

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: 103004/I/2022/36114638417985284

**INDUSTRY 4.0 A VYUŽITIE NÁSTROJOV BUSINESS
INTELLIGENCE A DÁTOVEJ ANALYTIKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Rok 2022

Matej Bíž

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

**INDUSTRY 4.0 A VYUŽITIE NÁSTROJOV BUSINESS
INTELLIGENCE A DÁTOVEJ ANALYTIKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: Informačný manažment

Študijný odbor: Ekonómia a manažment

Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Martin Mišút, CSc.

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne pod vedením a s pomocou vedúceho diplomovej práce, spolu s využitím rozsiahleho portfólia odbornej literatúry a ďalších zdrojov, ktoré sú uvedené v zozname použitej literatúry.

.

..... podpis študenta

Pod'akovanie

Touto cestou chcem vysloviť pod'akovanie najmä môjmu školiteľovi a vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Martinovi Mišútovi, CSc. za čas i energiu, ktorú práci venoval, rady a postrehy, bez ktorých by bolo zhotovenie diplomovej práce komplikovanejšie. Veľké pod'akovanie prináleží aj mojej rodine a spolužiakom, ktorí mi ich pomocou dopomohli k napísaniu diplomovej práce.

ABSTRAKT

BÍŽ, Matej: *Industry 4.0 a využitie nástrojov business intelligence a dátovej analytiky* – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie – Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Martin Mišút, CSc. – Bratislava: FHI EU, 2022, 83 s.

Diplomová práca je zložená zo štyroch kapitol, obsahuje jeden obrázok, 11 grafov zobrazujúcich aktuálnu situáciu slovenských priemyselných podnikov spolu s 10 príčinami súčasnej situácie, ako aj 6 konkrétnych odporúčaní na riešenie tejto situácie. Obsah prvej kapitoly je tvorený definíciami východiskových pojmov danej problematiky, spolu s vysvetlením roly dátovej analytiky v Industry 4.0 a charakterizovaním techník dátovej analytiky spolu s načrtnutím aktuálneho stavu doma i vo svete. Druhá kapitola popisuje ciele práce. Jednotlivé metodiky využité v práci sú predmetom tretej kapitoly. V záverečnej štvrtej kapitole je zobrazené zhodnotenie výrobných schopností pri realizácii dátovej analytiky vo vybraných spoločnostiach spolu s identifikáciou výziev pre firmy, ktoré digitálnou transformáciou zatiaľ neprechádzajú. Obsahom záverečnej kapitoly je taktiež detailné zmapovanie stavu a využitia nástrojov business intelligence a dátovej analytiky, predikcia vývoja tohto stavu do budúcnosti, príčiny aktuálneho stavu spolu s odporúčaniami na zlepšenie dnešnej situácie v slovenských priemyselných podnikoch ako aj vzdelávacom systéme budúcich absolventov.

Kľúčové slová: Industry 4.0, nástroje business intelligence, dátová analytika, digitálna transformácia

ABSTRACT

BIZ, Matej: *Industry 4.0 and the use of business intelligence and data analytics tools* - University of Economics in Bratislava. Faculty of Economic Informatics, Department of operational research and econometrics - Thesis supervisor: doc. Ing. Martin Misut, CSc. - Bratislava: FHI EU, 2022, 83 p.

The diploma thesis consists of four chapters, contains one picture, 11 graphs showing the current situation of Slovak industrial companies together with 10 reasons of the current situation as well as 6 specific recommendations for solving this situation. The content of the first chapter consists of definitions of the basic concepts of the topic, together with an explanation of the role of data analytics in Industry 4.0 as well as characterization of data analytics techniques together with an outline of the current state at home and abroad. The second chapter describes the objectives of the work. The individual methodologies used in the diploma work are the subject of the third chapter. The final fourth chapter shows the evaluation of production capabilities in the implementation of data analytics in selected companies, along with the identification of challenges for companies that are not yet in process of digital transformation. The content of the final chapter is also a detailed mapping of the state and use of business intelligence and data analytics tools, prediction of the development of this state in the future, the causes of the current state together with recommendations to improve the current situation in Slovak industrial enterprises and the education system of future graduates.

Keywords: Industry 4.0, business intelligence tools, data analytics, digital transformation

Obsah

Úvod.....	9
1 Súčasný stav riešenej problematiky.....	12
1.1 Východiskové definície pojmov	12
1.1.1 Industry 4.0	12
1.1.2 Business Intelligence	12
1.1.3 Kyberfyzický systém CPS	12
1.1.4 Big Data	12
1.1.5 Blockchain	13
1.1.6 Deep learning.....	14
1.1.7 Internet of things	14
1.1.8 Data Warehouse	14
1.1.9 Data Mining	14
1.1.10 Smart Factory.....	15
1.1.11 Digitálne dvojča.....	15
1.1.12 Dátová analytika	15
1.1.13 Cloud computing.....	15
1.2 Industry 4.0 a dátová analytika	16
1.2.1 I4.0 a SF.....	16
1.2.2 Referenčná architektúra RAMI 4.0.....	17
1.2.3 CPS	18
1.2.4 Nástroje BI - správna voľba pre I4.0	20
1.2.5 Skepticizmus - platformy BI nemusia byť vhodné pre prechod na I4.0	21
1.2.6 Analytické metódy	22
1.2.7 Dátová analytika - nosný nástroj I4.0 a jej techniky.....	23
1.3 Vzájomné prepojenie techník analýzy údajov a I4.0	25

