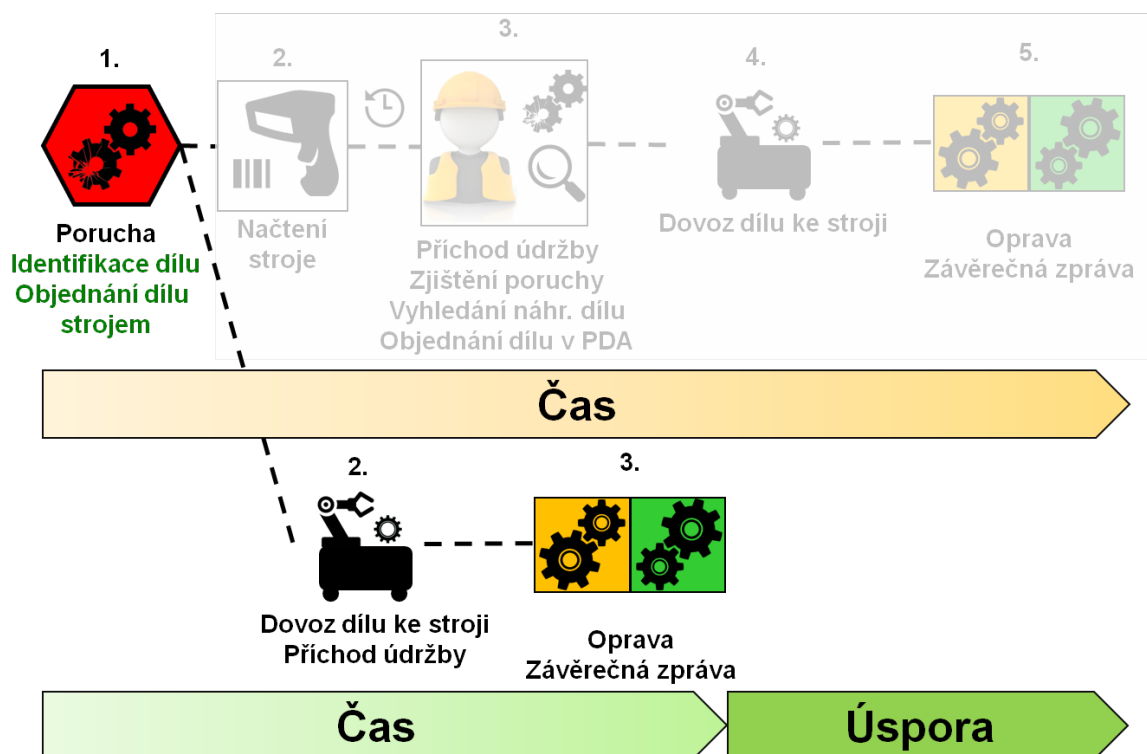
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 20 Druhá etapa – Implementace mobilního robota na dovoz náhradních dílů

6.3 Inteligentní stroje

Úsporu dalších dvou operačních kroků v procesu, nabízí třetí etapa optimalizace. Když nastane porucha, stroj na základě výstupů z mnoha senzorů v jeho těle pozná, jaká komponenta/součástka se porouchala. Tato závada je automaticky nahlášena do layoutu na obr. 14 v monitorovacím systému. Tím je na místo povolán zaměstnanec údržby tak, jako to funguje již dnes. Souběžně se zjištěním závady navíc **stroj sám odvolá náhradní díl ze skladu** (pokud existuje určitá skladová zásoba), který je následně dovezen na místo poruchy stejným způsobem, jako je popsáno v předchozí podkapitole 6.2 mobilním kolaborujícím robotem. Údržbář a náhradní díl se tak v optimálním případě ve stejný čas sejdou u porouchaného stroje a tím dochází k velké časové úspoře. Z pěti kroků v procesu údržby tím došlo k redukci o další dva kroky dílčí. V popisované etapě tak poprvé dochází k inovační datové komunikaci stroj-stroj bez zásahu člověka. Schéma níže naznačuje obrázek 21.

3. Etapa – Inteligentní stroje



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 21 Třetí etapa – Inteligentní stroje

6.4 Inteligentní komponenty

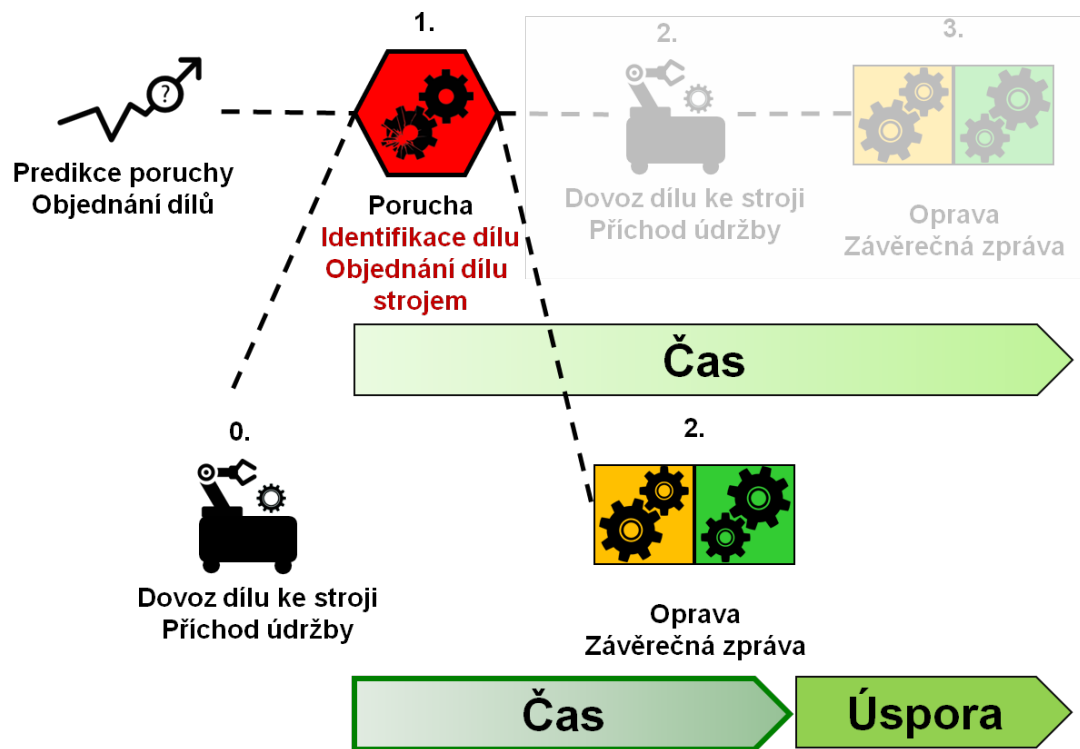
Poslední, čtvrtou navrhovanou optimalizací procesu údržby strojního zařízení je spíše výhled do budoucna. Návrh uvažuje nasazení inteligentních komponent. Tedy strojů, jejichž komponenty/součástky se pomocí sensorů **dokáží samy diagnostikovat** a na základě široké škály vstupních statistických dat případnou poruchu odhalit dříve, než nastane, či zavčas nahlásit obsluze.

