

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Národní iniciativa Průmysl 4.0 - doporučení pro průmysl a společnost

Autor: **Martin COUFAL**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. za přínosné rady, věnovaný čas a věcné připomínky. Mé rodině a blízkým bych rád poděkoval za podporu.

Abstrakt

V první části práce byly vysvětleny základní teoretické principy konceptu Průmysl 4.0, byly popsány technologie pro tento koncept typické a efekty, které jejich implementace může vyvolat. Dále byla provedena rešerše nejvýznamnějších zahraničních iniciativ, které se zabývají implementováním Průmyslu 4.0 v rámci jejich země. Další částí bylo zhodnocení současné situace v České republice z hlediska připravenosti průmyslového sektoru a společnosti na aplikování principů konceptu a na základě tohoto zhodnocení byla navržena některá doporučení pro úspěšné implementování konceptu, která jsou v souladu s Národní iniciativou Průmysl 4.0. V poslední části byla provedena rešerše podniků, které mohou sloužit jako příklady dobré praxe při zavádění prvků konceptu Průmyslu do firem a byla také vybrána některá nabízená technologická řešení pro podniky.

Abstract

The first part of this thesis is for description of main principles of Industry 4.0 concept. There were described technologies which are typical for this concept and effects of their implementation. After that it was made a research of the most important foreign initiatives, which engage how to implement Industry 4.0 in their state. In the next part of this thesis is an evaluation of readiness of the Czech republic for implementation of Industry 4.0. On the basis of this evaluation there were suggested some recommendations for successful implementation. These recommendations are in compliance with Czech National initiative Industry 4.0. The last part of this thesis was the research of „best practices“ - there are examples of successful implementation in industry and also there are examples of offered solutions for firms.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, národní iniciativa, implementace, průmyslová revoluce, interdisciplinarita, automatizace, digitalizace, chytrá továrna, sociální dopady, dobrá praxe.

Keywords

Industry 4.0, national initiative, implementation, industrial revolution, interdisciplinarity, automatization, digitisation, smart factory, social effects, best practices.

Použité zkratky a výrazy

AR - Augmented Reality

CAD - Computer Aided Design

CAM - Computer Aided Manufacturing

CAQ - Computer Aided Quality

CIIRC - Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky

CIoT - Consumer Internet of Things

CPS - Cyber-Physical Systems

CRM - Customer Relationship Management

PLM - Product Lifecycle Management

ČKD - Českomoravská-Kolben-Daněk

ČSÚ - Český statistický úřad

ČVUT - České vysoké učení technické

ERP - Enterprise Resource Planning

EU - Evropská unie

EWA - Elektronik Werk Amberg

FIOT - Foxon Internet of Things

ICT - Information and Communication Technologies

IESE - Institut pro experimentální softwarové inženýrství

IIC - Industrial Internet Consortium

IIoT - Industrial Internet of Things

IoT - Internet of Things

IP - Internet Protocol

IT - Information Technology

MOOC - Massive Open Online Course

NFC - Near Field Communication

NPRSNG - Národní plán rozvoje sítí nové generace

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development

PC - Personal Computer

PDM - Product Data Management

PLC - Programmable Logic Controller

QR - Quick Response

RFID - Radio Frequency Identification

VaV - Věda a výzkum

YuMi - You and me

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Rozvoj průmyslu od doby 1. průmyslové revoluce	3
2.1	1. Průmyslová revoluce	3
2.2	2. Průmyslová revoluce	4
2.3	3. Průmyslová revoluce	5
3	Strategie řízení životního cyklu produktu.....	6
3.1	Definování pojmu	6
3.2	Integrace PLM s dalšími podnikovými systémy	7
4	Technologické aspekty konceptu Průmysl 4.0.....	9
4.1	Internet věcí	11
4.2	Cloud computing	12
4.3	Analýza velkých dat (Big Data)	13
4.4	Autonomní roboty.....	13
4.5	Senzorika	14
4.6	Aditivní výroba (3D tisk)	14
4.7	Rozšířená realita	15
5	Zahraniční iniciativy zabývající se konceptem Průmysl 4.0	17
5.1	Německo	17
5.2	Francie	18
5.3	USA	19
5.4	Čína.....	21
6	Popis současného stavu České republiky v úrovni připravenosti na zavádění principů Průmyslu 4.0.....	22
6.1	Postavení průmyslového sektoru v ČR.....	22
6.2	Technologická připravenost podniků	23
6.3	Stav aplikovaného výzkumu.....	25
6.4	Oblast zaměstnanosti a trhu práce	25
6.5	Vzdělávání	27
7	Navrhovaná doporučení a možný budoucí vývoj v průběhu implementování principů Průmyslu 4.0.....	30
7.1	Doporučení pro zlepšení technologické úrovně průmyslových podniků	30
7.2	Nutné kroky v oblasti energetiky.....	32
7.3	Doporučení pro vzdělávací systém.....	34
7.4	Doporučení pro trh práce a společnost a možné dopady	36

8	Příklady dobré praxe v oblasti průmyslu	41
8.1	Siemens EWA Amberg	41
8.2	Robert Bosch GmbH	45
8.3	Platforma FIOT společnosti Foxon s.r.o.	48
8.4	Robot YuMi společnosti ABB.....	50
8.5	Festo Didactic	52
9	Závěr	54
	Zdroje	56

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma nejdůležitějších systémů v rámci PLM	7
Obrázek 2: Schéma konceptu chytré továrny.....	10
Obrázek 3: Porovnání zaměstnanosti v průmyslu dle technologické náročnosti odvětví s vybranými státy EU (Legenda: LT- odvětví s nízkou technologickou náročností, ME – technologicky středně náročná odvětví, HI – odvětví technologicky vysoce náročná)	26
Obrázek 4: Podíl populace s dokončeným středoškolským vzděláním v zemích OECD	27
Obrázek 5: Pohled do továrny Siemens EWA Amberg	42
Obrázek 6: Proces výroby řídicích jednotek Simatic	44
Obrázek 7: Sledování a řízení výroby v reálném čase prostřednictvím mobilního zařízení v jedné z továren společnosti Bosch	46
Obrázek 8: Schéma fungování systému FIOT	49
Obrázek 9: Spolupráce robotu YuMi a operátora při montáži zásuvky	51
Obrázek 10: Model kyberfyzické továrny pro Průmysl 4.0 společnosti Festo Didactic	53

Seznam tabulek

Tabulka 1: Předměty studijního programu Průmysl 4.0	29
Tabulka 2: 10 profesí s nejvyšším indexem ohrožení digitalizací	37
Tabulka 3: 10 profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací	38

1 Úvod

Současná situace v oblasti průmyslu, kdy se neustále zvyšuje konkurence, rozšiřuje se škála možných nabízených produktů a neustále se zlepšuje jejich kvalita, staví před podniky nejednoduchou otázku: Jak být konkurenceschopní, tedy plnit požadavky a přání zákazníka na funkce výrobku, jeho kvalitu a životnost, za zákazníkem přijatelnou cenu, přitom dokázat snižovat náklady na výrobu a dosahovat zisku?

Důležitým základním bodem ke splnění takových požadavků v dnešní době pro podniky představuje aplikování strategie řízení životního cyklu produktu (PLM - z anglického Product Lifecycle Management). V současnosti můžeme říci, že tato strategie nachází uplatnění prakticky ve všech průmyslových odvětvích od strojírenství, elektrotechnického průmyslu až kupříkladu po textilní průmysl. Pro podniky přináší velmi mnoho nesporných výhod. Konkrétně v tom, že daný průmyslový podnik řídí veškeré fáze životního cyklu produktu. Tedy od samotného formulování požadavků a stanovení koncepce, přes vývoj, výrobu a prodej výrobku až po servis a likvidaci. Důležitým aspektem při takovémto řízení však je, že data získaná během jedné fáze cyklu jsou využívána ve všech ostatních etapách a zároveň mezi všemi subjekty, které jsou zapojeny do průběhu tohoto cyklu - tedy pracovníky, dodavateli a zákazníky funguje neustálý proces předávání informací a díky efektivnímu využívání informací dochází ke zlepšování všech procesů souvisejících s životem produktu.

Dnešní dobu však můžeme označit za turbulentní, co se týče vývoje nových technologií. Je zcela neoddiskutovatelné, že pokrok jde neustále kupředu a tak dochází i k inovacím a zlepšováním ve strategiích výše zmíněného řízení životního cyklu produktu. Konkrétní variantou, kam některé podniky již začaly v této oblasti směřovat své úsilí je takzvaná vize Průmysl 4.0 (cizojazyčné varianty Industry 4.0 nebo Industrie 4.0). Jde o čerstvý koncept, jehož první myšlenky byly představeny v roce 2011 na jednom z nejvýznamnějších světových průmyslových veletrhů, který se koná každoročně v německém Hannoveru a v roce 2013 byla na témže místě oficiálně představena německá národní Platforma Industrie 4.0. Strategie Industrie 4.0 je iniciativou německé spolkové vlády a její elementární myšlenkou byla naprostá digitalizace v průběhu života produktu a s tím také spojená plná automatizace výroby. To znamená, že stroje a produkty spolu budou během celého životního cyklu plně komunikovat pomocí internetu, díky němuž je také bude možné kontrolovat a obsluhovat. Mnoho činností během výroby, kterou dosud vykonávali lidé, bude vykonávána stroji. Díky těmto novým metodám výrazně vzroste produktivita práce, bude docházet k úspoře času a peněz z hlediska výroby, ta se navíc stane mnohem flexibilnější, neboť každý výrobek bude moci být přizpůsoben na míru konkrétnímu zákazníkovi. Nicméně dnes lze si už uvědomujeme, že celé téma nelze omezit pouze na digitalizaci průmyslové výroby. Vlivem nástupu této nové strategie a výrazných změn, které sebou přinese, hovoříme také o současné době jako o takzvané 4. průmyslové revoluci, byť toto označení není úplně přesné. Nejde v pravém slova smyslu o vývoj revoluční, ale spíše o evoluční vývoj stávajících technologií a způsobu výroby. A na rozdíl od předchozích tří průmyslových revolucí je navíc přesah této čtvrté daleko širší - hlavní roli zde hraje průmyslová výroba, avšak vzhledem k charakteru myšlenek tohoto konceptu bude třeba řešit otázky celospolečenských změn, otázky ekonomické, otázky vědy a výzkumu, otázky změny v systému vzdělávání, změny, které tato koncepce přinese na trhu práce atd.

Vzhledem k silnému postavení průmyslového sektoru v České republice, je velmi důležitým úkolem to, aby náš stát nezůstal pozadu v připravenosti a zavádění myšlenek konceptu Průmysl 4.0. Proto pod vedením Ministerstva průmyslu a obchodu vznikla Národní iniciativa Průmysl 4.0, která má za cíl představení principů tohoto konceptu tak, aby o něm vzniklo širší povědomí, a zároveň také nastinit návrh možných řešení při jeho implementaci. Nicméně je zřejmé, že celý pojem Průmysl 4.0 je třeba vidět komplexně. Změny, které v příštích 10-15 letech nastanou, se nebudou týkat pouhého zavádění nových technologií do průmyslových podniků. Bude třeba řešit další, celospolečenské otázky s tím související - změny ve vzdělávání, dopady na trh práce, spolupráci mezi podniky a sférou výzkumu, otázky legislativní a řadu dalších.

Je patrné, že toto téma bude v příštích letech rezonovat českou společností, neboť na úspěšném zavádění tohoto konceptu bude záviset konkurenceschopnost České republiky na globální úrovni, ekonomický růst země a vůbec celé fungování společnosti. Tato práce si tedy klade za cíl:

1. Představit samotný koncept Průmysl 4.0, jeho teoretické principy, využívané technologie, výhody a efekty, které implementace této nové strategie přinese.
2. Zmínit nejviditelnější zahraniční iniciativy, které mají za cíl implementaci principů Průmyslu 4.0.
3. Zhodnotit aktuální situaci v České republice z hlediska připravenosti průmyslového sektoru a společnosti na aplikaci principů této vize.
4. Nabídnout doporučení opatření, která mohou být užitečná při úspěšném zavádění konceptu v ČR především v oblastech zavedení do průmyslové výroby a oblastí s tím spojených.
5. Uvést příklady podniků, které jsou typickými představiteli úspěšné praxe při zavádění tohoto konceptu.
6. Uvést příklady úspěšných firem z pohledu nabízených řešení a podpory pro podniky v ČR, které chtějí koncept Průmysl 4.0 do svého podniku implementovat.

2 Rozvoj průmyslu od doby 1. průmyslové revoluce

Již v úvodu bylo zmíněno, že současné období bývá také označováno jako 4. průmyslová revoluce. V krátkosti zde budou zmíněna tři období z historie, označovaná také jako průmyslové revoluce, která vždy přinesla mnoho změn, ze kterých pak mohly a v současnosti mohou vycházet další změny a inovace. Za povšimnutí také stojí odlišnosti a naopak shodné prvky v samotném průběhu těchto čtyř průmyslových revolucí.

2.1 1. Průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce probíhala přibližně v období mezi 18. a 19. stoletím a její takzvanou kolébkou byla Anglie, tehdy nejvyspělejší země světa. Jejím výsledkem byl přechod od ruční výroby v manufakturách k tovární strojní výrobě. Na kvalitu strojů přitom byly kladeny stále větší požadavky, tudíž docházelo k rozvoji nového oboru - strojírenství. Za symbol této první průmyslové revoluce bývá označován parní stroj, jehož vynález je připisován Jamesi Wattovi. K tovární výrobě byly také potřeba nové zdroje energie, především pak uhlí. Změnila se zcela forma organizace výroby, což mělo za následek vznik nové sociální vrstvy - dělnictva. Došlo k revoluci v dopravě, především k velkému rozvoji železniční a lodní dopravy. To napomáhalo volnému obchodu a společně se vznikem tovární velkovýroby to můžeme pokládat za předpoklady ke vzniku tržního hospodářství. Podniky se snažili o maximalizaci zisku, k tomu přispívalo i to, že mzdy dělníků byly minimální a naopak pracovní doba velmi dlouhá. Vlivem nespokojenosti dělníků pak vznikali dělnická odborová hnutí a později i dělnické politické strany. Došlo k velkým změnám ve společnosti - poklesu úmrtnosti (vlivem rozvoje vědy), což vedlo k nárůstu počtu obyvatelstva a zvyšování velkoměst. Změnil se i životní styl lidí, rostla vzdělanost, součástí života lidí se stala i kultura. Zmínit musíme i změny v zemědělství - vlivem pokroku došlo k vylepšení zemědělských strojů a růstu produkce.

České země byly již v období Habsburské monarchie centrem průmyslu - na průmyslové výrobě monarchie se dokonce česká část podílela více než 60%.¹ V českých zemích se v období 1. průmyslové revoluce zprvu rozvíjel především textilní průmysl, který zde měl tradici, navíc zde působila řada odborníků z Anglie, kteří již měli potřebné znalosti a k tomu přivezli potřebné technologie. Textilní odvětví později následovalo potravinářství, především cukrovarnictví a pivovarnictví. Továrny na výrobu strojů vznikali zprvu u továren textilních a sloužily především k opravě textilních strojů, později pak byly budovány i strojírenské závody zaměřené na výrobu parních strojů. Rozvíjela se zde i silniční a železniční doprava - roku 1832 byla vybudována první koněspřežná železnice na evropském kontinentu, což předznamenalo obrovský rozmach železnice v českých zemích. Došlo ke zlepšení technického vzdělání a zkonstruování nových vynálezů; lze zmínit vynález rychadla bratranci Veverkovými nebo sestavení lodního šroubu Josefem Ressellem. Vytvořila se nová sociální skupina - průmysloví podnikatelé, avšak růst průmyslu také přinesl potřebu řešení negativních sociálních jevů - příkladem mohou být rozbíjení strojů dělníky, kteří vnímali

¹ AUBRECHT, Radek a Michal KADERKA. *Maturitní otázky - dějepis*. Praha: Fragment, 2007. Maturitní otázky. ISBN 978-80-253-0500-3

stroje jako své ohrožení a měli obavy, že jimi budou nahrazeni. I v Čechách tak vznikala dělnická odborová hnutí a později i dělnicky orientované politické strany.²

2.2 2. Průmyslová revoluce

Druhou průmyslovou revoluci také označujeme jako technickovědeckou revoluci. Zpravidla se vymezuje dobou od 80. let 19. století do 30. let 20. století. Charakteristickým znakem je užití elektrické energie a spalovacího motoru. Průmyslová výroba v tomto období vzrostla zhruba trojnásobně. Došlo k úzkému propojení vědy a techniky, výsledky přírodních věd se uplatňují v průmyslu. Vlivem vyššího stupně mechanizace a dělby práce (rozvoj výroby na páslech) výrazně stoupla produktivita práce. Významným pokrokem bylo využívání nových zdrojů energie - ať už šlo o energii získávanou z vody, tak především o energii elektrickou a energii spalovacích motorů. Elektrická energie pak našla využití v osvětlení, pohonu strojů, tramvají (výrazný rozvoj veřejné hromadné dopravy) a po vynálezu transformátoru také k výrobě žehliček, praček apod. Spalovací motory pak začaly být využívány především k pohonu automobilů, motocyklů, ve 20. století pak byla konstruována i motorová letadla. Došlo k významným objevům v oblasti chemie. Důsledkem toho byly vyvinuty nové materiály a látky - syntetické materiály, organické sloučeniny. Výraznou změnou v průmyslové výrobě byla centralizace a monopolizace, což znamená sdružování menších podniků se snahou následně kontrolovat trh. Výrazným odvětvím hospodářství se stalo bankovníctví. Vše je doprovázeno růstem životní úrovně, vzdělanosti a informovanosti obyvatel - rozmach novinového tisku a časopisů, vynález telefonu, fotografie a filmu.

Co se týče českého území, od druhé poloviny 19. století dosahoval podíl českých zemí na průmyslové výrobě Rakouské monarchie dokonce přes 70 procent. Průmysl zde tedy byl na vysoké úrovni a i to napomohlo významným objevům pro tuto revoluci, které se udály na našem území. Například firma Tatra, sídlící v Kopřivnicích, která je jednou z nejstarších automobilek na světě, stojí za výrobou automobilu NW Präsident, který se stal roku 1898 prvním sériově vyráběným funkčním automobilem v celé střední Evropě. Nenahraditelným způsobem se na rozvoji industrializace na českém území podílel vynálezce František Křižík - mimo jiné tvůrce tramvajové dopravy v Praze a také první elektrické železnice v Rakousku-Uhersku. Zmíněn musí být také elektrotechnik Emil Kolben, konstruktér řady elektricky poháněných strojů a také spoluzakladatel významného strojírenského podniku ČKD.³ Uvedené příklady technického rozvoje, opřené o vědecká zjištění, ukazují na rozmach strojírenského průmyslu a na to navazující rozvoj dopravy. Díky daleko kvalitnější dopravní infrastruktuře tak v Čechách vznikala velká průmyslová centra (Praha, Plzeň), do kterých byla centralizována výroba. Díky tomu ve velkých městech také rostl počet obyvatel, města se navíc modernizovala - budovala se pouliční osvětlení, docházelo k bourání středověkých městských hradeb, začala fungovat městská hromadná doprava. K rozkvětu průmyslu také přispěla liberální politika v oblasti ekonomie, což znamenalo podpoření podnikání a výroby.

² Průmyslová revoluce. *Czech.cz* [online]. 2009 [cit. 2016-10-01]. Dostupné z: <http://www.czech.cz/cz/66243-prumyslova-revoluce>

³ HAŠKOVEC, Vít, Ondřej MÜLLER a Irena TATÍČKOVÁ. *Galerie géníů, aneb, Kdo byl kdo. 3.*, opr. vyd. Praha: Albatros, 2005. ISBN 80-00-01600-1.

2.3 3. Průmyslová revoluce

Třetí průmyslová revoluce je datována přibližně od 60. let minulého století a je nazývána vědeckotechnickou revolucí, a to z toho důvodu, že průmysl je s vědou velmi úzce spjat, přičemž dochází k významnému rozvoji v přírodních a technických vědách a výzkumu. K prvním změnám nezačalo docházet v Evropě, jak tomu bylo u předchozích etap, nýbrž ve Spojených státech amerických. Revoluce v průmyslu je pak především způsobena rozvojem kybernetiky, tedy oborem, který se zabývá zákonitostmi řízení informací ve strojích a samo regulujících se soustavách. Společně s objevy v elektronice kybernetika stojí na počátku počítačové techniky. První počítače sice byly dokončeny v USA již ve 40. letech, ale šlo o velmi rozměrné přístroje, zpravidla zabírající několik místností. V 60. letech pak byly vytvořeny počítače menší a výkonnější, v roce 1975 byl pak dokonce do prodeje uveden první osobní počítač. Právě zlepšení efektivity a zrychlení chodu počítačů znamenalo jejich velké využití v průmyslové výrobě - především dochází k robotizaci a automatizaci výroby. V oblasti energetiky dochází k průlomům díky využívání jádra, neboť jaderné elektrárny se vyznačují vysokou výkonností. Změnila se také doprava - parní lokomotivy jsou nahrazeny elektrickými a motorovými, letadla jsou schopna během několika hodin překonat vzdálenosti mezi jednotlivými kontinenty, ve vyspělých státech byly vybudovány husté sítě silnic a dálnic a nejběžnějším dopravním prostředkem se stává automobil. V oblasti medicíny došlo k takovým úspěchům, jako je provádění transplantací či vymýcení některých smrtelných chorob zásluhou očkovaní. Od výše zmíněné doby 60. let dochází k v podstatě neustálému pokroku, kdy veškeré technologie jsou neustále zdokonalovány, a každý den může dojít k novému vynálezu, který posune lidstvo opět o kus dál.

V Československu byl v tomto období průmysl značně ovlivněn danou politickou situací a orientace výroby byla především na těžké strojírenství a hutnictví. Nedošlo zde k tak úzkému propojení vědeckého a průmyslového sektoru, což spolu s omezeným kontaktem se západními zeměmi, které byly leadery této revoluce, zapříčinilo zpomalení technologických inovací. Stroje v československých továrnách tak byly často daleko těžší a zastaralejší než ty v továrnách na západě, a to i přesto, že většina investic putovala právě do průmyslu, často však neúčelně. Nedošlo zde ani k tak velkému rozvoji kybernetiky. Průmyslový sektor tak sice byl stále vedoucím prvkem ekonomiky, avšak produktivita práce pomalu klesala.