1.3.1	5G siete	27
1.3.2	Big data	28
1.3.3	Blockchain	28
1.3.4	Cloud computing.....	28
1.3.5	Deep learning.....	29
1.3.6	Internet of Things.....	29
1.3.7	Quantumm Computing	30
1.4	Prieskum implementácie I4.0 na Slovensku a vo svete	30
1.4.1	Aktuálna situácia na slovenskom trhu	30
1.4.2	Aktuálna situácia na svetovom trhu.....	33
1.5	Súhrn zistených skutočností.....	34
2	Cieľ práce	36
3	Metodika práce a metódy skúmania	36
4	Výsledky práce a diskusia	38
4.1	Výrobné schopnosti a realizácia dátovej analytiky	38
4.1.1	Nevýhody analýzy údajov	38
4.1.2	Realizácia projektov digitalizácie pre zvýšenie výnosov vo výrobe	39
4.1.3	Konkurenčná výhoda vďaka výrobným schopnostiam.....	40
4.1.4	Trhová a obchodná inteligencia pre strategickú analýzu.....	41
4.1.5	Výzvy implementácie princípov I4.0 a dátovej analytiky	52
4.2	Zmapovanie situácie na Slovensku a prognóza budúceho vývoja.....	55
4.2.1	Zmapovanie súčasnej situácie a prognózy vývoja I4.0 na Slovensku	55
4.2.2	Súhrn príčin aktuálnej situácie na Slovensku	66
4.2.3	Odporúčania pre riešenie aktuálnej situácie na Slovensku.....	67
4.3	Diskusia.....	72
	Záver	76

Použitá literatura	79
--------------------------	----

Zoznam skratiek

I4.0 - Industry 4.0

I3.0 - Industry 3.0

CPS - Kyberfyzické systémy - *Cyber Physical Systems*

IoT - Internet vecí - *Internet of Things*

SF - Inteligentná továreň - *Smart factory*

BI - Business Intelligence

DW - Dátový sklad - *Data Warehouse*

AI - Umelá inteligencia - *Artificial Intelligence*

ABS - Protiblokovací systém - *Antilock Breaking System*

ESP - Elektronický stabilizačný systém - *Electronics Stability Program*

ERP - Plánovanie podnikových zdrojov - *Enterprise Resource Planning*

MES - Výrobný informačný systém - *Manufacturing Execution System*

Zoznam grafov

(Graf č. 1 - Štádium aplikácie - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	31
(Graf č. 2 - Vnútorne procesy - zdroj: vlastné spracovanie podľa prieskumov spoločnosti Industry4UM [14]).....	32
(Graf č. 3 - Počet respondentov - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	57
(Graf č. 4 - Vnímanie dôležitosti implementácie - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14]).....	58
(Graf č. 5 - Dostatok informácií - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	59
(Graf č. 6 - Fáza aplikácie I4.0 - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	60
(Graf č. 7 - Fáza aplikácie I4.0 - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	62
(Graf č. 8 - Špecializovaný tím pracovníkov - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	62
(Graf č. 9 - Špecializovaný tím pracovníkov - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14]).....	63
(Graf č. 10 - Vhodné vzdelávacie podmienky - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14]).....	65
(Graf č. 11 - Agenda vrcholového manažmentu - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])	66

Úvod

Ekosystém veľkých dát a pokročilých analytických technológií zažíva v posledných rokoch obrovský rozmach. Strojové učenie, umelá inteligencia a dátová analytika ponúkajú v každej oblasti od medicíny až po ťažobný priemysel nové a prelomové možnosti digitálnej transformácie. Práve Industry 4.0 predstavuje hlavnú aplikačnú doménu pre naplnenie tejto transformácie. Vo výrobe spájajú kybernetické systémy fyzické zariadenia s digitálnymi systémami, vďaka cloud computingu spoločnosti už nepotrebujú udržiavať fyzickú infraštruktúru pre ukladanie dát či výpočtov a v predaji zas nútí spoločnosti zameriavať sa viac na splnenie špecifických potrieb zákazníkov.

Nám všetkým je zrejmé, že dnes už žijeme v digitálnej dobe štvrtej priemyselnej revolúcie. Preto je potrebné sa na zmeny, ktoré s touto dobou prichádzajú etablovať v každom smere. Je nesmierne dôležité pochopiť potrebu nášho celoživotného vzdelávania a napredovania, aby sme neboli iba používateľmi revolučných technológií, ale aj ich tvorcami. Taktiež je nevyhnutné zachytávať a spracovávať obrovské kvantum dát, ktoré sú naším prostredím generované.

