

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Management údržby s přihlédnutím k výzvě
Průmysl 4.0**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce
prof. Ing. Václav Legát, DrSc.

Autor
Pavel Potylitsyn

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pavel Potylitsyn

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Management údržby s přihlédnutím k výzvě Průmysl 4.0

Název anglicky

Maintenance management with respect to Industry 4.0 challenge

Cíle práce

Promítnout požadavky výzvy Průmysl 4.0 do koncepce managementu údržby v průmyslovém podniku a vytvořit concept Údržby 4.0.

Metodika

Studium výzvy Průmysl 4.0 a další literatury s tematikou managementu údržby. Využít metodu rešerše k vytvoření stručného a přehledného popisu výzvy Průmysl 4.0 a stávajícího managementu údržby. Definovat nové požadavky na management a inženýrství údržby s přihlédnutím k výzvě Průmysl 4.0. Navrhnout dílčí zlepšení managementu údržby v rámci koncepce Průmysl 4.0. Odhad ekonomických přínosů a nákladů na zlepšení systému managementu údržby ve vybrané organizaci.

Osnova

1 Úvod

2 Cíl a metodika

3 Literární rešerše Průmysl 4.0 se zaměřením na Údržbu 4.0

4 Vypracování koncepce Údržby 4.0

5 Návrh na zlepšení systému managementu údržby ve vybrané organizaci

6 Ekonomické zhodnocení

7 Závěr

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Management údržby s přihlédnutím k výzvě Průmysl 4.0 vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze, dne 28. března 2019.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Václavu Legátovi, DrSc., za poskytnuté rady a věnovaný čas. Dále pánům Ing. Josefu Stejkozovi, Bc. Lukáši Kalivodovi a Ing. Miloši Zejvalovi za ochotu a vedení ve Škoda Auto a.s.

Abstrakt: Cílem této práce je vytvoření koncepce Údržby 4.0 a analýza managementu údržby ve Škoda Auto a.s. s přihlédnutím k výzvě Průmysl 4.0. Úvodní část obsahuje stručný a přehledný popis výzvy Průmysl 4.0 a stávajícího managementu údržby v průmyslu. Poté je popsán průběh managementu a inženýrství údržby s přihlédnutím k výzvě Průmysl 4.0 ve Škoda Auto. V závěru je vypracován návrh zlepšení dané problematiky a zhodnocena efektivita chytrých brýlí.

Klíčová slova: Průmysl 4.0, Údržba 4.0, management údržby, Škoda Auto, zlepšování.

Maintenance management with respect to Industry 4.0 challenge

Summary: The aim of this work is to create a concept of Maintenance 4.0 and to analyze the maintenance management in Škoda Auto and the challenge of Industry 4.0. The introductory part contains a description of the challenges of Industry 4.0 and the current maintenance management in the industry. Further is described the progress of the management and engineering of maintenance, taking into account the challenge of the Industry 4.0 in Škoda Auto. In conclusion, there is a proposal of improvement and the evaluation of effectiveness of the smart glasses.

Keywords: Industry 4.0, Maintenance 4.0, maintenance management, Škoda Auto, improvement.

Obsah

1 Úvod	2
2 Cíl a metodika.....	4
3 Literární rešerše Průmysl 4.0.....	5
3.1 Průmyslové revoluce	5
3.2 Popis konceptu Průmysl 4.0	6
3.2.1 Klíčové elementy konceptu	9
3.2.2 Směry dalšího vývoje	15
3.3 Zahraniční iniciativy a Národní iniciativa Průmysl 4.0.....	18
3.3.1 Zahraniční iniciativy.....	18
3.3.2 Národní iniciativa Průmysl 4.0.....	22
4 Vypracování koncepce Údržby 4.0	24
4.1 Pojem údržby.....	24
4.2 Druhy systémů údržby.....	25
4.3 Organizace a řízení údržby.....	29
4.4 Údržba 4.0 v konceptu Průmysl 4.0	31
5 Návrh na zlepšení systému managementu údržby ve vybrané organizaci	38
5.1 Aspekty Údržby 4.0 ve Škoda Auto	38
5.1.1 SAP R/3	39
5.1.2 SAP HANA a Fiori.....	42
5.1.3 Systémy prediktivní a mobilní údržby	44
5.2 Doporučení k dalšímu rozvoji v oblasti Údržba 4.0.....	45
6 Ekonomické zhodnocení	52
7 Závěr.....	53
Seznam použité literatury	54
Seznam zkratk.....	57
Seznam obrázků.....	58
Seznam tabulek.....	58
Seznam příloh.....	59

1 Úvod

V poslední době se čím dál více průmysl zabývá tím, co s vývojem světa dělají moderní technologie, umělá inteligence a především "velká" data.

Téměř každý výrobní podnik funguje v rámci světového trhu, který je výsledkem globalizace. Objevuje se čím dál více konkurentů, vyrábějících pokrokové výrobky a nabízejících nové služby, a proto jsou nutné nové cesty ke zlepšení a rozvíjení. Je důležité si uvědomit významnost těchto změn a využít příležitostí, naopak však nepodcenit rizika, která s inovacemi nerozlučně souvisejí.

O inovaci je nutné uvažovat jako o definovaném strategickém cíli, pokud chce být firma znalá a úspěšná ve své oblasti. Přičemž tento cíl by měl být stanoven jako promyšlený podnikatelský plán s konkrétními postupy. Mělo by se změnit celkové myšlení, nejen technologie, protože mít pouze stanovený cíl není dostatečné, potřebné jsou také rezervy, schopnosti a kapacity k dosažení tohoto cíle. Postupně získají novou definici rychlost inovací, zákaznický management, flexibilita, produktivita a doba reakce výrobců na změny na trhu. V dnešní době je důležitým faktorem rozvoje jakékoliv výroby internet, který zřetelně ovlivňuje jak běžné životy lidí po celém světě, tak i průmysl a technologie. Internet je nedílnou součástí života a spoluvytváří odlišnou dimenzi globalizovaného světa. Stává se základním prvkem, který zprostředkovává komunikaci mezi stroji, výrobky, počítači a lidmi. Realita a fyzický svět se čím dál tím více spojují s virtuálním světem a vznikají takzvané smart technologie. Pojem "smart" nebo „chytrý“ má významnou pozici v technologickém progresu.

Proces údržby má velký význam v malých i velkých podnicích a představuje nedílnou součást výrobních i nevýrobních zařízení. Kvalitní údržba je velkým přínosem pro podnik a zvyšuje produktivitu výroby, snižuje důsledky poruch a náklady na servis. Plán údržby musí být v souladu s celkovým podnikatelským plánem podniku i se stanovenými cíli. U podniků s moderní průmyslovou výrobou hraje údržba důležitou roli z hlediska ekonomického, neboť výroba vyžaduje výkonné a spolehlivé zařízení. Proto u těchto moderních podniků je pohled na údržbu jako na vedlejší útvar nahrazován moderními trendy údržby s potenciálem dosažení přínosů. Dochází k propojení výrobního úseku a úseku údržby.

Důležitým faktorem pro další vývoj je pokrok v informačních technologiích, který se neustále zrychluje a zkvalitňuje. Rychlost technologického vývoje se stává důležitým nástrojem na poli konkurenčního boje. Na tomto poli je Internet klíčovým faktorem pro čtvrtou průmyslovou revoluci, která tak jako ty předchozí, předznamenává zefektivnění výrobních procesů. Reakcí České republiky na tento trend je koncept Průmysl 4.0, který je komplexním systémem změn, jenž nastávají nebo nastanou v blízké budoucnosti. Přináší s sebou příležitost pro nové obchodní modely, vyšší produktivitu práce, omezení fyzicky náročných profesí a zvýšené požadavky na kybernetickou bezpečnost.

Tato diplomová práce se zabývá konceptem Údržba 4.0, která je součástí Průmyslu 4.0. První část teoretické práce vymezuje rámec tématu Industry 4.0 a zejména jeho českou verzi Průmysl 4.0, definuje základní pojmy v oblasti čtvrté průmyslové revoluce. Druhá část diplomové práce představuje koncept Údržba 4.0, principy a klíčové elementy.

Práce uvádí, jaké panují předpoklady konceptu pro Českou republiku, jeho rizika a přínosy. Cílem diplomové práce je vyhodnocení stávající situace v managementu údržby ve firmě Škoda Auto, a.s. v souladu s principy konceptu Průmysl 4.0.

2 Cíl a metodika

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Cílem společnosti je zavádění prvků Průmyslu 4.0 ve své výrobě, nedílnou součástí tohoto procesu je také zavádění Údržby 4.0 v servisním segmentu. Cílem diplomové práce je vypracovat koncepci Údržba 4.0 a navrhnout zlepšení systému údržby ve vybrané organizaci. Pro komplexnost práce byla vypracována teoretická část rešeršního charakteru, která popisuje znalosti potřebné k pochopení celého konceptu Průmysl 4.0 a jednotlivých prvků Údržby 4.0. V ní autor poskytuje veškeré znalosti, které potřeboval při realizaci.

V teoretické části byly zkoumány základní prvky charakterizující koncept Průmysl 4.0 včetně omezující faktory, které v současné době neumožňují plně implementovat Průmysl 4.0. Mezi takové faktory, především vynikají bezpečnost ukládání a přenosu dat a nedostatečná úroveň technologií (typické pro 3d tisk). Byly zvažovány zahraniční státní iniciativy v oblasti Průmyslu 4.0 a Česká národní iniciativa. Dále byla probrána koncepce Údržby 4.0 jako nedílnou součástí Průmyslu 4.0, byl popsán vliv základních elementů Průmyslu 4.0 na řízení údržby. Byly prozkoumány z hlediska údržby takové prvky jako robotizace internet věcí, automatizace, digitalizace, big data a preventivní údržba, 3d tisk. V praktické části práce byl přezkoumán a popsán proces řízení údržby ve Škoda Auto a.s. Na základě údajů získaných během setkání se specialisty oddělení technických předpisů a standardizace a oddělení metodiky a péče o dlouhodobý majetek byla hodnocena současná situace v managementu údržby s pohledem na Průmysl 4.0. Na základě poskytnutých materiálů byly popsány systémy SAP R/3 a SAP/HANA a uživatelské rozhraní Fiori. Na základě získaných údajů bylo navrženo využití technologie virtuální reality, konkrétně brýle virtuální reality Hololens 2 od společnosti Microsoft.

V rámci poskytnutých podkladů byl vypočítán účinek použití brýlí virtuální reality Hololens 2 a vypočtena doba návratnosti.

3 Literární rešerše Průmysl 4.0

V současnosti, svět prochází rozsáhlými transformacemi, týkajícími se průmyslu a ekonomiky. Primárním aspektem změn jsou nepochybně digitální technologie. Vzniká čtvrtá průmyslová revoluce, ve které mezi jednotlivými stroji, výrobními linkami a celými provozy, bude rozšířena inteligentní komunikační síť podobná internetu. Zároveň dojde i k rozdělení řídicích funkcí, místo dnešních centrálních řídicích systémů.

Pod pojem Průmyslu 4.0 se řadí interakce lidí a strojů, využívání nejnovějších technologií: umělá inteligence, chytré senzory, chytrá data a jejich analýza, inteligentní robotika, a mnohé další.

3.1 Průmyslové revoluce

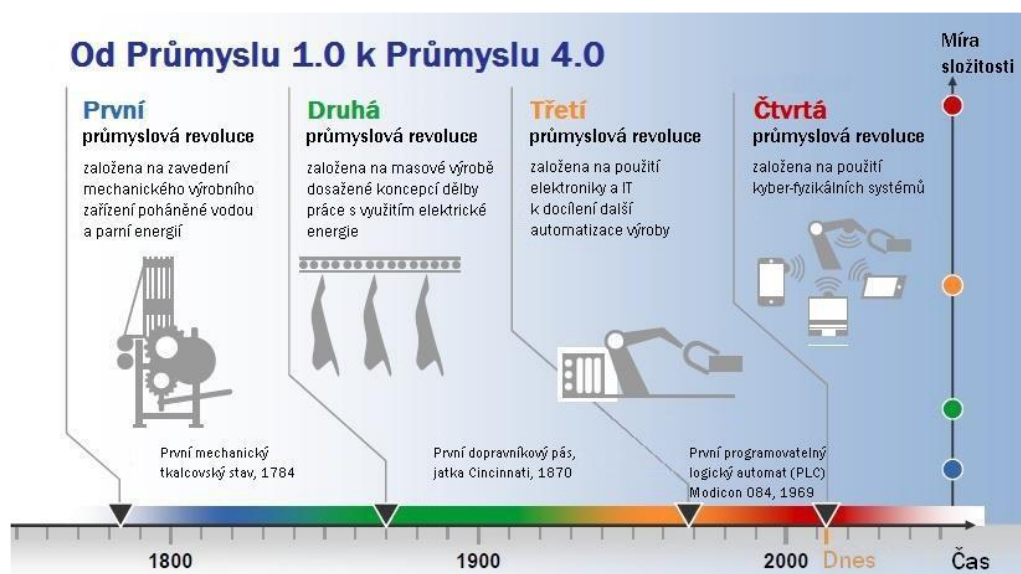
První průmyslová revoluce začala mezi lety 1760 a 1840 ve Velké Británii. Začalo docházet k zásadním změnám ve výrobních procesech a vyznačovalo se to použitím energie páry a vody, z nichž vzešel novátorský parní stroj (patent Jamese Watta z roku 1765), který se stal významným zdrojem energie v průmyslu. Došlo tak k přechodu od ruční výroby k mechanické velkovýrobě a změně ve všech hospodářských odvětvích. Industrializaci podpořila také rozšířená produkce železa a vznikly první továrny v dnešním slova smyslu (1). S rozvojem strojírenství se rozvíjela těžba nejenom uhlí, ale také železné rudy, nezbytné suroviny pro výrobu železa. Pro průmysl klíčovým byl pokrok v dopravě. Především jde o parní lokomotivu (Richard Trevithick v roce 1804) a také parní loď. Dalším klíčovým vynálezem byl telegraf, který zajistil rychlé přenos zpráv na dálku. Výrobní procesy začaly být pečlivě organizovány a plánovány, bez toho by velkovýroba a dělba práce nemohla fungovat. Průmyslovou revoluci následovala recese, které se po roce 1870 obrátila v takzvanou Druhou průmyslovou revoluci (3).

Druhá průmyslová revoluce proběhla na konci 19. století - počátku 20. století, charakteristickou pro ni byla hlavně elektřina, ale také i pásová výroba a spalovací výroba. Za prapočátek této revoluce mnoho zdrojů uvádí vynález žárovky Thomasem Alva Edisonem v roce 1879. Firma Cincinnati v roce 1870 zavedla první montážní linku a začala s dělbou práce, později elektrifikovanou a využila tak příležitost masové produkce (2).

Třetí průmyslová revoluce začala v 70. letech 20. století. Bývá nejčastěji spojována s automatizací, elektronikou a rozmachem informačních technologií. Byla zavedena částečná automatizace jednotlivých výrobních linek prostřednictvím paměťově programovatelných řídicích prvků, mikroprocesorů a počítačů. Za její počátek se nejčastěji uvádí rok 1969, kdy byl vyroben první programovatelný automat Modicon 084 (Modular Digital Control). Jednalo se o průmyslový počítač s řídicí jednotkou pro automatizaci procesů v reálném čase, nazýván také jako PLC (Programmable Logic Controller). Od té doby technologie pokročili o notný kus kupředu k automatizaci celých výrobních procesů (4).

V současné době se zavádí čtvrtá průmyslová revoluce. Představují jí kyberneticko-fyzikální systémy (CPS), díky kterým postupně vznikají tzv. chytré továrny, tzn. aplikaci informačních a komunikačních technologií v průmyslovém prostředí. Označuje se také jako Průmysl 4.0. Staví na vynálezech třetí průmyslové revoluce. Klíčovou roli zde hraje internet. V roce 1962 začala agentura ARPA provádět výzkum webové sítě se snahou vyvinout komunikační síť pro počítače. Již v roce 1969 agentura představila svou experimentální síť ARPANET, následně prováděla její testování a o osmnáct let později přišel Internet. Jeho šíření začalo v roce 1994 a během následující dekády se celosvětově rozrůstal. Výrobní systémy, které jsou již vybaveny počítačovými technologiemi, jsou doplněny o síťové připojení a internet. To jim umožňuje komunikovat s ostatními závody a informovat o vlastním stavu. Jedná se o další krok v automatizaci výroby. Zapojení všech systémů do sítě vede k vytvoření „kyberneticko-fyzikálních výrobních systémů“, a tím pádem ke vzniku chytrých továren, ve kterých výrobní systémy, komponenty a lidé komunikují přes síť a kde je výroba téměř autonomní. Graficky mapuje časové rozložení jednotlivých revolucí obrázek 1, v podobě grafu, kde na vodorovné ose jsou zaneseny roky, a svislá osa představuje míru složitosti průmyslových revolucí (5).

Obr. 1 Vývoj průmyslové revoluce



Zdroj: *EngineersJournal* [online]. [cit. 4.12.2016]. Dostupné z: <http://www.engineersjournal.ie/>

3.2 Popis konceptu Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 jako koncept je vytvořením inteligentních komunikačních sítí pro stroje, produkty, polotovary, pracovníky a další systémy, přes výrobní, ekonomické, obchodní, logistické a další útvary, jejíž subsystémy zároveň fungují autonomně a vzájemně komunikují. Přičemž integrace v síti je velice flexibilní, tzn., že do ní můžou vstupovat či odcházet nové prvky bez nutnosti přeprogramování. Avšak koncept Průmyslu 4.0 zasahuje mnohem dál, pod tímto pojmem se uvádějí také cloudová úložiště, datová centra, 3D tisk, tzv. chytré sklady a mnohem více.

Celý koncept čtvrté revoluce je vytvořen na základě následujících principů:

- 1) interoperabilita – schopnost komunikace CPS, pracovníků a veškerých komponent, prostřednictvím IoT a IoS
- 2) virtualizace – každá jednotka má svoji virtuální interpretaci pomocí kódu, softwarového modulu a spojuje elementy virtuálního a světa s reálným
- 3) decentralizace – absence centrálního elementu, autonomní rozhodování
- 4) modularita a rekonfigurabilita – nový stroj ve výrobní lince se sám napojí do komunikační sítě a sdělí veškeré informace o dostupnosti a svých schopnostech, stejně tak se i v případě ztráty dovednosti odhlásí z procesu. Celý systém se díky maximální modularitě automaticky zrekonfiguruje.

Neexistuje ale žádný standard pro Průmysl 4.0. Z toho vyplývá, že různé produkty se můžou nazývat produktem Industry 4.0 atd. Koncepce Průmyslu 4.0 se nyní nachází ve stádiu studia problematiky. Nejedná se o cílené směřování. Průmysl 4.0 spíše pojmenovává a do jisté míry popularizuje přirozeně probíhající pokrok. Dopady na údržbu podle vizí Průmysl 4.0 se dělí na další kroky (10):

- 1) prediktivní údržba: Využití všech dostupných dat ze strojů a výrobního procesu k prediktivní údržbě
- 2) vzdálená prediktivní údržba: Externí údržba strojů na základě dat získaných ze snímačů. Jedním z důvodů je a bude nedostatek kvalifikovaných zaměstnanců. Stále menší množství diagnostiků bude mít na starosti stále větší množství strojů
- 3) automatická diagnostika: programy samy vyhodnotí naměřená data a rozhodnou o stavu stroje. Člověk pouze provádí opravy, výměny, nákupy dílů atd. Je jen součástí řetězce, úkoly mu klidně zadává program
- 4) počítačová komunikace je podobou mezilidské komunikace. Stroje, výrobky samotné i celé výrobní úseky běžně komunikují mezi sebou pomocí internetu věcí. Diagnostika proto probíhá neustále, v případě potřeby systém sám objedná náhradní díl či opravu od jiného systému, který bez zásahu člověka najde nejvhodnější či nejlevnější produkt, další systém nalezne ideální variantu přepravy atd.
- 5) člověk je v pozici designéra systému a snaží se zajistit jeho bezpečnost: náhradní díl už nemusí montovat člověk. Vše zvládne systém pomocí robotů.