Vyskytne-li se tak porucha, stroj vyvolá zakázku na terminálu a ve výdejně náhradních dílů. Náhradní díl i operátor údržby jsou tak svoláni na konkrétní čas předpokládané poruchy a celý proces opravy se tak zkrátí na čistý čas nutný k výměně poškozeného dílu. Transport náhradního dílu opět zajišťuje mobilní kolaborativní robot na autonomní platformě.

V optimálním případě stroj z vypočtených dat včas zjistí příčinu vychýlení od stabilního procesu výroby, a pokud je možné, **nastaví parametry stroje či jeho nástrojů** tak, aby poruše dokonce zcela zabránil a výrobní proces nebyl ničím narušen.

Popisovaná predikce poruchy je na obrázku 22 zařazena na prvním místo ve schématu procesu, ale není považována za první krok. Prediktivní analýza poruch na základě statistického vyhodnocování Big Data je vnímána jako běžná součást výrobního cyklu konkrétního stroje, která běží zcela automaticky v jeho režii bez nutné kontroly či zásahu člověka. Tato etapa údržby v průmyslové výrobě je tak považována za cílovou inovaci Smart Maintenance, které využívá principů a nápadů Industry 4.0.

4. Etapa – Inteligentní komponenty



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 22 Čtvrtá etapa – Inteligentní komponenty, Smart Maintenance

7 Zhodnocení návrhu řešení

V následujících podkapitolách jsou všechny navrhované etapy optimalizací kriticky zhodnoceny s ohledem na celkový přínos výrobě komponentů ve společnosti ŠKODA AUTO a.s.

Nutno podotknout, že již dnes zavedený způsob využití aplikace AMU, popisovaný v páté kapitole, přináší inovační pohled na centrální údržbu. Přispívá tak zásadním způsobem k efektnějšímu udržování provozuschopného stavu strojního zařízení ve výrobě komponentů a přenosu informací z výrobních hal do kanceláří vedoucích pracovníků.

Každá ze čtyř etap využívá (pokud není napsáno jinak) přínosů etapy předcházející, stejně tak jako podmínek na zavedení konkrétních optimalizací. Součástí zhodnocení je taktéž informativní výčet hlavních předností a nevýhod jednotlivých etap a technologií, které je nutné pro zavedení Smart Maintenance vzít v úvahu.

7.1 První etapa optimalizace

První etapa se od současného stavu odlišuje možností online objednávky náhradního dílu přímo z místa poruchy. Hlavním přínosem je tedy časová úspora, která vznikla díky odpadnutí potřeby ručně vypisovat odběrný lístek pro zaměstnance výdejny. Díky objednávce se zakázka ihned promítne i do výdejny a tím může obsluha vychystat díl ještě před příchodem údržbáře. Pro něj tak opět odpadá časový prostoj při čekání na výdej náhradní součástky. Pokud není obsluha výdejny přítomna na pracovišti a údržbář odebere náhradní díl sám, je díky elektronické evidenci a skenování dílu přesto zajištěna transparence výdeje pro účetní účely. Tím dochází opět k úspoře času, který by byl potřebný na opětovnou návštěvu výdejny údržbářem na vyřízení zakázky.

Tyto přínosy jsou uskutečnitelné pouze za následujících podmínek:

- a) nalezení společného rozhraní mezi objednacím a účetním evidenčním systémem,
- b) zajištění kontroly totožnosti údržbáře.

V první podmínce se v případě výroby komponentů ŠA konkrétně jedná o systémy EBP (objednací systém pro elektronické pořizování nákupních dokladů a jejich schvalování) a SAP (integrovaný systém pro finanční řízení podniku).

Zajištění kontroly zaměstnance údržby může probíhat např. načtením jeho osobní MFA karty na výdejním terminálu, případně zadáním osobního čísla. Zabrání se tím objednání náhradního dílu někým jiným než povolaným operátorem údržby. Lze totiž administrativně přiřadit rozdílná oprávnění jednotlivým zaměstnancům k vychystávání materiálu.

První etapa zachovává i jednu nevýhodu ze současného stavu, kterou je minimálně jedna cesta zaměstnance údržby pro díl od stroje do výdejny a zpět.

7.2 Druhá etapa optimalizace

Tuto nevýhodu řeší druhá etapa optimalizace. Zde je do celého procesu údržby implementována umělá inteligence v podobě mobilního kolaborativního robota na autonomní platformě, který po obdržení elektronické objednávky díl automaticky vyskladní a doveze údržbáři na místo opravy.