3 Strategie řízení životního cyklu produktu

Jak bylo uvedeno v úvodu práce, samotný koncept Průmysl 4.0 můžeme chápat jako zavádění nových technologií a proces digitalizace a automatizace v rámci řízení životního cyklu produktu. Je tedy na místě si zde pojem řízení životního cyklu produktu neboli PLM definovat.

3.1 Definování pojmu

Pokud bychom hledali konkrétní definici pojmu Řízení životního cyklu produktu, našli bychom mnoho různých formulací, z nichž většinu můžeme označit za platné. Předně je důležité poznamenat, že řízení životního cyklu produktu není definicí nasazených technologií. Jde o obchodní přístup, strategii pro řízení všech fází během života výrobku.⁴ Ten začíná samotnou ideou, nápadem na výrobu nového produktu. Před samotným návrhem takového konceptu musí být proveden rozbor všech důležitých informací - to zahrnuje analýzu informací z výroby a prodeje předchozího produktu, z průzkumu trhu a také informací o konkurenčních výrobcích. Po stanovení konceptu následuje etapa podrobného návrhu a vývoje prototypu produktu. Na vývoj pak navazuje příprava výroby, definování způsobu výroby, potřebných strojů a nástrojů, vytvoření plánu výroby a výroba samotná. Následným prodejem výrobku však řízení produktu nekončí. Je důležité, aby výrobce zajistil také poprodejní služby jako je zákaznická podpora, údržba a likvidace produktu, tedy konečná etapa jeho života. Důležitým aspektem celého tohoto procesu je získávání, šíření a využívání informací ze všech etap během všech ostatních fází života produktu. PLM spravuje tyto informace a data, sdružuje jednotlivé procesy, zaměstnance podílející se na různých fázích života produktu, veškeré dostupné zdroje, jednotlivé postupy a metody a také technologie.⁵

Účelem zavedení strategie PLM je, jak už bylo zmíněno výše, dosažení takových zlepšení procesů, které povedou k zvýšení konkurenceschopnosti podniku. Mezi dokázané přínosy PLM můžeme zařadit zvýšení kvality výrobků, zkrácení doby výroby a jejich uvedení na trh, snížené náklady na výrobu díky využívání existujících dat a údajů, úspory prostřednictvím úplné integrace inženýrských pracovních postupů, schopnost rychle reagovat na aktuální poptávku na trhu, ale také lepší zpracování veškeré dokumentace potřebné pro výrobu či snižování množství odpadu z výroby.

Z hlediska aplikování strategie PLM, můžeme vyjmenovat pět základních oblastí, které by měla obsáhnout:

1. Systémové inženýrství - shromažďuje veškeré nároky na výrobky (ať už jde o požadavky zákazníků, nároky na kvalitu či bezpečnost) a zajišťuje řízení jednotlivých oblastí vývoje a výroby produktu

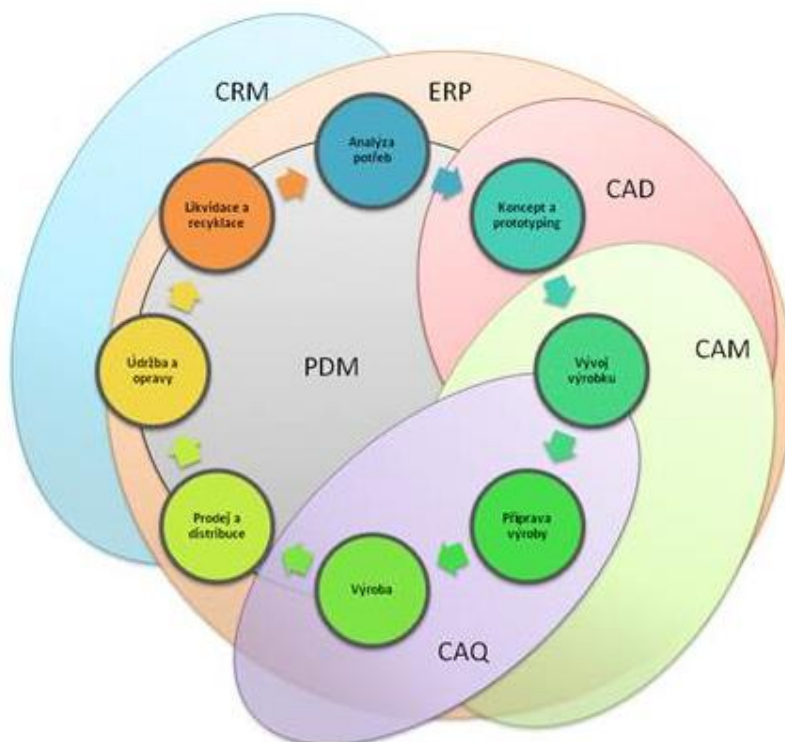
⁴ STARK, John. *Product lifecycle management: 21st century paradigm for product realisation*. 2nd ed. New York: Springer, c2011. ISBN 0857295454

⁵ EDL, Milan. *Řízení životního cyklu produktu (PLM)*. Plzeň: SmartMotion, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-87539-04-0

2. Řízení produktů a portfolia produktů - zabývá se řízením přidělování zdrojů pro dané procesy při řízení životního cyklu produktu
3. Návrh produktů - zabývá se samotným detailním návrhem konkrétních produktů
4. Řízení technologie výroby - definuje technologické a výrobní postupy, uspořádání výrobních strojů a linek, zabývá se plánováním výroby
5. Řízení dat o produktu (také Řízení výrobních dat) - spravuje veškerá data o výrobcích a jednotlivých pracovních procesech

3.2 Integrace PLM s dalšími podnikovými systémy

Již jsme si definovali jednotlivé fáze životního cyklu produktu. Je ale důležité zmínit podnikové systémy či nástroje, které se podílejí na procesech v těchto jednotlivých fázích a můžeme tak říct, že tak spoluvytváří celý PLM. Jednotlivé fáze je vhodné si představit jako cyklus, neboť je třeba, aby byla zaručena návaznost dalších produktů. Z následujícího schématu cyklu pak také můžeme názorně vidět, že je nutné, aby se všechny systémy a nástroje podílející se na životním cyklu produktu vyskytovaly v podniku současně:



Obrázek 1: Schéma nejdůležitějších systémů v rámci PLM⁶

⁶ EDL, Milan. *Řízení životního cyklu produktu (PLM)*. Plzeň: SmartMotion, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-87539-04-0

- PDM (Product Data Management) je systém řízení dat o výrobcích a vyskytuje se během všech etap jejich životního období. Veškeré informace o produktech uchovává a třídí, umožňuje je dále předávat a využívat a provádí jejich potřebné analýzy.
- CAD (Computer Aided Design) je velmi významným nástrojem v životním cyklu produktu. Zkratku můžeme přeložit jako počítačem podporované projektování. Tyto systémy jsou nenahraditelnými hlavně během fáze návrhu a vývoje výrobku, kde pomocí nich konstruktéři mohou navrhnout konstrukci daného výrobku včetně zajištění veškeré dokumentace potřebné k další výrobě.
- CAM (Computer Aided Manufacturing) je nástrojem, který se uplatňuje primárně při přípravě výroby a následné výrobě samotné. Pomocí tohoto systému je možné naplánovat technologii výroby a provést kontrolu vhodnosti navržené technologie a dále také prověřit efektivitu vybraného způsobu výroby, vytížení využívaných zdrojů (strojů, materiálu, nákladů, lidí a informací), k čemuž je užito prostředků diskrétní simulace.
- CAQ (Computer Aided Quality) je systémem, který je důležitý z hlediska řízení kvality. To znamená, že se uplatňuje především v etapách vývoje produktu, přípravy výroby a ve výrobě jako takové, kde umožňuje shromažďování dat, jejich zpracování a vyhodnocení z hlediska kontroly kvality. Nezaměřuje se jen na samotnou kontrolu správné výroby produktů, ale i na kontrolu vedení výroby či správného předávání a sdílení potřebných dokumentů.
- CRM (Customer Relationship Management) definujeme jako nástroje pomáhající komunikaci a součinnosti se zákazníkem, to znamená, že je využit jak při prvotní fázi životního cyklu produktu, tj. při úvodní analýze požadavků zákazníků, tak při závěrečných fázích cyklu - prodeji, poskytování zákaznického servisu a likvidaci produktu.
- ERP (Enterprise Resource Planning) můžeme chápat jako informační systém, který má za úkol efektivní řízení podnikových zdrojů - materiálních, lidských, finančních i informačních a opírá se o data získaná během všech etap života produktu, ale využívá i dat získaných externě.⁷

⁷ EDL, Milan. *Řízení životního cyklu produktu (PLM)*. Plzeň: SmartMotion, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-87539-04-0

4 Technologické aspekty konceptu Průmysl 4.0

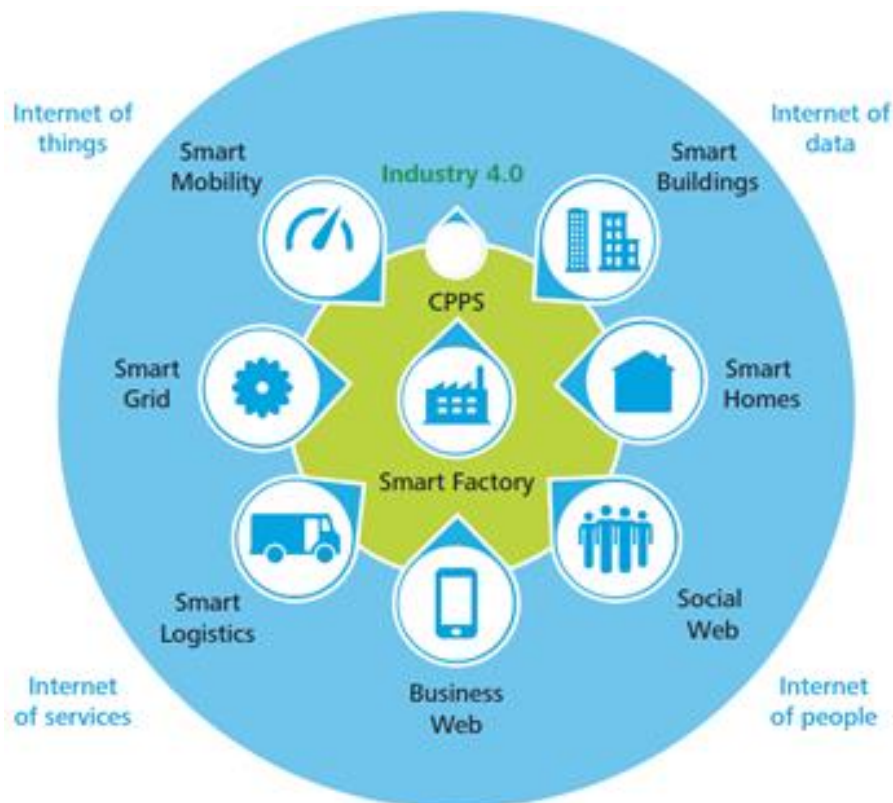
Vize Průmysl 4.0 vychází z prudkého pokroku v oboru informačních technologií, kdy jsou dnes informace v podstatě pouze v digitální formě a je tak umožněno jejich snadné sdílení a využívání. Podle tohoto konceptu by měly vznikat takzvané „chytré továrny“ (Smart Factories) - schéma chytré továrny na obrázku 2, které budou fungovat podle nového způsobu výroby. Podstatou je propojení světa reálných fyzických objektů (strojů, zařízení, robotů, výrobků nebo lidí) a světa virtuálního, kde může každá taková fyzická jednotka zobrazena jako virtuální, je zde zastupována a její chování simulováno softwarovým modulem. Základním prvkem chytrých továren budou kyberfyzické systémy (Cyber-Physical Systems - CPS). Takovéto systémy v sobě slučují výpočetní techniku a fyzickou interakci se skutečným světem. V inteligentních továrnách budou jednotlivé autonomní fyzické jednotky navzájem propojeny prostřednictvím internetu, přičemž každý fyzický prvek bude mít svou individuální IP adresu - zde se mluví o Internetu věcí (anglicky Internet of Things - IoT). Softwarové moduly představující fyzické jednotky ve virtuálním prostoru pak společně pracují a řídí svou činnost s využitím služeb, které si navzájem poskytují pomocí Internetu služeb (anglicky Internet of Services – IoS).⁸

Technologický základ chytrých továren dle Průmyslu 4.0 je postaven na těchto konstrukčních principech:

1. Interoperabilita - schopnost jednotlivých složek (kyberfyzických systémů, lidí, řídicí složky chytré továrny jako takové) spolu navzájem komunikovat pomocí Internetu věcí
2. Virtualizace - vytvoření virtuálního modelu chytré továrny pomocí propojení dat získaných ze senzorů, které monitorují skutečné procesy, s imaginárními modely zařízení a strojů; fyzické modely produktu jsou též nahrazeny virtuálními
3. Decentralizace - jednotlivé kyberfyzické systémy v rámci chytré továrny jsou schopny činit svá vlastní rozhodnutí
4. Fungování v reálném čase - schopnost komunikace mezi zařízeními a výrobky a okamžité shromažďování a analyzování dat, díky čemuž mohou výrobní zařízení činit samostatná rozhodnutí a také poskytovat detailní informace o průběhu všech procesů
5. Orientace na služby - poskytování služeb (kyberfyzických systémů, člověka nebo inteligentních továren) prostřednictvím Internetu služeb
6. Modularita - flexibilita chytrých továren a jejich schopnost se přizpůsobovat měnícím se požadavkům zákazníků nahrazením nebo rozšířením jednotlivých modulů.

⁸ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

7. Vertikální i horizontální integrace výrobních systémů - vertikální = informační provázání napříč všemi stupni podniku; horizontální = informační provázání v celém dodavatelsko-odběratelském řetězci



Obrázek 2: Schéma konceptu chytré továrny⁹

Řada prvků, které budou tvořit technologický základ Průmyslu 4.0, se objevila v posledních deseti až patnácti letech. Tyto technologie jsou plně integrovány do již dříve existujících strojů, zařízení a jednotlivých komponent budoucího produktu tak, aby byly schopny mezi sebou navzájem v reálném čase komunikovat na bázi internetu a vyměňovat si data a instrukce, což ve svém důsledku umožní plně automatizovanou výrobu. To znamená, že jednotlivé kyberfyzické systémy (stroje, zařízení, výrobní součásti atd.) ve výrobním řetězci spolu neustále vzájemně komunikují, sbírají a analyzují data z výrobního procesu. To umožní predikci chyb či poruch, neustálé optimalizování všech procesů a přizpůsobování se aktuálním podmínkám v reálném čase. Takováto komunikace probíhá po celou dobu životního cyklu produktu. To znamená návrhem a konstrukcí prototypu počínaje, přes výrobu a následnou cestu produktu z podniku k zákazníkovi, provoz produktu až k likvidaci produktu. Výsledkem takovéto výroby je takzvaný „inteligentní produkt“, který bude díky

⁹ Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Industrie 2025* [online]. Zurich: Deloitte, ©2015 [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-deloitte-ndustry-4-0-24102014.pdf

čipu či kódu obsahujících digitální informaci jasně identifikovatelný a který dokáže podat informaci o svém současném stavu, ať už v průběhu výroby, tak při užívání zákazníkem.¹⁰

Efekty technologických inovací v rámci konceptu Průmysl 4.0 již byly naznačené. Díky jednoduché komunikaci mohou být výrobky realizovány přesně na míru potřebám a požadavkům jednotlivých zákazníků. Využívané technologie navíc umožní, aby výrobce zůstal se zákazníkem v kontaktu i po prodeji a bylo tak možné zákazníkovi nabízet a poskytovat servisní služby a kontroly či inovované produkty. Výroba je tak velmi flexibilní, dokáže se přizpůsobit okamžité situaci, ať už jde o výše zmíněné požadavky zákazníků, aktuální stav existujících zásob či mimořádnou a neodkladnou objednávku. Nové postupy a technologie v konstrukci a přípravě výroby navíc zásadně zkrátí dobu vývoje a zautomatizují tvorbu dokumentace. Také je zabezpečena shoda s platnými normami a standardy, automatizace inženýrských procesů eliminuje chyby na naprosté minimum. Pro firmy tak zavedení principů Průmyslu 4.0 znamená zásadní zvýšení jejich konkurenceschopnosti, neboť jsou schopny přizpůsobit se jakýmkoliv specifickým nárokům zákazníků na výrobek, které jsou navíc vyráběny obzvláště rychle, úsporně a ve vysoké kvalitě, což vše dohromady zvyšuje zisky dané firmy. Pro koncového uživatele produktu to pak přináší kvalitnější a spolehlivější produkty provedené přesně na míru jejich požadavkům. Navíc jsou také nové výrobky schopny si samy hlídat svůj provozní stav a upozorňovat například na nutnost kontroly či opravy. Nové technologie rovněž kladně výrazně ovlivní bezpečnost práce a posílí ochranu zdraví zaměstnanců. Díky senzorům bude možno upozornit na případná nebezpečí při práci člověka s daným strojem a tak zabránit možným nehodám.

4.1 Internet věcí

Jak již bylo zmíněno, Průmysl 4.0 těží z napojení na internet a komunikace v reálném čase. Nejviditelnějším rozměrem této komunikace je už výše zmíněný Internet věcí - IoT. Pod tímto pojmem se skrývá připojení jednotlivých zařízení, strojů, součástí, výrobků či obecně věcí k internetu. Toto připojení je realizováno pomocí vestavěného výpočetního systému, zjednodušeně řečeno pomocí různých mikročipů nebo čárových kódů či QR kódů. Každý jednotlivý prvek má na internetu svou individuální IP adresu a díky tomuto propojení (je uskutečňováno prostřednictvím zcela standardní internetové sítě) je umožněna vzájemná komunikace mezi jednotlivými objekty, které si mohou vzájemně vyměňovat data a je možné je vzdáleně ovládat, kontrolovat a sledovat v reálném čase. V průmyslové výrobě to usnadní sběr a analýzu dat v rámci celého podniku. Data jsou začleněna do informačního systému podniku, z něhož mohou být podle potřeby čerpána a zpracovávána podnikovými softwarovými aplikacemi, což poslouží k zefektivnění prakticky všech procesů během životního cyklu produktu.

Pro výše popsanou aplikaci Internetu věcí se také používá označení Průmyslový internet věcí (Industrial Internet of Things - IIoT). Kromě něj se ještě rozlišuje Spotřebitelský internet věcí (Consumer Internet of Things - CIoT). Toto zahrnuje nastupující trend ovládnutí věcí

¹⁰ HARRIS, Stephen. Industry 4.0: The next industrial revolution. The Engineer [online]. 2013 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: <https://www.theengineer.co.uk/issues/july-2013-online/industry-4-0-the-next-industrial-revolution/>

běžného denního užití na dálku. To je v současnosti nejviditelnější v konceptu tzv. „chytré domácnosti“, kdy lze na dálku řídit domácí spotřebiče a další systémy jako vytápění, klimatizaci, ventilaci, ohřev vody, alarm a mnoho dalších, což má za efekt úsporu energií a samozřejmě i větší pohodlí spotřebitele. Další viditelnou aplikací CIoT se také stává koncept „chytrých měst“, více známý pod anglickým označením Smart Cities. Tento koncept má jasný cíl zlepšit ve všech ohledech kvalitu života ve městech. Internet věcí je zde využit například v oblasti dopravy, kde je díky propojení dopravních systémů a informačních technologií možné informovat v reálném čase řidiče, cestující hromadné dopravy, dispečery atd. Zvyšuje se efektivita řízení dopravy i její bezpečnosti. Díky novým technologiím lze také efektivněji chránit a zlepšovat stav životního prostředí města - měřením čistoty ovzduší, optimalizováním spotřeby energie, monitorováním svozu odpadu nebo například instalováním inteligentních odpadkových košů. Obyvatelé a návštěvníci města jsou informováni o dostupnosti služeb, v oblastech kultury a volného času, možnosti zaměstnání, je usnadněna komunikace s městem a úřady. Dá se tedy obecně shrnout, že konceptem „chytrých měst“ se významně zvyšuje kvalita života lidí ve městě.

V současnosti platí, že rychleji ze dvou typů Internetu věcí expanduje ten s přízviskem průmyslový. Vysvětlení je jednoduché. V průmyslovém odvětví zavedení IoT přináší vyšší efektivitu výroby a tím také výrazné úspory. To také nutí podniky vynakládat velké investice do IIoT. Oproti tomu CIoT je v současnosti vnímáno spíše jako zlepšení životní úrovně či usnadnění některých běžných denních činností lidí, nikoliv však jako nezbytnost.¹¹

4.2 Cloud computing

Data se v systémech IoT ukládají obvykle do tzv. cloudu. Pojem Cloud computing může být přeložen jako poskytování různých IT služeb běžících na virtuální infrastrukturu dodavatele (tedy na nějakém internetovém serveru), tzv. cloudu, přes internet a internetový prohlížeč. Samotným cloudem je pak tedy myšleno výpočetní nebo datové centrum, na kterém dané poskytované služby běží a na kterém jsou uložena data.¹² Výhodou takového uložení a využívání dat je, že je možné s nimi jednoduše a efektivně pracovat kdykoliv a odkudkoliv a jsou sdílena mezi všemi uživateli. Nesporným kladem je také velká škálovatelnost a elasticita, což znamená, že uživatel může snadno a rychle změnit dle potřeby využívané výpočetní zdroje (používaný program, data). Poskytovatel také řídí aktualizaci softwaru, takže do ní uživatel nemusí zasahovat. Principem Cloud computingu je také to, že uživatel neplatí za vlastní software, ale pouze za jeho užití. Cloud computing dělíme dle toho, jak je poskytován, na veřejný, privátní a hybridní. Veřejný cloud (Public cloud computing) je výpočetní služba, která je nabízena široké veřejnosti. Většina z nás ji každý den využívá - typickým příkladem je soukromá mailová schránka či servery jako je Uloz.to nebo Rapidshare. Oproti tomu privátní cloud je provozován pouze pro interní využití dané organizace (firmy) a je spravován buďto firmou samotnou nebo třetí stranou. Hybridní cloud

¹¹ Internet věcí mění průmysl, dopravu i domácnost, díl I. *Sprinx.com* [online]. 2016 [cit. 2016-10-27]. Dostupné z: <http://www.sprinx.com/Blog/Obchod/Rijen-2016/Internet-veci-meni-prumysl,-dopravu-i-domacnost,-d>

¹² SVOBODA, Jiří. Cloud computing. *Systémová integrace* [online]. 2009, 16(2) [cit. 2016-11-01]. ISSN 1210-9479. Dostupné z: <http://www.cssi.cz/cssi/cloud-computing>

je pak kombinace veřejného a soukromého cloudu, navenek vystupuje jako jeden cloud, ale uvnitř je propojen pomocí standardizačních technologií. Toto řešení je zpravidla využíváno ve chvíli, kdy podnik má vytvořen svou privátní cloudovou infrastrukturu, ale část dat se rozhodne přesunout do veřejného datacentra. Dojde tak k rozšíření o externí služby, ale podnik si může dál sám spravovat citlivé údaje a data. Toto řešení je v současnosti nejrozšířenější variantou u velkých a středně velkých firem.