V konceptu Průmysl 4.0 probíhá transformace výroby ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Vzniká nové globální sítě založené na propojení výrobních zařízení do kyberneticko-fyzických

systémů, které jsou základním prvkem “inteligentních továren” a jsou schopny autonomní výměny informací, vyvolání potřebných akcí v reakci na momentální podmínky a vzájemné nezávislé kontroly. Senzory, stroje, dílce a IT systémy budou vzájemně propojeny v rámci hodnotového řetězce přesahujícího hranice jednotlivé firmy. Takto propojené CPS na sebe budou pomocí standartních komunikačních protokolů na bázi Internetu vzájemně reagovat a analyzovat data, aby mohly předvídat případné chyby či poruchy, konfigurovat samy sebe a v reálném čase se přizpůsobovat změněným podmínkám.

Stranou nejsou ani tradiční odvětví, kde jsou pokračující nasazení senzorů a aplikací poskytujících chytré funkce výrobkům, jako jsou například automobily nebo výrobní stroje. V oblasti inteligentních továren se jedná zejména o prediktivní údržbu výrobního zařízení nebo zvýšenou míru individualizace hromadné výroby. V takových továrnách budou vznikat “inteligentní produkty”, které budou jednoznačně identifikovatelné a lokalizovatelné, které budou znát nejenom svou historii a aktuální stav, ale také alternativní cesty, které vedou ke vzniku finálního produktu. Vertikální výrobní procesy budou horizontálně propojeny v rámci firemních systémů, které budou v reálném čase pružně reagovat na okamžitou a měnící se poptávku po produktech. Budou reagovat na individuální požadavky zákazníků a takový produkt také umožní efektivně vyrobit. Výrobní proces bude trvale optimalizován a bude schopen reagovat na nečekané změny způsobené například poruchou některého výrobního zařízení.

Základní charakteristiky inteligentních továren odpovídajících konceptu průmysl 4.0 lze shrnout následovně:

- 1) výrobní procesy jsou optimalizované v rámci celého hodnotového řetězce díky vertikálně i horizontálně integrovaným IT systémům
- 2) izolované výrobní jednotky jsou nahrazeny plně automatizovanými a vzájemně propojenými výrobními linkami
- 3) fyzické prototypy jsou nahrazeny virtuálními návrhy výrobků, výrobních prostředků a výrobních procesů, jejich uvedení do provozu probíhá v rámci jednoho integrovaného procesu zapojujícího jak výrobce samotného, tak i jeho dodavatele
- 4) vzájemně komunikující roboty, výrobním zařízení a výrobky činí do jisté míry autonomní rozhodnutí v reálném čase a tím zvyšují flexibilitu a efektivitu výrobního procesu
- 5) výrobní zařízení se samo optimalizuje a konfiguruje v závislosti na parametrech zpracovávaného produktu
- 6) automatizované logistické zázemí využívající autonomních vozíků a robotů se automaticky přizpůsobuje potřebám výroby. Logistické zázemí se týká více subjektů

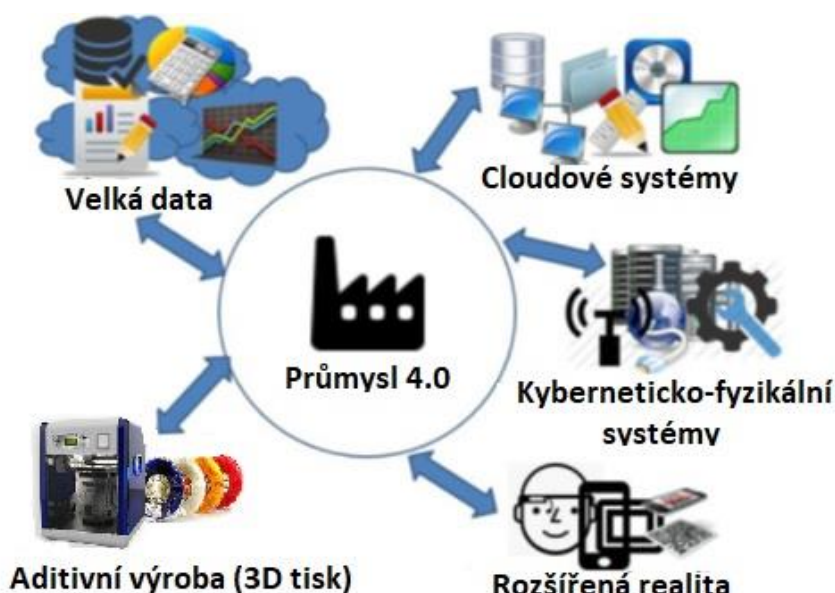
a v rámci kooperace, které nemusí být lokalizovány na jednom místě, a proto se logistický řetězec bude týkat i koordinace dopravního spojení mezi výrobními subjekty. Totéž se týká i koordinace distribučního procesu samotného výrobku.

Veškeré změny přispějí k řešení globálních problémů jako nedostatek surovin, energetická účinnost nebo demografické změny. Koncept Průmysl 4.0 ovlivní také sektor služeb. Technologie velkých dat, internetu věcí a internetu služeb představují zásadní příležitosti pro inovace stávajících a vývoj nových forem péče o zákazníka (6).

3.2.1 Klíčové elementy konceptu

Na obrázku 2 jsou uvedeny základní prvky konceptu Průmysl 4.0.

Obr. 2 Klíčové elementy Průmyslu 4.0



Zdroj: http://www.utee.feec.vutbr.cz/iet/wp-content/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0Marc on.pdf

Kyberneticko-fyzikální systémy (CPS), jedná se o systém, v němž jsou zapojeny inteligentní prvky, pomocí IoT. Označuje systém, který se skládá z fyzických objektů řízených počítačovými algoritmy. CPS vyžaduje transdisciplinární přístup – spojuje v sobě teorii kybernetiky, mechatroniky, konstrukční a výrobní vědy. Základem je spolupráce samostatných řídicích (výpočetních) jednotek, které jsou schopny se autonomně rozhodovat, řídit svěřený technologický celek a zejména se stát samostatným a plnohodnotným členem komplexních výrobních celků. Toto propojení přináší mnoho výhod. Stroje obstarávají rutinní práci, jsou schopny řešit problémy, rozhodovat se a dle potřeby upravovat spotřebu energií a materiálů.

Změny poptávky a jednotlivé specifické požadavky zákazníků budou splněny při nákladech, které běžně vykazuje masová výroba. Další náklady budou ušetřeny v oblasti času, díky rychlé adaptaci na změny a rozhodování se efektivita citelně projeví v celém obchodním řetězci. Zároveň výrobky i služby dosáhnou vyšší kvality. Internet služeb bude zákazníky informovat o novinkách, typech a radách, jak udržovat produkt v nejlepším stavu (7).

Internet věcí (IoT). Zjednodušeně se tento systém popisuje jako propojení jednotlivých zařízení prostřednictvím internetu bez účasti člověka. Toto připojení je realizováno pomocí vestavěného výpočetního systému, zjednodušeně řečeno pomocí různých mikročipů nebo čárových kódů či QR kódů. Každá jednotka má na internetu svou individuální IP adresu a díky tomuto propojení 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. Principem je sběr dat z různých čidel a senzorů a sdílení těchto dat prostřednictvím internetu za účelem dalšího zpracování a vyhodnocování. 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. Internet věcí, Internet služeb a Internet lidí – hovoří se o několika internetech, ve skutečnosti se jedná o jediný internet s infrastrukturou v rámci celého výrobního úseku (8). Fyzické prvky jsou vzájemně propojeny připojením k internetu, kde všechny elementy, výrobní zařízení, výrobky i nosiče výrobků, mají svou vlastní IP adresu. Jsou reprezentovány softwarovými entitami, které za ně ve virtuálním světě koordinují činnosti a rozhodují. Internet služeb je soubor systémů založených na online práci a sdílení dat na cloudových úložištích. Využitím cloudů se již data nemusí ukládat na vlastní hard disky a hlavní nespornou výhodou je dostupnost, k níž stačí běžný webový prohlížeč. Ke třetímu typu Internetu lidí IoP se lidé pro komunikaci se stroji připojují pomocí speciálních aplikací, a to i na bázi přirozené řeči, vizuální nebo hmatové informace. V současnosti platí, že rychleji ze všech typů Internetu věcí expanduje průmyslový. A je to díky tomu, že v průmyslovém odvětví zavedení IoT přináší vyšší efektivitu výroby a tím také výrazné úspory. To také nutí podniky vynakládat velké investice do IoT (12).

Je však zřejmé, že v bezpečnostních otázkách jsou rizika, která již byla označena, určitým faktorem pro omezení vývoje. Ale lídři trhu IoT ve své většině pochopili, je třeba integrovat bezpečnostní faktor v prvních fázích vývoje, ještě před rozvojem jednotných norem v oblasti interoperability zařízení nebo v oblasti zajištění kybernetické a informační bezpečnosti zařízení a samotného uživatele. Úspěch v budování rovnováhy mezi rychlostí, technologické prvenství a zajištění bezpečnosti bude závislá na přání a možnosti odborníků z různých průmyslových odvětví, obchodních lídrů, IT vývojářů na jedné straně a odborníků v oblasti kybernetické a informační bezpečnosti s druhou vyjednávat o společné technologické řešení (29).

RFID (identifikace na rádiové frekvenci) technologie - založena na identifikaci objektů s využitím radiofrekvenčních vln. Data jsou uložena v čipech a následně je lze i zpětně načítat či přepisovat. Tato technologie postupně nahrazuje čárové kódy, protože v porovnání s nimi je

rychlejší, přesnější, obousměrná a je vybavena i pamětí. Čtecí zařízení je také schopno přečíst až stovky čipů najednou. Celá technologie se skládá ze tří základních prvků – antény, čtečky a transpondéru. Čtečka je připojena k anténě, která do okolí neustále vysílá elektromagnetické vlny. Pokud se v této vzdálenosti nachází čip, automaticky se připojí, následně pošle zpět přes anténu informace o sobě, vlastnosti i historii, které jsou dále zpracovávány. Těmito čipy jsou opatřeny veškeré materiály, výrobky, vozíky i stroje, aby spolu mohly vzájemně komunikovat (7).

Cloudové systémy.Následkem propojení IoT, IoS a IoP je přenos velkého objemu dat, které jsou důležité pro vyhodnocování a k odvození budoucího vývoje. Big Data a Clouds společně vytvoří efektivní a přehlednou databázi. Data se v systémech IoT ukládají obvykle do tzv. cloudu. Pojem Cloud computing může být přeložen jako poskytování různých IT služeb běžících na virtuální infrastruktuře 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 (13). Tento způsob práce se softwarem funguje na principu využívání outsourcingu i při samotném používání softwaru. Především se jedná o využívání výpočetní techniky dodavatele, přičemž na jeho serverech jsou zpracovávána výrobou využívaná data. Nasbíraná data se využívají k plánování zdrojů, projektovém managementu a údržbě. 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. Tato podstata fungování byla zpřístupněna především díky rozvoji v oblasti IT, přesněji v rychlosti internetového připojení. Jako koncový uživatel softwaru firma má přístup k dané aplikaci buď pomocí webového prohlížeče, nebo nenáročné aplikace ve svém desktopu. Cloud lze také využít jen jako úložiště informací a vlastního softwaru, který bude plně pracovat na platformě. Cloudy jsou výhodné v několika ohledech, a to především v ceně, výkonnosti, nezávislosti na vzdálenosti, údržbě a spolehlivosti celé sítě. Do centrálního Cloudu jsou opět napojeny všechny prvky a mají možnost získat tyto informace. Z podstaty cloudových systémů však vyplývá, že firma určitým způsobem ztrácí kontrolu nad vlastními daty a informacemi. Protože jako koncový uživatel neví, kde jsou přesně data uložena, dalo by se říci, že jsou uložena na internetu, avšak u přímo definovaného provozovatele. Proto je velmi důležité užívat vhodné kódování a z toho pohledu samozřejmě zvolit spolehlivého zprostředkovatele. S ohledem na bezpečnost jsou také vytvořeny legislativní požadavky, které jsou v každé zemi odlišné (7).

Nedostatek správné infrastruktury je hlavním problémem pro vývoj cloudových technologií. Realizace příležitostí pro inovace a potenciální výhody cloud computingu vyžaduje stabilní výpočetní a síťové infrastruktury, zajišťující spolehlivé připojení mnoha různých zařízení a aplikací. V souvislosti s tím, že služby cloud computingu jsou závislé na přístupu k síti, díky které jsou schopné k využití, vysokorychlostní a flexibilní síť je jednou z nejdůležitějších složek stimulaci zavádění cloud servisů.

V době cloud computingu velké poskytovatelé služeb nesou odpovědnost, spojenou se zajištěním toho, aby jejich opatření a praktické metody v oblasti bezpečnosti odpovídaly nejnovějším požadavkům, protože oni jsou zodpovědní za bezpečnost dat velkého počtu spotřebitelů. V tomto ohledu by šíření cloud computingu zvýšilo poptávku po odborných pracovnících a kvalifikovaných bezpečnostních inženýrech. S ohledem na velikost a význam dat, které jsou povinny chránit tyto bezpečnostní specialisty, musí být schopni vyvinout model hrozeb, přizpůsobit novým hrozbám, aplikovat principy řízení rizik k výpočetním sítím a provádět rychlé reakce na incidenty. Pro práci související s bezpečností cloud computingu mohou být vyžadovány také dovednosti v oblasti vědy o údaje, které pomohou analyzovat přístup k síti a určit odchylky a podezřelé aktivity v rozsáhlých výpočetních prostředích. Rozvoji vzdělávacích programů, které vhodně kombinují prvky těchto dovedností, by měla být věnována také nejvyšší priorita (27).

Velká data (Big Data) je jedním z pilířů Průmyslu 4.0. 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). 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. 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 (14).

K omezujícím faktorům použití big data patří následující (28):

- 1) riziko ochrany osobních údajů. Ztráta kontroly nad daty a jejich převod do rukou konkurence může způsobit vážné ekonomické a reputační škody. Snížit nebezpečí zveřejňování údajů měl by bezpečnostní systém. Úniky, které ovlivňují big data, mohou mít dalekosáhlé důsledky, které mohou výrazně zkazít pověst, mít právní důsledky, a dokonce vést k havárii
- 2) riziko ztráty dat. Významným rizikem pro velké údaje je jejich ztráta (částečné nebo úplné). Důvody mohou být různé, od aktivity útočníků až po nouzovou situaci. Jediný způsob, jak se chránit, je zálohování dat. Jedním ze způsobů, jak snížit riziko ztráty dat z důvodu chybných akcí odborníků a uživatelů – poskytování pracovních kopií dat
- 3) riziko přeplnění úložiště. Neoptimální systém pro sběr a ukládání velkých dat v konečném důsledku může přivést k přeplnění úložiště a ztrátě nově získaných dat při nedostatku místa pro jejich fyzické umístění. Zvláštností takové ztráty dat je ztráta relevantnějších "čerstvých" dat, přicházející po úplném vyplnění volných objemů

úložiště. Pomáhá pečlivé plánování získávání dat, schopnost odhadnout jejich objemy a vytvářet úložiště, které mají dostatečné úložné kapacity

- 4) riziko snížení účinnosti velkých dat. Pro odstranění rizika snížení účinnosti velkých dat jasně stanoveny principy rozmístění dat do úložiště a jejich strukturování. Pochybné údaje se doporučují, aby byly umístěny odděleně. Nicméně infrastruktura u většiny firem stále ještě nedostatečně rozvinutá, kultura ukládání informací chybí, jsou údaje často uloženy roztržštěně, často duplicitní
- 5) riziko vzniku neefektivní datové sady. Data, a ještě více tak velké, mají být kontrolované nejen na formě, ale na obsahu, aby se minimalizovalo riziko vzniku neefektivní informační sady.

Aditivní výroba (3D tisk) je podstatným prvkem Průmyslu 4.0. 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. 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 (14).

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. Tento způsob výroby je navíc velmi flexibilní díky možnosti navrhout i výrazně složitě 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 (6).

Kovový 3D tisk má v moderním vývoji produktů unikátní pozici. Umožňuje přímou výrobu komplexních dílů pro koncové využití a usnadňuje obrábění při využití konvenčních výrobních technologií, čímž snižuje náklady a zkracuje dobu dodání. Mezi materiály pro 3D tisk kovů patří titan (TiAl6V4), hliník (AlSi10Mg), nerezová ocel (316L).

V tuto chvíli největším problémem je to, že 3D tisk nebo aditivní výroba, jak to je známé v průmyslu, pomalé a drahé, a v podstatě je používán velkými společnostmi pro vytváření

prototypů. Kovové 3D tiskárny uplatňují v těžkém průmyslu, automobilovém průmyslu, strojírenství, leteckém průmyslu, výzkumu a dalších oblastech. Je to nepostradatelné zařízení pro vývoj nových uzlů a agregátů, komplexních zařízení. S jejich pomocí jsou vyvinuty a testovány nejnovější systémy motorů, mechanismů, částí letadel, automobilů. Věci se však chtějí změnit. Technologie se stává mnohem lepší a levnější. Kromě toho, vědci vyvíjejí způsoby kombinovat 3D tisk s jinými metodami, elektroniku a optická vlákna mohou být zabudovány do zařízení (26).

Rozšířená realita je propojením reálného (fyzického) světa a světa virtuálního. Tímto úkolem se zabývá obor rozšířené reality. 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. 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 (15).

Technologie virtuální a rozšířené reality, mají řadu stávajících nedostatků technického zajištění (malý pozorovací úhel, prostorové omezení při pohybu; nedostatečné rozlišení obrazovek), obsahu (přesnost při přenosu skutečných objektů do virtuálního světa, nesprávný prostorový vztah mezi prvky, technické omezení), nedokonalosti softwaru (závislost na výkonu PC, defekty grafiky, žádná přímá kompatibilita s platformami a integrace s jinými programy, špatná optimalizace obsahu, nízká produktivita, nedostatečné rychlé řešení chyb, chyby při rozpoznávání objektů, nesprávné zobrazení produkovaných dat, nesprávné umístění objektů v prostoru), bezpečnosti (nedostatek mechanismu ochrany osobních údajů a důvěrných informací), účinků na uživatele (rozptýlená pozornost, ztráta orientace, únava; nevolnost, závrať, bolest hlavy, únava očí) (30).

Počítačová bezpečnost je nedílnou součástí kyberfyzikálních systémů jsou aspekty kybernetické bezpečnosti. Je nutné zajistit nejen bezpečí přenášených dat, ale také zařízení

(CPS entit) samotných. S rostoucím počtem zařízení budou narůstat i útoky na ně prováděné. Konkurenční boj mezi firmami se tak v blízké budoucnosti mnohdy nebude odehrávat pouze na poli obchodním. Cílenými hackerskými útoky na konkrétní stroje konkurenta se vyřadí jeho výroba na hodiny až dny, což velkým firmám může způsobit obrovské ztráty. Podniky musí mít neustálou kontrolu nad situací ve virtuální sféře a schopnost predikovat potenciální hrozby v oblasti bezpečnosti. Nutností je zabezpečit celý řetězec zařízení, jejich správu a zašifrovat citlivá obchodní data před jakýmkoliv útokem přicházejícím z internetu. Pro globální systém je důležité nastavit zodpovědnost za bezpečnost datové infrastruktury na úrovni dílny, podniku, odvětví, státu či mezinárodních organizací. Důležité počítače jsou většinou odpojeny od internetu, tato metoda zabezpečení se nazývá air gap, často se využívá pro vojenské účely nebo v řídicích systémech jaderných elektráren. Způsobů, jak přenést informace z počítače, je mnoho. Využit se dají například i reproduktory, proto se doporučuje i tzv. audio gap, tedy počítač, který není vybaven reproduktory. Aby celá operace mohla proběhnout, musí se software nejprve do počítače dostat, což je zásadní komplikací, avšak dokonalé zabezpečení počítače neexistuje a nejspíše nikdy ani nebude (9).