Cieľom našej práce je zmapovanie využívania nástrojov business intelligence a dátovej analytiky v Industry 4.0. Prácou sa snažíme priniesť čo najobjektívnejší pohľad na rolu dátovej analytiky v Industry 4.0, jej realizáciu vo vybraných podnikoch, aktuálnu situáciu na Slovensku i vo svete, spolu s našou formuláciou konkrétnych odporúčaní a postrehov.

Prvá kapitola sa sústreďí na definovanie východiskových pojmov, ktoré sa v práci nachádzajú. Taktiež poskytuje vysvetlenie roly dátovej analytiky v I4.0, prepojenia jej jednotlivých techník, ako aj načrtnutie aktuálnej situácie s využívaním nástrojov BI a dátovej analytiky na Slovensku a v zahraničí.

Jednotlivé ciele práce a metodika skúmania sú obsiahnuté v druhej a tretej kapitole. Formulácia jednotlivých parciálnych cieľov ako aj cieľa primárneho boli prioritným bodom, ešte pred vypracovaním diplomovej práce. Metódy skúmania predstavujú spôsob, akým sme sa dopracovali k splneniu jednotlivých cieľov.

Záverečná štvrtá kapitola diplomovej práce obsahuje tri podkapitoly, ktoré sa upriamujú na naplnenie cieľov. Prvá podkapitola sa týka zhodnotenia výrobných

schopností pri realizácii dátovej analytiky vo vybraných spoločnostiach spolu s identifikáciou konkrétnych výziev, ktoré so sebou implementácia digitálnej transformácie prináša. Druhá podkapitola sa už zameriava na detailné zmapovanie aktuálneho stavu a využívania nástrojov business intelligence a dátovej analytiky Industry 4.0 v slovenských firmách. Toto zmapovanie okrem iného ponúka aj predikciu budúceho vývoja rozvoja technológií v Industry 4.0 na Slovensku. Výsledky tohto zmapovania následne vyústili do 10 bodového zoznamu príčin aktuálnej situácie spolu so 6 konkrétnymi odporúčaniami, ako zlepšiť aktuálny negatívny trend v slovenských spoločnostiach a tým pozitívne ovplyvniť aj budúci rozvoj technológií. Tretia kapitola poskytuje porovnanie našich záverov s názormi odborníkov z praxe.

Veríme, že identifikovanie týchto výziev digitalizácie, zmapovanie súčasného stavu, jeho príčin ako aj odporúčaní môže pomôcť pri riešení negatívnej situácie, a to nie len vo výrobných firmách, ale aj v celkovom vzdelávacom systéme a kvalite života nás všetkých.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

1.1 Východiskové definície pojmov

1.1.1 Industry 4.0

Revolúcia vo forme konceptu Industry 4.0 bola svetu vôbec po prvý krát predstavená roku 2011 v meste Hannover Messe. Nakoľko od jeho predstavenia sa názory rôznych odborníkov na definíciu tohto pojmu rôznia, rozhodli sme sa použiť ucelenú definíciu obsahujúcu to najpodstatnejšie. Industry 4.0, ďalej už iba I4.0, teda definujeme ako [3] *"súhrne označenie pre súbor technológií, akými sú napríklad CPS, IoT, Big data či BI, ktoré sú spoločnosťami vyžadované pre podporu inovačných stratégií na získanie okamžitej odozvy na dynamických trhoch. Dáva dôraz na vzájomnú konektivitu, najnovšie digitálne technológie, strojové učenie a prediktívnu analytiku."* To znamená, že všetky tieto predpoklady v závere prinesú spoločnostiam revolúciu v spôsobe ich fungovania a rozvíjania sa, zvýšia ich konkurencieschopnosť, akcelerujú zisky a ponížia náklady.

1.1.2 Business Intelligence

Nemec [25] definuje pojem BI ako *"označenie pre súbor nástrojov a techník, ktoré umožňujú spoločnosti transformovať svoje obchodné údaje na včasné a presné informácie pre rozhodovací proces, ktoré majú byť sprístupnené tým správnym osobám v najvhodnejšej forme."*

1.1.3 Kyberfyzický systém CPS

Pojem CPS (z angl. cyber-physical systems), ktorého autorkou je Hellen Gill, bol po prvý krát predstavený a definovaný v roku 2006 Národnou Vedeckou Nadáciou ako [19] *"kyberfyzický systém CPS znamená integrovanie výpočtov a fyzikálnych procesov, nakoľko ich činnosť je daná ako kybernetickou, tak aj fyzickou stranou systému. Zabudované procesory a siete vykonávajú monitorovanie a riadenie fyzických procesov a to všetko za pomoci slučiek spätnej väzby, v ktorých fyzikálne činnosti majú dopad na ich výsledky"*.