4.3 Analýza velkých dat (Big Data)

Jedním z pilířů Průmyslu 4.0 je analýza velkých dat. Jako Big Data jsou označovány soubory dat, jejichž rozsah je velmi velký, takže je nelze zpracovávat běžnými nástroji a aplikacemi. Objem těchto dat je v řádech petabytů (PB), což je 10^{15} bytů. Jde o data, která vznikají velkou rychlostí a jsou velmi rozmanitá a obvykle nestrukturovaná. Ohromně velké množství dat dnes vzniká při všedních činnostech, jako je procházení webových stránek, komunikování na sociálních sítích nebo při sdílení multimediálního obsahu. V průmyslové praxi Big Data doplňují běžné zdroje dat z podnikových systémů (CRM, ERP) popsanych v podkapitole 3.2. Z pohledu implementování myšlenek Průmyslu 4.0 je klíčová především analýza dat, která přichází z jednotlivých „inteligentních“ produktů, strojů, zařízení a objektů. Obecně se dá říci, že mezi Big Data spadají všechna data přicházející od věcí, které jsou součástí výše zmiňovaného Internetu věcí. Aby byla data využita efektivně, je jejich analýza prováděna „Big Data technologiemi“, které jsou schopné je zpracovávat v reálném čase a bez potřeby razantního nárůstu kapacity a výpočetního výkonu serverů.¹³

4.4 Autonomní roboty

Robotizace průmyslu autonomními roboty je součástí konceptu Průmysl 4.0, jejímž hlavním efektem je nárůst produktivity výroby podniků. Autonomní roboty nejsou v reálném čase řízeny člověkem, ale fungují na základě předchozího naprogramování. S vývojem nových technologií se také objevují roboty, které jsou schopny naučit se nebo získat nové poznatky o způsobu plnění svých pracovních úkolů a přizpůsobení se měnícímu okolnímu prostředí. Autonomní roboty jsou schopné monitorovat svůj aktuální stav i stav okolí a mohou tak predikovat možnou závadu. Pro efektivní využití autonomních robotů je pochopitelně potřeba dalších technologií popsanych v této kapitole - jako je jejich napojení na Internet věcí a vybavení senzory monitorujícími a předávajícími údaje o stroji, o jeho okolí a o výrobě samotné. Větší implementování takovýchto robotů do továren značně zproduktivní výrobu, která se stane výrazně rychlejší a bude eliminována možnost lidské chyby. Pokud půjde o stroje s vysokou univerzálností a snadným přeprogramováním, bude zde zcela umožněna flexibilita výroby. S větším procentem robotizace v podnicích je spojena i úspora pracovních sil a s tím spojená změna struktury pracovního trhu a organizace práce, což bude více rozebráno v jedné z následujících kapitol.

¹³ SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0-241-30075-6

4.5 Senzorika

Nezbytnou součástí průmyslové automatizace a základem pro fungování ostatních technologií Průmyslu 4.0 je odvětví sensoriky. Sensorika v sobě zahrnuje metody a nástroje měření a snímání širokého spektra fyzikálních veličin a údajů z výroby. Na senzory jsou kladeny stále vyšší nároky, je nutné, aby splňovaly nejpřísnější technologické požadavky. Výzkum a vývoj v této oblasti se projevuje zejména ve zlepšování přesnosti senzorů. Nově navrhované koncepty v oboru by pak měly přinášet zcela nová řešení snímačů a senzorů. V oblasti snímání a měření tvarů jsou trendem současnosti optické metody, které nahrazují snímače elektromechanické. Důležitou oblastí bude také optické snímání obrazů ve 3D jejich následné zpracování. Senzory budou muset být schopné měřit širokou škálu veličin, kromě tvarů a rozměrů také teplotu, napětí, tlak, vibrace, chemické složení, světelnou intenzitu atd.¹⁴ Výzvou ve vývoji senzorů je spojení technologií tak, aby senzory uměly změřit a zpracovat co největší množství relevantních informací a tyto velké objemy dat pak předat dál. Senzory ale nebudou vybaveny pouze stroje, ale také zpracovávané díly a produkty. Tím dojde k již výše zmiňovanému propojení všech objektů během výroby a výroba se tak do jisté míry dokáže sama organizovat a monitorovat - lze také predikovat a diagnostikovat možné problémy a závady výrobních systémů. Podstatné je také technologické provedení senzorů - musejí být dostatečně odolné, aby mohly spolehlivě fungovat v prostředí průmyslového podniku.

4.6 Aditivní výroba (3D tisk)

Podstatným prvkem vize Průmysl 4.0 je technologie 3D tisku. 3D tisk je klíčovou technologií pro změnu výrobních postupů a dosažení výrazné flexibility výroby. V dnešní době jde již o pojem poměrně dobře známý. Zjednodušeně se jedná o způsob výroby, během něhož se z digitálního modelu (3D předlohy) vyrábí fyzický model. Digitální předloha je získávána několika způsoby - tím základním je navržení takového výrobku v softwaru CAD, který byl již popsán výše. Alternativním způsobem pak může být například použití 3D skeneru, který nasnímá daný reálný předmět a umožní ho převést do digitální podoby. Samotný tisk je procesem aditivním. Jinými slovy výsledný produkt vzniká tak, že je materiál přidáván postupně ve velmi tenkých vrstvách, které jsou spolu spojovány například tavíciemi či lepíciemi technologiemi.¹⁵

Vzhledem k faktu, že technologie 3D tisku není v současné době výrazně složitým procesem, její využití v průmyslu se díky procesu digitalizace je stále vyšší. Výroba je díky 3D tisku efektivnější, fáze životního cyklu produktu jako příprava výroby, návrh produktu a výroba prototypu jsou významně zkráceny, samotná výroba také probíhá rychle a výrobní náklady jsou relativně nízké. Díky aditivnímu způsobu výroby lze přesně určit množství materiálu a výrobních prostředků pro výrobu, což přináší řadu výhod v plánování zdrojů - tedy systémech ERP. Tento způsob výroby je navíc je velmi flexibilní díky možnosti

¹⁴ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

¹⁵ SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0-241-30075-6

navrhnout i výrazně složité tvary, které by nebylo možné jinak vyrobit. Dá se předpokládat, že tato technologie bude mít v příštích letech stále významnější roli a i díky jejímu neustálému zdokonalování se pro průmyslové podniky stane nepostradatelnou součástí. Vize do budoucna je dnes dokonce taková, že by dodavatelé své výrobky neprodávali přímo, ale pouze by poskytli data jednotlivých produktů ke stažení a náplně s adekvátním materiálem. 3D tisk výrobku pak proběhne u daného odběratele přímo v jeho podniku.

4.7 Rozšířená realita

Jedním z rysů konceptu Průmysl 4.0 je propojení reálného (fyzického) světa a světa virtuálního. Tímto úkolem se zabývá obor rozšířené reality (augmented reality - AR). Zjednodušeně řečeno jde o přidání nových důležitých informací k lidskému vnímání světa. Tím se odlišuje od pro někoho známějšího pojmu virtuální realita, což je kompletní projekce obrazu pro uživatele, který na sobě má moderní zařízení zahrnující brýle a další součásti. Brýle mu pak poskytují kompletně jiný obraz, než vidí v reálném světě. Rozšířená realita oproti tomu může poskytnout pomocí vhodného hardwarového vybavení (průhledové brýle, náhlavní displeje, ale i běžné chytré telefony a tablety) doplnění reálného vnímání fyzického okolí (snímaného kamerou) především o vizuální informace (text, 2D, 3D objekty, ale i video či animace), projektované na displej brýlí či telefonu, což může být celé doprovázeno i zvukovou stopou. Vše samozřejmě stále probíhá v reálném čase. Konkrétně je dnes využívána rozšířená realita například v zábavním průmyslu - v herních aplikacích, pro reklamu v katalogu a vizualizaci produktů, dále například pro usnadnění montáže produktů - např. nábytku. V automobilovém průmyslu je využita rozšířená realita u automobilů nové generace - na monitor palubní desky, či na čelní sklo jsou promítány informace usnadňující orientaci v dopravě, informují o aktuální dopravní situaci a hlasové doplnění reality také může informovat o míjených objektech, jako jsou obchody a podobně.¹⁶ To vše je samozřejmě umožněno existencí jednotlivých objektů v Internetu věcí. V průmyslové praxi je technologie rozšířené reality zatím spíše ve fázi testování, nicméně jsou zde naznačeny možnosti širokého a vysoce efektivního využití během celého životního cyklu produktu, od návrhu, výroby (montáže) přes servisní činnost až po likvidaci produktu.

¹⁶ BAUMAN, Milan. Trh budoucnosti: rozšířená realita, už opravdu nejde o fantazii. *Technický týdeník* [online]. 2016 [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/trh-budoucnosti-rozsirena-realita-uz-opravdu-nejde-o-fantazii_34060.html

Příklady průmyslového využití:

- V logistických činnostech může AR pomoci k rozeznání objektů, přečtení kódu objektu na větší vzdálenost nebo také k navigaci ve výrobní hale či skladu
- V dopravě při transportu produktů nebo materiálu způsobem, který byl zmíněn v předešlém odstavci
- Při výrobě a montáži pomáhá pracovníkům s jejich činností, v podstatě jim říká krok po kroku postup práce. Zároveň je také kontrolován výsledek činnosti, navíc zaměstnanci mohou provádět více druhů práce bez detailnějšího proškolení.
- Pomoc při servisu, kdy AR poskytuje pracovníkovi postup servisu, vizualizuje komponenty produktu před rozebráním nebo informace o provozu.
- Umožní uživateli přečtení manuálu k použití výrobku.
- Při likvidaci je možné díky AR navigaci demontovat dále využitelné a cenné komponenty.¹⁷

¹⁷ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

5 Zahraniční iniciativy zabývající se konceptem Průmysl 4.0

Jak už bylo zmíněno v úvodu, celá koncepce má původ ve Spolkové republice Německo, kde byla vytvořena na vládní úrovni. Je tedy pochopitelné, že v její implementaci do průmyslové výroby došel tento náš západní soused nejdále. Přizpůsobením se novým trendům se však zabývá mnoho zemí a vzniká ze strany států mnoho iniciativ. Pro tuto kapitolu byly společně s německou iniciativou vybrány další příklady, které stojí za pozornost a ze kterých může být čerpána inspirace i v rámci české Národní iniciativy.

5.1 Německo

V řadě německých firem již můžeme pozorovat výrazné změny ve způsobu výroby. Jako průkopníka mezi německými firmami je třeba jednoznačně zmínit holding Siemens, jenž je jedním z největších výrobců elektroniky na světě. Digitální továrna této firmy, která se nachází v německém městě Amberg, může být dávana jako vzor úspěšně probíhajícího přechodu ke konceptu Průmysl 4.0. Co se týče zdejší výroby, je zde již zavedeno mnoho výše popsaných technických prvků typických pro Průmysl 4.0, zhruba 75 procent výroby probíhá automaticky a zaměstnanci, kteří zde pracují, zpravidla sedí u počítače a kontrolují průběh výroby.¹⁸

Je však důležité si uvědomit, že proces implementace myšlenek Průmyslu 4.0 není záležitostí jednoho či dvou roků. Odhaduje se, že celý tento přechod k novému způsobu výroby může být otázkou příštích 10 - 15 let. Proto, aby tento proces byl úspěšný, byla na průmyslovém veletrhu v Hannoveru v dubnu 2013 představena spolkovým německým ministrem hospodářství a ministryní pro vzdělávání a výzkum Platforma Industrie 4.0. Na úrovni této platformy má probíhat dialog mezi zástupci německé vlády, průmyslových podniků, odborů a čelními představiteli vědy a výzkumu. Tato Platforma by měla formulovat strategii a cíle a také koordinovat změny v celém fungování hospodářství související s nástupem Průmyslu 4.0, ať už se jedná o samotnou digitalizaci, vývoj nejmodernějších potřebných technologií, vyšší nároky na kvalifikaci jednotlivých pracovníků, vytváření nových norem a standardů, ochranu údajů a citlivých dat firem, změnu v organizaci práce a uspořádání pracovišť, bezpečnost a ochranu zdraví při práci, důležitou je i otázka financování všech potřebných změn atd. V rámci platformy tak vzniklo následujících pět pracovních skupin, které by se měly zabývat jednotlivými aspekty, spojenými s implementací Industry 4.0 do průmyslu:

1. Pracovní skupina pro referenční architekturu a normalizaci - má za úkol vytvořit doporučení, či strategii pro zavedení jednotných standardů a norem tak, aby v budoucnu bylo možné propojení mezi stroji, datovými systémy, produkty, zaměstnanci firmy a jejími dodavateli, partnerskými firmami a zákazníky v souladu s jednotnými standardy
2. Pracovní skupina pro výzkum a inovaci - navrhuje požadavky na výzkum a inovace, analyzuje dosavadní výsledky, doporučuje financování konkrétních výzkumných programů

¹⁸ Digitale Fabrik: Die Fabrik von morgen. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2014 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-die-fabrik-von-morgen.html/>

3. Pracovní skupina pro zabezpečení síťových systémů - má přispět k vyřešení problémů týkajících se zabezpečení komunikace mezi jednotlivými systémy a prvky; také má za úkol otázku detekce kybernetických útoků v oblasti výroby
4. Pracovní skupina zabývající se právním rámcem konceptu - řeší případnou potřebnou úpravou legislativy, plynoucí ze zaváděných změn
5. Pracovní skupina řešící problémy se zaměstnáváním, vzděláváním a odbornou přípravou lidí - zabývá se otázkami spojenými se změnou struktury pracovního trhu, kde bude zanikat mnoho stávajících pracovních míst a vznikat řada nových; také pracuje na otázkách vzdělání a odbornosti zaměstnanců.¹⁹

Velmi významnou roli v oblasti výzkumu a vývoje hraje Fraunhoferův institut. Tento institut se skládá z 80 výzkumných jednotek, včetně 66 ústavů, které se věnují řadě oborů aplikovaného výzkumu. Vývojem a inovacemi v oblasti Průmyslu 4.0 se z těchto ústavů zabývá několik z nich, zejména Fraunhoferův Institut pro experimentální softwarové inženýrství (IESE). Zde se vyvíjí řešení pro vysoce kvalitní složité informační systémy. Trendem ve výzkumu je vytváření kyberfyzikálních systémů, kde jsou jednotlivé autonomní systémy vybavené vysokou inteligencí a jsou schopny činit vlastní rozhodnutí. Systémy mezi sebou komunikují a vytvářejí tak složitou IT architekturu, která je však vysoce spolehlivá a v Institutu si vědci dokáží poradit i s ožehavou otázkou bezpečnosti dat a ochranou před útoky hackerů. IESE je schopen plnit přesné konkrétní požadavky firem a také jim umožňuje, aby své podnikové procesy v prostorech Institutu mohly samy modelovat, respektive pomohou firmám s modelováním, analýzou a návrhem zlepšení pro jejich konkrétní podnik, což je velkou výhodou pro malé a středně velké firmy, které tak mohou snadněji zkusit a implementovat nové prvky a zachovávat tak svou konkurenceschopnost.²⁰

5.2 Francie

Pod názvem „Industrie du Futur“ se do implementování principů u nás označovaných jako Průmysl 4.0 pustila Francie. Jde o iniciativu francouzské vlády, která byla představena v květnu 2015, podrobný dokument pak byl vydán Ministerstvem pro ekonomii a průmysl o rok později v květnu 2016 pod názvem „Nouvelle France Industrielle“. Francie si od inovací slibuje posílení průmyslového sektoru, který po několik posledních let značně oslabuje.²¹ Francouzská iniciativa stojí na pěti základních pilířích:

¹⁹ Hintergrund zur Plattform Industrie 4.0. *Plattform Industrie 4.0* [online]. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, ©2016 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html>

²⁰ Kompetenzen. *Fraunhofer IESE* [online]. Fraunhofer-Gesellschaft, ©2015 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <https://www.iese.fraunhofer.de/de/competencies.html>

²¹ Digitalizace je základní strategií pro Průmysl 4.0. *Business World* [online]. 2016 [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: <http://businessworld.cz/analyzy/digitalizace-je-zakladni-strategii-pro-prumysl-4-0-13059>

1. Rozvoj nových technologií pro budoucnost - cílem tohoto bodu je podpora vědy a výzkumu, přičemž konkrétní zaměření má být zejména na proces digitalizace, Internet věcí, rozšířenou realitu a technologii 3D tisku.
2. Podpora podnikání - francouzská vláda podpoří malé a střední podniky vydáním opatření, která budou znamenat daňovou úlevu ve výši 2,5 miliardy Eur + poskytnutí úvěru ve výši 2,1 miliardy Eur, firmy by tak měly mít možnost tyto prostředky investovat do modernizace svých výrobních kapacit
3. Vzdělávání zaměstnanců - zejména v oblastech digitalizace a automatizace, i s ohledem na předpokládanou změnu trhu práce a vznik nových pracovních míst vyvolaný výraznými změnami v průmyslu.
4. Posílení evropské a mezinárodní spolupráce - navazování strategických partnerství na evropské a mezinárodní úrovni, zejména pak s Německem.
5. Propagování francouzské iniciativy - ke konci roku 2016 zahájeno a představeno alespoň 15 projektů z praxe.²²

Kromě pěti pilířů je v dokumentu také definováno devět oblastí, na které by se měl program přednostně zaměřit: zpracování digitálních dat, inteligentní objekty, digitální bezpečnost, doprava zítřka, zdravé „inteligentní“ stravování, nové zdroje energií a materiálů, moderní zdravotnictví budoucnosti, smart cities a eko-mobilita.²³

5.3 USA

Ve Spojených státech vznikla v roce 2014 organizace s názvem Industrial Internet Consortium (IIC), která spojuje za účelem spolupráce všechny významné subjekty průmyslu - od nadnárodních korporací, malých i velkých technologických inovátorů, přes akademickou obec až po vládní činitele. V listopadu 2016 mělo konsorcium už 258 členů a jeho hlavním úkolem je urychlení vývoje, přijetí a rozšíření používání průmyslových internetových technologií, hlavní důraz je přitom zaměřen na vzájemnou propojitelnost a bezpečnost systémů. Tento vývoj má být opřen o kvalitní výzkum. Proto bylo spuštěno testování nových technologií pomocí „testbeds“, což jsou v podstatě vzorové provozy a pracoviště pro experimentální a výzkumné účely, které podléhají reálným vnějším podmínkám. Organizací IIC bylo formulováno devět základních oblastí, na které by měly být testbedy zaměřeny:

²² Nouvelle France Industrielle. *Www.entreprises.gouv.fr/* [online]. 2016 [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/nouvelle-france-industrielle/industrie-du-futur-dp-2016-05-23.pdf

²³ Nouvelle France Industrielle. *Www.entreprises.gouv.fr/* [online]. 2016 [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/nouvelle-france-industrielle/industrie-du-futur-dp-2016-05-23.pdf

1. Přeprogramování tradičního systému energetické sítě na mikrosítě. Ty spoléhají na distribuovanou výrobu energie a měly by být odolnější vůči možným výpadkům elektrického proudu. Jako důležité zdroje elektřiny jsou přitom využívány obnovitelné zdroje energie. Cílem testbedu je prokázat životaschopnost mikrosít v reálném čase, a zajištění bezpečné komunikace pomocí IoT a využívání Cloud computingu.
2. Detailní sledování výroby a kontrola kvality výrobků pomocí nástrojů z oboru senzoriky. Cílem je dosáhnout vysoké bezpečnosti a kvality výrobků a zvýšit produktivitu výroby.
3. Testování vysoce výkonných datových center, která budou schopna zpracovat data o velkých objemech (Big Data), a to v reálném čase a s nejvyšší spolehlivostí.
4. Virtuální simulace prostředí továrny za účelem vizualizace výroby a jednodušší možnosti optimalizace výrobních procesů.
5. Vývoj vysokorychlostních internetových sítí, které budou přenášet data rychlostí až 100 Gb/s a zajistí tak bezproblémovou komunikaci mezi jednotlivými objekty (stroji, zařízeními, službou atd.) ve výrobě.
6. Zavádění a vývoj prvků digitalizace a automatizace výroby, vedoucí k vyšší produktivitě a flexibilitě.
7. Sledování stavu strojů a schopnost prediktivní údržby, dosažení vysoké přesnosti předpovědi možného problému.
8. Využívání prediktivní analýzy k shromažďování informací a dat o majetku (aktivech) podniku v reálném čase a vlivem toho činit správná rozhodnutí, pokud jde o provoz, údržbu, opravu aktiv.
9. Pomoc leteckým společnostem snížit pravděpodobnost ztráty, poškození a zpoždění dopravy zavazadel v rámci letecké dopravy pomocí hlídání zavazadel novými technologiemi, což vede ke snížení hospodářských ztrát aerolinií.²⁴

²⁴ Industrial Internet Consortium. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Internet_Consortium

5.4 Čína

Program ke zvýšení konkurenceschopnosti svého průmyslového sektoru spustila i Čína pod názvem Made-in-China 2025. Tato iniciativa by měla pomoci s rozsáhlou modernizací průmyslu, která je v Číně potřeba. Čína je sice „největší továrnou“ na světě, nicméně v oblasti průmyslové automatizace je spíše v přechodu od 2. průmyslové revoluce k 3. Automatizace zde zatím proběhla pouze v omezeném rozsahu a digitalizace téměř vůbec ne. Pro ilustraci - méně než 60% továren používá podnikový informační systém ERP a na 10000 dělníků je zde 14 průmyslových robotů (v Německu je to 282 robotů na 10000 dělníků).²⁵ Konkrétním cílem Made-in-China 2025 je do roku 2020 zvýšit podíl lokálně vyrobených komponent a materiálů ve vyráběných produktech na 40 % a do roku 2025 až na 70%. Čínská vláda při tvorbě tohoto programu velmi výrazně čerpala z německé iniciativy Industrie 4.0. Definováno je 10 prioritních odvětví průmyslu, jejichž rozvoj bude podporován především. Jde o nové informační technologie, výrobu automatizovaných obráběcích strojů a robotů, letecký a kosmický průmysl, lodní inženýrství a high-tech plavidla, železniční dopravní prostředků, energeticky úsporné automobily a auta na alternativní pohony, energetická zařízení, zemědělské stroje, vývoj nových materiálů a obor biomedicíny a vysoce výkonných zdravotnických prostředků. K dosažení požadovaných cílů předkládá čínský vládní program opatření k jejich dosažení, které zasahují do všech oblastí výroby, včetně procesů, standardů, ochrany práv duševního vlastnictví a rozvoje lidských zdrojů. Součástí plánu je rovněž zřízení celkem čtyřiceti výzkumných pracovišť do roku 2025.²⁶

²⁵ LEE, Xin En. Made in China 2025: A New Era for Chinese Manufacturing. CKGBS Knowledge [online]. 2016 [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: <http://knowledge.ckgbs.edu.cn/2015/09/02/technology/made-in-china-2025-a-new-era-for-chinese-manufacturing/>

²⁶ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

6 Popis současného stavu České republiky v úrovni připravenosti na zavádění principů Průmyslu 4.0

Pro zvolení vhodného postupu a navržení smysluplných doporučení pro implementování prvků Průmyslu 4.0 je potřeba nejprve charakterizovat stávající stav. Vzhledem k budoucím očekávaným změnám v průmyslové výrobě je v této kapitole jako základ analyzováno postavení průmyslového sektoru v ČR, je popsán současný stav podniků v otázce jejich technologické vybavenosti, dále stav aplikovaného výzkumu v ČR, stav vzdělávacího systému a situace na pracovním trhu. Tento popis jednotlivých oblastí je činěn s ohledem na principy a nosné myšlenky celého konceptu Průmyslu 4.0.