3.2.2 Směry dalšího vývoje

Cílový stav realizace 4. průmyslové revoluce v České republice je relativně těžké definovat, neboť Průmysl 4.0 je značně heterogenní koncept, který se bude navíc v čase vyvíjet. Proto je nutné se soustředit na transformaci způsobu tvorby a distribuce hodnoty s tím, že hlavním médiem této transformace bude globální digitální prostor. Zde budou probíhat hlavní hodnototvorné procesy a zde bude tvořen, integrován, řízen a distribuován hodnototvorný model podniku. Díky digitalizaci výraznějším využívání znalostí v podnikání budou překonány lokální politické hranice a dojde ke změně ekonomické architektury na globální celosvětové úrovni. Dojde tak k narušení hierarchických oligopolních uskupení a v nové ekonomické architektuře budou hrát klíčovou roli tyto typy ekonomických subjektu:

- 1) inovátor/expert na určitou problematiku
- 2) platforma poskytující služby v konkrétní doméně
- 3) dodavatel infrastrukturních služeb.

Digitalizační technologie budou urychlovat transformační procesy exponenciálně, dynamická nerovnováha bude v ekonomice setrvalým stavem. Cílových stavů bude mnoho a v každém časovém okamžiku budou pro každý podnikatelský subjekt specifické – proto je lepší mluvit o cílové cestě českých firem. Ke změně stávajícího hodnototvorného modelu na model Průmysl 4.0 je možno formulovat firemní úrovní tato doporučení (6):

- 1) vytvoření a realizace strategie Průmyslu 4.0 jako hlavní firemní strategie

- 2) postupný odklon od vertikálního hierarchického řízení průmyslové výroby a respektování veškerých vnějších vlivů s výrobou souvisejících (požadavky odběratelů, možnosti dodavatelů, zdroje energií, možnosti logistiky)
- 3) změna přístupu k definování pracovních pozic, kdy budou stírány hranice mezi odbornostmi v oblasti mechaniky, elektrotechniky, datové analytiky apod. Vysoce automatizované, flexibilní procesy výrobní, ale i podpůrné, jako např. Údržba strojů a zařízení, schopné autodiagnostiky a automatizovaného řešení odchylek od předepsaného nastavení. Možnost virtualizace veškerých procesů již v předvýrobních etapách
- 4) zapojení se, či řízení horizontálně provázané digitální sítě dodavatelsko-odběratelského hodnotového řetězce
- 5) integrace datových zdrojů v reálném čase do hodnototvorného modelu s cílem maximalizace efektivity hodnototvorných procesů
- 6) efektivnější nasazování robotů s vyšší inteligencí schopných autonomního rozhodování a řízení
- 7) vytvoření elektronické vazby na zákazníka, vytvoření zákaznické komunity zaměřené na rozvoj služeb a produktů
- 8) zapojení prediktivních analýz a možností umělé inteligence do řízení firmy.

Kromě výše uvedených doporučení je nutné brát zřetel na budoucí postupné propojování a prorůstání sekundární – výrobní sféry s terciární sférou služeb. Dojde ke změně pořadí – sféra služeb se stane sférou primární a výroba se stane službou materializace modelu zákaznický poptávaného výrobku. Předvýrobní etapy, původně velmi těsně svázané s vlastní výrobou bude možné zcela oddělit a pomocí zpracování virtuálních výrobků již ve fázi prvních grafických návrhů, projektování či konstrukce vytvářet formou služby variantní řešení modelů s maximální vypovídající schopností, přičemž vlastní výrobu bude možné realizovat na opačném konci světa.

Podobná situace bude i po ukončení vlastního výrobního procesu, kdy bude formou velmi sofistikované služby zajišťován po celou dobu životnosti produktu jeho servis, případně činnosti související s vylepšováním jeho užitných vlastností nebo technických parametrů. Tyto služby bude možné poskytovat, zejména u komplikovanějších a technicky náročnějších celků díky monitoringu pomocí vzdáleného přístupu k produktu nebo zařízení, jehož je konkrétní produkt součástí. Další formou zprostředkování servisních služeb bude aktivní automonitoring a komunikace produktu se servisním střediskem s tím, že povýrobní údržba bude probíhat autonomně v režimu takzvané prediktivní údržby. Zde, na základě sledování kritických parametrů fyzické komponenty, virtuální avatar produktu bude schopen realizovat ošetření

případných anomálií bez případného zásahu člověka a tím s maximální efektivitou řídit životní cyklus fyzické komponenty produktu. Dojde tedy v režimu služby k nadřazení virtuální složky produktu složce fyzické.

České chápání Průmyslu 4.0 vychází z předpokladu nadřazenosti digitálního přístupu k podnikání, neboť využití virtuálního prostředí k predikcím, modelování, personalizaci zákaznické zkušenosti, řízení výroby a logistiky vede k radikálnímu rozšíření tržního potenciálu a zvyšování efektivity organizace. České slovo “průmysl” je blízké slovu “promýšlet” a proto vnímejme 4. průmyslovou revoluci jako cestu promýšlení nových služeb, výrobků a tržních konceptů s využitím všech možností umělé inteligence realizované v digitálním prostoru. Z hlediska připravenosti na budoucí svět Průmyslu 4.0 diagnostikujeme těchto pět úrovní digitální zralosti firmy (6):

- 1) firma má zaveden informační systém pro řízení výroby, její internetová přítomnost je pasivní (webová stránka). Firma začíná uvažovat o digitalizaci procesů, výroby, údržby, návrhu produktů atd.
- 2) interaktivní webová přítomnost, firma softwarově řízená, začíná chápat význam dat. První integrační projekty, dílčí automatizace, uvažuje o nastavení digitální strategie. Zapojení do informačních toků dodavatelsko-odběratelských řetězců
- 3) vícekanálová přítomnost, firma má definovanou digitální strategii. Přítomnost základů datové kultury – projekty integrace datové architektury, integrovaná automatizace řízená v reálném čase, personalizované produkty s virtuální komponentou
- 4) integrovaná multikanálová přítomnost v digitálním světě. Ve firmě existuje distribuovaná a personalizovaná digitální strategie. Datová architektura je integrovaná v celém produkčním řetězci od komunikace a sdílení dat se zákazníkem až po subdodavatele. Využití digitální diagnostiky pro predikování poruch a neshod v systémech
- 5) firma je digitalizační platformou propojující on-line a off-line svět v jeden plně integrovaný a ekonomicky výkonný celek. Nabízí jedinečnou personalizovanou zkušenost svým zákazníkům prostřednictvím virtuálních produktů komunikujících se zákazníky v průběhu celého životního cyklu partnerského vztahu. Prostřednictvím nejnovějších a nejefektivnějších přístupů realizuje kyber-fyzický systém schopný individualizované realizace případné fyzické části produktu. Poskytuje digitalizační služby svým partnerům a subdodavatelům a tím globálně řídí produkční doménový prostor.

Vzhledem k výše uvedenému členění do pěti úrovní lze konstatovat, že do 3. kategorie lze z průmyslových podniků v České republice zařadit jen několik výjimek, řádově desítky, zatímco ze 4. kategorie jsou i u několika málo těch nejpokročilejších firem realizovány pouze

segmenty. V současné době je zpracováván evaluační model, pomocí kterého bude možné relativně jednoduchým způsobem posoudit připravenost podniku k implementaci hodnototvorného modelu Průmyslu 4.0.

Lze předpokládat, že podobně jako v některých sousedních průmyslově vyspělých státech, bude i v České republice snaha o objektivní autorizované hodnocení podniků. Hlavní překážky pro postupné zavádění Průmyslu 4.0 v českých průmyslových podnicích lze rozdělit do tří základních oblastí, přičemž všechny tři mají zásadní význam (6).

3.3 Zahraniční iniciativy a Národní iniciativa Průmysl 4.0

Česká republika se řadí k zemím s dlouhou průmyslovou tradicí a průmyslová revoluce jí přináší příležitost k udržení se na globálním konkurenčním trhu. Díky komparativním výhodám je atraktivní zemí pro zřizování poboček globálních firem, ale tento trend by mohl v případě ignorování vývoje v technologiích vést k výraznému poklesu zájmu o spolupráci a investic. To by mělo vliv na makroekonomické a sociální prostředí. Proto je zde snaha o rozvoj podnikatelského a společenského prostředí v oblasti digitalizace. Především vybudovat datovou a komunikační infrastrukturu, změny ve vzdělávacím systému, zavést nové nástroje na trh práce a fiskální podpory firmám na investice do nových technologií (6).

3.3.1 Zahraniční iniciativy

Celá koncepce Průmyslu 4.0 má původ ve Spolkové republice Německo, kde byla vytvořena na vládní úrovni. První vize německé vlády o dalším vývoji průmyslu byla představena 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. 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. Do platformy zapojena jak spolková vláda zastoupená ministerstvy hospodářství a pro výzkum, tak průmyslová oborová sdružení, odbory a výzkumné instituce. Z technologického hlediska je centrem pozornosti Industrie 4.0 evoluce od vestavěných systémů ke kyberneticko-fyzickým systémům, automatizační technologie jsou ve vizi zaměřeny na distribuované systémy a počítají s metodami autooptimalizace, autokonfigurace, autodiagnostiky, strojového vnímání a inteligentní podpory dělníka.

Platforma Industrie 4.0 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

fírem, změnu v organizaci práce a uspořádání pracovišť, bezpečnost a ochranu zdraví při práci, důležitou je i otázka financování všech potřebných změn atd.

V řadě německých fírem 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 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.

Vlastní program pod názvem „Industrie du Futur“ se do implementování principů u nás označovaných jako Průmysl 4.0 pustila v květnu 2015 Francie. Jde o iniciativu francouzské vlády, 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. Francouzská iniciativa stojí na pěti základních pilířích:

- 1) rozvoj nových technologií pro budoucnost - cílem tohoto bodu je podpora vědy a výzkumu, přičemž konkrétní zaměření má být zejména na aditivní výrobu, Internet věcí, rozšířenou realitu a technologii 3D tisku (11)
- 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
- 5) propagování francouzské iniciativy - ke konci roku 2016 zahájeno a představeno alespoň 15 projektů z praxe.

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 (6).

V roce 2012 byla ve Spojených státech založena nezisková platforma sdružující soukromé společnosti a vládní, akademické a výzkumné instituce Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC). Cílem SMLC je vytvoření základny pro společný výzkum a vývoj, standartizaci a vytvoření sdílené infrastruktury pro široké rozšíření technologií inteligentní výroby založené na využití pokročilé analýzy dat z inteligentních senzorů a modelování a simulaci v reálném čase.

V roce 2014 vznikla další 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 (11):

- 1) přepracování 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 mikrosítí 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, obsluhou 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 snižování hospodářských ztrát aerolinií.

Program ke zvýšení konkurenceschopnosti svého průmyslového sektoru spustila i Čína pod názvem Made-in-China 2025. Konkrétním cílem je do roku 2025 zvýšit podíl lokálně vyrobených komponent a materiálů ve vyráběných produktech na 70%. Čínská vláda při tvorbě tohoto programu velmi výrazně čerpala z německé iniciativy Industrie 4.0.

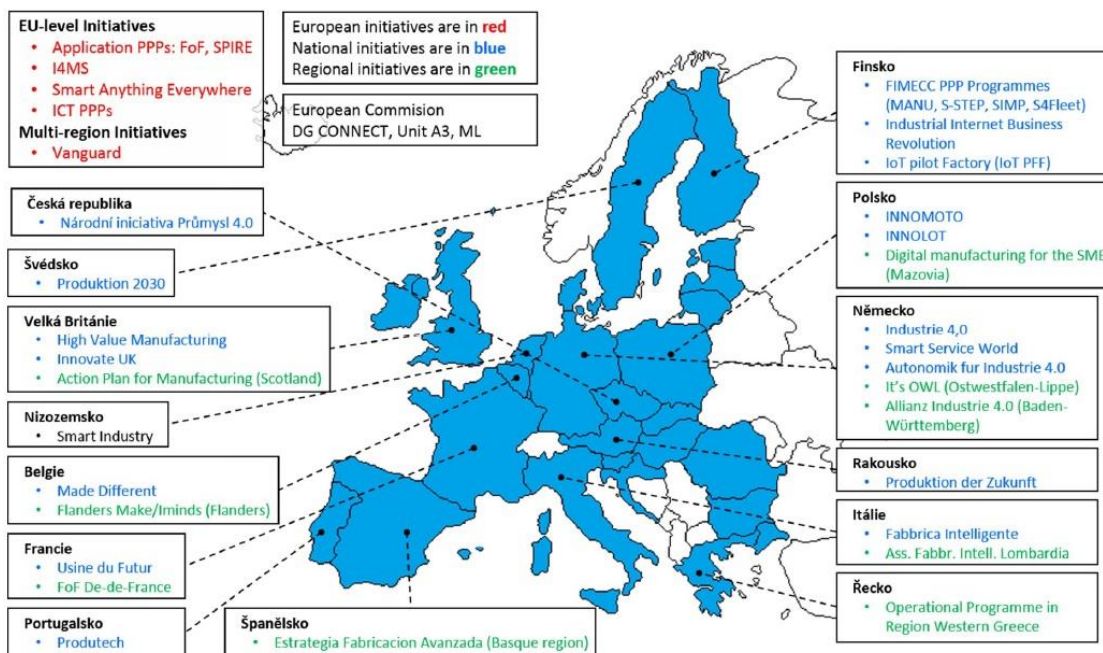
Čína je sice „největší továrnou“ na světě, nicméně v oblasti průmyslové automatizace je spíše v přechodu od 2. průmyslové revoluce k 3. Automatizace zde zatím proběhla pouze v omezeném rozsahu a digitalizace téměř vůbec ne. Definováno je 10 prioritních odvětví průmyslu, jejichž rozvoj bude podporován 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.

Jihokorejská vláda v červenci 2014 zahájila iniciativu Manufacturing Industry Innovation 3.0. Usiluje o rozšíření užívání moderních technologií v průmyslové výrobě a podporu budování inteligentních továren. Společné investice soukromého a veřejného sektoru mají za cíl do roku 2020 postavit 10000 nových inteligentních továren. Ministerstvo obchodu, průmyslu a energetiky současně zpracuje dílčí akční plány pro 13 klíčových průmyslových segmentů jako např. nositelná inteligentní zařízení nebo na moderní zdravotnictví.

V Japonsku analogickou iniciativu pod názvem Industrial Value Chain Initiative zahájila skupina 30 firem v červnu 2015. Soustředí se zejména na vytvoření technologických standardů pro propojení továren a jejich internacionalizaci (6).

Na obrázku 3 jsou uvedena mapa iniciativ evropských zemí v oblasti Průmysl 4.0.

Obr. 3 Mapa iniciativ evropských zemí (6)



3.3.2 Národní iniciativa Průmysl 4.0

15 září 2015 na mezinárodním strojírenském veletrhu MSVB v Brně byla vyhlášena česká národní iniciativa Průmysl 4.0, která vznikla jako reakce na potřeby a požadavky českého průmyslu za osobní podpory ministra průmyslu a obchodu J. Mládka a je MPO koordinována. Byl vytvořen řídicí tým o 11 členech, na expertním dokumentu o 190 stranách pak pracovalo 87 expertů v 11 odborných skupinách. Tento dokument je komplexní: v každé z 11 tematických kapitol analyzuje výchozí stav, naznačuje trendy vývoje, přináší analýzu a důležitou součástí jsou návrhy konkrétních opatření (celkem 47 klíčových a dalších 140 podrobnějších). Kompletně dokumentace byla dokončena 3.2.2016 a 26.5.2016 byla vytisknuta první kniha Národní Iniciativa Průmysl 4.0 v Management Press. Vláda iniciativu přijala dne 24.8.2016 a usnesla se na vytvoření Aliance Společnost 4.0, která bude zastřešovat řešení dopadů na celou společnost.

Cílem Iniciativy Průmysl 4.0 je ukázat možné směry vývoje a nastínit opatření, která by mohla nejen podpořit ekonomiku a průmyslovou základnu ČR, ale též pomoci připravit celou společnost na absorbování této technologické změny. Iniciativa obsahuje základní informaci o nutnosti neodkladných změn vyvolaných nástupem 4. průmyslové revoluce a mapuje opatření na podporu investic, aplikovaného výzkumu a standardizace, zpracovává otázky spojené s kybernetickou bezpečností, logistikou i legislativou.

Podle Iniciativy jsou další výzvy:

- 1) výzvy v oblasti vzdělávání: výchova k systémovému a interdisciplinárnímu pohledu na všech typech a stupních škol, významná role společenskovedních disciplín

- 2) výzva sociální: dopad na trh práce, člověk nebude nahrazen, nýbrž dostane nové nástroje. Některé profese vymizí, jiné se vytvoří. Pracovní trh nutno připravovat na změny s předstihem
- 3) výzvy v oblasti výzkumu a inovací: velký prostor otevřen pro ekosystémy startupů.

Hlavní myšlenkou je počítačovým propojením (výrobních strojů, produktů, všech systémů a subsystémů průmyslového podniku) vytvořit inteligentní distribuovanou síť různorodých entit podél celého řetězce vytvářejícího hodnotu, přičemž subsystémy pracují relativně autonomně a paralelně, navzájem dle potřeby komunikují – každý fyzický systém má své virtuální dvojče či virtuální obraz ve virtuálním světě. Propojení internetu věcí a internetu služeb = vytvoření kyberneticko – fyzického prostoru, v němž jsou už jen nejasné hranice mezi reálnem a virtuálním, které se dle potřeby posouvají.

Iniciativa Průmysl 4.0 si současně klade za cíl zmobilizovat podnikatelskou sféru i výše uvedené zainteresované strany k aktivnímu zapojení při její implementaci a realizaci v podmínkách ČR (6).

4 Vypracování koncepce Údržby 4.0

4.1 Pojem údržby

V dostupné literatuře lze najít obrovské množství různých definic údržby – a nejen to, mnohé firmy vytváří své vlastní definice ušité na míru jejich podmínkám a specifickým potřebám. Z tohoto nepřehledného množství charakteristik zde uvedu definici dle ČSN EN 13 306: „Údržba je kombinace všech technických, administrativních a manažerských opatření během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.“

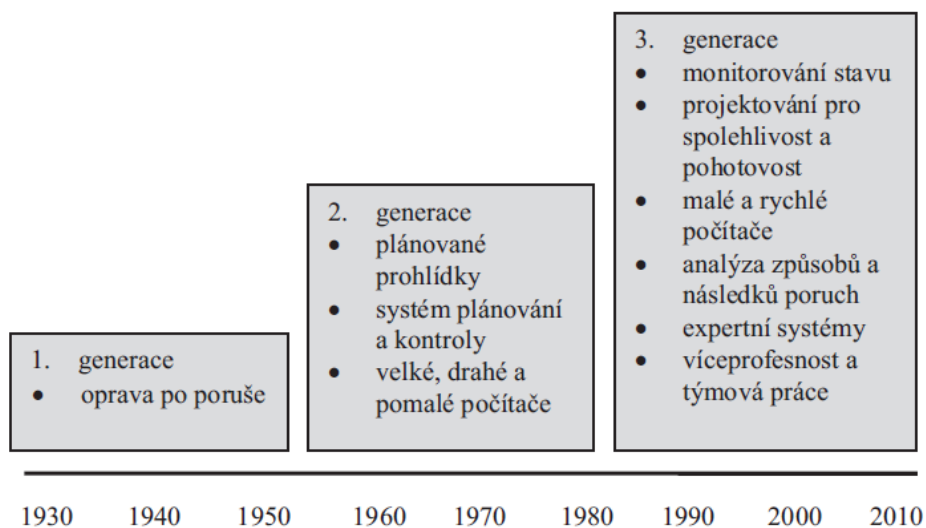
Poněkud systémovější a úplnější pohled na údržbu vyjadřuje definice Institutu řízení a správy majetku (Institute of Asset Management, USA). Údržba je „organizace životního cyklu hmotného majetku s cílem dosáhnout nejnižších nákladů po dobu životnosti spolu s jeho maximální využitelností, provozuschopností a nejvyšší kvalitou (18).