1.1.4 Big Data

Pojem big data sa prvý krát vyskytol už koncom 90. rokov minulého storočia [27] a jeho definovanie je mnohými pripisované Johnovi Masheyemu. Big data znamenajú *"údaje, ktoré v sebe zvyčajne zahŕňajú súbory údajov s veľkosťami, ktoré presahujú schopnosť"*

bežne používaných softvérových nástrojov zachytávať, upravovať a spracovávať údaje v rámci tolerovateľného uplynutého času." To zjednodušene znamená, že big data sú natoľko veľké, rôzne a vysoko rýchlostné aktíva, pri ktorých je nevyhnutné vyvinúť nákladovo efektívne a inovatívne formy spracovania takejto masy údajov. Tým sa docieli kvalitnejší prehľad, rozhodovanie a automatizácia jednotlivých procesov.

Big data rozdeľujeme na neštruktúrované, polo štruktúrované a štruktúrované dáta, avšak v praxi sa najväčší dôraz kladie práve na dáta neštruktúrované, ktoré sa musia upraviť do formy použiteľnej pre manažmenty spoločností. Taktiež je tento pojem spoločnosťami označovaný aj ako 5V, teda volume (objem spracovávaných dát), velocity (rýchlosť, s akou sa dáta upravujú), variety (tzv. "pestrosť" rozličných dátových formátov), veracity (pravdivosť skúmaných dát) a value (hodnota, akú spoločnosti dané dáta prinášajú).

1.1.5 *Blockchain*

Technológiu blockchain po prvýkrát svetu predstavil vo svojej práci Satoshi Nakamoto v roku 2008. Je potrebné zdôrazniť, že meno Satoshi Nakamoto je len akýsi pseudonym označujúci skupinu ľudí či jednotlivca. To, o koho konkrétne ide do dnešného dňa, už viac ako 13 rokov po predstavení práce nie je zrejmé.

Technológia blockchainu súvisí s komponentom ukladania údajov zvyčajne podporovaného databázovými technikami. Technológia blockchainu sa teda vo svojej podstate dá definovať ako [10] *"Blockchain je rastúci zoznam záznamov, ktoré sú prepojené kryptografickými hashmi. Zároveň je spravovaný sieťou typu peer-to-peer, ktorá ho spravuje ako verejne distribuovanú účtovnú knihu, v ktorej jednotlivé uzly typu peer spoločne zachovávajú protokol vyznačujúci sa odolnosťou voči chybám komunikácie a overovaním nových blokov. Jednotlivé bloky obsahujú kryptografický hash predchádzajúceho bloku v blockchaine, čím sa zabráni škodlivému vloženiu a zmene údajov. Po vytvorení bloku ho nemožno odstrániť. Ak predchádzajúci blok aktualizuje informácie nesprávne, takú opravu možno ukončiť iba vložением nového bloku, čím sa zruší predchádzajúca aktualizácia namiesto vymazania predchádzajúceho bloku."*

Zjednodušene túto technológiu môžeme definovať aj ako systém zaznamenávania informácií spôsobom, ktorý sťažuje alebo znemožňuje zmenu, hacknutie alebo podvádzanie systému.

1.1.6 Deep learning

Pojem deep learning predstavila prvý krát komunite strojového učenia v roku 1986 Rina Dechter a do umelých neuronových sietí to v roku 2000 ho zahrnul aj Igor Aizenberg. Deep learning môžeme definovať ako [7] *"triedu algoritmov či typ strojového učenia (z angl. machine learning), využívajúcich väčší počet vrstiev slúžiacich na extrakciu funkcií vyššej úrovne z neupraveného vstupu."*

1.1.7 Internet of things

Už rok 1999 bol kolískou vytvorenia pojmu Internet vecí - IoT (z angl. Internet of things). Je nutné konštatovať, že od zrodu tohto pojmu sa IoT transformoval z bežnej vízie na doslova hmatateľnú realitu. IoT tak dnes, v roku 2022 možno označiť ako [7] *"rozšírenie internetu a iných sieťových pripojení k rôznym senzorom a zariadeniam či jednoduchým objektom, pomocou čoho dôjde k vytvoreniu tzv. prepojenej siete rôznych fyzických objektov a zariadení."* Vďaka tomu, že sú jednotlivé zariadenia (napr. telefóny, žiarovky, zámky alebo vetracie otvory) prepojené pomocou spoločnej siete, je možné za pomoci sieťových infraštruktúr ich ovládanie na väčšiu vzdialenosť.

1.1.8 Data Warehouse

Pojem data warehouse - DW úzko súvisí s vyššie definovaným pojmom BI, nakoľko je jeho súčasťou. DW vo svojej podstate definujeme ako [9] *"elektronické úložisko na úschovu informácií a dát za rôzne časové intervaly v podnikateľských alebo iných organizáciách. Tieto dáta sú zbierané a pridávané jednotlivými oddeleniami a databáza je konštruovaná na princípe poskytovania informácií v reálnom čase."* Jeho primárnym cieľom je teda vytvorenie historických údajov pomocou a analyzovaním ktorých spoločnosť získa rôzne reporty a vyhodnotenia o jej procesoch.