6.1 Postavení průmyslového sektoru v ČR

Zatímco Německo je lídrem v implementování Industry 4.0, můžeme říci, že Česká republika je teprve na počátku celého procesu změn a je důležité, aby ČR byla v provádění těchto změn aktivní. Je zde dostatek předpokladů pro to, aby tento proces proběhl úspěšně. Předně, Česká republika je tradiční průmyslovou zemí, kde je podíl průmyslového sektoru na hrubé přidané hodnotě zhruba 35 procent a celková zaměstnanost v Česku v průmyslovém sektoru je 1,4 milionu osob. V zemích Evropské unie navíc patří Česká republika mezi ty, kde v roce 2016 rostla průmyslová produkce nejrychleji.²⁷ Ke klíčovým průmyslovým segmentům patří výroba motorových vozidel, výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, výroba strojů a zařízení a výroba elektrotechniky. Česká republika je navíc silně proexportně orientovanou zemí, přičemž vývoz směřuje dominantně do Německa (zhruba třetinový podíl na celém exportu ČR). V České republice také působí celá řada velkých zahraničních firem, se kterými české podniky poměrně úzce spolupracují. Zejména jde o firmy německé, které u nás mají řadu poboček. Všechny tyto aspekty vybízejí k vzájemné hospodářské spolupráci mezi oběma zeměmi a to i v oblasti zavádění konceptu Průmyslu 4.0. Formálně byla tato spolupráce stvrzena v říjnu 2015 při schůzi Česko-německé obchodní a průmyslové komory, kdy obě země podepsaly dohodu o spolupráci (konkrétně za ČR ministrem průmyslu a obchodu Janem Mládkem a za německou stranu ředitelem odboru klíčových technologií a výzkumu pro inovace na Spolkovém ministerstvu pro vzdělání a výzkum Wolf-Dieterem Lukase). Tato spolupráce by se měla týkat především oblasti výzkumu, vývoje a inovací. V rámci dohody by měla vzniknout pracovní skupina, která by měla zajišťovat spolupráci mezi vládami obou zemí, ale i komunikaci mezi vědeckými týmy, podniky nebo odborovými svazy. Pro ČR je tato dohoda velmi prestižní, neboť jsme zatím jedinou zemí, se kterou Německo uzavřelo dohodu o spolupráci tohoto charakteru. V roce 2016 pak mezi českou a německou stranou byla podepsána dohoda, která by měla znamenat ještě užší spolupráci mezi oběma zeměmi a zajišťovat větší přístup a čerpání informací z činnosti Fraunhoferova institutu.

V polovině září 2015, byla jako první reakce na příchod nového konceptu Průmyslu 4.0 ministrem průmyslu a obchodu Janem Mládkem na Mezinárodním strojírenském veletrhu

²⁷ Průmysl - prosinec 2016: Průmyslová produkce v roce 2016 vzrostla o 2,9 %. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2017 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumysl-prosinec-2016>

v Brně představena Národní iniciativa Průmysl 4.0. Na vzniku iniciativy má se podílit široké kolegium odborníků vedených ředitelem Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT profesora Vladimíra Maříka. Detailnější dokument k této iniciativě byl vydán v únoru 2016 a poskytuje základní informace o principech konceptu. Též popisuje současný stav oblasti průmyslu i dalších oblastí důležitých vzhledem k zavedení Průmyslu 4.0, odhaduje možnosti dalšího vývoje a směřování a vyjmenovává nejdůležitější body, ve kterých bude pro úspěšné zachycení nástupu 4. průmyslové revoluce nutné učinit konkrétní opatření.

6.2 Technologická připravenost podniků

Hodnocení technologické připravenosti průmyslových podniků v České republice na zavádění nových prvků do výroby nevyznívá v porovnání s řadou jiných států nikterak negativně. Obecně by se dalo prohlásit, že v porovnání s konkurencí jsme v některých technologických inovacích napřed, jinde alespoň na stejné startovací čáře. Vliv na to mají již zmíněná velká průmyslová tradice v ČR i úzká hospodářská spolupráce se Spolkovou republikou Německo. Toto zhodnocení však neznamená, že by zde snad již byla úspěšně implementována většina technologických prvků konceptu Průmysl 4.0, jde o pouhé porovnání s okolními státy a státy EU.

Přestože celý koncept nelze chápat jako pouhý proces digitalizace podniků, byla pro zhodnocení připravenosti na technologické principy Průmyslu sestavena škála pěti úrovní digitální zralosti podniku:

1. V podniku funguje některý z informačních systémů pro řízení výroby. Na internetu firma funguje v pasivní formě - webová stránka. Začíná se zde přemýšlet o digitalizaci jednotlivých podnikových procesů, nicméně žádná strategie digitalizace formulována není.
2. Firma si uvědomuje význam digitálních dat, je řízena softwarově. Již se zde uvažuje o konkrétním nastavení digitální strategie. Podnik je zapojen do informačních toků dodavatelско-odběratelských řetězců. Na webu firma funguje interaktivně.
3. Firma má stanovenou digitální strategii, existují zde základy datové kultury - projekty integrování datové architektury, integrovaná automatizace v reálném čase. Vyrábějí se zde personalizované produkty s virtuální komponentou. Firma je přítomná kromě webu i na sociálních sítích a pomocí aplikací také v mobilech či tabletech.
4. Datová architektura je zde integrována v celém řetězci od komunikace se zákazníkem až po dodavatele a subdodavatele. Ve firmě existuje personalizovaná digitální strategie. Digitální technologie jsou využity pro diagnostikování a predikci poruch ve výrobních systémech.
5. „On-line“ a „off-line“ oblasti jsou digitálně propojeny v jeden plně integrovaný funkční celek. Zákazníci mají možnost naprosté personalizace prostřednictvím

virtuálních produktů/asistentů komunikujících se zákazníky v průběhu celého životního cyklu produktu. Díky plné automatizaci či výrobě pomocí 3D tisku je možná individualizovaná realizace jednotlivých fyzických částí produktu.²⁸

V současné chvíli lze jen několik desítek českých firem zařadit na této škále do 3. kategorie a pouze naprosté výjimky realizují alespoň některé prvky ze 4. kategorie.²⁹ V oblasti digitální komunikace v dodavatelsko-odběratelském řetězci lze nedostatečnou připravenost demonstrovat statistikami využití systémů ERP, eventuálně CRM, které jsou u velkých firem využívány ve více než 80% případů, naopak zde mají rezervu malé a střední podniky (využívá 20% z nich), zejména je to z důvodů vysokých nákladů na jejich zavádění. Pokud je vyřešena otázka příliš vysokých nákladů pro malé a střední firmy, jsou ale tyto subjekty novým inovacím velmi nakloněny. Z technologií, které jsou stěžejní pro Průmysl 4.0, se v podnicích začíná prosazovat analýza velkých dat (Big Data). Zatím ne k individualizaci výroby, ale především k lepšímu pochopení požadavků zákazníků na trhu a přizpůsobení se takovým požadavkům. K využití velkých dat je pochopitelně naprostým základem internetové připojení. To už je dnes standardně ve všech podnicích, avšak pouhá pětina podniků má připojení rychlejší než 30 Mb/s a vyšší. Cloudové služby jsou v naší zemi na velmi dobré úrovni, nicméně jsou využívány jen mezi 15 - 20% firem, z toho nejvyužívanější cloudovou službou je e-mail.³⁰ Zde jsou největší překážkou nedostatečné znalosti v oblasti Cloud computingu a také obavy firem o bezpečné uchování dat. V oblasti robotizace je na tom Česká republika velmi dobře, co se týče standardních průmyslových robotů a automatizace výroby. Nicméně s implementováním autonomních robotů jsme u nás zatím na samotném startu, překážkou pro jejich zavádění je styl výroby v českých podnicích, kdy u řady podniků převažuje produkce výrobků ve velmi malých množstvích, výroba je flexibilní a často se mění. Autonomní roboty tedy budou muset být výrazně univerzální a snadno přeprogramovatelné. V oblasti 3D tisku, dochází již zhruba 15 let k rozvoji díky několika firmám, zaměřujících se především na zpracování polymerů. Nicméně aditivní výroba kovových produktů v České republice zatím zůstává poměrně opomíjena a je v tomto segmentu co dohánět. Oproti tomu velmi dobrá situace je v oblasti sensoriky, na trhu v tomto odvětví působí celá řada firem, z nichž mnoho má i vlastní vývojové kapacity a někteří dodávají senzory jako součást sofistikovaného automatizovaného systému. To víceméně znamená naplnění principu „inteligentního“ senzoru dle konceptu Průmysl 4.0.³¹

²⁸ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

²⁹ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

³⁰ Informační společnost v číslech - 2016. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2016 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/informacni-spolecnost-v-cislech-2016>

³¹ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

6.3 Stav aplikovaného výzkumu

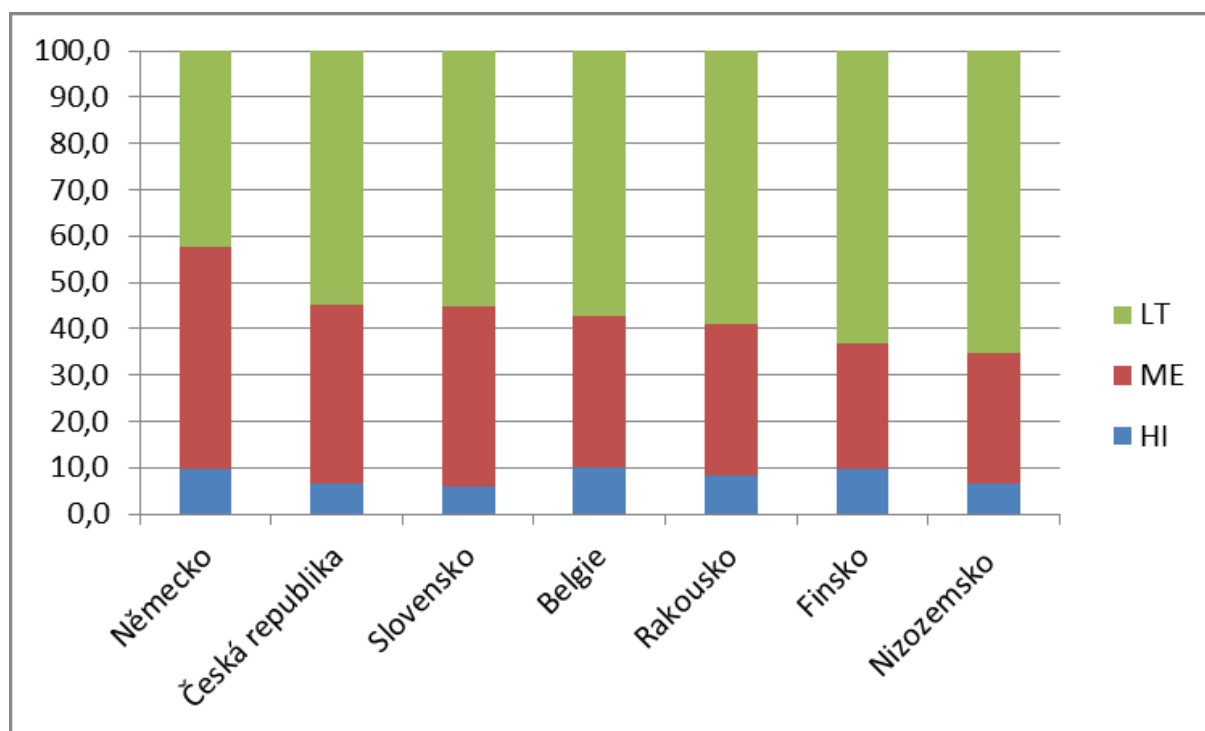
V oblasti aplikovaného výzkumu může Česká republika stavět na velmi dobré výzkumné základně v oblastech, které jsou zásadní z hlediska konceptu Průmysl 4.0. Jde především o výzkum v oblasti senzoriky a měřicí techniky, dále o výzkum kybernetiky, robotiky a umělé inteligence, v oblasti analýzy velkých dat a v oblasti počítačové grafiky a také počítačové bezpečnosti. Technické vybavení výzkumných center je na velmi vysoké úrovni a nelze ani říci, že by v Česku byl nedostatek kvalifikovaných odborníků. Současné problémy v aplikovaném výzkumu u nás se nacházejí jinde. I vzhledem k dobré výzkumné práci řady center a i vzhledem k výše popsané důležité pozici průmyslu v českém hospodářství, je poměrně zarážející nízký podíl podpory z celkového objemu výdajů na vědu a výzkum (VaV) v ČR, který přichází právě do aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje v České republice v porovnání jinými vyspělými státy světa. Navíc v roce 2015 klesla i podpora VaV poskytovaná ze strany státu. Na tento pokles má vliv v současnosti nastavený a ne příliš vhodný systém hodnocení výsledků výzkumu, který pobízí veřejné výzkumné organizace především k publikační činnosti a realizace výzkumu pro potřeby podniků zde je významně omezena. To je vyjádřeno zvýšením citovanosti vydaných publikací (což také svědčí o vysoké kvalitě výsledků výzkumu), ale také nízkým procentem reálného využití výsledků veřejného výzkumu v praxi, o čemž také svědčí statistika podaných patentových přihlášek v přepočtu na obyvatele. To v řadě případů nedává České republice jinou možnost, než přijímat nové technologie ze zahraničí. Faktorem, který také limituje výraznější aplikování výsledků výzkumu v podnikových inovacích je v současné době slabší spolupráce mezi výzkumnými centry, ať už máme na mysli ta, která jsou součástí vysokých škol, nebo veřejné výzkumné ústavy, a mezi firmami. Je tak separován veřejný výzkum a zaměření jeho aktivit a reálné požadavky firem po inovacích. Naopak na dobré úrovni je zde podpora soukromých podnikových výzkumných center, která mají vysokou kvalitu (i díky spolupráci se zahraničními firmami), tudíž podniky se nebojí do aplikovaného výzkumu investovat a funguje zde i nepřímá podpora ze strany státu - ta je poskytována od roku 2005 prostřednictvím daňových odpočtů nákladů od základu daně na realizaci projektů VaV.

6.4 Oblast zaměstnanosti a trhu práce

V otázce zaměstnanosti si vede Česká republika v porovnání s jinými státy Evropské unie velice dobře. Ve věkové skupině 20-64 let dosáhla míra zaměstnanosti (podíl zaměstnaných k celkové populaci této věkové skupiny) ve třetím čtvrtletí roku 2016 hodnoty 77%, což řadí ČR na 6. místo v rámci zemí EU. V pořadí států dle míry nezaměstnanosti je Česká republika mezi státy EU dokonce na prvním místě, když na konci roku 2016 činila míra nezaměstnanosti ve věkové skupině 15-64 let 3,6%.³² Od roku 2010 dochází v těchto ukazatelích v naší zemi k pravidelnému meziročnímu zlepšování, z čehož lze obecně usuzovat pozitivní vývoj v oblasti vzniku nových pracovních míst. Jako pozitivní ukazatel vzhledem k budoucímu aplikování konceptu Průmysl 4.0 lze uvažovat také podíl zaměstnanců v průmyslovém sektoru, kde se procentuální míra pohybuje kolem 38%. Tento vysoký podíl pak v kombinaci s dodáváním technických a IT znalostí a dovedností může být výrazným pohonem zaváděných inovací. Negativním ukazatelem naopak je samotné rozvržení

³² Míry zaměstnanosti, nezaměstnanosti a ekonomické aktivity - prosinec 2016. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2017 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/miry-zamestnanosti-nezamestnanosti-a-ekonomicke-aktivity-prosinec-2016>

pracovních sil v jednotlivých odvětvích průmyslu, kde je příliš vysoký podíl zaměstnanosti v technologicky nenáročných odvětvích (odhadem 55%) s výraznou mírou fyzické práce – právě takové obory budou dle konceptu Průmysl 4.0 nejnáze nahraditelné automatizovanými zařízeními a může tak vyvstat problém se zaměstnáním osob z těchto odvětví. Co se týče podílu zaměstnanosti v odvětvích středně a vysoce technologicky náročných, je Česká republika v rámci evropského průměru (viz obrázek 3 – porovnání podílu zaměstnanosti dle technologické náročnosti odvětví s vybranými státy EU, údaje jsou z roku 2014). Nicméně všimneme-li si nízkého podílu vysokoškolsky vzdělaných osob v těchto odvětvích, zjistíme, že jde stále o odvětví méně náročná na znalosti a profese méně odborné a specializované, často vykonávané pracovníky s nejvýše dosaženým středoškolským vzděláním. To signalizuje potenciální prostor pro uplatnění vysokoškolsky vzdělaných pracovníků v technických oborech. Implementování strategie Průmysl 4.0 přináší kromě rozvoje vysoce technologicky náročných průmyslových oborů také rozvoj vysoce znalostně a technologicky náročných služeb, jak již bylo zmíněno výše v kapitole týkající se technologických aspektů. V posledních letech v ČR dochází k poměrně prudkému nárůstu pracovních míst v této oblasti, což je příznivým bodem pro další rozvoj.



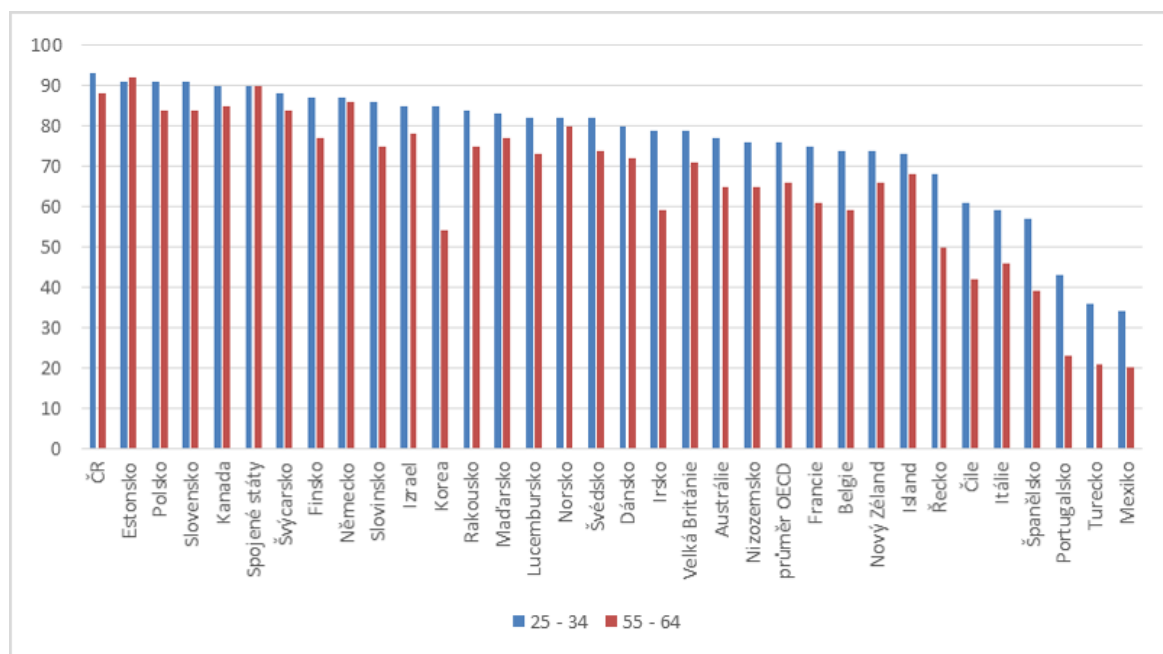
Obrázek 3: Porovnání zaměstnanosti v průmyslu dle technologické náročnosti odvětví s vybranými státy EU³³ (Legenda: LT- odvětví s nízkou technologickou náročností, ME – technologicky středně náročná odvětví, HI – odvětví technologicky vysoce náročná)

³³ Eurostat - Structural Business Statistics. *Eurostat* [online]. Eurostat, 2014 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

Obecně lze také říci, že rok od roku rostou požadavky pracovního trhu na větší počítačovou gramotnost zaměstnanců pro zvládnání jejich profesí. Úroveň dovedností se tedy v návaznosti na požadavky zlepšuje, byť podíl počítačově negramotných osob je v ČR v porovnání s jinými vyspělými státy stále poměrně vysoký.