Z hlediska zisku a ztrát je údržba strojů a zařízení významným nástrojem ke zvyšování produktivity a odstraňování problematických oblastí ve výrobě, jež generují náklady a snižují její celkovou efektivnost (19).

Proces údržby je často chápán jen jako útvar vedlejší. Také je často chápán a považován za útvar, jehož úkolem je udržovat zařízení ve stavu, kdy je schopno bezpečně a ekonomicky plnit svoji hlavní výrobní funkci. Pokud nastane porucha, je nutné tento problém rychle odstranit, navrátit zařízení do výrobního procesu. Tento přístup je však v moderních podnicích nahrazován modelem postaveným na zvyšování spolehlivosti, řízení majetku a jeho efektivního využívání, řízení zásob a řízení rizik. Moderně řízený podnik a jeho výroba potřebují moderně řízený útvar, který se efektivně stará o hmotný majetek, je schopný předcházet poruchám a výpadkům výroby. Faktory úspěchu údržby a jejího postavení v moderním podniku jsou především strategie, struktura, systém řízení, styl řízení, personál a jeho znalosti, dovednosti, kvalifikace a motivace (16).

Vývoj moderní údržby můžeme popsat podle třech generací (obrázek 4). V první generaci majitel výrobních zařízení očekává, že porucha bude v co nejkratší době opravena a zařízení bude navraceno do provozuschopného stavu a bude se dbát na nejnižší náklady při opravě. Ve druhé generaci se očekává, vzhledem ke zvyšující se složitosti a možným rizikům, vyšší pohotovost, životnost a spolehlivost zařízení a snižování nákladů. Ve třetí generaci k očekáváním z druhé generace přibývá očekávání ve snižování škodlivého vlivu na životní prostředí, zdraví a bezpečnost lidí, ale při optimalizaci a efektivnosti nákladů na údržbu (20).

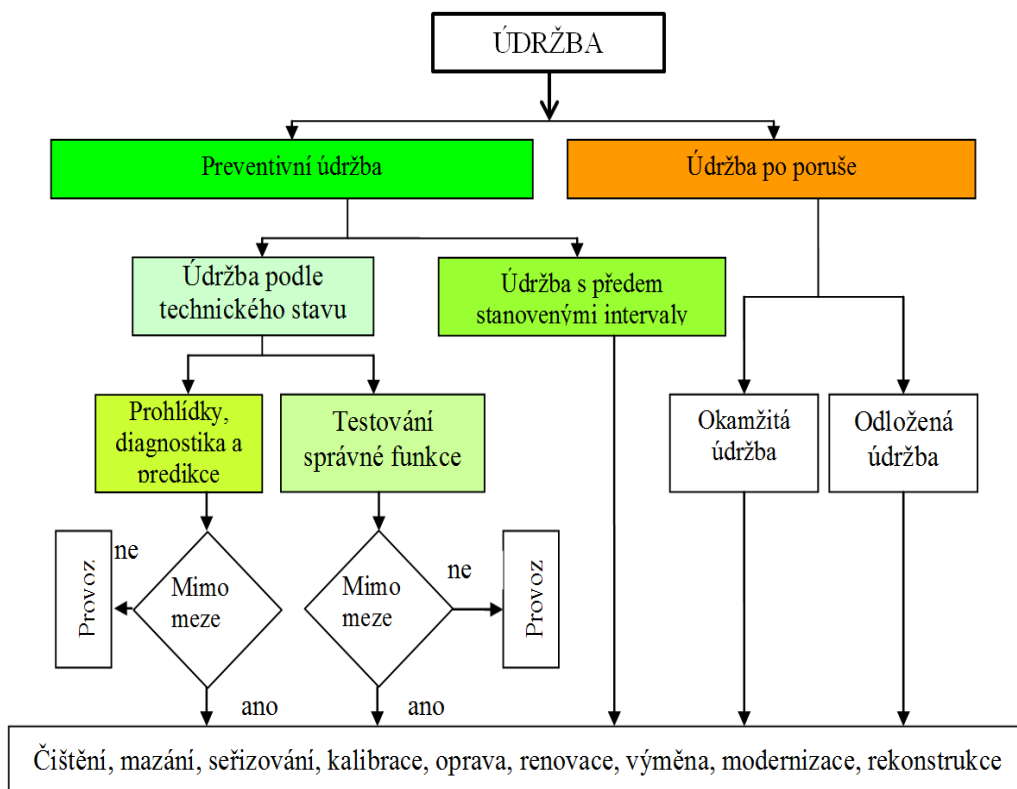
Obr. 4 Vývoj typů a nástrojů údržby (16)



4.2 Druhy systémů údržby

Proces údržby je charakterizován různými používanými systémy údržby (obr. 5). U jednotlivých systémů je na obrázcích 6 až 9 znázorněn také ekonomický dopad nákladů vynaložených na údržbu.

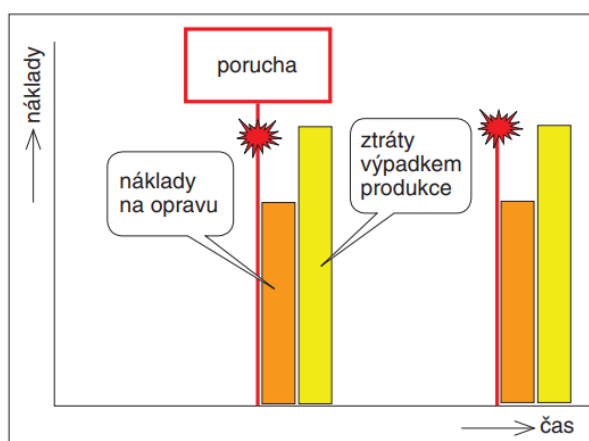
Obr. 5 Přehled typů údržby (16)



System údržby po poruše

System údržby během samostatného provozu zařízení vyžaduje velmi malé náklady. U zařízení dochází k poruše a poté údržba řeší následky. System údržby po poruše je dnes velmi málo používány. Následky poruchy se projeví v podobě požadavku na opravu systému (výměna poškozených a zničených částí poruchou) a také v podobě dlouhodobé odstávky zařízení a následného výpadku produkce. Výsledkem jsou tedy časové ztráty a velmi vysoké náklady, které jsou dány dohromady součtem nákladů nutných na opravu zařízení a ztrát z výpadku produkce. Ztráty z výpadku produkce mohou být několikanásobně vyšší, než vlastní náklady na opravu. Veškeré náklady jsou u tohoto systému vynaloženy až po poruše (21).

Obr. 6 Schéma systému údržby po poruše (21)

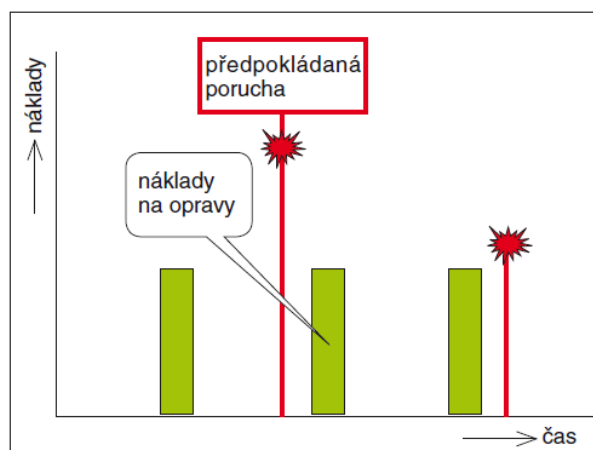


Preventivní údržba

U systému preventivní údržby jsou prováděny časové průběhy spolehlivosti významných částí strojů a zařízení, jednotlivých uzlů systému a jsou u nich stanoveny intervaly oprav. Výhodou preventivní údržby je, že se v naprosté většině předejde poruše. Pokud by však došlo k poruše, její dopady a náklady na opravu jsou nižší až zanedbatelné, než v předchozí variantě údržby po poruše. Je třeba ale počítat s vyššími náklady na plánované opravy podle předem stanoveného plánu (s předstihem zbytečná výměna funkční části systému). Náklady mohou klesat mírněji, ale jsou rovnoměrněji rozloženy v čase, jak je znázorněno na obrázku 7.

U tohoto systému jde o přesunutí údržbářských kapacit na činnosti, které mají účinným způsobem zabezpečit předcházení náhlým poruchám. Jde o prohlídky, revize, kontroly, plánované obnovy a výměny, diagnostiku. Charakteristickými znaky preventivní údržby jsou jednotný systém, metodika, plánování a tvorba zásobníku práce, denní a týdenní hlášení a sledování nákladů na stroje a zařízení. U tohoto systému je nutná vyšší organizační a administrativní náročnost, ale dochází ke zvýšení plynulosti provozu, snížení následků poruch na kvalitu a bezpečnost práce a snížení nákladů na opravy strojů a zařízení (21).

Obr. 7 Schéma systému preventivní údržby (21)



Zásah údržby podle časových plánů se uskutečňuje preventivně v daných časových intervalech, často bez ohledu na skutečný technický stav s přihlédnutím na význam zařízení ve výrobním procesu, jeho konstrukci, opotřebení a provozních podmínek.

Systém údržby po prohlídce zahrnuje periodické prohlídky stavu výrobního zařízení, dávající přehled o opotřebení zařízení a operativní plán oprav, který se sestaví na základě zjištění při plánovaných preventivních prohlídkách. V časovém odstupu za prohlídkami se vykonávají samotné údržbové úkony.

V systému údržby standardních periodických oprav bez ohledu na technický stav zařízení se ve stanovených termínech vykonávají opravy, které jsou vykonány podle předepsaných technologických postupů. Předepsané a vybrané prvky se povinně vymění ve stanovených lhůtách.

V systému preventivních periodických oprav probíhají preventivní technickohospodářské opatření, obsluhy, dozor nad zařízeními a všechny druhy oprav, které se vykonávají preventivně a periodicky dle sestaveného planu (22).

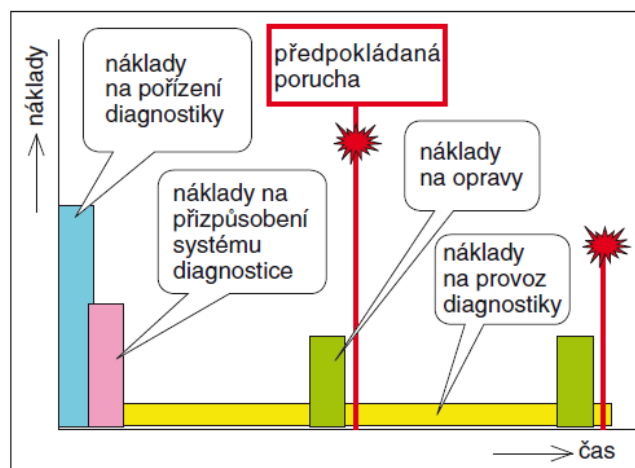
Systém údržby podle technického stavu (diagnostická údržba)

Údržba prediktivní

Stala se využívanou ve spojení s rozmachem technické diagnostiky. Hlavním přínosem je důsledné odstranění poruch, jednotlivé opotřebované a poruchou ohrožené součásti zařízení se opravují a vyměňují v optimálním předstihu. To je v době, která je nutná z hlediska fungování systému, tedy s dostatečnou rezervou před samotnou poruchou, nebo mezním stavem, ale v okamžiku, kdy je příslušná součást již dostatečně opotřebovaná. Výhodou je pokles nákladů na minimum, náklady na údržbu se oproti předchozím zmíněným variantám snižují. Ztráty dané výpadkem výroby jsou také minimální.

Ke stanovení okamžiku vhodného na údržbu je nutné zařízení trvale, periodicky sledovat a podle zjištěných hodnot provozních parametrů určit tento okamžik. Tím narůstají náklady dané nutností investic do diagnostických systémů a zařízení, pořizovací cena je vysoká. I když jsou nutné investice do diagnostických systémů a zvyšují celkové náklady údržby, většinou se několikanásobně vrátí v podobě úspor na odstranění následků poruch a havárií (21).

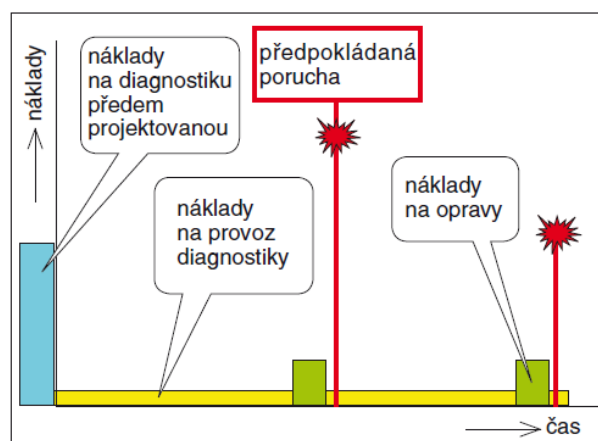
Obr. 8 Schéma systému prediktivní údržby (21)



Údržba proaktivní

Tento typ údržby je vylepšením předchozího systému údržby prediktivní. Vychází z prediktivní údržby, kterou dále zdokonaluje, využívá diagnostiky, ale zpravidla mnohem komplexnější. Kombinují se různé samostatné obory diagnostiky tak, aby bylo pokryto cele sledované zařízení. Důležitá zařízení se navrhuje s ohledem na snadný přístup při zavádění diagnostiky v budoucnu. Tedy již při konstruování stroje, či zařízení by mělo být neopomenuto eventuální připojení diagnostických systémů, s umístěním snímačů a měřicích míst pro sledování vibrací, teplot, odběr vzorků maziv a další parametry. Při použití proaktivní údržby se především snižují náklady na zavedení diagnostických systémů pro periodické či trvale sledování zařízení. Zavedení diagnostického systému na hotovém stroji není vždy jednoduché a může se odrazit ve vedlejších nákladech (21).

Obr. 9 Schéma systému proaktivní údržby (21)



Diagnostické metody

Moderní systémy údržby obsahují technickou diagnostiku, která je důležitou součástí systémů. Bez účasti diagnostických metod není možné použít moderních systémů prediktivní a proaktivní údržby. Bez použití těchto metod lze provozovat jen nižší úroveň systémů údržby s menší účinností a vyššími náklady.

Pro stručné seznámení s různými typy technické diagnostiky jsou některé vyjmenovány (22):

- 1) vibrační diagnostika – vhodná zejména pro klasická strojní zařízení, stroje a přístroje. Měření mechanického chvění, rázů nebo frekvenční analýza patří v současnosti k základním diagnostickým metodám
- 2) akustická diagnostika je podobná metodě vibrační. Někdy mluvíme o metodě vibroakustické, protože se vzájemně prolínají
- 3) termodiagnostika – v posledních letech se výrazně rozvíjí dynamicky. Využívaná jak u klasických strojních zařízení, tak v energetice, u elektrických strojů. Tam, kde v souvislosti se změnou provozních parametrů dochází k uvolnění tepelné energie a změny teploty
- 4) tribodiagnostika se orientuje na problémy tření, mazání, a analýzy olejů a technických kapalin obecně. Dále se ještě využívají metody elektrodiagnostiky a defektoskopie.

4.3 Organizace a řízení údržby

Účinné uvedení systému do provozu a dlouhodobé udržení na optimálních nákladech po celý životní cyklus je potřebné plánovat činnostmi údržby a jejich zabezpečováním a obstarat potřebné zdroje. Tyto činnosti začínají v etapě koncepce a vývoje a pokračují v průběhu následujících etap životního cyklu produktu.

Dle (22) cíle plánování činnosti údržby a zabezpečování údržby jsou následující:

- 1) vyvinout koncepci údržby a doplnit požadavky na údržbu a její zabezpečování do systémových požadavků
- 2) určit účinek systémů udržovatelnosti designu ve formě požadavků na zabezpečování údržby a optimalizovat koncepci údržby
- 3) definovat požadavky na zabezpečování údržby a plán údržby
- 4) specifikovat potřebné zdroje.

Centralizovaná údržba

Tato organizační struktura je založena na zodpovědnosti za všechny údržbářské činnosti formou pevně seřazeného sestaveného pořadí. Organizační struktura centralizované údržby se osvědčila v malých a středních organizacích, podíl speciálních činností výrazně ovlivňuje snižování nákladů (16).

Výhodami jsou technické přípravy oprav, řízení z jednoho centra, vedena evidence o strojích a zařízeních, konstrukce náhradních dílů, zabezpečování komplexních oprav, vytvořené podmínky pro identifikaci a analýzu příčin poruch.

Mezi nevýhodami patří: doprava náradí a náhradních dílů na provoz, vážné komunikace, prodloužení času opravy (22).

Decentralizovaná údržba

U této organizační struktury se vychází z toho, že pracovníci jsou přiřazeni na základně odbornosti a pracovních vztahů k jednotlivým nižším pracovním celkům. Údržba provozu pracuje samostatně a má přímé napojení na strukturu organizace provozu výroby. Pracovníci jsou specializováni na zařízení daného provozu (23).

Výhody: údržbu je možno umístit v blízkosti výroby, je operativnější, nezávazné komunikace ani doprava materiálu a náhradních dílů.

Nevýhody: vytrácí se odbornost, zanedbává se odborný růst údržbářů, vytrácejí se informace o strojích a zařízeních a tím není plánování oprav v souladu s celopodnikovým podnikatelským záměrem, údržbáři se nedají efektivně využít na jiný provoz (22).

Kombinovaná údržba

Struktura kombinované údržby, jak název sám napovídá, vychází z kombinace centralizované a decentralizované údržby. Tato forma je nejvýhodnější pro společnosti z průmyslu s rozsáhlým výrobním programem a s vysokým počtem pracovníků v různých kvalifikačních třídách (16).

Výhody: denně operativní zásahy a preventivní údržbu vykonává směnová údržba, snížení nákladů na údržbu o 20-30%, vliv na zvýšení produkce podniku o 2-5%, opravy vyššího typu vykonávají centralizované skupiny po profesích obvykle řízené jedním vedoucím.

Ale záporným faktorem je to, že dochází k informačním zkratům mezi centralizovanou a decentralizovanou údržbou (22).

Externí údržba

Tato organizační struktura je ve výrobních podnicích vyskytovaná v současnosti ojediněle. Je vykonávaná externě dodavatelskou organizací. Externí údržba nenes zodpovědnost za technický stav stroje a zařízení, je zodpovědná jen za vykonanou službu a činnosti, které jsou předmětem smlouvy s externí organizací, která zabezpečuje údržbu (22).

Ještě je dále možné doplnit dodavatelskou (nakupovanou, externí) údržbu, v případě celkového odevzdání cizí organizaci jde o outsourcing údržby. Dalším specifickým typem údržby je integrovaná organizační forma, která vyžaduje univerzální specialisty se širokou škálou vědomostí a zručností (16).

Podle vlivu na organizační strukturu údržby dělíme faktory na externí (právní předpisy a legislativa, předpisy o ochraně životního prostředí a bezpečnosti práce, koncepce investičního rozvoje, finanční zdroje a úvěrová politika) a interní (velikost podniku, jeho lokalita, typ výroby a výrobní program, náročnost výroby na úrovni kvality, technická úroveň základních prostředků, úroveň výrobních zařízení, jejich technický stav a technologické vlastnosti) (22).