1.1.9 Data Mining

Termín data mining, inak povedané doslova dolovanie dát či hĺbková analýza dát znamená [9] *"proces, ktorý jednotlivé organizácie ale i jednotlivci využívajú na získavanie konkrétnych a prospešných informácií z veľkých, vo väčšine prípadoch neštruktúrovaných dát."* Deje sa to za pomoci štatistickej analýzy, ktorá na základe dát dokáže odvodiť vzorce či trendy a tak dokážu jednotlivé spoločnosti získať presné informácie napríklad o potrebách svojich zákazníkov, na základe ktorých dokážu vytvoriť optimálne marketingové stratégie, tým zvýšiť svoje zisky a ponížiť náklady. Všetky uvedené

skutočnosti sú však priamo závislé na spôsobe zberu dát, ich uchovávaní a následného spracovania.

1.1.10 Smart Factory

Digitálna či inteligentná továreň, obe označujú pojem Smart Factory - SF. Inteligentná továreň je teda názov pre [1] *"hyperflexibilnú, automatizovane sa prispôsobujúcu digitalizovanú výrobnú kapacitu, postavenú na troch základných pilieroch - ľuďoch, procesoch a technológiách, ktoré spolu s využitím údajov dosiahnu zamýšľaný výkonný a obchodný cieľ."* Poháňa ju teda inteligentná výroba a vo svojich činnostiach používa tie najmodernejšie technológie akými sú IoT, AI či CPS.

1.1.11 Digitálne dvojča

Ak sa pozeráme na digital twin - teda digitálne dvojča z pohľadu výroby, Garretti [18] ho definuje nasledovne: *"digitálne dvojča sa skladá z virtuálnej reprezentácie výrobného systému, ktorá je schopná umožniť rozličné simulačné disciplíny, vyznačujúce sa synchronizáciou medzi reálnym a virtuálnym svetom. Je to zabezpečené pomocou snímania údajov, ktoré pochádzajú z jednotlivých pripojených fyzických zariadení a ich následnou analýzou v reálnom čase"*. Vo všeobecnosti teda tvrdíme, že je digitálny dvojník konkrétneho výrobného stroja či systému, ktorého rozličné funkcionality využíva I4.0 na predikciu a optimalizáciu činností systému v jednotlivých fázach životného cyklu v reálnom čase.

1.1.12 Dátová analytika

Dátovú analytiku možno vo všeobecnosti definovať ako [9] *"vedu o analýze surových, teda nespracovaných dát s úmyslom získania informácií z týchto dát."* Jednotlivé techniky dátovej analytiky sa postupom času transformovali do automatizovaných procesov a algoritmov, ktoré tieto surové dáta spracujú napríklad pre ľudskú potrebu.

1.1.13 Cloud computing

Cloud computing sa využíva pre označenie [17] *"systému či modelu, ktorý vo svojej podstate umožňuje nepretržité pripojenie a prístup na základe žiadosti ku zvolenej sfére zdieľaných výpočtových zdrojov, akými sú server, služby či siete, ktoré je možné operatívne a takmer okamžite zabezpečiť pri minimálnej interakcii poskytovateľa služieb."*

1.2 Industry 4.0 a dátová analytika

Dáta sú kľúčom odomykajúcim dvere pre I4.0. Táto síce krátka, ale o to významnejšia veta v sebe zahŕňa obrovskú múdrosť, nakoľko na základe definícií z prvej podkapitoly nám je celkom zrejmé, že celý koncept I4.0 sa točí okolo dát, ich zbierania, sumarizovania a analyzovania. Naozaj, pri správnej implementácii štandardov I4.0 dokážu spoločnosti optimalizovať svoje procesy. Treba však zdôrazniť, že rovnako ako obrovské benefity to so sebou nesie aj značné komplikácie, akými sú napríklad integrácia existujúcich systémov s novými technológiami, dostatočný počet kvalifikovaných a špecializovaných zamestnancov či relatívne vysoké počiatočné náklady.

Podobne ako aj nevýhody, je potrebné zdôrazniť hlavný cieľ I4.0, teda zvýšenie konkurencieschopnosti skrz zlepšenie riadenia a rozhodovania. Implementácia I4.0 je teda agendou vrcholového manažmentu, ktorý je zodpovedný za tvorbu budúcich hodnôt spoločností a agilnej organizačnej štruktúry, ktorá podporuje transformáciu. Na jednotlivé zmeny trhu nestačí len reagovať, ale je potrebné spoločnosti aj rozvíjať. Práve to nebude možné bez komplexného digitálneho riadenia ktorého hlavným nástrojom je digitalizácia. Práve to si musia vrcholové manažmenty uvedomiť a prijať, nakoľko práve oni sú za tento fakt zodpovedné.

Digitalizácia posúva svet ale i jednotlivé firemné procesy vpred obrovskou rýchlosťou, preto je nevyhnutnosťou byť na túto zmenu pripravený. Podľa nášho názoru je veľmi podstatné, aby sa jednotlivé výrobné stroje rozhodovali samy a signalizovali človeku, čo, ako a hlavne kedy sa stane. V blízkej budúcnosti bude hľadanie a analyzovanie dát len a len akcelerovať a stane sa tak z neho nikdy nekončiaci proces. Avšak, práve na tomto procese stojí konkurencieschopnosť každej jednej spoločnosti.