6.5 Vzdělávání

Při pohledu na současný stav v oblasti vzdělávání lze nalézt řadu neuspokojivých skutečností, na kterých bude třeba v příštích letech pracovat. Ačkoliv se trh práce v posledních letech potýká zejména s nedostatkem lidí s technickým vzděláním, trendem je pokles zájmu o technické a přírodní vědy. Tento pokles zájmu začíná již na úrovni středních a základních škol, kde se často nedaří podchytit zájem studentů o tyto exaktní vědy, zejména o matematiku, která je samotným základem jakéhokoliv technického vzdělávání. Dalším z problémů vzhledem k prvkům iniciativy Průmysl 4.0 je také úzká specializace středoškolských oborů, která často zůstává dále nevyužita. Světlym bodem ale oproti tomu je vysoké procento populace České republiky s dokončeným středoškolským vzděláním (viz obrázek 4), kde je ČR mezi zeměmi OECD dokonce na 1. místě.³⁴ Kladně lze hodnotit i snahu o vyšší podporu technologií ve vzdělávání a s tím spojenou koncepci Ministerstva školství z roku 2014 s názvem Strategie digitálního vzdělávání, jejímž cílem je efektivní využívání digitálních technologií na podporu výuky a také samotné zvyšování digitální gramotnosti studentů a příprava na uplatnění takových znalostí ve společnosti a na trhu práce.



Obrázek 4: Podíl populace s dokončeným středoškolským vzděláním v zemích OECD³⁵

³⁴ Education at a Glance 2016: OECD Indicators. *OECD.org* [online]. OECD, 2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>

³⁵ Education at a Glance 2016: OECD Indicators. *OECD.org* [online]. OECD, 2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>

V oblasti terciárního vzdělávání, tedy vysokého školství, má Česká republika vzhledem k principům Průmyslu 4.0 zatím mírný deficit. Problémem je již zmíněné snížení zájmu o studium přírodovědných a technických oborů, kdy zde můžeme od roku 2009 pozorovat pravidelný meziroční pokles počtu studentů na tomto zaměření.³⁶ Lze usuzovat, že technickým školám v současné době chybí větší popularizace, která by podchytila zájem studentů o technické vzdělání již od úrovně druhého stupně základních škol. Samotná motivace z hlediska pozdějšího lepšího uplatnění na trhu práce a lepšího finančního ohodnocení není dostačující. Stálým předmětem diskuzí je také financování VŠ, kde by vyšší finanční podpora technických vysokých škol také napomohla zvrátit současný trend. V neposlední řadě je třeba zmínit otázku úzké specializace jednotlivých technických oborů. Samotnou úroveň technického vzdělávání v ČR lze ohodnotit jako velmi dobrou, ovšem ve většině případů prohlubují odbornost pro úzce zaměřený obor či technologii.³⁷ Principem konceptu Průmysl 4.0 je ovšem systémový, interdisciplinární přístup, kdy má být požadovaný absolvent vybaven znalostmi a dovednostmi ze širokého spektra technických, ale i humanitních oborů, byť dané znalosti z konkrétního oboru nebudou muset být natolik hluboké, jak tomu je v současné době.

Nejvíce viditelnou reakcí na nové požadavky na absolventy technických škol je v současné chvíli krok pražského ČVUT, které na své strojní fakultě v akademickém roce 2016/2017 jako první otevřelo dvouletý navazující magisterský studijní program Průmysl 4.0. Ten by měl propojit „klasické“ znalosti studenta strojní fakulty se znalostmi z oblasti digitalizace. Dle popisu studijního programu na webových stránkách ČVUT „*absolvent programu Průmysl 4.0 získá základní teoretické znalosti potřebné pro návrh a optimalizaci průmyslových výrobních procesů s využitím internetu věcí (IoT), služeb a lidí, pro návrh automatizace výrobních strojů a zařízení s užitím informačních technologií, kyberneticko-fyzických systémů a systémů umělé inteligence.*“³⁸ Níže uvedená tabulka uvádí pro představu předměty tohoto studijního programu – z ní lze vypočítat důraz na široký rozsah znalostí v oblastech technologií konceptu Průmysl 4.0 s ne tak výrazným zohledněním významu oblastí netechnických, respektive humanitních. Bez ohledu na to je ale otevření tohoto studijního programu významným krokem při úspěšné implementaci myšlenek Průmyslu 4.0 v českém prostředí a již teď je projevován významnými průmyslovými podniky zájem o budoucí absolventy.

³⁶ Osoby s terciárním vzděláním, studenti a absolventi terciárního vzdělávání. *Český statistický úřad* [online]. 2015 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/osoby-s-terciarnim-vzdelanim-studenti-a-absolventi-vysokych-skol>

³⁷ MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

³⁸ PRŮMYSL 4.0. *Fakulta strojní ČVUT v Praze* [online]. ČVUT FS, ©2014-2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/zajemci-o-studium/formy-studia/navazujici-magisterske-programy/pr40-program/>

Mikroelektronika	Simulace výrobních procesů	Cizí jazyk - A2
Mechanika mechanismů	Mechatronika	Projekt III
Řízené mechanické systémy I	Právo, bezpečnost a duševní vlastnictví	Softwarové inženýrství
Aditivní a alternativní technologie	Distribuované systémy	Experimentální technika
Automatizace montážních procesů	Statistická mechanika	Syntéza a optimalizace mechanických systémů
Počítačové sítě a telekomunikace	Projektování výrobních systémů	Průmyslové roboty a manipulátory
Podnikání na internetu	Umělá inteligence	Metrologie
Projekt I	Projekt II	Projekt IV – diplomový projekt
Elektrotechnika pro mechatroniku	Projektování informačních systémů	Rozpočetnictví a ekonomické hodnocení projektů
Simulace mechatronických systémů	Techniky řízení projektů	Počítačové vidění a virtuální realita
Řízené mechanické systémy II	Znalostní a datové inženýrství	Diplomová práce

Tabulka 1: Předměty studijního programu Průmysl 4.0³⁹

³⁹ PRŮMYSL 4.0. *Fakulta strojní ČVUT v Praze* [online]. ČVUT FS, ©2014-2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/zajemci-o-studium/formy-studia/navazujici-magisterske-programy/pr40-program/>

7 Navrhovaná doporučení a možný budoucí vývoj v průběhu implementování principů Průmyslu 4.0

V rámci této kapitoly budou nabídnuta některá doporučení, z mého pohledu důležitá pro úspěšnou implementaci myšlenek Průmyslu 4.0 do prostředí průmyslu, respektive společnosti obecně. Jak už bylo mnohokrát uvedeno, úspěšná implementace zdaleka nezávisí jen na zavedení nových technologií do průmyslové výroby, ale také na komplexních změnách v oblasti vzdělávání, v oblasti struktury pracovního trhu a řadě dalších. Důležitou roli také budou hrát kroky ze strany státu v oblasti energetiky, kde bude třeba výrazná proměna stávající energetické soustavy.

7.1 Doporučení pro zlepšení technologické úrovně průmyslových podniků

Velký význam, který má v rámci hospodářství České republiky průmyslový sektor, bude třeba při nástupu Průmyslu 4.0 podpořit a snad ještě navýšit vhodnými kroky a opatření. Plná implementace konceptu do českého průmyslu je otázkou příštích 15, možná 20 let. Pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0 ve firmách v České republice mimo hlavní Iniciativy Průmysl 4.0 (a z ní vycházejících dalších projektů jako např. Vzdělání 4.0, Práce 4.0) také vznikla expertní skupina pod záštitou Svazu průmyslu a dopravy ČR, která právě vytvořila výše uvedené hodnocení digitální zralosti firem, které je pro potřeby podniků bezplatně on-line dostupné (na webových stránkách firma4.cz) Tato iniciativa by měla také hrát významnou roli, angažovat by se měla z pozice moderátora a zprostředkovatele jednání mezi zástupci firem, českých i zahraničních lídrů v oblasti Průmysl 4.0, zástupci výzkumu i zástupci vlády. Mimo to by se pracovní skupina měla stát jedním z propagátorů celé strategie, kterým bude dán široký prostor, a to nejen mezi veřejností, ale především mezi průmyslovými podniky v České republice - právě k tomu také slouží uvedený web firma4.cz nebo web www.kybernetickarevoluce.cz, na kterém jsou uváděny informace o chystaných popularizačních akcích pro podniky v jednotlivých krajích ČR.⁴⁰ Slepou uličkou by se však v tomto směru mohlo stát, že budou vznikat další a další iniciativy, které budou mít podobnou náplň činností a svých priorit, přičemž výsledkem bude to, že o tématech bude spíše pouze opakovaně diskutováno, než že by byly posláze činěny konkrétní kroky.

Akčních plánů a definování strategií se v poslední době objevuje stále více a více, a obsahují řadu doporučení, která by měla pomoci implementaci do prostředí podniků v České republice. Některá navrhovaná doporučení, která by bylo třeba přijmout, jsou uvedena a rozvedena zde:

- Inspirace úspěšnými, fungujícími příklady. Při implementaci Průmyslu 4.0 může být jen ku prospěchu věci inspirovat se podniky, které již mnoho z principů do své výroby zavedly. Typické příklady budou zmíněny v následující kapitole a tyto společnosti (Siemens, Bosch) jsou také jedni z hlavních tahounů celého konceptu Industry 4.0 a stály u jeho vzniku v Německu. Proto lze mnoho z principů a myšlenek u nich aplikovaných načerpat při organizovaných exkurzích v jejich továrnách, které jsou organizovány jak pro odbornou, tak i laickou veřejnost. Více se snažit využívat

⁴⁰ *Kybernetická revoluce CZ* [online]. CzechInno, ©2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: www.kybernetickarevoluce.cz

uzavřené spolupráce mezi českou a německou stranou a díky ní pomoci zprostředkovávat komunikaci nejen mezi politickými představiteli obou zemí, ale především výzkumnými týmy a podniky samotnými. Pozorně sledovat technologická řešení, která vzejdou z Fraunhoferova institutu a analyzovat možnosti jejich aplikace v prostředí podniků v ČR. I na tomto místě je pak třeba zmínit nutnost užší spolupráce mezi akademickou obcí a podniky. Právě k větší intenzitě komunikace a kooperace mezi nimi mohou pomoci vytvářené platformy a expertní skupiny.

- Podpora vzniku tzv. testbedů. To jsou pracoviště, kde na modelu výroby jsou experimentálně zkoušeny a ověřovány nové technologie, resp. jejich fungování v prostředí průmyslové výroby. Výhod takovéto platformy je mnoho, kromě možnosti detailního odzkoušení na modelu blízkém realitě je to i aspekt toho, že v případě poruchy dané technologie se v podstatě nic vážného nestane. Testbedům se také v zahraničí se příkládá významná role při vývoji a implementaci nových technologií do výroby. Je potřeba vznik těchto platforem i formou dotací ze strany státu, především pro zvýšení technologické vybavenosti malých a středních českých firem. Koncept prvního testbedu v ČR určený pro zkoušení technologií Průmyslu 4.0 už dokonce vzniká, a to pod hlavičkou Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC), v rámci kterého je realizováno Centrum Průmyslu 4.0. Dle plánu by tento testbed měl mít dvě části. Jedna - takzvaný „lehký“ bude fungovat dle principů Průmyslu 4.0 a bude vybaven typickými technologiemi, jako jsou technologie 3D tisku (nejen plastů, ale i kovů), autonomní vozíky, spolupracující roboty. Software pro PLM (Řízení životního cyklu produktu) bude dodán firmou Siemens, tedy jednoho z hlavních představitelů celé vize. Společnost Siemens je spolu se Škodou VW hlavními partnery pro tento projekt prvního testbedu, na budování se dále podílí například také společnost Festo, která je v následující kapitole zmíněna v příkladech dobré praxe. Tato část by měla zkoumat schopnost plnit základní požadavek na tuto výrobu - tudíž zajištění vysoké produktivity při současně co nejvyšší flexibilitě. Druhá část tohoto testbedu - „těžký“ bude vybaven standardními průmyslovými zařízeními a technologiemi a budou zde vyvíjeny a zkoumány možnosti komunikace a spolupráce mezi nimi.⁴¹ Na základě tohoto prvního testbedu, jehož uvedení do provozu je predikováno na září roku 2017, by měly v budoucnu vznikat další podobné projekty.
- Vybudování vysokorychlostní internetové sítě. Urychlená výstavba vysokorychlostní internetové sítě můžeme označit jako jeden ze základních předpokladů pro úspěšnou implementaci P4.0. Budoucí představa výroby znamená naprosté propojení všech zařízení, strojů, produktů i materiálu. Z toho vychází velké přenášené objemy dat (viz kapitola o technologických východiscích). Bez toho, že přenos dat bude probíhat co nejrychleji, nedojde k naplnění principů Průmyslu 4.0. Co se týče samotného budování infrastruktury, je třeba se zaměřit na prázdná místa na mapě, kde zatím přístup k vysokorychlostnímu připojení neexistuje. Stávající infrastrukturu je třeba rozšiřovat pro vysokorychlostní přístup aplikováním optických prvků, navíc k tomu budovat nové sítě, které budou kompletně vybudovány optickými vedeními, která umožňují

⁴¹ MAREK, Pavel. Seminář Centra Průmyslu 4.0. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2017 [cit. 2017-03-05]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/navsteva/seminar-centra-prumyslu-4-0.html>

vysokorychlostní přenos dat.⁴² Aspektem, který je s tímto budováním nezbytně spojen a který mu v podstatě musí předcházet, je politická podpora pro toto budování. V říjnu 2016 byl v České republice schválen Národní plán rozvoje sítě nové generace (zkratka NPRSNG), který by měl udávat strategii pro zlepšení dostupnosti a kvality informačních technologií a také pro rozvoj vysokorychlostních internetových sítí. Aktuálně, ke konci března 2017, byla vyhlášena I. výzva v programu podpory Vysokorychlostní internet (definován v souladu s NPRSNG), která definuje konkrétní dílčí cíle při budování moderní ICT infrastruktury.⁴³ Tyto cíle, definované jak samotným Národním plánem, tak i touto výzvou, bude třeba začít urychleně plnit, neboť jejich přijetí bylo dlouho odkládáno. Další odkládání by tak už v budoucnu mohlo mít negativní důsledky pro průmyslový sektor.

- Podpora aplikovaného výzkumu. Jak bylo zmíněno v kapitole analyzující současný stav, dobrou úroveň mají v ČR podniková výzkumná centra, i díky spolupráci se zahraničními podniky. Tuto spolupráci lze nadále prohlubovat např. podporou vzniku společných laboratoří více subjektů v kooperaci s globálními lídry v daném oboru. Ze strany státu je třeba podporovat a organizovat vznik Národních aplikačně orientovaných výzkumných center pro Průmysl 4.0. Pro efektivní činnost takových center je důležité, aby ve správních radách takových center měly většinu zástupci klíčových průmyslových podniků v daných odvětvích tak, aby byl zajištěn účelný výzkum na základě reálných potřeb firem, kdy maximum výstupů najde své uplatnění v průmyslové praxi. Takováto Národní centra pak mohou být ideálním prostorem pro tvorbu výše zmíněných zkušebních provozů - testbedů. Při tvorbě center není třeba stavět nové instituce, naopak je třeba plně využít stávajících výzkumných institucí a vhodně je integrovat. Podkladem pro reorganizaci výzkumné infrastruktury musí být důkladná sumarizace aktuálních dostupných kapacit (technologického vybavení, výzkumných pracovníků, konkrétních možností) stávajících center a jejich dosahovaných výsledků a jejich porovnání s potřebami praxe. Při tvorbě takovýchto Národních center je opět může být opět pomocí inspirace německým Fraunhoferovým institutem. Žádoucí je zapojení výzkumných center technických vysokých škol do organizace Národních center a obecně je také potřeba nastolit trend větší spolupráce mezi firmami a univerzitním výzkumem (viz podkapitola 7.3).

7.2 Nutné kroky v oblasti energetiky

Kolegium předních odborníků, kteří se angažují v celé Iniciativě Průmysl 4.0, počínaje panem profesorem Maříkem, se shoduje, že možná ještě důležitější, než věnování se podpoře implementování prvků Průmyslu 4.0 do podniků, bude věnování se otázce energetiky a prosazování důležitých změn v této oblasti. Tento aspekt vychází z toho, že firmy si při implementaci poradí, zjednodušeně řečeno, sami, v zájmu zachování své konkurenceschopnosti a zvyšování svých příjmů, zatímco politika energetiky je udávána

⁴² MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

⁴³ VYSOKORYCHLOSTNÍ INTERNET. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. MPO, 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2017/vysokorychlostni-internet--227421/>

státem a podstatné kroky v této oblasti tak musí být činěny z pozice státu. Proto se již objevuje další pojem, opatřený označením 4.0, konkrétně tedy Energetika 4.0. Jisté je, že změny v energetickém systému bude třeba nastartovat co možná nejrychleji, neboť bez podstatné přestavby energetické soustavy může být ohrožena i samotná implementace principů Průmyslu 4.0, jak do prostředí průmyslu, tak do společnosti obecně.

Základním principem energetické soustavy by do budoucnosti měla být decentralizace. Vize vypadá asi tak, že existující centrální síť (tvořenou především tepelnými a jadernými elektrárnami) bude doplňovat soustava tzv. „chytrých sítí“ (smart grids). Taková chytrá síť bude pokrývat zhruba část okresu a bude zároveň částečně samostatným systémem, který bude schopen v sobě zahrnovat jak výrobce i spotřebitele energie. Energie by zde měla být získávána především z alternativních zdrojů - fotovoltaických, vodních nebo větrných elektráren, zásobníků energie, nebo z tepelných zdrojů, které vznikají jako vedlejší produkt výroby. Při optimálním průběhu dle plánu, by dnešní klasické zdroje měly v roce 2030 zajišťovat už jen 70% spotřeby. Subsystémy takových chytrých sítí budou např. výrobní podniky, chytré domy nebo systémy dopravních služeb, které budou do jisté míry autonomní v tom, že budou schopny energii sami vyrábět (právě např. formou fotovoltaických panelů nebo zásobníků energie). Nutným předpokladem je pochopitelně kompletní inforatické propojení všech subjektů tak, aby byla zajištěna bezchybná komunikace všemi směry.⁴⁴

Tato soustava drobných mikrosítí by měla zvýšit stabilitu celého energetického systému – je zde vyšší odolnost vůči blackoutům. Celá energetická soustava se naplněním této vize stane flexibilnější a lépe se dokáže přizpůsobit momentálním požadavkům. Pochopitelně na straně spotřebitelů dojde k výrazným úsporám za energii, neboť mnoho z nich už nebude jen pouhými spotřebiteli. To se pochopitelně setkává s odporem stávajících velkých energetických dodavatelů. Důležitým dopadem je také větší ochrana životního prostředí, neboť postupným snižováním podílu neobnovitelných zdrojů (uhlí, jádro) dojde k podstatnému snížení emisí. Faktem je, že takováto změna bude velmi nákladná, a i proto se Národní akční program zaměřený na tuto problematiku spouští velmi pomalu.⁴⁵ Nicméně je třeba podotknout, že v řadě jiných evropských států již obdobné programy běží minimálně na experimentální úrovni – formou testbedů, v kapitole o zahraničních iniciativách byl zmíněn i testbed řešící tuto problematiku ve Spojených státech. Při vytváření nového systému energetické soustavy u nás může být prospěšné komunikovat právě na toto téma s odborníky, kteří se ve svých zemích na těchto řešeních podíleli.

⁴⁴ MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

⁴⁵ MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0 a jeho dopady v energetice, dopravě a stavebnictví. *Český institut informatiky robotiky a kybernetiky* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: http://www.copub.cz/userFiles/top-expo/tee-2016/marik_vladimir.pdf

7.3 Doporučení pro vzdělávací systém

Jak bylo řečeno v kapitole, která hodnotila současný stav vzdělávání v České republice, je v této oblasti řada úkolů, na kterých bude třeba v příštích letech v souvislosti s nástupem Průmyslu 4.0 pracovat. Základním bodem je podnícení většího zájmu o studium technických oborů, ať už jde o středoškolské či univerzitní stupeň vzdělání. Výrazný nedostatek absolventů s technickým vzděláním by pro celý průmyslový sektor v České republice mohl být kritický a výrazně by se snížila konkurenceschopnost českých firem v mezinárodním měřítku. Propagace technických oborů nemůže probíhat pouze formou opakování faktů, že technické vzdělání má lepší perspektivu z hlediska pozdějšího shánění zaměstnání a také z hlediska vyšší mzdy. Prostou metodou může být častější pořádání setkání už pro žáky základních škol se zástupci technicky zaměřených středních a vysokých škol, která neprobíhají jen formou pouhé prezentace, ale jsou zpestřena vybranými praktickými ukázkami z výuky. A v návaznosti na to pak samozřejmě taková setkání i pro studenty středních škol se zástupci univerzit. V tomto směru pak efektivním nástrojem jsou takzvané workshopy, což jsou, volně vysvětleno, semináře, které pomocí praktických ukázek a vlastního zapojení jejich účastníků pomáhají získat nové zkušenosti, znalosti i dovednosti. Pořádání takových workshopů (hovoříme teď o workshopech s technickou tematikou) je vhodné v podstatě pro jakoukoliv věkovou skupinu, v tomto případě - tedy při propagaci technického vzdělávání je cíleno zejména na skupinu žáků základních a středních škol. Roli organizátorů, a tedy v tomto případě popularizátorů vědy a techniky mohou být střední i vysoké školy, které si tak mohou nalákat budoucí studenty. Pořádat workshopy ale v tomto případě mohou také přímo průmyslové firmy, což v očích žáka nebo studenta může být ještě zajímavější. Synergický efekt při pořádání těchto akcí pak může přinést kooperace škol a podniků. Dalším nástrojem popularizace, který se v současné době přímo nabízí využívat ještě ve větší míře, než je tomu dosud, jsou sociální sítě. V cílové skupině cca mezi 13 až 20 lety má facebookový profil takřka naprostá většina populace. Vzdělávací instituce mohou s potenciálními studenty snadno komunikovat, odpovídat na dotazy a prezentovat zajímavé ukázky z výuky nebo úspěšné práce studentů.