4.4 Údržba 4.0 v konceptu Průmysl 4.0

Prediktivní údržba je jedním z klíčových prvků Průmyslu 4.0. Praktické uplatnění prediktivní údržby již nacházíme v řadě průmyslových podniků ať již v částečné podobě údržby dle technického stavu, či diagnostické údržby, tak i v podobě skutečné predikce opotřebení zařízení a podle toho plánované údržby.

Nastávající digitalizace průmyslu přináší oblasti prediktivní údržby příležitost pro její rozšíření. Na trhu jsou nové senzory se schopností rychlé výměny dat na internetu a zpracování softwaru na řízení údržby, stoupá míra jejich instalací do nových strojů přímo výrobcí a rovněž zabezpečení výstupu dat ze strojů do softwarů na řízení údržby (24).

Hlavní funkce systému údržby jsou: zpracování, vizualizace, analýza a archivace měřených dat. V analytické části informační systémy zobrazují historii a trendy sledovaných událostí s následnou predikcí. S rozvojem konceptu průmysl 4.0 stranou nezůstává i údržba jako jeden z hlavních prvků výroby. Základním faktorem úspěchu firmy je dosažení co nejvyšší dostupnosti a provozní spolehlivosti při zachování maximální úrovně kvality, individuality a minimalizací nákladů.

Cílem údržby pod názvem 4.0 je minimální pracnost údržby, vykonávat činnosti, které přidávají hodnotu (24):

- 1) vyvarovat se ztrátovým časům
- 2) odstranit plýtvání ze všech údržbářských procesů
- 3) podporovat hodnotový tok pro zabezpečení stability procesů a kvality
- 4) zvyšovat hospodárnost – šetřit.

Jedná se o změnu přístupu, kdy tradiční přístup – „orientace na využití“, změníme na přístup štíhlé údržby – „orientace na proces“.

Základem pro správné nastavení strategie údržby je systém kategorizace zařízení. Pro kategorizaci zařízení je důležité použít jednoznačná a měřitelná kritéria a týmovou spolupráci podnikových útvarů (výroba, údržba, technologie, kvalita, nákup a obchod), aby byly výsledky relevantní a měli dostatečnou vypovídající schopnost. Kategorizace nebo prioritizace je jen jedna, a proto je důležité, aby se zohlednili pohledy a zkušenosti všech útvarů.

Zařízení se kategorizuje podle následujících kritérií:

- 1) vliv daného zařízení na celý výrobní proces
- 2) vliv délky prostoje na množství nebo termín dodávky
- 3) vliv na zákazníka.

Hlavní kapacita údržby se měří na nejrizikovější komponenty zařízení a na zařízení, které nemají vliv na proces a zákazníka a nastavuje se např. strategií oprava po poruše. Z hlediska údržby 4.0 jsou nejdůležitější dva hlavní strategické přístupy na dosažení cíle „nulové časy na údržbu“ (24):

- 1) údržba po dobu prostojů – integrovat všechny inspekce, opravy, servis a preventivní údržbu do každodenních operací a naplánovat je po dobu přestavení, čekání na uvolnění nebo, když vznikne chyba na jiné části zařízení. Plánování musí probíhat na základě aktuální situace

- 2) redukce času na údržbu

Požadavky na kvalitu procesů údržby rostou a můžeme je vyjádřit v následujících bodech (25):

- 1) pořizování majetku s vysokou spolehlivostí a nízkými náklady životního cyklu v souladu s požadavky asset managementu
- 2) udržování hmotného majetku v provozuschopném a způsobilém stavu
- 3) předcházení vzniku poruch a následujících poruchových stavů
- 4) operativní odstraňování vzniklých poruch
- 5) snižování environmentálních dopadů provozu výrobního zařízení
- 6) zajištění bezpečnosti provozu a údržbářů
- 7) snižování rizik
- 8) eliminování kritických poruch
- 9) vynakládání optimálních nákladů na údržbu.

Podle auditů české společnosti pro údržbu (ČSPÚ) chybí v praxi koncepce a strategie údržby a její propojení s výrobou, se změnou časové struktury, výrobním úkolem, sortimentem výrobního zařízení apod. Průmysl 4.0 vyžaduje vysokou integraci všech vývojových, výrobních, logistických, ale i údržbářských procesů. Určité slabiny jsou v administrativě a plánování údržby, velmi málo je využíván vhodný informační plánovací systém. Stále značně převládá systém údržby po poruše. Rovněž logistika náhradních dílů v údržbě je na nízké úrovni. Hodnocení výkonnosti údržby pomocí KPIs je na nízké úrovni, chybí účinný informační systém údržby (ISÚ), i když na trhu je celá řada ISÚ, přesto v současné době nespĺňují plně požadavky Průmyslu 4.0. Nakonec konstatuji, že kvalitu údržby dělá především kvalitní údržbářský personál od řadového údržbáře až po vrcholového manažera údržby a KPIs jsou sice pomocné nástroje, ale velmi důležité pro zpětnou vazbu. Masivní implementace Průmyslu 4.0, nasazení senzorů technického stavu, analýzy a využití dat z analýzy umožní mnohem přesněji identifikovat úkoly preventivní údržby s cílem (25):

- 1) detekovat a napravit vznikající poruchy před tím, než nastanou
- 2) snížit pravděpodobnost vzniku poruchy
- 3) detekovat skryté poruchy
- 4) snížit náklady na údržbu.

Procesy managementu údržby ve světle výzvy Průmysl 4.0 by se měly významně měnit. Zvýší se tlak na přechod od údržby po poruše a údržby periodické na údržbu prediktivní a proaktivní všude tam, kde to bude technicky možné a ekonomicky výhodné. Technické možnosti implementace prediktivní údržby jsou již teď umožněny nabídkou velké palety cenově dostupných sensorů. Na druhé straně je nutné poznamenat, že výzkum zpracování dat v oblasti managementu údržby má ještě mnoho úkolů před sebou a jeho intenzita je velmi nízká. Lze říci, že v současné době není ještě management údržby připraven rutinně řešit výzvu Průmysl 4.0.

Základní zdroje použitelné pro údržbu a zajištění údržby jsou a ještě dlouho budou (25):

- 1) lidské zdroje byly, jsou a budou nejdůležitějším faktorem, včetně interních i externích pracovníků, používané k provádění údržby a zajištění údržby
- 2) materiály a náhradní díly používané k opravě nebo obnově objektů. Logistická podpora údržby zahrnuje koncept nákupu, zásobování, skladování a řízení zásob náhradních dílů a materiálů (NDM) pro potřeby údržby. Nejdůležitějším úkolem je určit, které NDM musí mít organizace na skladě a které podle potřeby má nakupovat z vnějších zdrojů. Hlavním úkolem do budoucna je to využívat jako prostředek snižování nákladů v údržbě
- 3) infrastruktura, která se skládá z pracovišť používaných pro údržbu a generální opravy, z nástrojů, vybavení pro zajištění údržby a z dopravních a zvedacích zařízení. Infrastruktura a technologie údržby má být zahrnuta do strategie údržby tak, že jsou stanoveny hlavní používané technologie udržování, diagnostikování a oprav, ať již jde o procesy a postupy nebo o základní technologická vybavení výrobních prostorů a údržbářů
- 4) informační zdroje požadované k řízení a provádění údržby a zajištění údržby. Tato oblast je jádrem požadavků Průmyslu 4.0. Ve strategii nesmějí chybět zdroje nejenom na pořízení a implementaci, ale zejména pro trvalé udržování a aktualizování. Současný hardware v oblasti sběru, přenosu a ukládání dat je již na vysoké úrovni a umožňuje část řešení problematiky, a to sběr, přenos a ukládání dat. Největší problém v současné době spatřuji v absenci analýz dat obecně a automatizovaných analýz zvláště. Chybí propracované analýzy dat, umělá inteligence v diagnostice technického stavu a poruchových stavů, algoritmy pro výpočty predikcí mezních stavů pro obnovu, rutinní plánování preventivní údržby, odstávek, sortimentu a zásob náhradních dílů apod. Problémem je, že údržbářský personál (na všech úrovních) není na tuto výzvu v současné době ještě připraven. Výjimečné postavení v pokročilosti aplikace Průmysl 4.0 má automobilový průmysl, ale ani tam není ještě vše na vysoké úrovni. Sbírat by se v oblasti údržby měli následující data: popis objektů a data o jejich umístění, popis úkolů preventivní údržby a údržby po poruše, historie preventivní údržby a údržby po poruše,

podávání zpráv o poruchách a vadách včetně provozních podmínek, když byla zjištěna porucha, modifikace provedené u objektů, informace o materiálech a náhradních dílech, práce plánovaná a rozvrhovaná pro provádění údržeb, dokonalé pracovní příkazy, informace a rady pro údržbu na základě nových znalostí či zkušeností, stav konfigurace produktu a data o tomto stavu aj. Dále data: údaje časového charakteru (doby provozu do poruchy a mezi poruchami, a doby používání strojů a jejich prvků, intervaly revizních prací, preventivních prací a diagnostických prohlídek, preventivních údržeb, průběžné doby a pracnosti údržbářských zásahů, časy prostojů strojů a zařízení), údaje o technickém stavu (různé diagnostické signály)

5) finanční zdroje k finančnímu krytí údržby a zajištění údržby.

Pokud Údržbou 4.0 se rozumí údržba, která vychází ze zásad a principů čtvrté průmyslové revoluce, můžeme říct, že ke klíčovým slovům Průmysl 4.0 i k Údržbě 4.0 patří:

1) robotizace

Robotizace výrobního procesu již není žádnou novinkou, každý moderní závod má velký počet robotů vykonávajících montážní, manipulační, balicí, svařovací funkce. Úkolem Údržby 4.0 je využití robotů v procesech čištění, mazání a v budoucnu, při vývoji technologií vnímání reality, provádění oprav a výměně poškozených částí strojů. Navíc je vývoj robotů crawlerů, kteří se posouvá uvnitř potrubí, a kontrolují jejich stav, zabraňují úniku, protržení atd. V budoucnu by takové roboty mohly být použity ke sledování stavu potrubí a hydraulických systémů zařízení.

Obr. 10 Crawler HiBot (Japonsko)



Zdroj: <http://robotrends.ru/robopedia/kraulery-polzayushie-roboty>

2) internet věcí

Internet věcí v údržbě má důležitou roli především v tom, že všechna zařízení jsou vzájemně propojena a součásti systému komunikují mezi sebou. Jde o shromažďování a analýzu dat, ne pouze jednotlivých prvků, ale celého systému. To s určitou úrovní analýzy dat umožní plně zavádění prediktivní údržby.

3) automatizace

V současné době již existují automatické mazací systémy, jejichž vývoj je povede k úplné automatizaci procesu mazání strojů.

4) digitalizace

Jedním z hlavních úkolů digitalizace je veškeré dokumentace. V údržbě hraje důležitou roli vytváření elektronických verzí pasportu zařízení. Pasport by měl obsahovat popis stroje, pokyny pro transport, schéma zařízení, mazací plány, pokyny pro provoz a údržbu, certifikace, katalogy náhradních dílů, bezpečnostní předpisy a normy, plány údržby, diagnostická data preventivní údržby, záznamy o poruchách, záruční listy, vliv na životní prostředí. Důležité jsou také podmínky pro další rozvoj technologií rozšířené reality, protože údržbář potřebuje mít veškeré potřebné instrukce a návody v elektronické podobě.

5) informační a výpočetní technologie

Vývoj těchto technologií, jmenovitě třídění a analýza velkých dat, je základní podmínkou pro realizaci prediktivní údržby. Proto tvorba analytických technologií, které s vysokou rychlostí a přesností budou analyzovat stav výrobních systémů, s minimálními systémovými požadavky na hardware, je jedním z hlavních úkolů pro realizaci Údržby 4.0.

6) metody a techniky kybernetiky a umělé inteligence a prediktivní údržba

Jak bylo řečeno výše, hlavním faktorem, který ovlivňuje zavedení prediktivní údržby, je rozvoj systémů sběru a analýzy dat. Prediktivní údržba měla by nahradit plánovanou údržbu a údržbu po poruše.

7) 3D tiskárny

Vývoj technologií 3D tisku, především plastového a kovového tisku, umožní v budoucnosti snížit náklady na skladování náhradních dílů, díky tomu, že bude dostatečně mít od výrobce CAD soubor potřebného dílu a materiál pro jeho tisk.

8) nové materiály

Rozvoj vědy a techniky má značný vliv na vývoj nových materiálů. Stranou není ani oblast údržby. Rozvoj nových materiálů, především mazacích a čisticích, a stejně jako nové materiály

pro 3d tisk, které nabízejí podle výrobce větší všestrannost, transparentnost a kvalitu tisku. Díky nanotechnologii by bylo možné vyrábět materiály s jedinečnými vlastnostmi a nahradit materiály používané nyní, které mohou poškozovat životní prostředí a mohou být ekonomicky neefektivní.

9) sociální aspekty

Principy Údržby 4.0 umožní mnoha firmám vyvinout kvalitnější obsluhu strojů, což sníží dobu prostojů a bude mít přímý vliv na účinnost zařízení. Stroje jsou doplněné kamerami a čidly, data jsou analyzována a to proces údržby stabilizuje a má přímý vliv na kvalitu a efektivitu. Bere se to tak, že práce se díky automatizaci, digitalizace stává jednodušší. Kontrolu stávajícího stavu, predikce, návody na řešení problémů, mazání to vše možné nahradit stroji a. Vždy však bude potřeba kvalifikovaná obsluha.

5 Návrh na zlepšení systému managementu údržby ve vybrané organizaci

Škoda Auto a.s. je největším výrobcem automobilů v České republice a jedna z nejstarších automobilových značek světa, která se zabývá rozvojem, výrobou a prodejem automobilů, náhradních dílů a příslušenství. Dlouhodobě je největším českým exportérem a jedním z největších českých zaměstnavatelů. Během svého působení přesáhla hranici miliónu vyrobených vozů ročně. Sídlem společnosti je Mladá Boleslav, kde je i největší výrobní závod, v České republice také jsou dva další výrobní závody v Kvasinách a ve Vrchlabí. Od roku 1991 je součástí koncernu Volkswagen AG. Škoda Auto, a.s. také vyrábí automobily v Rusku, Číně, Indii, Bosně a Hercegovině, Kazachstánu a na Ukrajině.

5.1 Aspekty Údržby 4.0 ve Škoda Auto

Společnost škoda má decentralizovaný systém údržby, který je realizován takovým způsobem, že každý výrobní úsek (lisovna, svařovna, montáž atd.) má vlastní udržovací oddělení, z nichž každý pracuje podle svých pravidel a nemá žádné centrální řízení.

V roce 2017 Společnost Škoda auto implementovala systém SAP S/4HANA. čímž udělala další krok na cestě celopodnikového programu digitální transformace přechodem na platformu SAP HANA, když. Nasazení nové platformy SAP HANA do jednoho z hlavních firemních informačních systémů SAP SK, ve kterém běží řada podnikových procesů včetně vedení účetnictví, controllingu, personálních procesů, všeobecného nákupu, správy originálních dílů a příslušenství i režijních skladů, bylo dlouhodobě plánováno v souladu s firemní strategií.

Díky nasazení SAP HANA má ŠKODA AUTO novou IT platformu umožňující komplexní digitalizaci podnikových procesů. Na této platformě může ŠKODA AUTO dále rozvíjet řešení pro podporu svých logistických a výrobních procesů a čelit výzvám rozvíjející se robotizace a automatizace, které přináší Průmysl.

Každé pracovní místo je vybaveno terminálem, na kterém nainstalován SAP HANA s rozhraním Fiori, ve kterém jsou zaznamenány údaje o nehodách, poruchách, a prostojích zařízeních. Signál o poruše zařízení ve formě kódu závady a stručného popisu přichází na tablet nebo smartphone údržbáři. Ve stejném systému údržbář vyplní formulář, ve kterém popisuje data o selhání, (vadný uzel, popis poruchy, příčina problému) a údaje o provedené opravě. I přes to, že společnost Škoda a.s. se zaměřuje na prediktivní údržbu, hlavními druhy údržby jsou plánovaná údržba a údržba po poruše. Technické předpisy pro údržbu pro každé zařízení jsou uvedeny v systému SAP, včetně požadovaných intervalů údržby. Signál o plánování údržby přichází k údržbáři na tablet nebo smartphon. Celkem systém plánované údržby funguje jako upozornění v kalendáři běžného smartphonu.

Vysoký odbyt automobilů vytváří enormní tlak na využití výrobního zařízení, nutí ho provozovat i nad nominálními hodnotami jeho výkonnosti, a tím nesmírně rostou požadavky na jeho údržbu a intenzivnější uplatňování Údržby 4.0. Strukturalizace výrobního zařízení

podle jeho kritičnosti není dostatečně a do hloubky rozpracována, což někde brání diferenciaci údržbářských procesů a uplatňování individuální politiky údržby. Digitalizace pasportů výrobního zařízení není dokončena. Pasporty staveb nejsou digitalizovány. Pasporty výrobních zařízení jsou digitalizovány na 70 %.

Data pro asset management jsou většinou k dispozici, nejsou však k dispozici komplexní analyzovaná diagnostická data a data o spolehlivosti výrobního zařízení. Struktura dat použitelných a důležitých pro údržbu se pomalu vytváří. Systematicky však vytvářena není, v této oblasti existuje řada restů. Organizace má vlastní bezpečné úložiště dat. Není důvod používat cloudy. Je třeba upřesnit využívání centrálních serverů a výrobních monitorů i pro potřeby údržby. Plánovací rutiny v ISÚ pro oblast periodické preventivní údržby jsou uplatňovány hlavně u revizních prohlídek a pokud jde o prediktivní preventivní údržby, u nich jsou plánovací rutiny v počátcích.

Zásoby náhradních dílů (NDM) jsou ve Škoda Auto řízeny pomocí SAP, sleduje se obrátkovost a dodací lhůty. Informace o NDM jsou dostupné ze všech skladů, jsou všem údržbám přístupné (jsou integrované) a umožňují vytvářet virtuální sklad. Pracuje se na koncepci 3D tiskáren, vzorky tiskáren jsou k dispozici, většinou určeny na tisk plastů, v oblasti tisku ocelových ND není ještě dostupná technologie dostatečně výkonná a spolehlivá.

Sledování nákladů v údržbě probíhá v rámci controllingu a SAPu, ale pouze v integrované podobě, analýza nákladů nejde do hloubky. Je k dispozici globální systém sledování nákladů ve vztahu k rozpočtu, náhradním dílům, lze určit materiálové náklady na jednotlivá technická místa. Controlling nesleduje náklady pro potřeby údržby do požadované analytické hloubky, chybí podklady pro optimalizaci preventivní údržby. Náklady životního cyklu kritických strojů a zařízení ve své standardizované podobě se nesledují, lze je zjistit „ručním“ způsobem pomocí softwaru.

5.1.1 SAP R/3

Pro řízení podniku Škoda Auto zavedla softwarový produkt SAP R/3 německé společnosti SAP. SAP R/3 je client/server aplikace využívající třívrstvý model. Prezentační vrstva nebo klient komunikují s uživatelem. V aplikační vrstvě je uložena business logika a databázová vrstva zaznamenává a ukládá všechna data systému včetně transakčních a konfiguračních dat.

Funkčnost systému SAP R/3 je programována vlastním proprietárním jazykem CPS (Advanced Business Application Programming). ABAP, neboli ABAP/4, je jazykem čtvrté generace (4GL) umožňujícím vytvářet jednoduché, ale výkonné programy. R/3 obsahuje také kompletní vývojové prostředí, které umožňuje vývojářům modifikovat existující programový kód SAPu nebo vytvářet vlastní funkčnost, od reportů až po transakční systémy, s využitím SAP frameworku. ABAP komunikuje s databází pomocí SQL dotazů, které umožňují vybírat, měnit a mazat data.