Hodnotíme teda, že práve vytváranie zmysluplných výstupov z dát, ktoré predstavujú energiu a kľúč k úspechu spoločností, je primárnym faktorom, na ktorý sa musia zamerať vrcholové manažmenty podnikov. V nasledujúcich bodoch druhej podkapitoly sú načrtnuté vybrané techniky I4.0 a využitia dát, ktoré nám pomôžu pre lepšie pochopenie danej problematiky.

1.2.1 I4.0 a SF

Pre doplnenie definície I4.0 z prvej podkapitoly je nutné spomenúť, že koncept I4.0 bol predstavený nemeckými inžiniermi pre vládu Nemeckej Spolkovej republiky [3], v

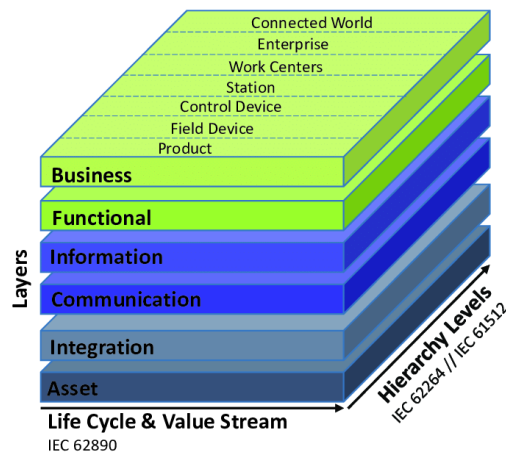
záujme zaviesť ho do výrobných spoločností. Dnes, už takmer 13 rokov po predstavení tohto pojmu konštatujeme, že nám naozaj slúži ako súhrne označenie pre súbor technológií, ktoré pri správnej a včasnej implementácii dokážu spoločnostiam dodať obrovskú konkurenčnú výhodu a dynamickú odozvu na vysoko konkurenčných trhoch. Na to, aby implementáciu I4.0 do svojich procesov firmy naozaj aj aplikovali je potrebná ich komplexná transformácia skrz štandardy I4.0, ktoré možno najlepšie charakterizovať práve pojmom Smart Factory [4]. Práve tá dokáže integrovať a produkovať autonómne výpočty a komunikáciu zariadení a tým dospieť ku stavu sebauvedomia a vytvoreniu samo učiacich sa strojov. I4.0 ako koncept a jeho prijatie teda znamená metódu konkrétneho prepojenia ľudí, systémov, strojov a zariadení, pomocou ktorého nastane maximalizácia podnikových procesov s minimálnymi nákladmi.

Avšak, je potrebné zdôrazniť, že to, čo robí z I4.0 novinku nie sú len technológie samotné ale je to práve ich vzájomná kombinácia spolu s ich prepojením na obchodné procesy a spracovanie dát. Týmto sa docieli tvorba hodnôt pre organizácie. Medzi najvýznamnejšie hodnoty zaraďujeme práve využívanie inovatívnych produktov a služieb, zvýšenie konkurencieschopnosti, zefektívnenie fungovania a kontroly prevádzkových procesov či zvýšenie kvality koncových produktov. To všetko však platí len za predpokladu, že spoločnosť zhromažďuje, analyzuje a používa dáta.

1.2.2 Referenčná architektúra RAMI 4.0

Vzhľadom na skutočnosť, že pojem I4.0 je verejnosťou stále vnímaný ako novinka, je v dnešnej dobe mnoho spoločností, ktoré o ňom majú len minimum informácií. Existuje obrovská nutnosť a potreba rozvíjať spoločný - štruktúrovaný jazyk, čiže rámec, ktorý sa využije na pochopenie tohto konceptu širokou verejnosťou i firmami. Práve referenčný architektonický model I4.0 [4], označovaný aj ako RAMI 4.0, predstavuje tento rámec. Je to trojrozmerný model, ktorý vytvorilo konzorcium vedené Asociáciou nemeckých inžinierov (tzv. VDI) a Združením výrobcov elektrotechniky (ZVEI). Práve tento model nám poskytuje jasné určenie a zostavenie noriem súvisiacich s I4.0.

Kocka, ktorá je zobrazená na obrázku č. 1 zobrazuje dve skutočnosti. Prvou je horizontálna rovina, ktorá predstavuje integráciu údajov v toku hodnôt a tou druhou je vertikálna integrácia skrz podnikové hierarchické úrovne. Práve jednotlivé vrstvy nám zdôrazňujú existenciu integrácie skrz všetky aspekty podnikania, a to nie len vo sfére digitalizácie, ale aj vo sfére informovanosti a komunikácie.