Pro něj tedy odpadá časová i fyzická náročnost absolvování cesty do výdejny a zpět a s tím spojená úspora času. Robot navíc není omezen směnností ve výdejně, a proto tato asistence dovozu materiálu funguje prakticky neustále. Flexibilita robota, který se může volně pohybovat ve výrobní hale, přináší možnost jeho využití na jiné manipulační účely. Ve vyspělé výrobě (jakou disponuje výroba komponentů) se nepředpokládá neustálý výskyt dalších poruch strojů, který by zaměstnal robota na tento provoz 24 hodin denně. Proto se nabízí naučit robota další manipulační či transportní činnosti, když jeho asistence právě nebude potřeba pro vychystávání a transport náhradních dílů v rámci údržby. Další výhodou vzhledem k automatizaci skladu ve výdejně, samotnému procesu vychystání a elektronickému evidování odebraného materiálu, je možná úspora lidské pracovní síly při výdeji dílů. A to i s ohledem na ergonomii.

Pro zavedení autonomní platformy s kolaborativním robotem je zapotřebí:

- a) upravit pracovní prostor ve skladu výdejny náhradních dílů,
- b) naprogramovat robota pro možný volný pohyb po hale,
- c) zajistit nabíjení autonomní platformy,

d) propojit systémy EBP a SAP pro správnou účetní evidenci dílů.

Zavedením druhé etapy se však zcela neeliminuje prostoj čekání zaměstnance údržby na přivezení dílu manipulačním robotem po jeho objednání z místa opravy.

7.3 Třetí etapa optimalizace

Velkou časovou úsporou pro údržbáře i operátora výroby přináší až třetí etapa optimalizace. V ní výrobní dělník nemusí manuálně načítat stroj, když nastane jeho porucha. Stroj přebírá tuto činnost sám díky analýze svého stavu a jednotlivých komponent. Vzápětí automaticky objedná náhradní díl a po odpovídajícím čase také zavolá zaměstnance údržby, který vykoná opravu.

Při optimální synchronizaci těchto dvou procesů se tak může údržbář ihned po příchodu plně koncentrovat na výkon opravy a neztrácí čas čekáním na dovezení dílu. Doba prostoje se tak zkrátí o dva kroky tak, jak bylo popsáno v podkapitole 6.3.

Nevýhodou této optimalizace však může být zřejmě nemožné nasazení inteligentních strojů na veškeré operace ve výrobním procesu motorů, převodovek či náprav a tím znemožnění celoplošné implementace technologie Industry 4.0.

7.4 Cílový stav – Smart Maintenance

Rozšiřující etapou a určitým cílovým stavem centrální údržby strojního parku je zavedení inteligentních komponent.

Jak již bylo popsáno dříve, komponenty díky vyhodnocení statistických dat dokáží pružně reagovat na odchylky ve výrobním procesu nastavováním svých atributů a poruchu tak odhalit již v samém počátku, případně ji oddálit či dokonce zcela eliminovat. Doba prostojů je tím pádem naprosto minimální až nulová a řízení výroby v ten moment přebírá stroj sám.

Toto může být v některých provozech zároveň nevýhodou. Převážně tam, kde přidaná hodnota lidské činnosti a invence hrají největší roli. Aktuálně dalším negativem zavedení této etapy jsou velké vstupní investice na pořízení takových strojů/komponent a také proto je ještě tato etapa pro výrobu komponentů vzdálenějším výhledem.

7.5 Shrnutí

Po zhodnocení jednotlivých etap jsou v následující tabulce 3 přehledně zaneseny všechny zmiňované klady a zápory.

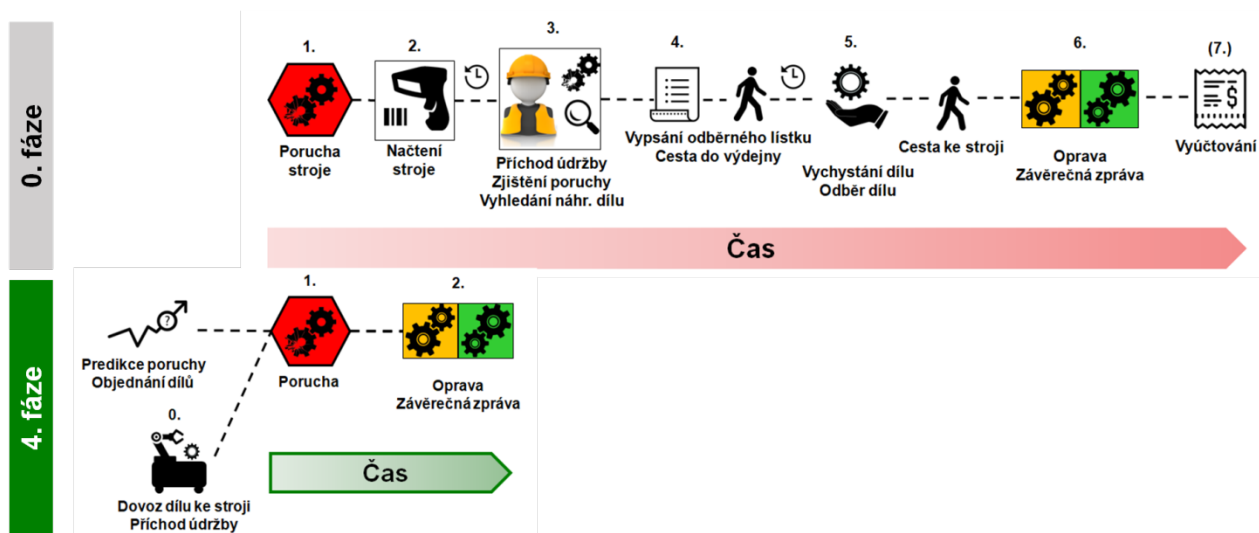
Tab. 3 Shrnutí jednotlivých etap optimalizací