Nejdůležitější jsou však úpravy a změny v samotném způsobu vzdělávání. Nejprve několik bodů k oblasti základního a středního školství:

- Již zahájena byla zmiňovaná koncepce Ministerstva školství s názvem Strategie digitálního vzdělávání. Digitální gramotnost mladých lidí můžeme v současné době označit za rostoucí a tento trend je třeba udržovat a ještě zvyšovat. Do výuky je třeba prosadit nové předměty související s konceptem Průmysl 4.0, především co se týče internetových a počítačových dovedností. Je nutné zdokonalovat povědomí o pojmech jako je Internet věcí, virtuální a rozšířená realita, k čemu slouží cloudové služby, jaká jsou rizika z hlediska kybernetických hrozeb a podobně.⁴⁶ A pro samotnou výuku tyto nové technologie intenzivně využívat. Toto inovování výuky výuku samotnou ulehčuje z hlediska kantora, ale zároveň je efektivnější, neboť se studenti naučí s danými technologiemi lépe pracovat. Překážkou do budoucna v této záležitosti však může být nedostatek financí školských institucí pro pořizování nových technologií.

⁴⁶ MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

- Jak bylo již uvedeno, jednou z charakteristik konceptu Průmysl 4.0, je interdisciplinarita. Studenti budou v budoucnu více potřebovat komplexnější základ, než některé podrobné znalosti. Z hlediska interdisciplinarit je zajímavý a inspirativní nový vzdělávací model, který má v plánu zavést Finsko. Finský vzdělávací systém je v celosvětovém měřítku hodnocen jako jeden z nejkvalitnějších.⁴⁷ V loňském roce byl zde schválen poměrně převratný plán, který by se měl týkat středoškoláků a který právě pro ně v podstatě ruší klasické rozdělení školních předmětů. Místo toho studenti podle svého zaměření budou absolvovat kurzy, které budou vyučovat konkrétní jevy v širších souvislostech. Vysvětleno na příkladu - kurz tematicky zaměřený například na Evropskou unii bude toto téma ozřejmovat z pohledu politologického, historického, ekonomického, kulturního a podobně. Touto změnou Finové chtějí reagovat na celospolečenské změny, které se v posledních letech udávají i v souvislosti s nástupem Průmyslu 4.0. Studenti by měli být schopni o věcech přemýšlet komplexněji a měli dosáhnout hlubších znalostí v oblastech, na které se zaměřují.⁴⁸ Právě i finským příkladem by se Česká republika v rozvíjení interdisciplinarit mohla v některých bodech inspirovat.
- Větší samostatnosti studentů a jejich komplexnímu přemýšlení může pomoci také vyšší procento praktických projektů na základních i středních školách, které studenti řeší, a následné prezentace jejich výsledků. Výhodou takového způsobu výuky je také zlepšování jejich komunikačních dovedností.
- Nezbytností v současné době, kdy na našem území působí velké množství zahraničních podniků a jsou doslova obrovské možnosti vycestování za prací do zahraničí, je znalost cizích jazyků. Zde je třeba současnou výuku poupravit, od důrazu na gramatické znalosti se zaměřit spíše na intenzivnější komunikaci. Při výuce cizích jazyků může být také velmi přínosné využívání rodilých mluvčích.
- Žádoucí a velmi důležitou je také větší spolupráce firem s technickými středními školami a z toho také vyplývající podpora praxí studentů ve firmách, kde budou moc pozorovat skutečné fungování podniku a podílet se na reálných pracovních úkolech.

V oblasti terciárního vzdělávání je třeba vzhledem k myšlenkám Průmyslu 4.0 také přistoupit k některým změnám:

- Spolupráce vysokých škol a firem zde hraje ještě významnější roli než v případě výše zmíněného vzdělání středoškolského. Řada absolventů vysokých škol po úspěšném zvládnutí studia nemá žádnou praktickou zkušenost v rámci svého oboru. To je zcela jistě chyba a je třeba v této oblasti pracovat. Student si v rámci praxe může ověřit mnoho teoretických poznatků získaných ve škole a nabrat zkušenosti, které jsou neocenitelné. Firma si naopak může ve své podstatě „vychovat“ budoucího

⁴⁷ Best Countries for Education. *U.S. News* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <https://www.usnews.com/news/best-countries/education-full-list>

⁴⁸ ZAREVA, Teodora. The Latest School Reform in Finland Introduces a New Way to Look at Subjects. *Big think* [online]. 2016 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://bigthink.com/design-for-good/the-latest-school-reform-in-finland-introduces-a-new-way-to-look-at-subjects>

zaměstnance, kterého poté při nástupu nebude muset příliš zaučovat a seznamovat s chodem podniku samotného. Zde je tedy prostor pro větší dialog mezi školami a praxí.

- Kvalita technického vzdělávání byla již výše zmiňována, stejně jako zpravidla úzké zaměření jednotlivých oborů. To je úpravou studijních plánů třeba změnit, tak aby získané znalosti byly komplexnější. Každý technický obor by měl obsahovat minimálně dva přehledové předměty, které se přímo týkají pojmu Průmysl 4.0 - jeden by měl zajistit přehled technologií, které jsou základem celého konceptu, jeden by měl poskytnout alespoň stručný základ so se týká právních otázek, standardů a dalších humanitních oblastí s Průmyslem 4.0 spojených. Alespoň jeden přehledový předmět by pak měl být součástí i netechnických oborů, s důrazem na daný obor - například pro studenty právnických oborů by se týkal legislativních aspektů spojených s Internetem věcí, virtuální realitou nebo kupříkladu kybernetickými zločiny. Přirozeným vývojem by pak měl být vznik studijních oborů zaměřených na Průmysl 4.0 i na dalších vysokých školách mimo ČVUT.
- Větší dialog mezi školami a podniky je třeba vést na téma výzkumu. Pro vývoj a výzkum nových technologií budou vznikat Národní centra pro výzkum, ve kterých bude potřebné i zapojení univerzitních výzkumných kapacit. Mimo zmíněné přínosy vůči průmyslovým podnikům je toto řešení opět dobré také pro studenty, kteří se mohou zapojit do reálných projektů, jejichž vstupem má být řešení využitelné v praxi a řada dobrých nápadů studentů neskončí pouze na papíru. Pozitivně se tato spolupráce projeví také v modernizaci a budování nových univerzitních výzkumných laboratoří, kde financování nákladnějšího vybavení může být řešeno právě ze strany firem, pro které pak budou řešeny reálné projekty.

7.4 Doporučení pro trh práce a společnost a možné dopady

Nástup nových technologií spolu s mnoha nespornými přínosy přináší řadu úkolů a výzev, a to nejen právě v technologické oblasti, ale i v oblasti společenské, především pak na trhu práce. Je více než zřejmé, že dopady na trh práce budou výrazné a je třeba podniknout potřebné kroky k tomu, aby se hladina nezaměstnanosti v České republice, která je na slušné úrovni, následkem nepřipravenosti firem, státu a lidí prudce nezvyšovala.

Dojde ke změnám v organizaci práce a také ke změně náplně řady profesí. Vznikne mnoho nových profesí a naopak jich mnoho zanikne. Snadno nahraditelné budou především takové pozice, které vyžadují rutinní činnost, kterou lze snadno zautomatizovat.⁴⁹ Ohrožené budou spíše méně kvalifikované pozice. Dopad bude mít 4. průmyslová revoluce pro osoby, které jsou zaměstnány jako řidiči - zde budou dle predikcí do budoucna nahrazeni automatickými systémy řízení a vozidla tak řidiče nebudou potřebovat. Seznam 10 profesí nejvíce ohrožených digitalizací, který je součástí analýzy Ing. Chmelaře, je uveden v tabulce 2. Naopak digitalizací ohroženy nebudou takové pozice, které vyžadují bezpodmínečně přímý kontakt mezi lidmi, které například vyžadují některé lidské vlastnosti, jako např. empatii.

⁴⁹ SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0-241-30075-6.

Ohrožena digitalizací nejsou obecně příliš ani profese, které vyžadují vysokou kvalifikaci. Seznam 10 profesí, které jsou ohroženy digitalizací nejméně, je uveden v tabulce 3. Zároveň je také zřejmé, že mnoho nových profesí vznikne. Ať již půjde přímo o povolání spojená s vývojem nebo údržbou nových technologií, oblast ICT, nebo oblast poradenství, kde budou podniky potřebovat tyto služby kvalifikovaných odborníků při zavádění nových technologií do výroby. Obecně bude kladen důraz na komplexnější znalosti (viz podkapitola výše), kdy zaměstnanci budou mít profese mnohdy propletenou více oblastmi podniku. Díky nahrazení významného množství pozic automatizovanými zařízeními bude možné větší prostor věnovat společenským službám a zlepšování jejich kvalit. Z analýz, provedených v posledních dvou letech, vyplývá, že v příštích 10-15 letech celkový počet pracovních míst mírně poklesne. Zároveň však, díky nepříliš příznivému demografickému vývoji, kdy populace v České republice stárne, dojde i k celkovému úbytku pracovní síly.⁵⁰ Tento vývoj tak naopak zase lze kompenzovat nasazováním nových technologií. A nasazování nových technologií zase povede k nárůstu produkce, což při správných krocích povede k vytvoření nových pracovních míst.

Profese	Index ohrožení digitalizací
Úředníci pro zpracování číselných údajů	0,98
Administrativní pracovníci	0,98
Řidiči motocyklů a automobilů	0,98
Pokladníci a prodavači vstupenek	0,97
Kvalifikovaní pracovníci v lesnictví a příbuzných oblastech	0,97
Kováři, nástrojaři a příbuzní pracovníci	0,97
Ostatní úředníci	0,96
Sekretáři (všeobecní)	0,96
Obsluha pojízdných zařízení	0,96
Chovatelé zvířat pro trh	0,95

Tabulka 2: 10 profesí s nejvyšším indexem ohrožení digitalizací⁵¹

⁵⁰ MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0

⁵¹ CHMELARĚ, Aleš a kol. Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. Úřad vlády České republiky [online]. 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>

Profese	Index ohrožení digitalizací
Řídicí pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě	0,000
Lékaři (kromě zubních lékařů)	0,001
Všeobecné sestry a porodní asistentky se specializací	0,002
Řídicí pracovníci v oblasti vzdělávání, zdravotnictví, v sociálních a jiných oblastech	0,002
Řídicí pracovníci v oblasti obchodu, marketingu, výzkumu, vývoje, reklamy a styku s veřejností	0,005
Učitelé na vysokých a vyšších odborných školách	0,008
Řídicí pracovníci v oblasti informačních a komunikačních technologií	0,008
Řídicí pracovníci v oblasti ubytovacích a stravovacích služeb	0,010
Řídicí pracovníci v zemědělství, lesnictví, rybářství a v oblasti životního prostředí	0,011
Ostatní specialisté v oblasti zdravotnictví	0,011

Tabulka 3: 10 profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací⁵²

Aby změny na trhu práce probíhaly co nejplynuleji a, dá-li se to tak říci, co nejméně bolestně, je třeba pro to učinit mnoho opatření. Obsáhleji se touto problematikou již dnes zabývá Ministerstvo práce a sociálních věcí, dokument nazvaný Práce 4.0. Níže budou uvedeny některé kroky a trendy, které považuji za nejdůležitější osobně:

- Propracovaný systém poradenství pro zaměstnance. Právě díky zmiňovanému vymizení řady profesí a i vzhledem k faktu, že mnoho z těchto pozic je méně náročných na kvalifikaci, bude třeba těmto pracovníkům poskytnout sofistikovanou poradenskou asistenci, ať už se to týká okamžité možnosti nového uplatnění, tak nabídky různých vzdělávacích a rekvalifikačních kurzů (o jejich zdokonalování je psáno v následujícím bodu). Je třeba změnit konzervativní postoj stále velké části populace, jejichž pohled na vzdělání je víceméně takový, že po absolvování školy si se zde získanými znalostmi vystačí po celou svou pracovní kariéru. Toto přesvědčení je však mylné a selhává ještě více právě s nástupem Průmyslu 4.0. Mimo tyto činnosti by se poradenská činnost měla také více zaměřit na vyšší ročníky základních škol a zde žákům fundovaně pomoci s výběrem vhodného potenciálního povolání (a tedy nejvhodnější střední školy) díky správné identifikaci silných a slabých stránek.

⁵² CHMELARĚ, Aleš a kol. Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. *Úřad vlády České republiky* [online]. 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>

- Celoživotní vzdělávání a možnosti rekvalifikace. Pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0 se stane toto téma jedním z klíčových, proto zde musí být podpora tohoto typu vzdělávání velmi výraznější, přičemž zpočátku by hlavní důraz měl být kladen na zvyšování digitální gramotnosti - speciálně u starších věkových skupin je úroveň digitální gramotnosti nižší. Vzdělávací kurzy by samozřejmě svou náplní měly reflektovat požadavky podniků. Vyjma standardních forem takových kurzů budou v popředí formy, které také využívají nových technologií. Již známým pojmem je v současné době e-learning, tedy výuku on-line formou po internetu. Využívanou formou by se u nás měl v budoucnu také stát on-line typ kurzu známý pod zkratkou MOOC (z anglického Massive Open Online Course - tedy hromadně otevřený online kurz). Ten funguje jako kompletní kurz on-line (e-learning je často jen doplňkem klasické formy kurzu), zakládá si na neomezeném přístupu a sdílení a také počtu účastníků a výuka, potažmo vzdělávání zde probíhá různými formami - sdílením videopřednášek, učebních textů, úkolů k řešení, také společnou diskusí a spoluprací v diskusních fórech atd. MOOC nabízí široké spektrum kurzů, které se tematicky věnují velkému množství oborů - business a management, programování a IT, přírodní vědy, humanitní vědy, medicína, pedagogika a další. Podle statistik za rok 2016 se za rok 2016 absolvovalo tento typ kurzu na 58 milionů účastníků.⁵³ Kurzy MOOC mají obecně vysokou úroveň, neboť jsou často pořádány prestižními zahraničními univerzitami.⁵⁴ Nicméně MOOC není zatím v Česku příliš rozšířen. Vzhledem k tomu, že kurzy jsou cizojazyčné, možnost jejich využití mají pouze osoby s dobrou znalostí některého ze světových jazyků. Do budoucna je tedy také třeba vést diskuzi s českými univerzitami o organizování těchto kurzů a neméně důležité bude také nastolit přesný rámec těmto kurzům (jejich certifikaci) tak, aby absolvování takového kurzu mělo váhu jak pro zaměstnavatele, tak vzhledem ke vzdělávacímu systému. Mimo tento aspekt je také třeba řešit větší zapojení firem do vzdělávání svých vlastních zaměstnanců, kde se lze inspirovat fungujícím podnikovým vzděláváním především u německých firem. Tento úkol je třeba zakořenit do podnikové kultury i v Česku, pomocnou roli by měl v tomto sehrát také stát, který by měl firmy motivovat.
- Vznik a podpora nových forem organizace práce, především sebezaměstnání. Sebezaměstnání lze zjednodušeně chápat jako poskytování svých odborných služeb více různým podnikům. Tedy jeden specialista na danou oblast může pracovat pro více různých zaměstnavatelů, přičemž díky novým technologiím je možná spolupráce v reálném čase mezi pracovníky ze dvou různých kontinentů. Frekventovanější budou také formy práce z domova, známé jako „home office“, které jsou již nyní více akceptovány zaměstnavateli, zejména pak v oborech zabývajících se IT technologiemi. Je však ještě potřeba dané způsoby práce podpořit kvalitním legislativním rámcem. Uspořádání pracovišť průmyslových podniků také dozná změn, častěji bude k vidění spíše než skupina pracovníků zaměřená na opakovanou činnost, skupina pracovníků, která bude zaměřena na konkrétní úkol, nebo projekt.

⁵³ By The Numbers: MOOCs in 2016. *Class Central* [online]. ©2011-2017 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.class-central.com/report/mooc-stats-2016/>

⁵⁴ Studie Iniciativa práce 4.0. *Integrovaný portál Ministerstva práce a sociálních věcí* [online]. Národní vzdělávací fond, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/prace_4_0/studie_iniciativa_prace_4.0.pdf

Opakovaně už v této práci byly zmiňovány výrazné dopady pro celou českou společnost. Očekávání a ideální výsledek by měl být takový, že kvalita života vlivem nových technologií poroste a řada běžných každodenních činností bude usnadněna - ať už jde o snazší přístup k informacím, jednodušší komunikaci nebo třeba automatické řízení vozidel - v podkapitole 4.1 zabývající se Internetem věcí byl popsán koncept „chytrých měst“. A ruku v ruce s tím na kvalitu života budou mít vliv i popsané změny v organizaci práce - například při práci z domova obou manželů z domova bude moci daná rodina trávit více společného času, zároveň s tím i využívat vymožeností v rámci smart city atd. Taktéž by se vlivem technologického vývoje v medicíně, zároveň také zvýšení bezpečnosti práce a zautomatizování velkého množství fyzicky namáhavé práce měla prodlužovat průměrná délka života. Při přijímání nových technologií bude výzvou zejména překonání nedůvěry u starší generace vůči technologickým novinkám a změnám obecně. Ať už formou kurzů pro tyto věkové skupiny, tak i srozumitelným informováním o výhodách a přínosech nových technologií. Vhodnými kroky bude také třeba eliminovat možné obavy některých skupin obyvatel z nedostatku pracovních míst vlivem automatizace. Významnou roli by při řešení těchto aspektů měl sehrát stát. Celospolečenskou otázkou je již nyní trend ubývání běžné mezilidské komunikace a nahrazování takového kontaktu virtuálním - tento trend se bude pravděpodobně dále urychlovat. Zde se bude potřeba zamyslet, zda to není pro společnost až příliš škodlivé - toto bude důležitou oblastí zkoumání pro odborníky v oblasti sociologie. Komplexně se dopady pro celou společnost má zabývat Aliance Společnost 4.0, která vznikla pod záštitou vlády a která byla ustavena v únoru 2017 za těmito účely. Na této platformě by spolu měli opět vést diskuzi političtí představitelé a zástupci hospodářských i sociálních subjektů a vysokých škol.⁵⁵

⁵⁵ Společnost 4.0. *Digiczech* [online]. 2017 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://digiczech.eu/spolecnost-4-0-2/>

8 Příklady dobré praxe v oblasti průmyslu

V této kapitole budou zmíněny příklady podniků, kde již byly úspěšně aplikovány některé z principů vize Průmysl 4.0 a ze kterých lze čerpat inspiraci pro úspěšnou implementaci v českém prostředí, zejména co se týče technologií, ale také v oblasti. Mimo to zde bude uvedena i jedna z možností řešení pro Průmysl 4.0, pocházející od české firmy a jedna možnost a nabídek pro podniky v oblasti školení a konzultační činnosti.

8.1 Siemens EWA Amberg

Firma Siemens je německou holdingovou společností, která byla založena v roce 1847 Wernerem von Siemensem. Její vedení sídlí v Berlíně a Mnichově. V současné době je jednou ze světově největších a nejvýznamnějších značek v oblasti elektrifikace, automatizace a digitalizace. Její rozsah je celosvětový - zastoupena je dnes ve 190 zemích. Siemens a její dceřiné společnosti zaměstnávají na celém světě přes 350000 zaměstnanců a její roční příjmy za rok 2016 činily přes 79 miliard eur.⁵⁶

Firma Siemens založila v roce 1989 továrnu v německém městě Amberg, které leží ve spolkové zemi Bavorsko zhruba 60 kilometrů od hranic s Českou republikou. V současné chvíli je tento závod, známý pod zkratkou EWA (ze zkratky Elektronik Werk Amberg - česky Elektronický závod Amberg), nejtypičtější ukázkou úspěšné implementace konceptu Industry 4.0 do průmyslové praxe – dnes jsou zde tři čtvrtiny veškerých procesů prováděny čistě automaticky, čili jsou obstarávány stroji a počítači. Samotný pohled do továrny se může zdát poměrně atypickým (viz obrázek 5). Prostředí zde je velmi čisté, až by se dalo říci sterilní a všude panuje ticho a klid. Spíše než průmyslový podnik připomíná továrna v Ambergu operační sál nebo výzkumnou laboratoř.

⁵⁶ Siemens Annual Report. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2016 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: http://www.siemens.com/investor/pool/en/investor_relations/Siemens_AR2016.pdf/



Obrázek 5: Pohled do továrny Siemens EWA Amberg⁵⁷

Z výše popsaných technologií typických pro Průmysl 4.0 je v továrně v Ambergu aplikováno velké množství z nich. Pouze na počátku výroby s první komponentou, prázdnou deskou plošných spojů, manipuluje přímo pracovník, který ji pokládá na výrobní linku. Od tohoto momentu je již celý proces výroby řízen automaticky. Každý polotovár, součástka, je opatřena svým vlastním optickým QR kódem, který zprostředkovává komunikaci s výrobními stroji a zařízeními, komunikace funguje na bázi již zmiňovaného Internetu věcí. Kódy na každé komponentě obsahují veškeré informace o součástce, výrobku, o tom, jaké jsou přesné požadavky na výrobek, co má být dalším krokem v průběhu výroby, ale i jakou naléhavost má výroba daného kusu a jakou má prioritu. Mimo komunikace mezi zařízeními a produkty jsou součástí Internetu věcí také zařízení a produkty dodavatelů a subdodavatelů, což zefektivňuje a zkvalitňuje celý tento dodavatelsko-odběratelský řetězec. Veškeré kroky výroby každého kusu monitoruje přes tisíc skenerů a jsou tak zaznamenávány veškeré detaily. Zcela automaticky je řízena i vnitropodniková doprava pomocí dopravníkového systému, který propojuje oblasti od příjmu zboží, přes sklad až po výrobní linky. Doba cesty materiálu z nejvzdálenějšího místa ve skladu k nejvzdálenějšímu stroji je garantována do 30 minut, přičemž tato vzdálenost činí tři kilometry. Průměrná doba dodávky materiálu je pak poloviční.⁵⁸ Přestože je plně automatizována velká část výroby, závisí konečné rozhodnutí

⁵⁷ Image. In: *Siemens* [online]. Siemens AG, ©2013 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/content/dam/internet/siemens-com/innovation/pictures-of-the-future/2015/industry-and-automation/photos/2013-12-02-me-082-2126x1417-300dpi.jpg.adapt.916.high.jpg/1453386466622.jpg/>

⁵⁸ LELEK, Milan. Digitální továrna Siemens Amberg. *MES centrum* [online]. 2015 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/168-digitalni-tovarna-siemens-amberg/>

na závěru výroby vždy na konkrétním pracovníkovi, který vyhodnocuje veškerá data, sesbíraná v průběhu produkce, na svém počítači.