(Obr. č. 1 - Referenčný architektonický model RAMI 4.0 [1])

Na názornú ukážku, ktorou chceme vyššie spomenuté skutočnosti demonštrovať, si môžeme uviesť úspešnú implementáciu nástroja business intelligence. Týmto nástrojom je napríklad riadiaci panel - prístrojová doska pre vedúceho tímu (tzv. team leaders dashboard), ktorý musí dokázať v reálnom čase integrovať a počítať údaje prichádzajúce z prvkov a aktivít, akými sú senzory zariadení. Tieto údaje musí následne oznamovať riadiacemu panelu, avšak v závislosti od pochopenia konkrétnych požiadaviek, ktoré zadala business vrstva, v tomto prípade vrcholový manažment podniku. Na základe tohto názorného príkladu konštatujeme, že práve referenčná architektúra RAMI 4.0 je nevyhnutná na prepojenie senzorov, dát, ľudí a biznis stránky podniku a dokáže tak skĺbiť jednotlivé aspekty.

1.2.3 CPS

S cieľom podpory výskumu prepojených a integrovaných fyzických výpočtových komponentov priniesla svetu pani Hellen Gill z USA pojem CPS [4], teda kyberfyzický systém, ktorý sa zvykne často zamieňať s pojmom I4.0. Podľa nášho názoru je práve tento pojem základným prvkom a najdôležitejšou súčasťou celej I4.0 vzhľadom na jeho obrovský vplyv. Poskytuje nám zlepšenie prispôsobivosti, škálovateľnosti i bezpečnosti fyzických prístrojov. Pre objasnenie, prečo je tento pojem často zamieňaný za pojem I4.0, nám poslúži fakt, že CPS v sebe majú zabudované senzory, procesory a akčné členy, ktoré sú kontrolované počítačmi. Na druhej strane, I4.0 je celý podnikový cyklus využívania týchto CPS na dynamickú adaptáciu výrobných zariadení tak, aby maximalizovali potreby zákazníkov s minimálnym zásahom ľudí.

Vzhľadom na navrhnutie I4.0 ako podnikového cyklu, kľúčového procesu podniku, ktorý v sebe zahŕňa zhromažďovanie údajov, výrobu a montáž komponentov až po dodávku konkrétnych výrobkov zákazníkovi a riadenie vzťahov s nimi, tak jeho CPS požaduje, aby všetky komponenty implementované v I4.0 boli prepojené cez spoločnú sieť. To posúva celý systém na vyššiu úroveň automatizácie a umožňuje vytvorenie prepojenia a komunikácie medzi jednotlivými komponentmi v reálnom čase. Tu však musíme konštatovať aj značné riziko, nakoľko upravenie jednotlivých zariadení a ich prispôbenie na dostupnosť práce cez spoločnú sieť internet si vyžaduje dostatočne bezpečný ochranný mechanizmus. V prípade jeho absencie môže a pravdepodobne aj dôjde k napadnutiu a následnému zlyhaniu. Ako konkrétny príklad si môžeme uviesť podobne vytvorený systém pre čističky odpadových vôd v Austrálii [26], kde práve absencia takého ochranného mechanizmu spôsobila únik miliónov litrov neupravenej odpadovej vody do miestnych riek v priebehu troch mesiacov.

Podľa Chena [17], ak je CPS nesprávne navrhnutý, porucha jednej časti môže viesť ku kaskádovému zlyhaniu celého systému. Práve z tohto dôvodu sa pri vytváraní komplexných systémov v CPS zadávajú jedinečné a veľmi špecifické požiadavky na bezpečnosť, škálovateľnosť a najmä spoľahlivosť v CPS. Podobne, ako napríklad pri vývoji vakcíny proti ochoreniu COVID 19, aj v tejto oblasti hrá obrovskú rolu výskum systémovej vedy z minulých období, ktorý poskytuje neoceniteľne dôležité informácie. Práve na týchto informáciách dokážu architekti postaviť pevný základ bezpečného a funkčného komplexného systému CPS.

Klasický CPS má mnoho senzorov i jednotlivých členov na zber a analýzu údajov. Taktiež sa dynamicky adaptuje na rýchlo rastúce podnikanie i na výzvy v oblasti škálovateľnosti. Pre konkrétne príklady uvádzame viacero štúdií. Napríklad, Stanislav a spol. [17] preskúmali integráciu medzi cloud computingom a CPS, kde mala kompletná architektúra tri vrstvy: snímaciu, sieťovú a aplikačnú. Za pomoci rozličných kolektorových, manažérskych a dátových agend, dokázal navrhovaný systém skvalitniť škálovateľnosť práve vďaka takto decentralizovanej architektúre. Stojmenovic [17] predstavil metódu lokalizovanej kooperatívnej stabilizácie prístupu ktorá umožňuje, že stroje medzi sebou spolupracujú. Systém je zároveň možné zväčšiť na miliardy zariadení stroj-stroj (z anglického machine-machine) a to bez toho, aby došlo ku zníženiu kvality poskytovaných služieb. Canizo a kol. [17] študovali integráciu medzi technikami big data,

cloud computingu a CPS na monitorovanie v reálnom čase. Predstavili dva aspekty, celočíselné lineárne programovanie úplnej spoľahlivosti a celočíselné lineárne programovanie približnej spoľahlivosti pre nájdenie uskutočniteľných riešení v reálnom čase. Dá sa konštatovať, že z daných štúdií vyplýva ich zameranie na jeden a spoločný cieľ. Skvalitnenie úrovne CPS, zvýšenie škálovateľnosti, poskytovanie čo najvyššej kvality služieb a to všetko pri realizácii riešení v reálnom čase.