System SAP se skládá z několika modulů (obr. 11):

SAP R/3 PM modul – Plant Maintenance:

- 1) modul pro řízení údržby
- 2) plánování preventivní údržby i řízení operativních zásahů
- 3) napojení na controllingový modul – podrobné sledování a účtování nákladů na opravy
- 4) řízení stavu zásob náhradních dílů.

SAP R/3 FI-CO modul – Finance and Controlling:

- 1) modul pro finanční účetnictví a controlling
- 2) možnost několika účetních okruhů a konsolidace účetních výkazů
- 3) sledování jak výrobních tak režijních nákladů, možnosti tvorby vlastních reportů
- 4) evidence a účtování majetku organizace.

SAP R/3 PS modul – Project Systems:

- 1) modul pro projekty
- 2) možnost přiřazovat a sledovat náklady podle jednotlivých projektů
- 3) především controllingový modul.

SAP R/3 PP modul – Production Planning:

- 1) modul pro plánování výroby – denní, týdenní, měsíční báze
- 2) reporty pro podporu řízení a managementu.

SAP R/3 SD modul – Sales and Distribution:

- 1) modul pro prodej a distribuční řetězec
- 2) možnosti prodeje přes jednotlivé objednávky nebo otevřené smlouvy
- 3) možnost různých typů distribuce (přímý dodej, dodej do logistického centra, prodej přes partnera).

SAP R/3 HR modul – Human Resources:

- 1) modul pro řízení lidských zdrojů
- 2) možnosti jednak jak řídit docházku, mzdy, tak kariérní postupy, školení atd.

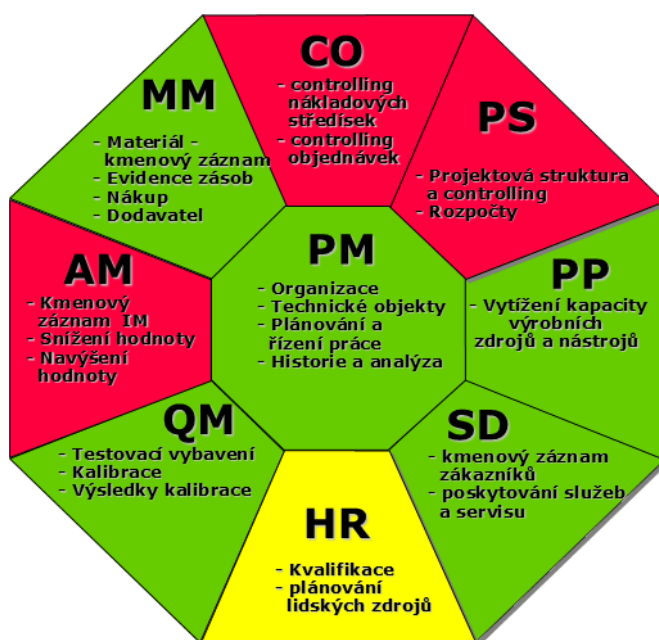
SAP R/3 QM modul – Quality management:

- 1) modul pro řízení kvality a vstupní kontroly
- 2) velmi úzce propojen s MM modulem
- 3) možnosti nastavení kontrol materiálů, jejich opakování a sledování a vyhodnocování jak jednotlivých kusů, tak dodávek a dodavatelů.

SAP R/3 MM modul – Material Management:

- 1) modul pro řízení toku materiálu a logistiku
- 2) nastavení Master dat (číselníků) výrobků a zboží, parametrů pro nákup
- 3) kompletní pokrytí od nákupu materiálu, přes jeho příjem až po pohyb výrobním procesem
- 4) skladové hospodářství, sledování nadlimitních a podlimitních zásob.

Obr. 11 Moduly SAP R/3



Zdroj: Interní zdroje Škoda Auto MB

Základní rozdělení funkcionality modulu PM:

- 1) evidence a strukturalizace zařízení (hierarchie zařízení, přiřazení lokalit, vazby na majetek, přiřazení ND, kusovníky)
- 2) hlášení poruch a požadavků na údržbu (kódování poruch, evidence prostojů, činností)
- 3) zakázky údržby - pracovní příkazy (přiřazení pracovníků)
- 4) pracovní postupy a návody
- 5) plány preventivních oprav (pracovní postupy, pakety údržby)
- 6) analýzy a vyhodnocení
- 7) dokumentace

Hlavní procesy přesahující rámec modulu PM:

- 1) sklady (skladování a nákup materiálu, evidence materiálu, dispozice s materiálem, příjem a výdej materiálu, spotřeby materiálu)
- 2) nákup (externích služeb, materiálu, sledování objednávek, faktur, katalogy dílů)
- 3) personál (profese, os. čísla, docházka)
- 4) náklady (podniková hierarchie, konta, rozpočty, plány, sledování)
- 5) vnitropodnikové výkony.

Strukturalizace zařízení, strojní karty a seznam hlášení poruch jsou v příloze 1.

5.1.2 SAP HANA a Fiori

SAP S/4HANA Cloud poskytuje vestavěné procesy založené na osvědčených postupech pro organizace zaměřené na výrobu, služby a obchodování. V inteligentním jádře SAP HANA probíhá řízení podnikových procesů v reálném čase založené na jediném zdroji dat, převod velkých objemů dat na okamžité přehledy pro rozhodování a podpora digitální transformace funkcemi jako je strojové učení. Jedna z mnoha definic SAP HANA říká, že se jedná o in-memory datovou platformu provozovanou u zákazníka nebo v cloudovém prostředí. Je otázka, co si pod tím konkrétně představit. SAP HANA je flexibilní víceúčelové in-memory technologie, která namísto zpracování a ukládání dat na pevných discích drží všechny tyto procesy v paměti, což výrazně zrychluje přístup. Díky tomu můžete analyzovat obrovské množství dat a poskytovat výsledky během několika sekund.

SAP HANA nabízí ucelenou platformu od správy databáze, přes datové modelování až po knihovny matematicko-statistických funkcí, které přinášejí schopnost zpracovávat data a informace v reálném čase a procesu. Velikou výhodou je integrované vývojové prostředí pro tvorbu aplikací.

SAP HANA může být použit pro modelování různých scénářů, může analyzovat dopad změn na celou organizační strukturu a simulovat důsledky pro obchodní procesy. Díky tomu lze lépe pochopit své projekty a jejich návratnost, mít možnost porovnat všechny svá data prakticky z libovolného zdroje a přijmout kvalifikovanou řešení v reálném čase. Kromě toho tato technologie snižuje složitost IT prostředí, zvyšuje výkonnost podniku a snižuje celkové výrobní náklady.

Jedná se o nástroj schopný vytvářet komplexní datové sklady a zpracovávat jakékoliv objemy, včetně Big Data, přičemž datové sklady je možné „psát“ a tvořit standardním způsobem, nebo implementovat SAP BW on HANA. Obě řešení jsou z business pohledu rovnocenná a liší se především ve správě datových modelů.

SAP HANA jako databáze pod SAP ERP, nově pod označením S/4HANA, přináší kromě zrychlení jednotlivých transakcí další změny a novinky, jak na úrovni procesů, tak celých modulů. Stávající zákazníci se nemusí obávat migrace na tuto platformu, protože strategie společnosti SAP je vývoj nedestruktivní metodou. V praxi to znamená, že veškerá stávající funkcionalita systému je zachována, a že je možné se rozhodnout, zda využijeme nových vlastností, či nikoliv. Příkladem je kompletně přepracovaná oblast financí, controllingu a majetku označovaná SAP Simple Finance. Po několika desítkách let se mění vnitřní uspořádání tabulek a některých procesů. Cílem je snížit duplicitu dat, a tím zabezpečit tzv. „jednu verzi pravdy“ a poskytnout nové typy aplikací kombinující transakce s analytickými schopnostmi.

Z technologického hlediska je řešení postaveno a nabízeno jako tzv. appliance na specifickém certifikovaném HW a vlastním software SAP HANA. V oblasti HW si je možné vybrat prakticky ze všech předních HW dodavatelů. Pro určité scénáře existuje možnost využít cloudové služby. Aplikace Fiori slouží jako uživatelské prostředí dodávané pro jednotlivé moduly.

SAP Fiori je nový designový jazyk SAPu. To, jak SAP vypadá, jak se ovládá, jaké má uživatel ze SAP aplikací pocity. Od roku 2014 společnost SAP interface Fiori nabízí svým zákazníkům kompletně zdarma. Definiuje typy aplikací, jejich vzhled, chování. Uživatel konečně nemusí po spuštění aplikace hledat, jak se aplikace ovládá, kde jsou tlačítka. Jako bonus je každá aplikace dostupná také na mobilním zařízení bez nutnosti vytvářet speciální verzi. Významný dopad na snížení nákladů za další vývoj aplikací netřeba zvlášť v této souvislosti zdůrazňovat. V neposlední řadě je SAP Fiori kolekce standardních aplikací dodávaných SAP. Pro S/4 HANA je SAP Fiori již primárním prostředím pro uživatele.

Příklady uživatelského prostředí Fiori jsou v příloze 2.

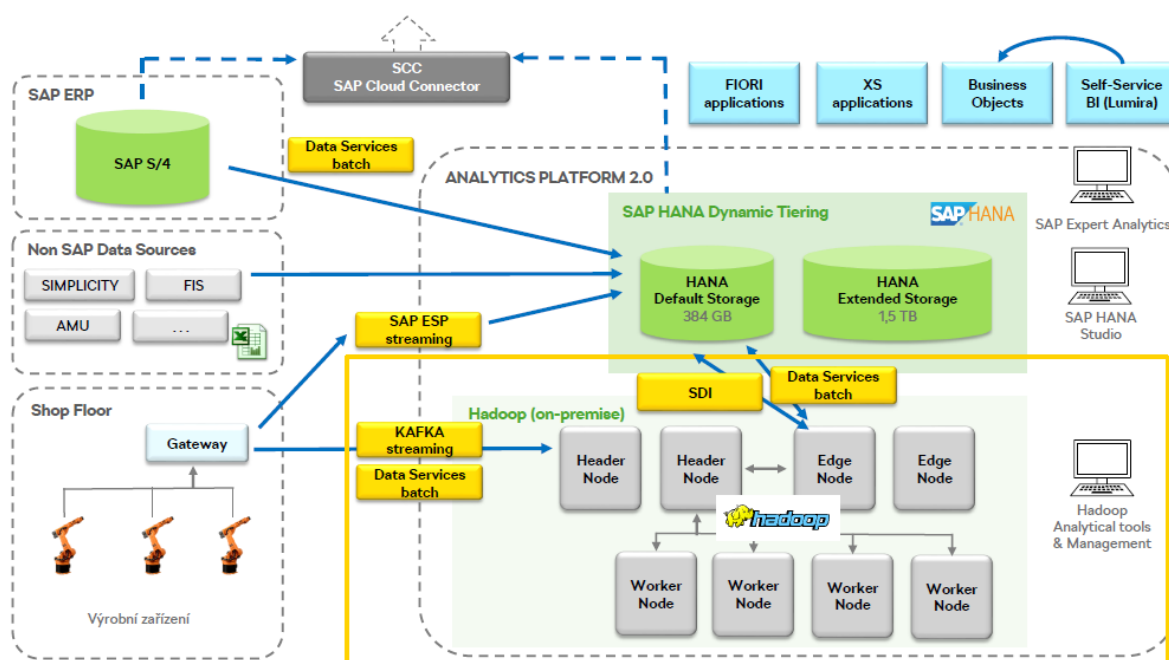
5.1.3 Systémy prediktivní a mobilní údržby

Ve společnosti Škoda Auto systém prediktivní údržby není realizován, ale v současné době probíhá implementace tohoto systému. Jádrem procesu prediktivní údržby je sběr a analýza dat. Proces sběru a využívání dat probíhá v 5 fázích:

- 1) sběr dat z výrobních zařízení a dalších datových zdrojů
- 2) uložení dat do databáze pro možnosti dalšího vyhodnocení
- 3) condition monitoring – zobrazení aktuálních dat ze strojů, kontrola překročení prahových hodnot
- 4) analýza uložených dat – možnost tvorby prediktivních modelů, porovnání s dalšími daty (teploty, obsluha stroj, čas, ...)
- 5) reporting dat – generování uživatelských, či pevně daných reportů.

Na obrázku 12 je uveden koncept architektury systému údržby.

Obr. 12 Koncept architektury systému údržby



Zdroj: Interní zdroje Škoda Auto MB

V plánech využití dalších systémů pro sběr dat a condition monitoring strojů:

- 1) KepWare – přímý sběr dat z výrobních zařízení (PLC) a výrobních zařízení, jejich ukládání do databází, či analytických nástrojů třetích stran

- 2) systémy sběru dat z údržby:
 - a) SAP PM modul – evidence poruchových hlášení, evidence strojů
 - b) AMU – Zakládání hlášení poruch zařízení, možnost zobrazení dokumentace zařízení, přímé propojení se SAP PM.
- 3) ThingWorx - Condition monitoring strojů, vizualizace dat z výrobních zařízení, varovná hlášení při překročení prahových hodnot.

Systémy pro ukládání dat SAP HANA DB a HADOOP BigDatastore. Jsou pro ukládání dat z výrobních zařízení a údržby. Pro vyhodnocování dat slouží analytické nástroje pro vyhodnocování dat z výroby např. SAP HANA + PAL (PredictiveAnalyticsLibrary).

Mezi reportingové nástroje patří self-service reportingové nástroje nad daty z výroby, které poskytují možnost tvorby uživatelem definovaných reportů. Tyto reporty však nemohou být automatizovány: PowerBI – Zvýšená pracnost převedení reportu do automatizovaného řešení (> 1 měsíc).

Také systém zahrnuje reportingové nástroje pro pevně definované reporty. Pomocí tohoto nástroje je možnost automatického generování výstupu a prezentace pro ostatní pracovníky Škoda auto. Především to jsou SAPy Fiori a Business ObjectsSuite.

V rozvoji systému prediktivní údržby se účastní IT partneři Škoda Auto, přímo aplikace pro údržbu podporují další partneři: SAP PM, AMU, KepWare, ThingWorx, SAP FIORI Reporting.

Databázi podporují firmy SAP HANA DB a HADOOP Big Data Store.

Podporou analytických platforem a reportingových nástrojů se zabývají IT firmy SAP HANA, SAP Business ObjectsSuite, SAP LUMIRA, PowerBI.

5.2 Doporučení k dalšímu rozvoji v oblasti Údržba 4.0

Je třeba předeslat, že jde o novou a evolučně se vyvíjející koncepci Údržby 4.0 na vlně čtvrté průmyslové revoluce Průmysl 4.0. Řada myšlenek této koncepce se již ve Škoda auto, zejména ve svařovně a lisovně, začala realizovat a aplikovat. Byla přijata Strategie údržby 2025, která poskytuje určitý základ Údržby 4.0, ale nelze ji považovat za ucelenou koncepci Údržba 4.0 ve ŠA. Od roku 2017 je zaváděn projekt prediktivní a mobilní údržby, který je avšak dnes jen na úrovni condition monitoringu. Co se týče cloudových technologií, prvním krokem bude v oddělení personalistiky zaveden Office 365 a to je v cloudu. Přesto že skoro každý stroj má připojení k Internetu, zatím žádná data ze strojů na cloudových uložistiích ŠA nemá. A je to především z bezpečnostních důvodů. Pro uložení dat ze strojů ŠA využívá kapacity vlastních serverů.

V oblasti 3D tisku, přestože je vývoj technologií a materiálů, především v kovotisku, v současné době není zaveden vztah mezi dodavatelem (výrobce strojů) a koncovým uživatelem. V budoucnu při potřebě náhradních dílů by Škoda Auto nemusela objednávat potřebné díly a čekat, až budou dodány. To by stačilo mít CAD soubor potřebného díla a materiál od výrobce pro 3D tisk přímo na pracovišti Škoda Auto. V současné době Škoda Auto má k dispozici několik 3D tiskáren (pro tisk z plastů), u kterých se testuje především kvalita vyrobených produktů, nicméně o kterém buď zavádění technologie 3d tisku v oblasti údržby nejde.

Technologie virtuální reality se ve Škoda Auto dlouhodobě využívají. Například se dělají virtuální modely. Existuje virtuální studio, ve kterém se řeší i procesy spojené se samotnou výrobou, tzv. virtuální montáž. Techniky virtuální reality využívají v oblasti kvality například při instruktáži pracovníků, provádějících finální kontrolu vozů ve světelném tunelu. Návrhem této práce by bylo využívání virtuální reality v údržbě což by bylo jedním z kroků zavádění Údržby 4.0 ve Škoda Auto.

Na základě toho, že Škoda Auto spolupracuje s Microsoftem a byly již testovány brýle virtuální reality Hololens, autorem této práce byl navrhován jako model pro použití virtuální reality v údržbě model Hololens 2.

Holografické brýle HoloLens zobrazují na průhledných displejích objekty tak, aby byly včleněny do obrazu, který přímo vidíme. Brýle obsahují kompletní potřebnou elektroniku i napájecí akumulátor. Kromě CPU a grafického procesoru disponují brýle HoloLens i speciálním holografickým procesorem HPU (Holographic Processing Unit), který rozpoznává objekty reálného světa i aktivity a dokáže zpracovat terabyty dat ze senzorů v reálném čase. Rozšířená realita je doplněním zobrazení reality o uměle doplněné informace. V praxi se jedná o kombinaci obrazu reálného světa, do kterého se v reálném čase vkládají počítačem generované grafické objekty. Virtuální realita se snaží uživatele zcela ponořit do počítačem vygenerovaného prostředí, aby se jeho mysl s touto realitou co nejvíce ztotožnila. Uživatel má k dispozici zobrazovací zařízení na principu poloprůhledných brýlí, přes které vidí nejen reálný svět, ale i počítačem vygenerované včleněné objekty. Proto je nutné, aby pohyby a posuny objektů uskutečněné uživatelem v reálném světě korespondovaly se změnami ve virtuálně generovaném obraze. Jednodušší systémy využívají speciální značky nazývané artagy, rozmístěné do reálného prostoru například ve formě nálepek. V procesu zpracování se artagy kamerou nasnímají, rozpoznají a nahradí virtuálními objekty. Brýle HoloLens tyto značky nevyužívají. Vyžaduje to velký výpočetní výkon.

V rámci veletrhu Mobile World Congress 2019 v Barceloně společnost Microsoft představila brýle rozšířené reality HoloLens 2 (obr. 13). Zařízení ukládá programově vytvořené obrázky nad to, co uživatel přímo vidí. Nová verze zvyšuje úhly pohledu a přidává funkci sledování vzhledu, další senzory jsou naprogramovány tak, aby přepočítaly polohu osoby. Inženýři společnosti Microsoft znovu vyvažovali rozložení hmotnosti zařízení na hlavě a nyní se brýle

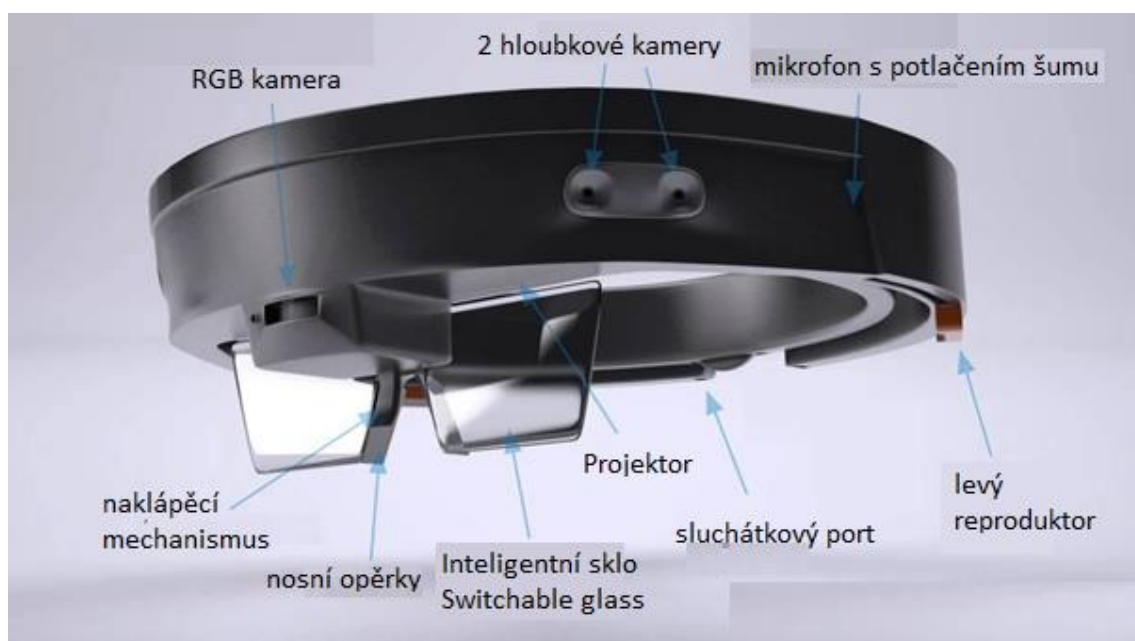
staly mnohem pohodlnějším. Výrobce slibuje, že používání gadgetu bude pohodlné i během několika hodin. Prvky brýlí HoloLens 2 jsou uvedeny na obrázku 14.