V továrně v Ambergu jsou vyráběny programovatelné logické automaty (PLC) Simatic, které slouží k automatizaci strojů a zařízení v reálném čase. Tím je šetřen čas a náklady a současně dochází k nárůstu kvality produktů. Programovatelné automaty mají širokou oblast využití – zejména jsou však schopny řídit veškeré průmyslové výrobní procesy v různých odvětvích. Každý rok vyprodukuje továrna EWA na 12 milionů řídicích jednotek Simatic. Pokud toto číslo přepočteme, znamená to, že podnik opustí každou vteřinu jeden tento produkt. Ty jsou pak dodávány více než 60 tisícům zákazníků po celém světě ve více než tisíci různých variant. Společnost Siemens je tak největším dodavatelem PLC automatů na světě.⁵⁹ Charakteristickým rysem pro továrnu v Ambergu však je především to, že řídicí jednotky, které jsou zde vyráběny, jsou zde i aplikovány - automaty Simatic samy řídí výrobu a dá se tak říci, že stroje vyrábějí sebe samy. Řídicí jednotky Simatic kontrolují všechny procesy výroby díky komunikaci s jednotlivými stroji i komponentami budoucího produktu. Průběh realizace každého kusu výrobku je možné sledovat až do nejmenších detailů. Denně takto vzniká přibližně 50 milionů procesních informací, což odpovídá denní komunikaci mezi stroji o objemu dat zhruba 50 terabytů, která jsou ukládána do řídicího systému Simatic, který je dále zpracovává a vytváří z nich v reálném čase smysluplné informace. Software definuje všechna pravidla výroby a jejich procesů. To znamená, že výroba je od počátku virtuálně sledována a řízena ve všech aspektech, včetně detailní kontroly a testování produktů, které jsou navíc díky kódům monitorovány během celého jejich životního cyklu, čili i v průběhu užívání zákazníkem. Bezchybnost produktů je navíc ještě zvýšena kontrolou kvality pracovníky, kterým výrobní zařízení pošlou některé náhodně vybrané kusy, nezávisle na kontrole provedené strojem. Díky takto hluboce sofistikovaným systémům dosahuje kvalita produktů v továrně EWA 99,99885%.⁶⁰

⁵⁹ LELEK, Milan. Digitální továrna Siemens Amberg. *MES centrum* [online]. 2015 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/168-digitalni-tovarna-siemens-amberg/>

⁶⁰ Digitale Fabrik: Die Fabrik von morgen. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2014 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-die-fabrik-von-morgen.html/>



Obrázek 6: Proces výroby řídicích jednotek Simatic⁶¹

Jak bylo již zmíněno, v Ambergu je produkováno přes tisíc různých variant produktů, proto je zde velice důležitá úzká provázanost mezi úsekem výroby a výzkumu a vývoje. Tato provázanost je vyjádřena virtuální kopíí celé továrny v místním datacentru, v níž má každý stroj i součástka svůj virtuální obraz. Ve virtuálním světě pak vývojáři Siemensu vyvíjejí nové nebo zlepšují stávající produkty, vytvářejí plány pro jejich výrobu a zároveň vytvářejí programy pro montážní roboty a obráběcí stroje. Vývojáři nejprve v systému vyvinou nový výrobek a otestují ho, aniž by byl fyzicky vyroben. Díky přímému propojení se stroji ve výrobě poté mohou zadat výrobu prototypu na výrobní lince. Tím se zkracuje řetězec od vývoje po výrobu, neboť organizace výroby je již plánována v průběhu vývoje. Díky tomu se dosahuje dalšího zvýšení produktivity. Pro představu - objem výroby se od otevření podniku v roce 1989 zvýšil sedmkrát.⁶²

Ačkoliv je továrna v aplikování prvků Průmyslu 4.0 a v procesu automatizace výroby vzorovým příkladem, cílem podniku není vytvořit továrnu bez zaměstnanců. A co je nutné dodat, ani by to nebylo možné. Byť zaměstnanci u výrobních linek již nejsou v podstatě vidět, jejich počet i s postupující automatizací zůstává od počátku fungování továrny víceméně

⁶¹ Digitale Fabrik: Die Fabrik von morgen. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2014 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-die-fabrik-von-morgen.html/>

⁶² STUHLÍK, Jan. Siemens v německém Ambergu ukazuje čtvrtou průmyslovou revoluci. *E15* [online]. 2015 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/siemens-v-nemeckem-ambergu-ukazuje-ctvrtou-prumyslovou-revoluci-1237279/>

stejný, a to okolo počtu 1100.⁶³ Došlo však k úspěšné změně jejich povinností a pracovní náplně, zaměstnanci místo manuální práce u výrobní linky kontrolují jednotlivé kroky výroby na svých počítačích, významný podíl pracovníků funguje v oblasti výzkumu a vývoje, kde je lidský faktor stále nenahraditelný a bude tomu tak i v budoucnu. Lidská složka je také nepostradatelná při řešení náhlých a nepředpokládaných problémů. Důležitou roli zaměstnanci zastávají i při zlepšování a optimalizaci celého systému – jedním ze základních principů továrny v Ambergu je neustálé zlepšování. Například v roce 2013 zde bylo využito na 13000 zlepšovacích návrhů vzešlých od zaměstnanců. Tyto nápady vyprodukované zaměstnanci ve výsledku mají až čtyřicetiprocentní podíl na celkovém růstu produktivity podniku.⁶⁴

8.2 Robert Bosch GmbH

Německá společnost Robert Bosch GmbH byla založena roku 1886 Robertem Boschem. Sídlo společnosti se nachází v německém Gerlingenu, nedaleko Stuttgartu. Celosvětově firma zaměstnává cca 390000 lidí a celkové příjmy za rok 2016 činily přes 73 miliard eur. Celá skupina Bosch Group zahrnuje více než 440 dceřiných a regionálních společností ve více než 60 zemích světa.⁶⁵ Společnost Bosch je celosvětově významným výrobcem různých typů komponent do automobilů, průmyslové techniky, spotřebního zboží a elektrického nářadí.

Postavení společnosti Bosch vůči konceptu Průmysl 4.0 je dvojí. Je jedním z lídrů v zavádění konceptu Průmyslu 4.0 do vlastní výroby, navíc také mnoho technologických řešení poskytuje svým zákazníkům. Základem všech řešení je v podání společnosti Bosch konektivita neboli propojení jednotlivých prvků účastnících se výroby. Tato konektivita je ve velkém množství továren Bosch uskutečňována pomocí technologie RFID (Radio Frequency Identification - identifikace na rádiové frekvenci). Například v továrně v německém Homburgu jsou RFID čipy jsou umístěovány na obrobky a pomocí čtečky na dané pozici montážní linky, která čip přečte, pak daný stroj pozná, které kroky mají být dále provedeny pro dokončení výrobku. To zvyšuje efektivitu výroby, její flexibilitu, kdy je možné vyrábět na stejné výrobní lince více odlišných produktů v malých sériích. Pomocí RFID čipů jsou zde monitorovány i přepravky či boxy což značně zefektivňuje vnitropodnikovou logistiku. Pracovníci totiž mají přesné informace o tom, kde se který výrobek nebo materiál nachází, kdy dorazí na dané pracoviště nebo jaký je stav zásob. Informace z výroby jsou zaměstnanci předávány v reálném čase na velkých monitorech prostřednictvím videa nebo fotografie.

Jiná továrna Bosch, nacházející se v Blaibachu, byla za své snažení při zavádění nových prvků čtvrté průmyslové revoluce do výroby dokonce oceněna v roce 2015 prestižní cenou

⁶³ Digitale Fabrik: Die Fabrik von morgen. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2014 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-die-fabrik-von-morgen.html/>

⁶⁴ LELEK, Milan. Digitální továrna Siemens Amberg. *MES centrum* [online]. 2015 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/168-digitalni-tovarna-siemens-amberg/>

⁶⁵ *Bosch Media Service* [online]. 2017 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.bosch-presse.de/>

Industry 4.0. Technologie RFID zde pomáhá mapovat veškeré vnitropodnikové toky materiálu, což slouží jako podklad pro virtuální model celé továrny. Kromě technologie RFID přispělo ke zdejšímu výraznému nárůstu produktivity také vybavení výrobních linek tisíci senzory. Ty zaznamenávají řadu veličin během procesu výroby, jako například tlak, teplotu, vibrace stroje a pomohou tak detekovat blížící se problém. Software data přijatá ze senzorů vyhodnocuje a naplňuje pak v dostatečném předstihu údržbu. Zaměstnancům jsou informace předávány pomocí mobilních zařízení (tabletů), prostřednictvím kterých také získávají informace, jak údržbu (nebo jiný pracovní úkon) provést – např. zhlédnutím videa (viz obrázek 7).



Obrázek 7: Sledování a řízení výroby v reálném čase prostřednictvím mobilního zařízení v jedné z továren společnosti Bosch⁶⁶

Další praktické ukázky Průmyslu 4.0 využívané v továrnách Bosch:

- Produkt Nexo, což je akumulátorový šroubovák, který je schopen během šroubování měřit utahovací moment, rychlost našroubování, úhel zkrutu a díky těmto datům pak může být vyhodnocena správnost provádění procesu a navrhováno jeho zlepšení, popřípadě řešení problémů.

⁶⁶ 1-RB-21915: Industry 4.0 ve společnosti Bosch – propojená výroba. In: *Bosch Česká republika* [online]. ©2016 [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: <http://press.bosch.cz/img/db/obrazky/1-RB-21915.jpg/>

- V závodu v Reutlingenu pro zvýšení kvality zaměstnanci pracují ve speciálních rukavicích, které jsou díky ultrazvukové technologii schopny zaznamenávat pohyby daného pracovníka, respektive přesnou pozici rukavic. Je tak možné vyhodnotit, zda byl daný pracovní úkon proveden správně. Pro usnadnění práce je navíc pracovníkovi celý pracovní postup zobrazován po jednotlivých krocích.
- Vývojový tým v norimberském závodě výrazným způsobem změnil způsob vnitropodnikové dopravy. Místo klasických dopravníků zde materiál převáží systém AutoBod, což je malé dvoukolové vozítko, vybavené navíc čtyřmi menšími kolečky pro lepší stabilitu. AutoBod se v rámci závodu naviguje pomocí mapy, kterou zaznamenal při první jízdě. Pomocí laserového čidla identifikuje překážky a bezdrátově informuje jiná vozítka. Materiál je objednávan automaticky a požadavky jednotlivých pracovišť jsou vždy předány AutoBodu, který se nachází nejbližší a nevyřizuje v dané chvíli jinou objednávku. Tento nový způsob vnitropodnikové logistiky značně šetří čas i úsilí zaměstnanců, navíc umožňuje vyšší využití plochy uvolněním místa po dopravnících.

Hovoříme-li o značce Bosch, za zmínku stojí i jedna z dceřiných společností společnosti Bosch fungující na českém území – Bosch Diesel s.r.o., která byla uvedena do provozu v roce 1993 a nachází se v Jihlavě. V současnosti zaměstnává na 4400 zaměstnanců a je celosvětově největším výrobním závodem v rámci skupiny Bosch pro dieselové vstřikovací systémy Common Rail. K hlavním produktům se zde řadí dieselová vysokotlaká vstřikovací čerpadla, vysokotlaké zásobníky a tlakové regulační ventily. Právě tato továrna může sloužit jako jeden z příkladů úspěšné praxe při implementaci prvků Průmyslu 4.0 přímo na českém území. Právě pro tyto účely zde byl v roce 2015 vytvořen speciální tým. Při zavádění nových prvků je v této společnosti kladen především důraz na maximální spolupráci a komunikaci mezi jednotlivými úseky podniku, Průmysl 4.0 je pak brán jako prostředek, který by měl pomáhat zaměstnancům a poskytovat jim veškeré potřebné informace k tomu, aby mohli učinit správné rozhodnutí. Již v roce 2015 zde byl dokončován projekt, inspirovaný jinými závody společnosti Bosch, jehož výstupem je online sledování stavu obráběcích strojů – prostřednictvím řady senzorů, které sledují např. teplotu nebo vibrace stroje a hlásí odchylky, které tak zavčas mohou signalizovat blížící se poruchu. Stejně tak jsou také v podniku uskutečňovány projekty, jejichž cílem je optimalizace procesů údržby strojů propojením jednotlivých informačních systémů a sledováním procesů v reálném čase prostřednictvím mobilních ICT zařízení.⁶⁷

⁶⁷ Industry 4.0: klíč k přežití v konkurenčním boji. *Control Engineering* [online]. 2015 [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artikyly/artikul/article/industry-40-klic-k-preziti-v-konkurencnim-boji/>

8.3 Platforma FIOT společnosti Foxon s.r.o.

Společnost Foxon s.r.o. je českou firmou, založenou v roce 2006. V současné době má přes 30 kmenových zaměstnanců a mnoho spolupracovníků externích. V této kapitole je jedním z příkladů dodavatelů technologických řešení pro Průmysl 4.0 na českém trhu. Hlavní činností firmy nabídka komponent především z oblasti průmyslové automatizace na českém a slovenském trhu. Kromě již osvědčených produktů zprostředkovávají zákazníkům i technologické novinky od výrobců třetích stran. Především jde o technologie určené pro řídicí systémy Siemens Simatic, již výše zmiňované. Společnost Foxon spolupracuje kromě společnosti Siemens s řadou dalších dodavatelů, kteří jsou špičkami ve svých oborech a poskytuje tak zákazníkům na českém trhu jejich produkty - belgickou společnost eWON (průmyslové routery a modemy), německou firmu Deltalogic (hardwarová i softwarová řešení pro programování PLC jednotek Simatic), americkou společnost Monnit Corporation (bezdrátové senzory), ThingWorx nebo čínskou firmu Softlink (PLC řídicí jednotky).⁶⁸

Společnost Foxon se velmi aktivně zabývá tématem Průmysl 4.0 a jako první v Česku a na Slovensku představila komplexní, ucelené řešení pro koncept P4.0. Toto řešení má název FIOT (zkratka z Foxon Internet of Things) a celá platforma byla představena na veletrhu Amper v Brně v březnu 2016. Ucelenost tohoto řešení FIOT spočívá v tom, že jeden systém v sobě zahrnuje jak softwarové, tak i hardwarové technologie. Při vytváření celého systému se společnost zaměřila především na oblast condition monitoring a prediktivní a chytrou údržbu. Na vytvoření platformy se podílejí kooperující firmy (viz výše), dodávající své produkty, které ucelené řešení spoluvytvářejí.

Princip fungování celého systému⁶⁹ (naznačen také na obrázku 8):

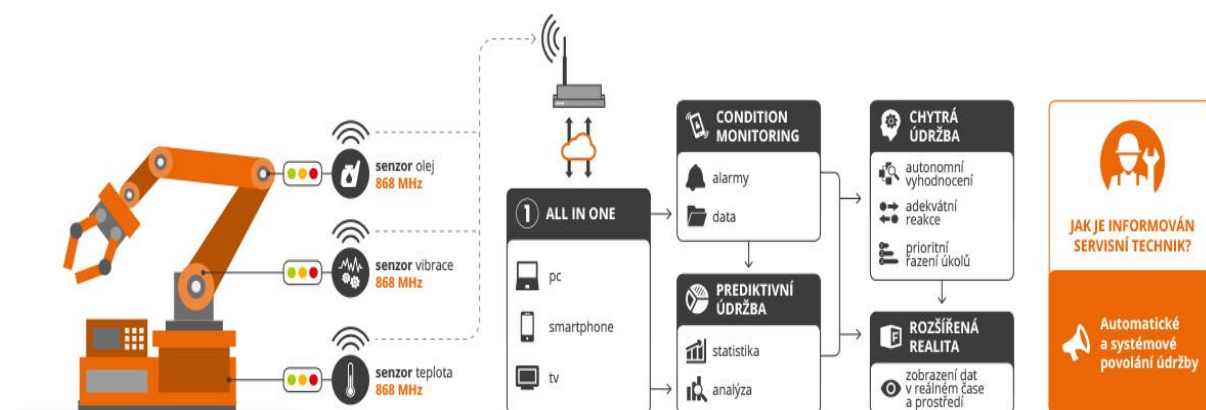
1. Jednotlivá pracoviště (výrobní linky) jsou monitorována pomocí senzorů. Jsou využívány bezdrátové senzory, které lze snáze instalovat na zařízení než zařízení kabelové. Jednoduše a rychle je měřeno široké spektrum veličin - vibrace, teplota, pracovní tlak; jsou kontrolovány hodnoty provozních kapalin (kvalita oleje) nebo také spotřeba elektrické energie.
2. Senzory poté komunikují s dalšími zařízeními pomocí internetové sítě. Data jsou odeslána do cloudu, kde jsou pomocí softwarů analyzována, vyhodnocována a archivována. V oblasti zpracovávání dat nabízí platforma FIOT dvě varianty - nízkonákladovou pro zpracovávání menšího množství dat, případně lokální řešení v rámci podniku a variantu pro zpracování velkého objemu dat, kterou je platforma ThingWorx. Data jsou pochopitelně jednoduše a po celý rok online dostupná.
3. Vyhodnocená data pak v první řadě slouží k monitorování a okamžitému upozornění (formou alarmů - světelná, zvuková signalizace, ale i prostřednictvím SMS nebo e-mailů) na poruchu některého zařízení. Na tento monitoring pak

⁶⁸ O nás. Foxon [online]. Foxon, 2017 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <https://www.foxon.cz/cs/content/o-nas/>

⁶⁹ FIOT: Foxon Internet of Things [online]. Foxon, 2016 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.fiot.cz/>

navazuje prediktivní údržba. Díky sledování stavu strojů a zařízení se predikuje blížící porucha a plánují se procesy údržby tak, aby k poruše vůbec nedošlo. Pracovníkovi jsou všechny informace, data, grafy atd. v reálném čase vizualizovány na obrazovkách, prostřednictvím PC nebo mobilních zařízení (smartphonů, tabletů).

4. Dalším stupněm pak je takzvaná chytrá údržba, která vychází z prediktivní i z condition monitoringu. V rámci tohoto konceptu již dochází k autonomnímu vyhodnocování možných problémů, software také dokáže pracovníkům přidělovat jednotlivé úkoly. Pracovník má neustálý online přístup ke všem potřebným datům a informacím prostřednictvím snadno ovladatelných aplikací - dashboardů, které používá na svém mobilním zařízení. Společně s prvky rozšířené reality je pak pracovníkovi usnadněn i případný pracovní výkon. Na mobilním zařízení je pohled na reálný objekt (stroj, zařízení, výrobní linka) obohacen o mnoho dalších prvků - např. jednotlivé kroky pracovního postupu, okamžité údaje o monitorovaných veličinách, odkazy na příslušnou dokumentaci atd.



Obrázek 8: Schéma fungování systému FIOT⁷⁰

⁷⁰ Rozšířená realita. In: <http://www.fiot.cz> [online]. Foxon, 2016 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.fiot.cz/o-projektu/zakladni-pilire/rozsirena-realita-rt/>

8.4 Robot YuMi společnosti ABB

Společnost ABB je švédsko-švýcarskou nadnárodní společností se sídlem ve švýcarském Curychu. Působí zejména v oblasti robotiky, průmyslové automatizační techniky, energetických technologií a elektrotechnických produktů. Ke konci roku 2016 společnost ABB působila ve více než 100 zemích a zaměstnávala zhruba 132 tisíc zaměstnanců.⁷¹ V České republice má společnost sedm výrobních závodů a čtyři centra pro výzkum, vývoj a servisní služby.

V roce 2016 byl v její továrně v Jablonci nad Nisou, která se zabývá výrobou elektrotechnických výrobků, uveden do provozu robot s názvem YuMi (zobrazen na obrázku 9). Ten byl společností ABB, divizí robotiky, také vyvinut a veřejnosti oficiálně představen v roce 2015 na veletrhu v Hannoveru, název YuMi je zkratkou z anglického „You and Me“, do češtiny přeloženo „ty a já“, což má symbolizovat unikátnost robotu, jež spočívá ve spolupráci s operátorem přímo na lince na společném pracovním úkolu, aniž by byl robot nějakým způsobem izolován např. v kleci, nebo v rámci bezpečnostní zóny. V tomto směru jde o první robot svého druhu na světě. Naprostá bezpečnost pracovníka je zajištěna, neboť robot je díky citlivým senzorům schopen, při detekování potenciální kolize, zastavit svůj pohyb v řádu milisekund. Spuštění je poté snadné pomocí stisknutí jediného tlačítka. Robot byl vyvíjen s myšlenkou napodobení lidských schopností - zejména kontroly pomocí hmatu, vizuální kontroly a vnímání objektů, prostorového vnímání a pochopitelně motorických vlastností. Pro požadované využití - tedy zejména výrobu průmyslové elektroniky, kde je vysoce frekventovanou činností montáž drobných součástek, je robot uzpůsoben díky dvěma ohebným pažím, které se dokáží pohybovat každá v sedmi osách pohybu. Paže jsou vyrobeny z lehké, ale pevné kostry z hliníkové slitiny, jsou pokryty pružným plastovým pláštěm, simulujícím lidské svalstvo a vše je pokryto měkkým polstrováním. I přes tyto bezpečnostní prvky paže dokáží vykonávat opakované pohyby s velmi vysokou přesností 0,02 mm a maximální rychlostí 1500 mm/s.⁷² Celý robot dohromady váží 35 kilogramů a je tak také možné jej velmi snadno přemísťovat. Lokalizace součástek probíhá pomocí kamerového systému a robot v sobě má integrovaný systém řízení. Zjednodušené je i programování robotu - to je v podstatě realizováno formou učení - pohyby rukou při práci operátora jsou zachyceny kamerovým systémem a převedeny softwarem do kódu, kterým se poté robot YuMi ovládá. Velké množství času, které by se za normálních okolností spotřebovalo na programování, je tak sníženo na několik minut práce.