1. etapa	<ul style="list-style-type: none"> + časová úspora díky odpadnutí potřeby vypisovat odběrný lístek + časová úspora vychystání dílu před příchodem údržbáře + účetní transparence i při nepřítomnosti obsluhy výdejny 	<ul style="list-style-type: none"> - zachování nutné min. jedné cesty do výdejny a zpět - časové prostoje kvůli cestám a čekání v procesu opravy
2. etapa	<ul style="list-style-type: none"> + úspora času na cestu údržbáře do výdejny a zpět + časová flexibilita výdeje náhradních dílů a asistence 24 hodin denně + automatizace vychystání a výdeje dílů včetně účetní evidence + úspora lidské pracovní síly 	<ul style="list-style-type: none"> - časová ztráta při čekání na dodání dílu - ztráta pracovního místa ve výdejně
3. etapa	<ul style="list-style-type: none"> + min. časová ztráta při výkonu opravy + analýza závady strojem + objednání náhradního dílu strojem 	<ul style="list-style-type: none"> - nemožná celoplošná implementace
4. etapa	<ul style="list-style-type: none"> + pružná reakce na odchylky výroby + doba prostojů minimální až nulová + řízení výroby strojem 	<ul style="list-style-type: none"> - řízení výroby strojem - velké vstupní investice

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 23 představuje porovnání výchozího a cílového stavu chytré údržby se zaměřením na dobu trvání prostoje (tedy od vzniku poruchy, po její opravu). Z této

grafické komparace je patrné, že časová náročnost kompletního procesu opravy se po optimalizaci redukovala o desítky procent a několik kroků. Z původních až sedmi (obsahujících podpůrné a ztrátové činnosti), zůstaly v poslední etapě pouze dva – výskyt poruchy a její oprava. Nutno podotknout, že tyto kroky díky digitální inteligenci a vzájemné komunikaci strojů nemusí vůbec nastat. Tento fakt je neoddiskutovatelným podnětem k diskusi, zda může Industry 4.0 údržbě výroby komponentů něco přinést.



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 23 Porovnání výchozího a cílového stavu

8 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo z dostupných literárních zdrojů a studií analyzovat zavedené inovace v automobilovém průmyslu a z toho navrhnout a expertně zhodnotit komplexní koncepci možného reálného využití principů Industry 4.0 ve výrobě komponentů mladoboleslavské automobilky ŠKODA AUTO a.s.

Koncept Industry 4.0 přinese během následujících několika let výrazné změny nejen průmyslu, ale celé společnosti, ekonomiky a lidského myšlení. Základním principem čtvrté průmyslové revoluce je rozvinutí myšlenky z revoluce třetí, která přinesla automatizaci a digitalizaci výroby. Další fází je nyní vznik nových sítí vzájemně propojených výrobních zařízení do tzv. CPS (kyber-fyzikálních systémů). Ty tvoří základní stavební prvek „chytrých továren“, ve kterých stroje komunikují navzájem bez zásahu člověka. Výroba v tomto prostředí díky použití CPS umožní zároveň rychlejší a plynulejší reakce na výpadky či prostoje jednotlivých strojů. Proměnit tradiční kamennou továrnu na inteligentní / chytrou továrnu znamená však také umět pracovat se statistickými daty, správně je vytěžovat a používat. Teprve tehdy má výrobní systém z dlouhodobého hlediska daleko jistější výstup, ve kterém existuje mnohem menší prostor pro chyby.

Z rešerše vyplynulo, že již některé špičky v automobilovém průmyslu (ne nutně finální výrobci automobilů) dokáží nasadit ucelené koncepce, podobající se „chytrým továrnám“. Drtivá většina firem a společností však zatím zavádí první pilotní projekty, na kterých ověřuje rentabilitu inovací. Z trendu však vyplývá, že se očekávané změny dotknou jak tradičního způsobu průmyslové výroby, která bude postupně převedena na plně automatizovanou flexibilní produkci za pomoci autonomních strojů propojených díky výše zmíněnému internetu, tak i trhu práce, kde je předpoklad úbytek méně kvalifikovaných pracovních sil a nutná rekvalifikace na činnosti jiné. Přesto má taková implementace prvků Průmyslu 4.0 přinést zejména zvýšenou produktivitu práce, vyšší flexibilitu a rychlost.

Nárůst flexibility a produktivity umožní v této diplomové práci popisované chytré technologie a posun automatizace a robotizace do větších ucelených systémových prvků. S tím souvisí i navržený koncept několika optimalizačních etap centrální údržby ve ŠKODA AUTO a.s. Postupné kroky přispívají k efektnějšímu udržování

provozního stavu strojního zařízení ve výrobě komponentů a přenosu informací z výrobních hal do kanceláří vedoucích pracovníků. Účelné sítě informačních a operačních technologií přináší nejen snížení nákladů na základě prediktivní údržby, ale i další zrychlení a zdokonalení strojů. Cílovým stavem, popisovaným v podkapitole 6.4, je chytrá údržba neboli Smart Maintenance. Nespornou výhodou celkové koncepce Smart Maintenance je, že chce být obsluha strojů včas informována o problémech či výpadcích, které teprve nastanou v blízké budoucnosti. Díky vyhodnocení Big Data v reálném čase tak lze procesy údržby výrobních zařízení lépe řídit, a vyřešit problémy dříve, než se objeví.