Obr. 13 Brýle rozšířené reality HoloLens 2



Zdroj: <https://www.digitaltrends.com/computing/hololens-2-news-roundup/#/5>

Obr. 14 Prvky HoloLens 2



Zdroj: <https://www.digitaltrends.com/computing/hololens-2-news-roundup/#/5>

Technické parametry brýlí HoloLens 2 jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Technické specifikace Hololens 2

Optika	<p>Průhledné holografické čočky (vlnovody) 2 světelné moduly HD 16:9 Automatická kalibrace vzdálenosti zornice Holografické rozlišení: celkem 2,3 mil. světelných bodů Holografická hustota: >2500 radiantů (světelných bodů na radián)</p>
Senzory	<p>1 inerciální měřicí jednotka (IMU) 4 kamery pro sledování prostředí 1 hloubková kamera 1 fotokamera / HD videokamera s rozlišením 2 MP Zachytávání smíšené reality 4 mikrofony 1 senzor okolního světla</p>
Vnímání uživatele	<p>Prostorový zvuk Sledování pohledu Funkce zadávání gesty Hlasová podpora</p>
Vstup / výstup / připojení	<p>Vestavěné reproduktory Zvukový 3,5mm konektor Zvýšení/snížení hlasitosti Zvýšení/snížení jasu Tlačítko napájení LED indikátory stavu baterie Wi-Fi 802.11ac Micro USB 2.0 Bluetooth 4.1 LE</p>
Napájení	<p>Výdrž baterie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2–3 hodiny aktivního používání • Až 2 týdny v pohotovostním režimu • Plná funkčnost v průběhu nabíjení <p>Pasivní chlazení (bez ventilátorů)</p>
Procesory	<p>32bitová architektura Intel Specializovaný vlastní procesor Microsoft Holographic Processing Unit</p>
Hmotnost	579 g
Paměť	<p>64 GB Flash 2 GB RAM</p>

Operační systém a aplikace	Windows 10 Microsoft Store
Co je třeba pro vývoj	Počítač PC se systémem Windows 10, na kterém je možné provozovat Visual Studio 2015 a Unity 5.4 2 GB RAM

Zdroj: <https://www.microsoft.com/cs-cz/p/microsoft-hololens-development-edition/8xf18pq-z17ts?activetab=pivot:techspecstab>

Použití brýlí bude mít dopad jak na vnější, tak na vnitřní údržbu. V oblasti externí je to především snížení doby díky tomu, že ve většině případů není nutné čekat na příjezd interního specialisty. Stačí mu zavolat a odborník z jiné části světa bude moci vidět zařízení a parametry a statistiky ze systému SAP očima údržbáře a současně mu bude moci v reálném čase kreslit poznámky. To výrazně sníží prostoje zařízení a pomůže Škodě Auto ušetřit značné finanční prostředky. Příklad použití Hololens v externí údržbě je na obrázku 15.

Obr. 15 Příklad provádění externí údržby



Zdroj: <https://www.youtube.com/channel/UCT2rZIAL-zNqeK1OmLLUa6g>

V interní údržbě by měla být využita rozšířená realita. Týmy údržby využívají zobrazení s překryvnou vrstvou rozšířené reality pro prohlížení stavu stroje, což jim usnadňuje detekci problémů ještě předtím, než je začnou řešit na místě. V jednom případě bylo využito náhlavní zařízení rozšířené reality s technologií navádění mechanika pomocí pokynů v zorném poli. V reakci na zprávu systému SAP o poruše, by údržbář okamžitě dostal 3d model vadného dílu a podle kódu poruchy by systém automaticky otevřel nutná schémata a návody na opravy. Současně jsou obě ruce vždy volné. Stačí v aplikaci zvolit, co je potřeba opravit, vyměnit či doplnit, daný prvek se zvýrazní a celým procesem vás provede názorný průvodce. Protože již za dva roky nastoupí mobilní síť 5G, firmy mohou brzy očekávat snížení svých nákladů na

mobilitní konektivitu, což je dáno masovým využíváním rozšířené a virtuální reality. Zážitek 360° virtuální reality ve vysokém rozlišení s přenosem videa do náhlavních zařízení rychlostí 80 až 100 Mbit/s znamená, že k provozování aplikací rozšířené a virtuální reality je zapotřebí přesouvat po síti vysokou rychlostí nebývalé objemy dat.

Microsoft také přislíbil, že Hololens budou otevřenou platformou, kterou mohou inovovat další společnosti, a to díky otevřeným obchodům aplikací, otevřeným prohlížečům (podporu například oznámila Mozilla s prohlížečem Firefox Reality) a otevřeným vývojářským platformám. Vývojáři budou mít přístup ke stejným API jako Microsoft.

Na obrázcích 16 až 18 jsou ukázány příklady provádění interní údržbářské činnosti pomocí Hololens 2.

Obr. 16 Využití virtuální reality při opravě výtahu



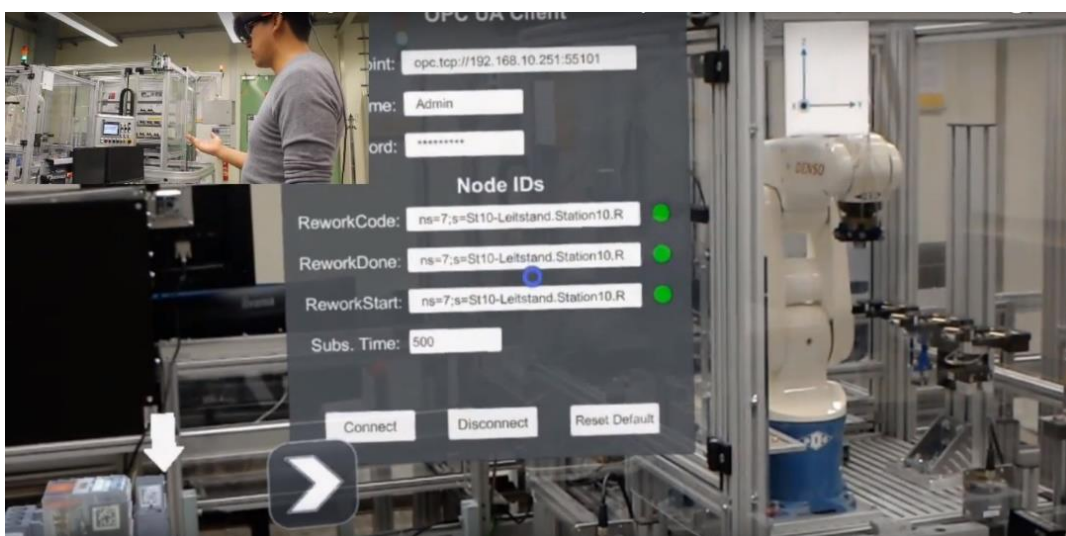
Zdroj: <https://www.youtube.com/channel/UCT2rZIAL-zNqeK1OmLLUa6g>

Obr. 17 Kontrola parametrů zařízení



Zdroj: <https://www.youtube.com/channel/UCT2rZIAL-zNqeK1OmLLUa6g>

Obr. 18 Změna nastavení robota pomocí virtuální reality



Zdroj: <https://www.youtube.com/channel/UCT2rZIAL-zNqeK1OmLLUa6g>

6 Ekonomické zhodnocení

Použití technologie virtuální reality ke zlepšení efektivity údržby, jak bylo uvedeno výše, ovlivňuje interní a externí údržbu. Ekonomický účinek pro externí údržbu se nedá spočítat kvůli nedostatku informací o provádění vnějších prací (opravy a kontroly). Ekonomické hodnocení (tab. 2) interní údržby bylo vypočteno pro svařovnu M12.

Na základě informací, že ve svařovně s dvousměnným pracovním režimem pracuje 16 údržbářů, předpokládá se, že bude stačit komplet brýlí virtuální reality na jednu plnou směnu, to je 8 kusů. Cena jedné sady brýlí Hololens 2 pro komerční využití s ohledem na náklady na školení atd. je 6500 euro nebo 167 700 Kč (dle aktuálního kurzu 25,8 Kč/€, 23.3.19). Průměrná doba prostoje ve svařovně M12 je 33,8 min/den. Náklady na 1 minutu prostoje svařovny jsou 50 000 Kč. Podle předpokladů Škoda auto využití technologie virtuální reality a brýlí Hololens 2 v této fázi implementace této technologie by snížilo průměrnou dobu údržby o 6-8 %, ale v budoucnu, při použití zachytávání videa a obrazu, automatické detekce a systému rozšířené reality, by se ta hodnota zvýšila až na 15-20%.

Náklady (N) na komplet brýlí Hololens 2 pro 8 údržbářů $N = 8 \cdot 167700 = 1341600$ Kč,

Snížení průměrného denního prostoje:

$\Delta = 0,06 \cdot 33,8 = 2,03$ min/den, což odpovídá 535,4 min/rok (8,92 hodin/rok),

Snížení ztrát z prostojů (Δ_z) díky technologii HoloLens:

$\Delta_z = 2,03 \cdot 50000 = 101500$ Kč/den.

Doba návratnosti = $1341600 / 101500 = 13,21$ dní (~26,5 směn).

Tab. 2 Ekonomické hodnocení využití Hololens 2

Náklady na 8 kusů Hololens2 pro svařovnu M12, (Kč)	Denní prostoj		Ztráty z prostojů		Doba návratnosti, (den)
	Průměrný, (min/den)	Δ , (min/den)	Průměrné, (Kč/den)	Δ_z , (Kč/den)	
1 341 600	33,8	2,03	1 690 000	101 500	13,21

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo popsat pojem Průmysl 4.0 a vypracovat koncepci Údržba 4.0. Z pohledu tohoto konceptu byl v praktické části analyzován systém údržby ve společnosti Škoda Auto a.s. a na základě analýzy bylo navrženo zlepšení, které je zaměřeno na Údržbu 4.0. Nezbytný základ zde tvoří teoretická východiska zpracovaná v první části diplomové práce.

V rámci projektové části byl popsán koncept Průmysl 4.0 a analyzován současný stav jednotlivých prvků včetně omezujících faktorů.

K lepšímu pochopení celého systému řízení údržby ve společnosti Škoda Auto a.s. byla prováděna řada setkání se specialisty oddělení technických předpisů a standardizace a oddělení metodiky a péče o dlouhodobý majetek a byly získány informace o současném stavu uplatnění konceptu Údržba 4.0 ve Škoda Auto a.s. Díky těmto informacím v praktické části práce byly popsány software SAP HANA a uživatelské prostředí Fiori a také koncept realizace prediktivní údržby ve Škoda Auto.

Na základě získaných údajů bylo navrženo využití technologie virtuální reality, konkrétně brýle virtuální reality Hololens 2 od společnosti Microsoft.

Bylo provedeno ekonomické hodnocení tohoto návrhu z pohledu vlivu využití brýlí Hololens 2 k provádění údržbářských činností. Z řešeného příkladu vyplývá velmi krátká doba návratnosti. Kvůli nedostatku „tvrdých“ dat pro ekonomické hodnocení byly využity odhady specialistů Škoda Auto. Proto získané hodnoty jsou expertní odhady a mohou být použity jako orientační faktory pro zavedení technologie virtuální reality.

Přesto, že v současnosti technologie pro realizaci konceptu Údržby 4.0 nejsou ještě na potřebné úrovni, aktivní inovační procesy nakonec přinesou rozvoj těchto technologií a další snížení nákladů na zařízení a technologie, což povede k jejich masovému rozšíření.

Proto moderní vyspělé výrobní společnosti, jako je Škoda Auto a.s., musí již nyní věnovat pozornost a zavádět prvky Průmyslu 4.0 a Údržby 4.0 v režimu zrychleného vývoje a rozvoje aplikace do vlastní výroby.

Seznam použité literatury

1. HORN, Jeff; ROSENBAND, Leonard; SMITH, Merritt. *Reconceptualizing the Industrial Revolution*. Cambridge MA, London: MIT Press, 2010. ISBN 978-0-262-51562-7.
2. CEJNAROVÁ, Andrea. *Průmysl 4.0: příležitost a výzva* [online]. 2015. sv. [cit. 2019-3-17]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/visions/public/files/visions_leto_2015.pdf>
3. SIRŮČEK, Pavel. a kol.: *Hospodářské dějiny a ekonomické teorie (vývoj-současnost-výhledy)*. 1. vydání. Slaný, Melandrium 2007. ISBN 978-80-86175-03-4.
4. KŘENA, Michal. *Řídicí systémy Modicon psaly historii, vynikají v současnosti a tvoří budoucnost* [online]. 2015. Český Těšín: Trade Media International [cit. 2018-06-15]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=5697&cHash=d8c0e6b395&type=98>
5. PETERKA, Jiří. *Na počátku byl ARPANET* [online]. Computerworld. 1995. [cit. 2018-6-12]. Dostupné z: <<http://www.earchiv.cz/a95/a504c502.php3>>
6. MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0
7. Technologie RFID. *BARTECH - Softwarová řešení* [online]. 2016. Hodonín: Bartech [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <<http://bartech.cz/reseni/technologie-rfid/>>
8. *MM Průmyslové spektrum: Internet věcí, služeb a lidí* [online]. 2016. ISSN 1212-2572. [cit. 2018-09-24]. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/internet-veci-sluzeb-a-lidi.html>>
9. VOŽENÍLEK, David. *Ani počítač odpojený od internetu není v bezpečí*. *Technet.idnes.cz* [online]. 2016. [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: <<http://technet.idnes.cz/>>
10. SGLUNDA, RADIM. 2017. *Řízení a údržba průmyslového podniku: Průmysl 4.0.*, Český Těšín: Trade media international, s.r.o. [cit. 2018-08-15] ISSN 1803-4535. Dostupné z: <https://udrzba-cspu.cz/storage/downloads/casopis-rizeni-udrzba/2017/rizeni-udrzba-cislo-53_2017-06.pdf>
11. BLEIMANN, Udo; EHLERS, Nils; LOEW, Robert. *Industry 4.0 national and international. Conference At Cork, Ireland, Volume: Proceedings of the Collaborative European Research Conference* [online]. CERC 2016. [cit. 2018-9-20] Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/310450002_Industry_40_national_and_international>

12. HARRIS, Stephen. *Industry 4.0: The next industrial revolution. The Engineer* [online]. 2013 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <<https://www.theengineer.co.uk/issues/july-2013-online/industry-4-0-the-next-industrial-revolution/>>
13. SVOBODA, Jiří. *Cloud computing. Systémová integrace* [online]. 2009, [cit. 2018-10-18]. ISSN 1210-9479. Dostupné z: <<http://www.cssi.cz/cssi/cloud-computing> >
14. SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0-241-30075-6
15. BAUMAN, Milan. *Trh budoucnosti: rozšířená realita, už opravdu nejde o fantazii. Technický týdeník* [online]. 2016 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/trh-budoucnosti-rozsirena-realita-uz-opravdu-nejde-o-fantazii_34060.html>
16. LEGÁT, Václav. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Kamil Mařík - Professional Publishing, Příbram 2016, 2. vydání, 622 s. ISBN 978-80-7431-163-5
17. ČSN EN 13306. *Údržba: Terminologie údržby*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
18. HELEBRANT, František., *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava, 1. vydání, 2008 130 s., ISBN 978-80-248-1690-0.
19. MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Nové cesty k vyšší produktivitě - metody průmyslového inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 311 s. ISBN 80- 902235- 6-7
20. MOUBRAY, John. *Reliability-centered maintenance. 2nd ed.* New York: Industrial Press, 1997. ISBN 08-311-3078-4
21. VDOLEČEK, František. *Technická diagnostika v systémech*. [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37313.pdf>>
22. RAKYTA, Miroslav. *Údržba ako zdroj produktivity*. Žilina: Slovenske centrum produktivity, 2002. ISBN 80-968324-3-3.
23. VALENČNIK, Štefan. *Údržba a obnova strojov*. Košice: Edícia vedeckej a odbornej literatury Sjf TU v Košiciach, 2010, 416 s. ISBN 978-80-553-0514-1.
24. BALGA, Bronislav. *Změna přístupu k údržbě* [online]. [cit. 2018-11-26]. Dostupné z: <<https://www.vseoprumsly.cz/udrzba-a-diagnostika/asset-management/zmena-pristupu-k-udrzbe.html>>

25. LEGÁT, Václav; PEXA, Martin; ALEŠ Zdeněk. *Zajištěnost údržby v koncepci průmysl 4.0. Materiály ze semináře Odborné skupiny pro spolehlivost* [online]. 2018. [cit.2019-2-22] Dostupné z: <https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/sbornik72.pdf>
26. *What does the future hold for 3D printing?* [online]. 2018. [cit. 2018-11-22] Dostupné z: <<https://horizon-magazine.eu/article/printing-future.html>>
27. *Access to cloud computing: Challenges and opportunities for developing countries* [online]. Geneva, 2017. [cit. 2019-3-16] Dostupné z: <https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG01.03.1-2017-PDF-E.pdf>
28. BIRBAHADUR, Singh Kathayat. *How Big Data Helps Avoid Cybersecurity Threats* [online]. [cit. 2019-3-16] Dostupné z: <<https://www.digitalistmag.com/cio-knowledge/2018/08/27/how-big-data-helps-avoid-cybersecurity-threats-06184059>>
29. *Europe's Policy Options for a Dynamic and Trustworthy Development of the Internet of things* [online]. RAND 2016, [cit. 2019-2-12] Dostupné z: <http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR356.html>
30. IVANOVA, A.V. *Technologii virtualnoj i dopolnoej realnosti: vozmožnosti i prepjatstviya primeneniya* [online]. CPPM. 2018. №3 (108). [cit. 2019-3-17] Dostupné z: <<https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-i-dopolnennoj-realnosti-vozmožnosti-i-prepyatstviya-primeneniya>>

Seznam zkratk

ABAP	Programovací jazyk od firmy SAP (Advanced Business Application Programming)
CAD	Počítačem podporované navrhování (Computer Aided Design)
CPS	Kyberneticko-fyzikální systémy (Cyber-Physical Systems)
ČSPÚ	Česká společnost pro údržbu
IIC	Konsorcium pro průmyslový internet (Industrial Internet Consortium)
IoP	Internetu lidí (Internet of People)
IoS	Internet služeb (Internet of Services)
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
ISÚ	Informační systém údržby
KPI	Klíčové ukazatele výkonnosti (Key Performance Indicators)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MSVB	Mezinárodní Strojírenský Veletrh v Brně
NDM	Náhradní díly a materiály
PLC	Programovatelné řídicí automaty (Programmable Logic Controller)
SMLC	Koalice pro inteligentní vedení výroby (Smart Manufacturing Leadership Coalition)