⁷¹ ABB delivers growth in fourth quarter. *ABB Group* [online]. Zurich, Switzerland: ABB, 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://new.abb.com/news/detail/683/abb-delivers-growth-in-fourth-quarter>

⁷² Budoucnost robotiky a automatizace závisí na společné práci lidí a robotů. *ABB Group* [online]. ABB, ©2015 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/191cbbc9809f411aac23d1feac1a9d0/yumi_backgrounder.pdf



Obrázek 9: Spolupráce robotu YuMi a operátora při montáži zásuvky⁷³

Robot umožňuje vyšší flexibilitu výroby, výraznou měrou se zvyšuje efektivita i kvalita výroby. Pozitivní efekt však robot nepřináší pouze výrobci - pro zákazníky to znamená vyšší kvalitu a nižší cenu finálních produktů + také větší možnost individuálních požadavků na produkt; pro dělníky to znamená bezpečnější pracovní prostředí, omezení fyzické práce a možnost soustředění se na kreativní činnosti v rámci výrobního procesu; zmínit se musí i větší šetrnost vzhledem k životnímu prostředí. Můžeme tak prohlásit, že ke zlepšení dochází v rámci celého životního cyklu produktu. Díky dalším technologiím, které byly výše jmenovány jako typické pro Průmysl 4.0, a které umožňují monitoring funkcí robotu v reálném čase a nahrazení reaktivní údržby způsobem prediktivním a proaktivním, je navíc zvyšována stabilita chodu robota a jeho životnost.

V rámci továrny v Jablonci je robot využíván na výrobní lince určené pro montáž elektrických zásuvek, kde spolupracuje společně s operátorem. Výroba zásuvky při této spolupráci probíhá takto: Operátor na počátku montáže položí před robot dvě víčka zásuvky a dvě krytky dětské pojistky. Robot poté pomocí přísavek zvedne dětské pojistky a nasadí je do víček. Následně robot ze zásobníku odebere dvě pružinky pro každou zásuvku a vloží je mezi dětskou pojistku a víčko. V závěrečném kroku zdvihne pomocí vakuových přísavek krytku dětské pojistky a položí je na víčko, které je již opatřeno pojistkou a pružinkami. Závěr celého postupu pak má na starosti operátor, který zatlačí krytku dětské pojistky do víčka,

⁷³ Robot YuMi® bude spolupracovat na montáži zásuvek v závodě ABB v České republice. In: *ABB Group* [online]. Praha, Česká republika: ABB, 2016 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/cc5edac021c6f03ac1257fa900302659/\\$file/0516-ABB_YuMi_0208.jpg](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/cc5edac021c6f03ac1257fa900302659/$file/0516-ABB_YuMi_0208.jpg)

opatří víčko šroubkem a odešle zásuvku k balení. Takto vyrobené dvě zásuvky odcházejí z pracoviště každých 18 vteřin.⁷⁴

Robot YuMi může sloužit jako názorný příklad spolupráce mezi člověkem a robotem v rámci průmyslové výroby, kde je evidentní, že není cílem člověka nahradit, ale usnadnit mu činnost a současně celý proces zrychlit a zefektivnit. Do budoucna bude nutné tuto kooperaci nadále prohlubovat a rozšiřovat do více průmyslových odvětví. Dosaženým stavem by měla být zvýšená produktivita výroby díky využití robotů, které nahradí člověka při fyzicky namáhavých a rutinních pracovních činnostech, přičemž zvýšení produktivity ale zároveň povede ke vzniku více pracovních míst.

8.5 Festo Didactic

Společnost Festo je jedním ze světově významných dodavatelů automatizační techniky. Společnost byla založena v roce 1925 v Německu a sídlo společnosti se nachází ve městě Esslingen am Neckar. V současné době má svou pobočku v 61 zemích světa a své obchodní zastoupení ve 176 zemích světa.⁷⁵ Firma Festo se výrazně zabývá konceptem Industry 4.0 a v Německu byla jedním z lídrů při formování této vize (je členem výše zmiňované německé platformy Industrie 4.0). V tomto přehledu se nachází především díky svému programu Festo Didactic.

Festo Didactic je projekt, který se zabývá poskytováním školení, konzultací a tvorbou výukových programů, které jsou zaměřeny zejména na průmyslovou a procesní automatizaci. Odborná školení jsou pořádána jak pro průmyslové podniky, tak pro technické školy, ale i pro laickou veřejnost. Mezi ostatními tématy pak zde také vznikl konkrétní program pro výuku principů Průmyslu 4.0, v rámci kterého probíhá vzdělávání ohledně Průmyslu 4.0 také v České republice. Festo Didactic využívá i svých praktických zkušeností z oblasti automatizace a digitalizace. Tento vzdělávací systém je podpořen inovativními technologiemi, které jsou charakteristické pro Průmysl 4.0 - kyberfyzické systémy, RFID a NFC technologie, inteligentní vertikální a horizontální síťové propojení, monitorování průběhu výroby pomocí senzoričky, autonomní robotika, virtuální realita a další.⁷⁶ Jednotlivé aspekty celého konceptu jsou tak vyučovány nejen formou přednášek, ale i možností vyzkoušet si model inteligentního pracoviště prakticky. Celý tento vzdělávací systém nabízí široké spektrum úrovní vzdělávání v této oblasti - od možnosti vyzkoušet si jednotlivé modulární pracoviště I4.0 - až po komplexní síťově propojený model chytré továrny. Na těchto ukázkách tak mohou být prezentovány budoucí způsoby průmyslové výroby s důrazem na základní principy fungování celého konceptu. Vyjma tohoto funguje také online

⁷⁴ Robot YuMi® bude spolupracovat na montáži zásuvek v závodě ABB v České republice. In: *ABB Group* [online]. Praha, Česká republika: ABB, 2016 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.abb.cz/cawp/seitp202/3bece769d5aae512c1257fa8002faba8.aspx>

⁷⁵ Festo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Festo>

⁷⁶ *Festo Didactic* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.festo-didactic.com>

platforma Industry 4.0, která umožňuje nepřetržitou komunikaci mezi uživateli a lektory a je tak možné neustále rozvíjet své znalosti či si předávat mezi sebou své zkušenosti.

Tyto odborné kurzy jsou určeny jak zaměstnancům průmyslových podniků, tak i studentům technických škol, s nimiž společnost Festo aktivně spolupracuje. Vzdělat se zde ale mají možnost i zájemci z řad laické veřejnosti. Cílem je informovaná a na zásadní technologické změny připravená veřejnost, zejména jsou však důležití kvalifikovaní zaměstnanci průmyslových podniků, kteří dokáží efektivně využívat moderní technologie a kteří jsou v případě nutnosti schopni řešit i náhlé problémy a nečekané situace. V České republice v současné době (mimo individuální konzultační činnost s konkrétními podniky) je v rámci tohoto vzdělávacího systému vyučován lektory společnosti Festo Průmysl 4.0 v rámci jednodenních seminářů, konajících se jednou do roka, kde jsou zájemci seznámeni se základními myšlenkami konceptu, s charakteristickými technologiemi a možnostmi jejich využívání v praxi, včetně toho, že si mohou dané poznatky prakticky vyzkoušet díky modelu chytré továrny. Mimo tento seminář je v ČR společností Festo nabízeno mnoho dalších, které svou náplní také spadají, ať už více, či méně do problematiky Průmyslu 4.0. Namátkou jde o semináře zaměřené na sensoriku nebo programovatelné automaty.⁷⁷ Program Festo Didactic je tak v současné době elitním poskytovatelem poradenských a školicích činností, které doposud nejsou v České republice příliš rozšířeny.



Obrázek 10: Model kyberfyzické továrny pro Průmysl 4.0 společnosti Festo Didactic⁷⁸

⁷⁷ Festo Didactic [online]. ©2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.festo-didactic.com>

⁷⁸ Festo_Industry_4.0_3. In: *SCi-LiNE* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: https://www.sci-line.cz/images/clanky/clovek/Perspektiva_2030/FESTO/Festo_Industry_4.0_3.JPG

9 Závěr

Průmysl 4.0 je stále novým termínem a je poměrně obtížné vyjádřit jeho přesnou definici. Také odborníci, kteří se na toto téma začali specializovat, definují Průmysl 4.0 odlišně. Prvotní myšlenkou, zveřejněnou v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru, byla změna průmyslové výroby, s důrazem na automatizaci a postupnou digitalizaci výroby a návrh možných řešení pro tuto oblast. Postupem času je více zřejmé, že společně se změnami v oblasti průmyslu bude třeba vnímat a řešit změny v dalších společenských oblastech. Je na každém, zda bude vnímat jako stěžejní název (označení) Průmysl 4.0 změny v dalších popisovaných oblastech mimo průmyslovou výrobu, jako je trh práce, vzdělávání, energetika, oblast výzkumu a vývoje a další, budou brány jakožto změny vyplývající právě z původní myšlenky konceptu a spadající pod označení Průmysl 4.0. Nebo zda přijme současný, možná spíše módní trend, přidávat k označení pro jednotlivé oblasti přídomek 4.0 - viz již vzniklé iniciativy v ČR jako Práce 4.0, Vzdělání 4.0, Energetika 4.0, Společnost 4.0 a jiné. Toto je pouze otázka terminologie, podstatné je opravdu pochopit komplexnost celého konceptu. Zavedení byť jednoho nového technologického řešení do výroby nepůjde bez patřičného integrování do fungujícího celku a stejně tak na změny ve struktuře výroby musí zareagovat trh práce a systém vzdělávání, společně s využíváním nových technologií musí být vytvořeny patřičné standardy a samozřejmě musí být ošetřeny také legislativní aspekty. Pro vývoj nových technologií je zase důležitá oblast aplikovaného výzkumu. Nelze tedy, zjednodušeně řečeno, uvažovat pouze něco a ostatní aspekty nebrat v potaz. Moderní terminologií řečeno - je třeba zvládnout úspěšný přechod na Myšlení 4.0.

Právě takto nahlíží na celou myšlenku Průmyslu 4.0 i Národní iniciativa Průmysl 4.0, jejíž stěžejní postavou je již zmiňovaný profesor Vladimír Mařík. Ta analyzuje jednotlivé oblasti, kterými je třeba se zabývat a nabízí tak první doporučení pro úspěšnou implementaci, respektive body, které bude třeba prioritně řešit.

Tato bakalářská práce měla za cíl seznámit s podstatou celé myšlenky Průmyslu 4.0, potažmo 4. průmyslové revoluce, jak je současné období také nazýváno. Právě pro označení 4. průmyslové revoluce byly pro kontext popsány i předchozí tři období, označené jako průmyslové revoluce. Koncept zde nebyl popsán jen z pohledu změn v oblasti průmyslové výroby a nastupujících nových technologií, které mohou vysoce zefektivnit výrobu, ale i z pohledu změn v dalších společenských oborech a oblastech. Byl při tom ale kladen akcent právě na úspěšnou implementaci konceptu Průmysl 4.0 do výroby podniků. Pro potřeby České republiky by k této implementaci měla sloužit zejména právě Národní iniciativa Průmysl 4.0. Dále byl v této práci zhodnocen současný stav České republiky z pohledu přijímání prvků Průmyslu 4.0 a byla zde nabídnuta některá doporučení, jejichž využití by v tomto procesu přechodu k novým způsobům výroby měla mít pozitivní efekt. Pro tento hladký přechod v podnicích je samozřejmě důležité také, aby ČR byla připravena na změnu struktury trhu práce, a lidem musí být též umožněno odpovídající a požadované vzdělání. Proto byla nabídnuta některá aplikovatelná doporučení také pro tyto oblasti. A jako důležité aktuální téma byla zmíněna oblast energetiky, kde bude muset podle předních českých odborníků, kteří se problematikou zabývají, dojít ke změně celého energetického systému.

V mnoha případech ve firmách je také překážkou nedostatečná znalost a pochopení konceptu, potažmo nedostatečná znalost nových možností, které se firmám nabízejí. Proto zde bylo uvedeno i několik příkladů dobré praxe. Jako typický příklad továrny s fungujícími prvky Průmyslu 4.0 byla zmíněna továrna v Siemensu v Ambergu, byl popsán pohled na otázku Průmyslu 4.0 ze strany celosvětově významné značky Bosch. Kromě toho byl také představen ucelený koncept řešení pro podniky vzešlý od české firmy Foxon. Jako příklad konkrétního prvku, který zefektivňuje celý výrobní proces, byl zmíněn spolupracující robot fungující v továrně firmy ABB v Jablonci nad Nisou, který je názornou ukázkou toho, že automatizační technologie mají lidem v práci pomáhat a usnadňovat ji, nikoliv ji lidem brát. Jako příklad do jisté míry mezery na českém trhu byl uveden projekt firmy Festo - Didactic, který se zaměřuje na edukační činnost v problematice Průmyslu 4.0. Tato oblast pochopitelně nemůže zůstat v žádném případě zanedbána.

Naprostým závěrem by měl být zmíněn jeden malý apel. Je třeba dávat pozor, aby možná doporučení a akční plány nezůstaly pouze na papíře a místo konkrétních realizací nevznikala pouze další teoretická řešení a o celé problematice by tak bylo spíše pouze diskutováno - o něčem pouze hovořit bývá to nejsnazší, ale bez vůle nové myšlenky realizovat pak ke kýženému posunu nedojde.

Zdroje

- [1] AUBRECHT, Radek a Michal KADERKA. *Maturitní otázky - dějepis*. Praha: Fragment, 2007. Maturitní otázky. ISBN 978-80-253-0500-3
- [2] Průmyslová revoluce. *Czech.cz* [online]. 2009 [cit. 2016-10-01]. Dostupné z: <http://www.czech.cz/cz/66243-prumyslova-revoluce>
- [3] HAŠKOVEC, Vít, Ondřej MÜLLER a Irena TATÍČKOVÁ. *Galerie géníů, aneb, Kdo byl kdo*. 3., opr. vyd. Praha: Albatros, 2005. ISBN 80-00-01600-1.
- [4] STARK, John. *Product lifecycle management: 21st century paradigm for product realisation*. 2nd ed. New York: Springer, c2011. ISBN 0857295454
- [5], [6], [7] EDL, Milan. Řízení životního cyklu produktu (PLM). Plzeň: SmartMotion, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-87539-04-0
- [8], [14], [17], [26], [28], [29], [31], [37], [42], [44], [46], [50] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0
- [9] Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Industrie 2025* [online]. Zurich: Deloitte, ©2015 [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-delloite-ndustry-4-0-24102014.pdf
- [10] HARRIS, Stephen. Industry 4.0: The next industrial revolution. *The Engineer* [online]. 2013 [cit. 2015-10-21]. Dostupné z: <https://www.theengineer.co.uk/issues/july-2013-online/industry-4-0-the-next-industrial-revolution/>
- [11] Internet věci mění průmysl, dopravu i domácnost, díl I. *Sprinx.com* [online]. 2016 [cit. 2016-10-27]. Dostupné z: <http://www.sprinx.com/Blog/Obchod/Rijen-2016/Internet-veci-meni-prumysl,-dopravu-i-domacnost,-d>
- [12] SVOBODA, Jiří. Cloud computing. *Systémová integrace* [online]. 2009, 16(2) [cit. 2016-11-01]. ISSN 1210-9479. Dostupné z: <http://www.cssi.cz/cssi/cloud-computing>
- [13], [15], [49] SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0-241-30075-6
- [16] BAUMAN, Milan. Trh budoucnosti: rozšířená realita, už opravdu nejde o fantazii. *Technický týdeník* [online]. 2016 [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/trh-budoucnosti-rozsirena-realita-uz-opravdu-nejde-o-fantazii_34060.html
- [18], [60], [61], [63] Digitale Fabrik: Die Fabrik von morgen. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2014 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-die-fabrik-von-morgen.html/>
- [19] Hintergrund zur Plattform Industrie 4.0. *Plattform Industrie 4.0* [online]. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, ©2016 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html>
- [20] Kompetenzen. *Fraunhofer IESE* [online]. Fraunhofer-Gesellschaft, ©2015 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <https://www.iese.fraunhofer.de/de/competencies.html>
- [21] Digitalizace je základní strategií pro Průmysl 4.0. *Business World* [online]. 2016 [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: <http://businessworld.cz/analyzy/digitalizace-je-zakladni-strategii-pro-prumysl-4-0-13059>
- [22], [23] Nouvelle France Industrielle. *Www.entreprises.gouv.fr* [online]. 2016 [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/nouvelle-france-industrielle/industrie-du-futur-dp-2016-05-23.pdf

- [24] Industrial Internet Consortium. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Internet_Consortium
- [25] LEE, Xin En. Made in China 2025: A New Era for Chinese Manufacturing. CKGBS Knowledge [online]. 2016 [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: <http://knowledge.ckgsb.edu.cn/2015/09/02/technology/made-in-china-2025-a-new-era-for-chinese-manufacturing/>
- [27] Průmysl - prosinec 2016: Průmyslová produkce v roce 2016 vzrostla o 2,9 %. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2017 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cris/prumysl-prosinec-2016>
- [30] Informační společnost v číslech - 2016. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2016 [cit. 2016-12-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/informacni-spolecnost-v-cislech-2016>
- [32] Míry zaměstnanosti, nezaměstnanosti a ekonomické aktivity - prosinec 2016. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2017 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cris/miry-zamestnanosti-nezamestnanosti-a-ekonomicke-aktivity-prosinec-2016>
- [33] Eurostat - Structural Business Statistics. *Eurostat* [online]. Eurostat, 2014 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- [34], [35] Education at a Glance 2016: OECD Indicators. *OECD.org* [online]. OECD, 2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.oecd.org/edu/education-at-a-glance-19991487.htm>
- [36] Osoby s terciárním vzděláním, studenti a absolventi terciárního vzdělávání. *Český statistický úřad* [online]. 2015 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/osoby-s-terciarnim-vzdelanim-studenti-a-absolventi-vysokych-skol>
- [38], [39] PRŮMYSL 4.0. *Fakulta strojní ČVUT v Praze* [online]. ČVUT FS, ©2014-2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/zajemci-o-studium/formy-studia/navazujici-magisterske-programy/pr40-program/>
- [40] *Kybernetická revoluce CZ* [online]. CzechInno, ©2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: www.kybernetickarevoluce.cz
- [41] MAREK, Pavel. Seminář Centra Průmyslu 4.0. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2017 [cit. 2017-03-05]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/navsteva/seminar-centra-prumyslu-4-0.html>
- [43] VYSOKORYCHLOSTNÍ INTERNET. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. MPO, 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2017/vysokorychlostni-internet--227421/>
- [45] MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0 a jeho dopady v energetice, dopravě a stavebnictví. *Český institut informatiky robotiky a kybernetiky* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: http://www.copub.cz/userFiles/top-expo/tee-2016/marik_vladimir.pdf
- [47] Best Countries for Education. *U.S. News* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <https://www.usnews.com/news/best-countries/education-full-list>
- [48] ZAREVA, Teodora. The Latest School Reform in Finland Introduces a New Way to Look at Subjects. *Big think* [online]. 2016 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://bigthink.com/design-for-good/the-latest-school-reform-in-finland-introduces-a-new-way-to-look-at-subjects>
- [51], [52] CHMELARĚ, Aleš a kol. Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU. *Úřad vlády České republiky* [online]. 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>

- [53] By The Numbers: MOOCS in 2016. *Class Central* [online]. ©2011-2017 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.class-central.com/report/mooc-stats-2016/>
- [54] Studie Iniciativa práce 4.0. *Integrovaný portál Ministerstva práce a sociálních věcí* [online]. Národní vzdělávací fond, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/prace_4_0/studie_iniciativa_prace_4.0.pdf
- [55] Společnost 4.0. *Digiczech* [online]. 2017 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://digiczech.eu/spolecnost-4-0-2/>
- [56] Siemens Annual Report. *Siemens* [online]. Siemens AG, 2016 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: http://www.siemens.com/investor/pool/en/investor_relations/Siemens_AR2016.pdf
- [57] Image. In: *Siemens* [online]. Siemens AG, ©2013 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/content/dam/internet/siemens-com/innovation/pictures-of-the-future/2015/industry-and-automation/photos/2013-12-02-me-082-2126x1417-300dpi.jpg.adapt.916.high.jpg/1453386466622.jpg/>
- [58], [59], [64] LELEK, Milan. Digitální továrna Siemens Amberg. *MES centrum* [online]. 2015 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/168-digitalni-tovarna-siemens-amberg/>
- [62] STUHLÍK, Jan. Siemens v německém Ambergu ukazuje čtvrtou průmyslovou revoluci. *E15* [online]. 2015 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/siemens-v-nemeckem-ambergu-ukazuje-ctvrtou-prumyslovou-revoluci-1237279/>
- [65] *Bosch Media Service* [online]. 2017 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.bosch-presse.de/>
- [66] 1-RB-21915: Industry 4.0 ve společnosti Bosch – propojená výroba. In: *Bosch Česká republika* [online]. ©2016 [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: <http://press.bosch.cz/img/db/obrazky/1-RB-21915.jpg/>
- [67] Industry 4.0: klíč k přežití v konkurenčním boji. *Control Engineering* [online]. 2015 [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/industry-40-klic-k-preziti-v-konkurencnim-boji/>
- [68] O nás. *Foxon* [online]. Foxon, 2017 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <https://www.foxon.cz/cs/content/o-nas/>
- [69] *FIOT: Foxon Internet of Things* [online]. Foxon, 2016 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.fiot.cz/>
- [70] Rozšířená realita. In: <http://www.fiot.cz> [online]. Foxon, 2016 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.fiot.cz/o-projektu/zakladni-pilire/rozsirena-realita-rr/>
- [71] ABB delivers growth in fourth quarter. *ABB Group* [online]. Zurich, Switzerland: ABB, 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://new.abb.com/news/detail/683/abb-delivers-growth-in-fourth-quarter>
- [72] Budoucnost robotiky a automatizace závisí na společné práci lidí a robotů. *ABB Group* [online]. ABB, ©2015 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/191cbbc9809f411aac23d1feac1a9d0/yumi_backgrounder.pdf
- [73], [74] Robot YuMi® bude spolupracovat na montáži zásuvek v závodě ABB v České republice. In: *ABB Group* [online]. Praha, Česká republika: ABB, 2016 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/cc5edac021c6f03ac1257fa900302659/\\$file/0516-ABB_YuMi_0208.jpg](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/cc5edac021c6f03ac1257fa900302659/$file/0516-ABB_YuMi_0208.jpg)
- [75] Festo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Festo>

[76], [77] *Festo Didactic* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.festo-didactic.com>

[78] *Festo_Industry_4.0_3*. In: *SCi-LiNE* [online]. ©2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: https://www.sci-line.cz/images/clanky/clovek/Perspektiva_2030/FESTO/Festo_Industry_4.0_3.JPG