Dosažení cílového však stavu nenastane skokově, okamžitou změnou, nýbrž postupnou realizací jednotlivých mezikroků popisovaných v šesté kapitole. Koncepce - výstup této diplomové práce, tak tvoří autorův návrh na dosažení optimálního stavu údržby, která je jednou ze součástí inteligentní továrny (ve ŠKODA AUTO a.s. nazývané Transparentní továrny). Zavedení jednotlivých etap však nutně podléhá dalšímu detailnímu zhodnocení vedoucích pracovníků údržby, převážně s ohledem na ekonomické a strategické cíle společnosti.

Seznam literatury

BOSCH. *Industry 4.0 in practice at Bosch* [online]. 10. 04. 2015 [cit. 25. 11.2017]. Dostupný z URL: <<http://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/industry-4-0-in-practice-at-bosch-42927.html>>

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG. *Industrie 4.0: Innovationen für die Produktion von morgen*. [online]. 2015. Dostupné z URL:<https://www.bmbf.de/pub/Industrie_4.0.pdf>

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWi): *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Berlín: Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation+Technik GmbH. 2014. [cit. 13. 12. 2017]. [Dokument ve formátu PDF] Dostupný z URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/zukunft-der-arbeit-in-industrie-4-0.pdf?__blob=publicationFile&v=3>

GRANDAGE CONSULTING, *Why should Made in China 2025 matter to British businesses?* [online]. 2016 [cit. 14. 12. 2017]. Dostupný z URL:<<https://www.grandage-consulting.co.uk/single-post/2016/07/26/Why-should-Made-in-China-2025-matter-to-British-businesses>>

GEISSBAUER, R. – KOCH, V. – KUGE, S. *Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*. [online]. 2014. Dostupné z URL: <<http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>>

Iniciativa Průmysl 4.0 [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016 [cit. 1. 9. 2017]. Dostupný z URL: <<https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>>

KODEROVÁ, G. *Současné možnosti uplatnění koncepce Industry 4.0*. [Diplomová práce.] Mladá Boleslav: Škoda Auto Vysoká škola, 2016.

KREUTZER, S. – SMIT, J. – MOELLER, C. *Industry 4.0 Study for the ITRE Comitee* [online]. 2016. Dostupné z URL: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)>

MACDOUGALL, W. *Industrie4.0 – smart manufacturing for the future*. Berlín: Germany trade and Invest, 2014 [cit. 21. 11. 2017]. [Dokument ve formátu PDF] Dostupný z URL: <http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf>

MARCOŇ, P. *Průmysl 4.0* [online]. 2017 [cit. 18. 12. 2017]. Dostupný z URL: <http://www.utee.feec.vutbr.cz/iet/wp-content/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf>

SIEMENS. *Defects: a Vanishing Species?* [online]. 1. 10. 2014 [cit. 25. 11.2017]. Dostupný z URL: <<http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digitalfactories-defects-a-vanishing-species.html>>

SPATH, D. *Studie Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer IAO, 2013. ISBN 978-3-8396-0570-7.

ŠKODA AUTO a.s.: *120 let ŠKODA* [online]. 2017 [cit. 15. 8. 2017]. Dostupný z URL: <<http://www.skoda-auto.cz/o-spolecnosti/120-let-skoda>>

ŠKODA AUTO a.s.: *Historie* [online]. 2017 [cit. 15. 8. 2017]. Dostupný z URL: <<https://media.skoda-auto.com/cs/Pages/history-new.aspx>>

ŠKODA AUTO a.s.: *Škoda Mobil* [online]. Dostupný z URL: <<https://www.skodamobil.cz/>>

ŠKODA AUTO a.s.: *ŠKODA Výroční zpráva 2016* [online]. 2017. [cit. 20. 7. 2017]. Dostupný z URL:<<http://cs.skoda-auto.com/company/investors/annual-reports/>>

ŠKODA AUTO a.s.: *Zpráva o stavu personálu k 31. 7. 2017* [cit. 21. 7. 2017] Interní materiál společnosti ŠKODA AUTO a.s.

ŠKODA AUTO a.s.: *Zpráva trvale udržitelného rozvoje 2015/2016* [online]. 2017. [cit. 20. 7. 2017]. Dostupný z URL:<<http://www.skoda-auto.cz/SiteCollectionDocuments/skoda-auto/spolecnost/zivotni-prostredi/udrzitelny-rozvoj-2015-2016.PDF>>

VACHTL, P. *Současný stav a perspektivy koncepce Průmyslu 4.0 u nás* [online]. 1.10.2014 [cit. 25. 11.2017]. Dostupný z URL:<https://ictrevue.ihned.cz/c3-65807170-0ICT00_d-65807170-soucasny-stav-a-perspektivy-koncepce-prumyslu-4-0-u-nas>

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Portfolio vozů ŠKODA roku 2017	12
Obr. 2 Průmyslové revoluce graficky	13
Obr. 3 Přehled evropských iniciativ Industry 4.0.....	17
Obr. 4 Logo iniciativy Made in China 2025.....	18
Obr. 5 Portfolio výroby komponentů ŠA	27
Obr. 6 Kolaborativní robot ve výrobě převodovek DQ200 ve Vrchlabí	29
Obr. 7 Manipulační robot ve výrobě převodovek DQ200 ve Vrchlabí.....	31
Obr. 8 Omron - autonomní logistický vozík.....	32
Obr. 9 Čtyři fáze k autonomnímu režimu v logistice	33
Obr. 10 Struktura modulů Transparentní továrny	34
Obr. 11 Základní obrazovka terminálu ve výrobní hale	35
Obr. 12 Ukázková historie měření dílu na dané operaci.....	35
Obr. 13 PDA pracovníků údržby ŠKODA	37
Obr. 14 Layout haly a indikace poruch a oprav	38
Obr. 15 Stav skladu ke konkrétnímu dílu v PDA.....	38
Obr. 16 Matice návrhů k optimalizacím konkrétních inovací.....	40
Obr. 17 Stav AMU dnes	41
Obr. 18 První etapa – Optimalizace softwaru a režimu výdejny	43
Obr. 19 Existující mobilní kolaborující robot společnosti KUKA.....	43
Obr. 20 Druhá etapa – Implementace mobilního robota na dovoz náhradních dílů 44	
Obr. 21 Třetí etapa – Inteligentní stroje.....	45
Obr. 22 Čtvrtá etapa – Inteligentní komponenty, Smart Maintenance	47
Obr. 23 Porovnání výchozího a cílového stavu	52