Seznam obrázků

Č 1. Vývoj průmyslové revoluce.....	6
Č 2. Klíčové elementy Průmyslu 4.0.....	9
Č 3. Mapa iniciativ evropských zemí.....	22
Č 4. Vývoj typů a nástrojů údržby.....	25
Č 5. Přehled typů údržby.....	25
Č 6. Schéma systému údržby po poruše.....	26
Č 7. Schéma systému preventivní údržby.....	27
Č 8. Schéma systému prediktivní údržby.....	28
Č 9. Schéma systému proaktivní údržby	29
Č 10. Crowler HiBot (Japonsko).....	35
Č 11. Moduly SAP R/3.....	41
Č 12. Koncept architektury systému údržby.....	44
Č 13. Brýle rozšířené reality HoloLens 2.....	47
Č 14. Prvky HoloLens 2.....	47
Č 15. Příklad provádění externí údržby.....	49
Č 16. Využití virtuální reality při opravě výtahu.....	50
Č 17. Kontrola parametrů zařízení.....	51
Č 18. Změna nastavení robota pomocí virtuální reality	51

Seznam tabulek

Č 1. Technické specifikace Hololens 2.....	48
Č 2. Ekonomické hodnocení využití Hololens 2.....	52

Seznam příloh

Příloha P1: Přehled struktury systému SAP R/3

Příloha P2: Uživatelské prostředí Fiori

PŘÍLOHA P1: PŘEHLED STRUKTURY SYSTÉMU SAP R/3

Obr. 1 Zobrazení struktury technologického místa v SAP R/3

Technické místo	TM-MEC	Přátí od	27.04.2005
Označení	Technologie mechaniky		
TM-MEC	Technologie mechaniky		
12674	Z-765 jeřáb mostový podv.	38130-094	30016425 141101
TM-MEC-001	Výroba převodovky MQ 200		
15423	Jeřáb otočný pro tubus. nástroje		
15424	Zkušební zařízení	48653-027	
15425	Zkušební zařízení	48653-028	
15426	Zkušební zařízení	48653-029	
TM-MEC-001-HRI	Hřídele		
TM-MEC-001-JAD	Jádra		
15430	CNC soustruh svislý	44312-013	30018331 6M20229017
15431	CNC soustruh svislý	44312-022	30018345 6M20229002
15432	CNC soustruh svislý	44312-023	30018346 6M20229003
15433	CNC soustruh	44312-030	30018340 6M20231299
15434	CNC soustruh	44312-031	
15435	CNC soustruh	44312-032	
15436	Vnitřní protahovací stroj	45422-003	32472
15437	Tubusový protahovací stroj	45424-048	30018639 12469
15438	Automat třídicí na jádra		
15439	Automat třídicí na jádra		
15440	Automat třídicí na jádra		
TM-MEC-001-MER	Měřicí zařízení		
TM-MEC-001-MON	Montáž převodovky		
15503	Linka montážní	45999-031	30018474
15504	Předmontáž převodovka	45999-036	
15505	Předmontáž převodovka	45999-037	
15506	Předmontáž převodovka	45999-038	
TM-MEC-001-OBJ	Objímky		
TM-MEC-001-OZU	Ozubení		
TM-MEC-001-PRA	Pračky		
TM-MEC-001-SKR	Skříně		
TM-MEC-002	Výroba motoru		
TM-MEC-002-BLO	Výroby bloků		
TM-MEC-002-HLA	Hlavy motoru		
TM-MEC-002-KLI	Výroby klik		
TM-MEC-002-VAC	Vačky		
TM-MEC-003	Kalibrna		

Kmenový záznam zařízení má v sobě: elektronickou strojní kartu, evidence standardních parametrů, evidence uživatelských parametrů, kategorizace zařízení, propojení na modul investičního majetku, evidence technického stavu zařízení (100% - 0%).

Obr. 2 Kmenový záznam zařízení (strojní karta)

Zobrazení vybavení : Všeobecná data

Přehled tříd Body měření/čítače

Vybavení: 15430 Typ: S Stroje a zařízení
 Označení: CNC soustruh svislý
 Status: INST xxx
 Platí od: 13.02.2003 Platí do: 31.12.9999

Všeobecně Stanoviště Organizace Struktura

Všeobecná data

Třída:
 Druh objektu: S0U Soustruh
 Skup. oprávn.:
 Hmotnost: 11.000 KG Velikost/rozměr: 2300*3215*2740
 Invent. číslo: 44312-013 V provozu od:
Referenční data
 Pořiz.hodnota: 0,00 Datum pořízení:
Výrobní data
 Výrobce: Emag Stát výrobce: DE
 Označení typu: VSC 200 DUO Rok/měs.výroby: /
 Čís.Dílu/Výrobce:
 Sér.č.výrobce: 6M20229017

V bloku řízení ND realizováno automatické propojení na modul MM (materiály, sklady ND, skladové karty v SAP), počty použitých dílů na zařízení – možnost plánování spotřeby, limitů zásob, lze evidovat i neskladované díly (textové položky).

Obr. 3 Přirazení skladovaných náhradních dílů

17126	voskování				
17127	laser oken hlavní				
358911		Kontaktspitze Nr. M000050 1,0mm	L		1 KS
364412		Bogenlampe 1252860	L		1 KS
369227		Schutzglas D55 M000843	L		1 KS
372880		Stromkontaktdüse DLS-0806-2810-XX	L		5 KS
17128	laser oken boční				

Realizace hlášení poruch:

- zadávání hlášení údržby (různé druhy – oprava, revize ...)
- sledování statusů hlášení (založeno, ve zpracování, ukončeno ...)
- přiřazení odpovědného pracoviště (el, zámečníci, elektronici ...)
- možnosti automatického zasílání upozornění mailů, SMS atd.
- kódování části objektu, příčin poruch, obrazů poškození podle nastavených katalogů.

Obr. 4 Hlášení poruchy

Technické místo	Hlášení	Datum hlášení	ZačPorČas	Označení technického objektu	Popis	Odpov.pracoviště	Stat.syst.
TM-MON-002-EHB	10002711	22.04.2007	23:55:00	závěsy 1+2	EHB2 - porucha závěsu - zona B5	M13-BE	ZPHL
TM-MON-002-OST	10002201	26.03.2007	23:48:00	KUKA robot	vycistení trysky	M13-AZ	ZPHL
TM-MON-002-OST	10001721	05.03.2007	23:43:00	KUKA robot	vyčištění trysky	M13-AZ	ZPHL
TM-MON-002-EHB	10002710	22.04.2007	23:39:00	závěsy 3	EHB3GF1 - světelná závora	M13-BE	ZPHL
TM-MON-002-OST	10001586	27.02.2007	23:01:00		nabíječky KB6 č. 5, č. 6 - výměna kabelů	M13-CE	ZPHL
TM-MON-002-OST	10002310	29.03.2007	22:53:00	laser oken hlavní	špatně pájí	M13-AZ	ZPHL
TM-MON-002-SKD	10002309	29.03.2007	22:51:00	A10	světelná závora	M13-AE	ZPHL
TM-MON-002-OST	10002308	29.03.2007	22:33:00	laser oken hlavní	špatně pájí	M13-AZ	ZPHL
TM-MON-002-OST	10002329	04.04.2007	22:29:00	laser oken boční	restart programu + dorovnání os	M13-BE	ZPHL
TM-MON-002-OST	10002604	17.04.2007	22:28:00	KUKA robot	zaseklý robot	M13-AE	ZPHL
TM-MON-002-EHB	10002734	22.04.2007	22:21:00	závěsy 1+2	G bod - porucha výhybky A91	M13-BE	ZPHL
TM-MON-002-MBN	10002603	17.04.2007	22:11:00	předmontáž zad. modul+agregát	T14 - ramena	M13-AE	ZPHL
TM-MON-002-OST	10002602	17.04.2007	22:06:00	laser oken hlavní	špatně pájí	M13-AZ	ZPHL
TM-MON-002-PLN	10001744	05.03.2007	22:03:00	klimatizace A21	netesne	M13-AZ	ZPHL

Na obrázku 5 je uveden popis konkrétní závady v systému SAP. Označeno pracoviště, stroj, čas začátku a konce poruchy (SAP počítá dobu výpadku linky).

Obr. 5 Detail hlášení poruchy

Zobrazení hlášení: Seznam hlášení SAP

Zobrazení hlášení: Seznam hlášení

Hlášení U1 utahovačka ramen - tlačítko

Status KOHL

Hlášení poruchy Doplnková data

Referenční objekt

Technické místo **TM-MON-002-MBN** MBN

Vybavení **17081** předmontáž zad. modul+agregát

Konstr. celek

Stav objektu

Kódování

Popis **utahovačka ramen - tlačítko**

Stav obj.-dl.text

05.03.2007 03:19:06 Pavel Radda (DZCPR23) Tel. +4203268 37056
na taktu17 se zasekává tlačítko na utahovačce výměna

Kompetence

Plánov.skupina **230 / 31** Údržba montáže M13

Odpov.Pracoviš **M13-AE / 31** M13 -A elektro

Odpovědná osoba

Autor hlášení Datum hlášení **04.03.2007 23:53:06**

Data poruchy

Začátek poruchy **04.03.2007 23:53** Výpadek

Konec poruchy **05.03.2007 00:30** Doba výpadku **0,00** H

Mezní termíny

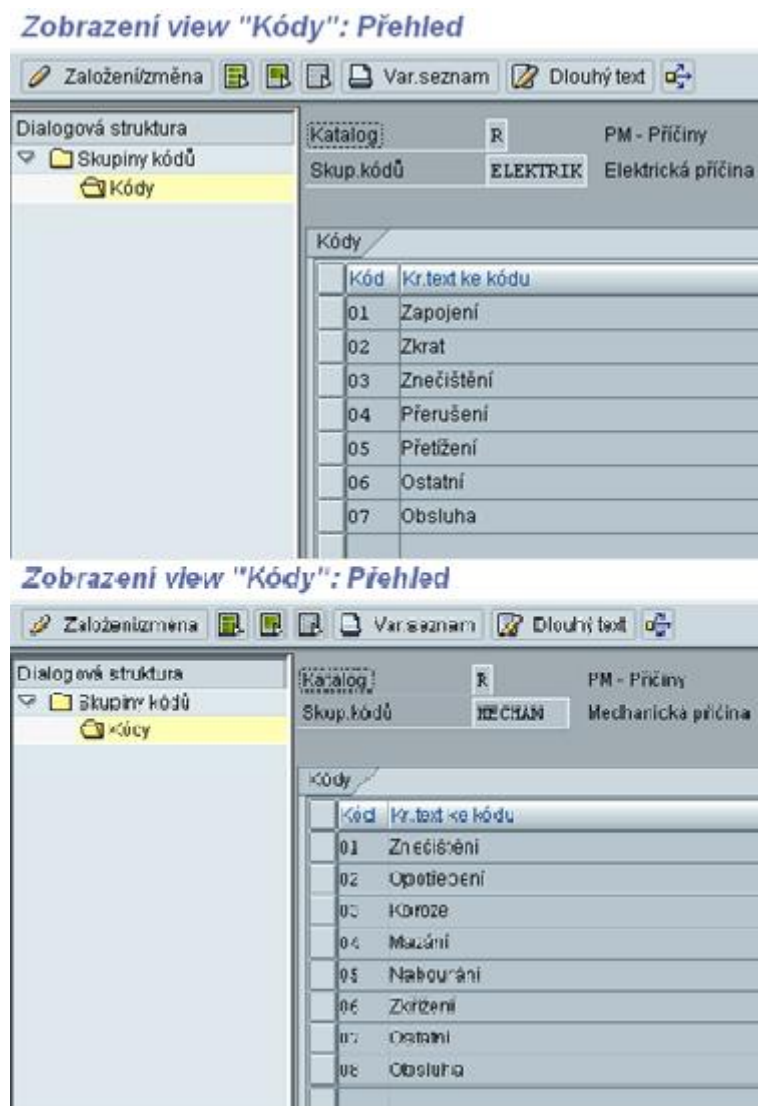
Požad.začátek **04.03.2007 23:53:06** Priorita

Pož.Konec **00:00:00** Výpadek

Revize **31**

Pro označení porů v systému SAP se používají kódy porů. Na obrázku 6 jsou uvedeny kódy příčin mechanických a elektrických poruch.

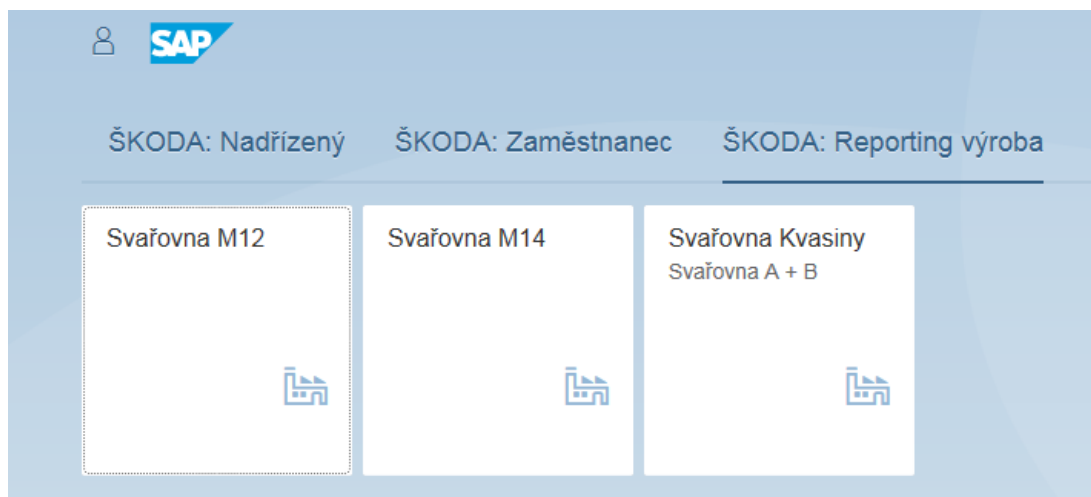
Obr. 6 Katalog kódů



PŘÍLOHA P2: UŽIVATELSÉ PROSTŘEDÍ FIORI

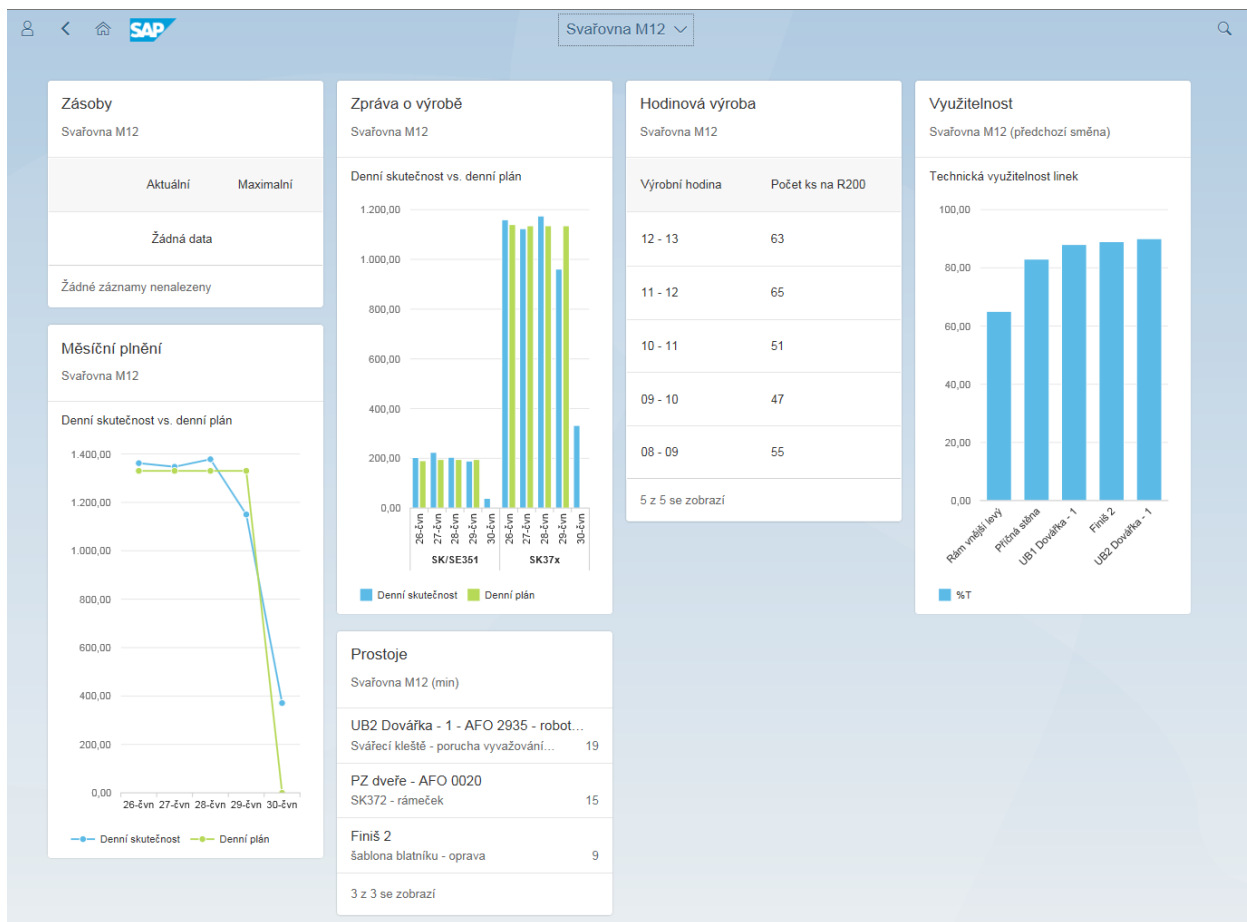
Softwarový produkt SAP R/3 obsahuje data o všech výrobních úsecích závodu Škoda Auto, přičemž interface Fiori je společný pro výrobní závody v Mladé Boleslavi a Kvasinách. Na obrázku je vidět, že v oddělení svařoven jsou jak svařovny z Mladé Boleslavě (M12 a M14) tak i z Kvasin (A+B).

Obr. 1 Katalog svařoven ŠA realizovaný v prostředí Fiori



Na stránkách každé svařovny jsou informace o měsíčním plnění, zprávách o výrobě a prostojích a využitelnosti.

Obr. 2 Stránka svařovny M12



Obr. 3 Podrobný popis technických prostojeů

The screenshot shows the 'Prostoje' (Downtime) report in SAP, filtered for 'Technické' (Technical) downtime on 30.06.2017. The report includes a table with the following columns: Linka, Zařízení, and Popis.

Linka	Zařízení	Popis
UB1 Dovádka - 1: Celkem prostoje: 42, Technické: 42, Organizační: 0, Přísun: 0, Odběr: 0		
UB1 Dovádka - 1	AFO 1850	3 min (06:00): Technické, háková upínka MZ12g - zaseklá
	AFO 1860 - robot R05	5 min (07:00): Technické, Fréza - porucha frézování - (2x)
	AFO 1870	3 min (07:00): Technické, háková upínka MZ12g - zaseklá
	AFO 1870 - robot R02	3 min (06:00): Technické, Fréza - porucha frézování
	AFO 1880 - robot R02	2 min (12:00): Technické, Svářecí kleště - porucha sváření
	AFO 1890	2 min (08:00): Technické, Dopravník dílů 1890SB5 - vozík - zaseklý
	AFO 1890 - robot R10	2 min (07:00): Technické, Greifer - díl - nenabraný z dopravníku - 37X
	AFO 1900 - robot R05	3 min (11:00): Technické, Tucker - hlava 1 - porucha sváření