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled vybraných inovací v automotive	21
Tab. 2 Zveřejněné technologie Industry 4.0 zavedené ve ŠKODA AUTO a.s.....	24
Tab. 3 Shrnutí jednotlivých etap optimalizací	51

Seznam příloh

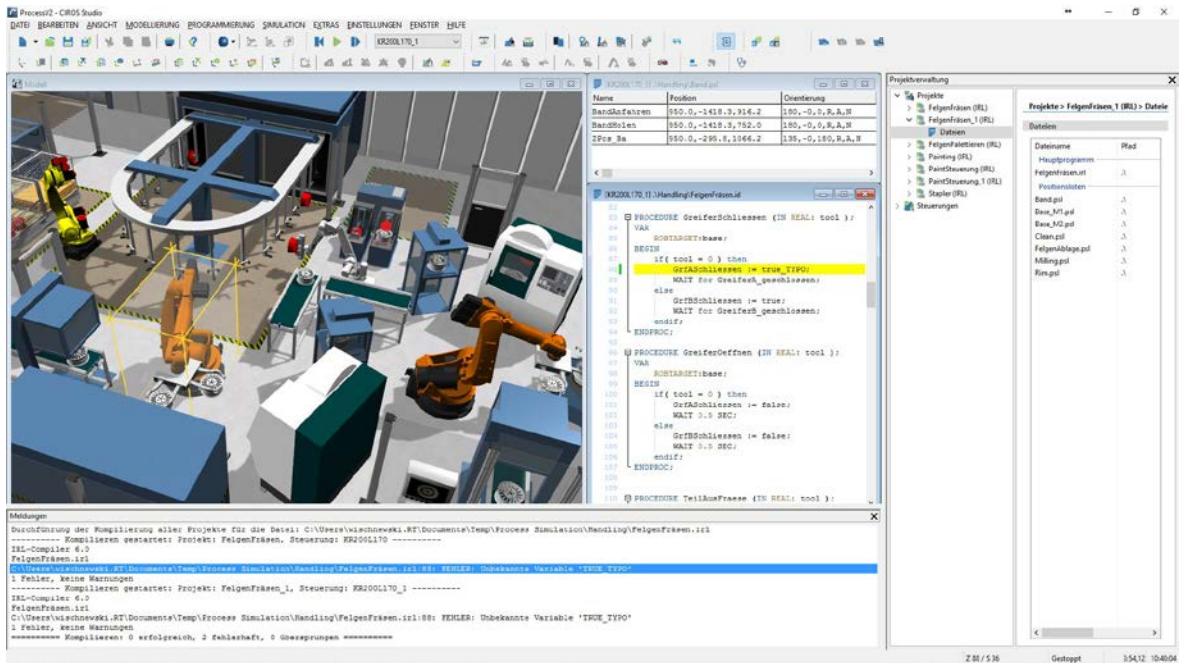
Příloha č. 1 Využití inovací v automotive - „Ádam“ a „Eva“ / AUDI	60
Příloha č. 2 Využití inovací v automotive – Ciroso / FESTO.....	61
Příloha č. 3 Využití inovací v automotive – Drony / AUDI.....	62
Příloha č. 4 Využití inovací v automotive – Gakushu / FANUC	63
Příloha č. 5 Využití inovací v automotive – KMR iiwa / KUKA	64
Příloha č. 6 Využití inovací v automotive – Smart Transport Robots / BMW	65
Příloha č. 7 Využití inovací v automotive – Virtuální montáž TecFabrik / Mercedes-Benz	66
Příloha č. 8 Využití inovací v automotive – YuMi / ABB.....	67

Příloha č. 1 Využití inovací v automotive - „Ádam“ a „Eva“ / AUDI



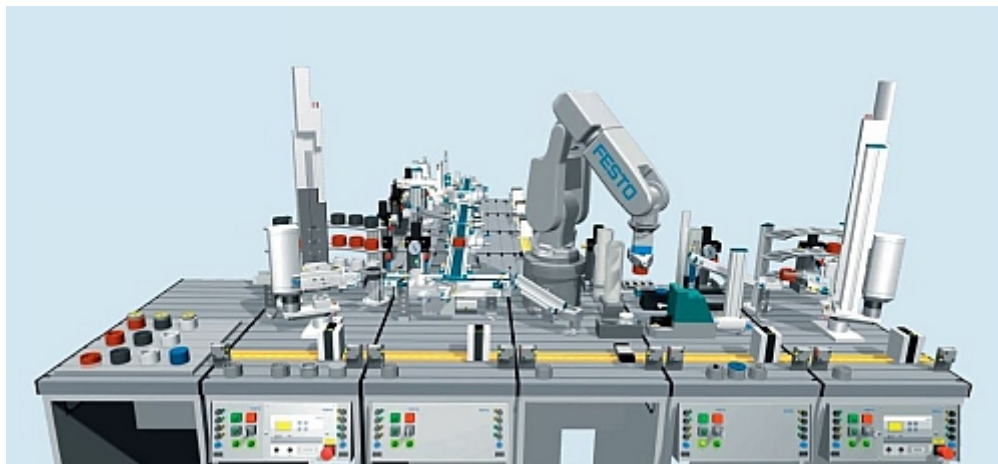
Zdroj: https://audi-illustrated.com/de/audi-encounter-01-2017/kollege_4_0

Příloha č. 2 Využití inovací v automotive – CIROS / FESTO



Zdroj:

http://www.verosim-solutions.com/wp-content/uploads/CIROS/images/CIROS_Studio_Robotics_Programming.jpg



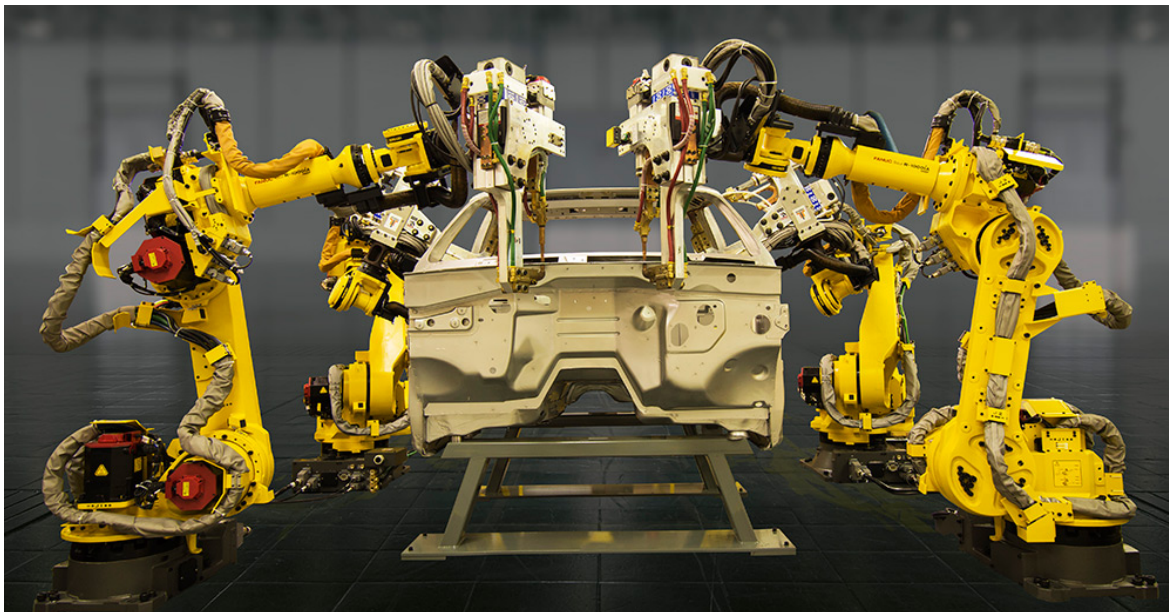
Zdroj: http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/news_ciros_roadshow_2014.JPG

Příloha č. 3 Využití inovací v automotive – Drony / AUDI



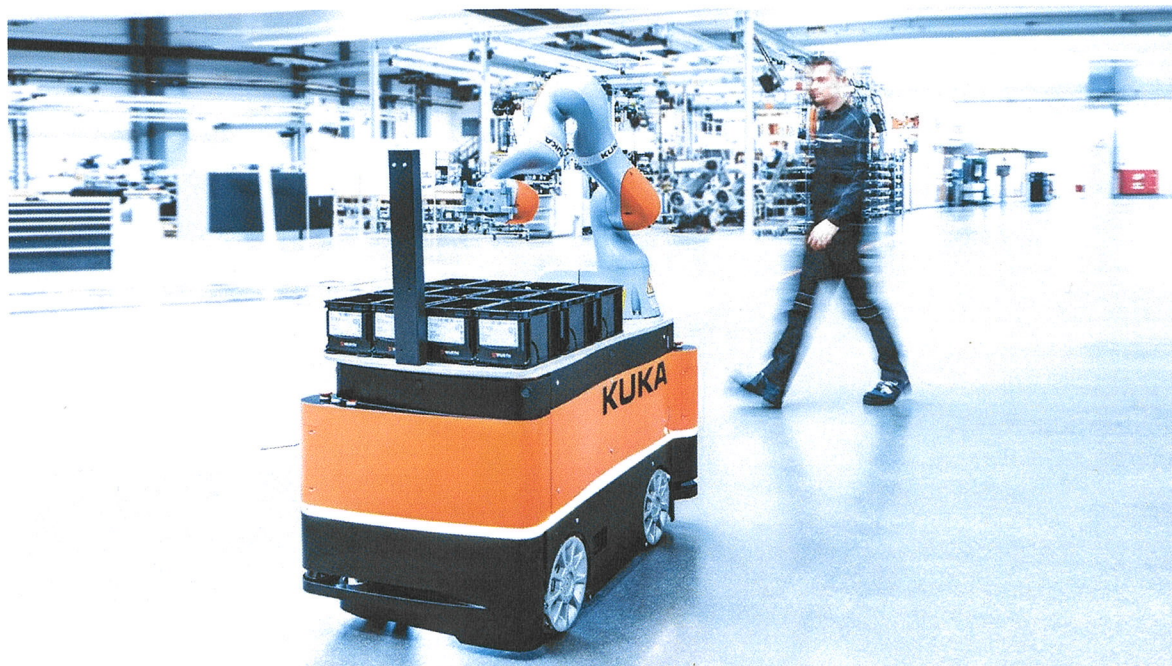
Zdroj: <https://www.produktion.de/trends-innovationen/drohnen-in-die-intralogistik-gefluegelter-lieferservice-108.html>

Příloha č. 4 Využití inovací v automotive – Gakushu / FANUC



Zdroj: https://abm-website-assets.s3.amazonaws.com/pddnet.com/s3fs-public/embedded_image/2015/12/fanuc_gakushu.jpg

Příloha č. 5 Využití inovací v automotive – KMR iiwa / KUKA



Zdroj: https://kuka.com/-/media/kuka-corporate/images/products/mobility/kuka-kmr-iiwa_application.jpg?w=1400&hash=69DE1416527B7C49330DB5788CF6366E75DAC0C2

Příloha č. 6 Využití inovací v automotive – Smart Transport Robots / BMW

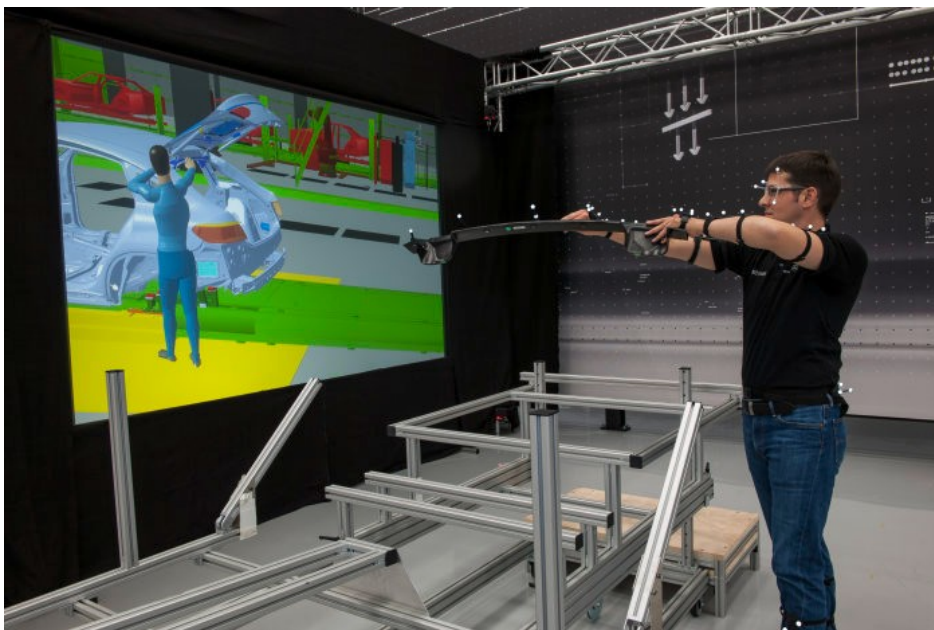


Zdroj: <http://cdn.bmwblog.com/wp-content/uploads/2016/11/BMW-industry-4.0-6.jpg>



Zdroj: <http://cdn.bmwblog.com/wp-content/uploads/2016/11/BMW-industry-4.0-19.jpg>

Příloha č. 7 Využití inovací v automotive – Virtuální montáž TecFabrik / Mercedes-Benz



Zdroj:

<http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko.xhtml?oid=9272047&reId=1001&fromOid=9272047&borders=true&resultInfoTypeId=172&viewType=thumbs&sortDefinition=manualsort-1&thumbScaleIndex=0&rowCountsIndex=5>

Příloha č. 8 Využití inovací v automotive – YuMi / ABB



Zdroj: https://www.automationworld.com/sites/default/files/field/image/abb_yumi_0.jpg

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Bc. Jan Teplý		
STUDIJNÍ OBOR	6208T088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Návrh využití Industry 4.0 ve výrobě komponentů ŠKODA AUTO a.s.		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Pavel Wicher, Ph.D.		
KATEDRA	KLAT	ROK ODEVZDÁNÍ	2018
POČET STRAN	59		
POČET OBRÁZKŮ	23		
POČET TABULEK	3		
POČET PŘÍLOH	8		
STRUČNÝ POPIS	<p>Diplomová práce se zaměřuje na možnosti využití principů Industry 4.0 v automobilovém průmyslu. Zabývá se tak aktuálním tématem čtvrté průmyslové revoluce, včetně analýzy některých zahraničních i české iniciativy Průmyslu 4.0. Cílem této diplomové práce je navržení celkové koncepce obsahující konkrétní dílčí řešení pro výrobu komponentů v automobilce ŠKODA AUTO a.s. Navržení koncepce vychází z analýzy aktuálního stavu zavedených inovací v automotive a následně ve ŠKODA AUTO a.s. Hlavním tématem se stává řízení centrální údržby, konkrétně její transformace do podoby chytré údržby. Transformace je v práci rozčleněna do čtyř etap realizace, které jsou kriticky zhodnoceny.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Industry 4.0, průmyslová revoluce, výroba, automobilový průmysl, Smart factory, Transparentní továrna, Smart Maintenance, digitalizace, inovace		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI:	Ne		

ANNOTATION

AUTHOR	Bc. Jan Teplý		
FIELD	6208T088 Production Management and Global Business		
THESIS TITLE	Design of possible use of Industry 4.0 in component production at ŠKODA AUTO a.s.		
SUPERVISOR	Ing. Pavel Wicher, Ph.D.		
DEPARTMENT	KLAT	YEAR	2018
NUMBER OF PAGES	59		
NUMBER OF PICTURES	23		
NUMBER OF TABLES	3		
NUMBER OF APPENDICES	8		
SUMMARY	<p>This diploma thesis focuses on the possibilities of using Industry 4.0 principles in the automotive industry. It deals with the current theme of the Fourth Industrial Revolution, including the analysis of some foreign and Czech industry initiatives 4.0. The aim of this diploma thesis is to propose an overall concept containing a specific solutions for the component production at ŠKODA AUTO a.s. The concept is based on an analysis of the current state of the implemented innovations in automotive and subsequently at ŠKODA AUTO a.s. The central theme is the central maintenance, namely its transformation into a smart maintenance. The transformation is divided into four stages of implementation, which are critically evaluated.</p>		
KEY WORDS	<p>Industry 4.0, Industrial revolution, Production, Automotive, Smart factory, Transparent factory, Smart Maintenance, digitization, innovation</p>		
THIS IS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS:No			