Na záver tohto bodu musíme doplniť a zdôrazniť fakt, že majoritná časť výskumov v I4.0 súvisí s priemyselným sektorom výroby. Avšak, existujú aj výskumy a štúdie v zmysle ďalších priemyselných sfér, akými sú napríklad poľnohospodárstvo, zdravotníctvo či vzdelávanie.

1.2.4 Nástroje BI - správna voľba pre I4.0

Viacero štúdií sa zhoduje na fakte, že BI nástroje sú tou správnou voľbou pre I4.0 [25]. S týmito štúdiami musíme súhlasiť, nakoľko tento typ aplikačného softvéru, zhromažďujúci veľké objemy neštruktúrovaných dát dokáže poskytovať efektívny spôsob dolovania údajov, tzv. data mining a poskytovania informácii práve cez dopyty. Ako nevýhodu musíme spomenúť ich nižšiu flexibilitu ako nástroje biznis analýzy. Avšak, schopnosť BI nástrojov oddeliť dáta pre účely analýzy a následné vytvorenie zostáv a vizualizácie informácii dokáže poskytovať manažérom i bežným zamestnancom obrovské možnosti, ako zefektívniť a urýchliť ich rozhodovanie, identifikovať potencionálne zdroje príjmov, určiť trendy trhu a samozrejme tvoriť zostavy kľúčových ukazovateľov výkonu, KPI, a spoznať nové biznis príležitosti.

I keď je pravda, že BI nástroje sa väčšinou využívajú pre jednoduchšie dopyty z obchodných dát, dokážu kombinovať rozsiahlu škálu aplikácií pre dátovú analýzu, technológiu OLAP, aplikácie cloudu či generovanie zostáv organizácii. Taktiež v sebe dokážu obsahovať softvér určený pre vizualizáciu dát na účely tvorby grafov a reportov či tvorbu riadiacich panelov, ktoré referujú na obchodné metriky a kľúčové ukazovatele výkonu KPI. Práve všetky tieto vyššie spomenuté aspekty v konečnom dôsledku oživia a zefektívnia dáta spoločností a tak sa podľa nášho názoru docieli efektívnejšia práca a optimalizácia procesov. Práve to môže byť motivujúcim faktorom, ktorý docieli implementovanie takýchto nástrojov do procesov vrcholovým manažmentom.

1.2.5 Skepticizmus - platformy BI nemusia byt vhodné pre prechod na I4.0

Vyššie sme si opísali BI nástroje ako vhodný a v mnoho prípadoch aj nevyhnutný nástroj, pomocou ktorého sa docieli optimalizácia podnikových procesov. Podľa nášho názoru však rovnako ako na výhody, je potrebné upriamiť pozornosť a zdôrazniť aj možné nevýhody, ktoré so sebou implementácia BI nástrojov prináša. V súčasnej rýchlo meniacej sa ekonomike a vysoko konkurenčnom prostredí je pre stredne veľkých výrobcov I4.0 nevyhnutnosťou. Práve preto sa títo výrobcovia obracajú na nástroje BI ako na základnú kostru, pre implementáciu I4.0 v ich podnikoch.

Na prvý pohľad sa zdá, že to dáva zmysel, nakoľko BI platformy sú zostrojené najmä na analýzu údajov, ktorú výrobcovia vo svojich riešeniach I4.0 potrebujú. Avšak, len s takýmto prístupom prichádzajú aj rozličné komplikácie, ktoré si v nasledujúcich bodoch ozrejmime. Prečo sa teda pri prechode na I4.0 nespoliehať len na BI nástroje ?

- **Prvý problém - nástroje BI nedokážu efektívne presúvať údaje z jednej platformy na druhú.** To podľa nášho názoru môže byť kameňom úrazu pri použití BI nástroja ako riešenia I4.0 Napríklad, ak spoločnosť využíva SAP alebo Oracle ERP, bez značnej vývojárskej činnosti ich pripojenie k databáze spoločnosti je nemožné, nakoľko pre svoje ERP sú nútení použiť špecifické API a v prípade absencie vývojových expertov vytvárajúcich pripojenia, to bude značne časovo náročné. To v praxi ústi do toho, že daná spoločnosť prichádza o benefit v podobe svojej BI platformy, pretože je pre ňu extrémne komplikované zlúčiť jej rozličné systémy, v tomto konkrétnom príklade SAP a Oracle ERP.
- **Druhý problém - BI nástroj nie je schopný predpovedať a vytvárať predikcie.** Ako bolo vyššie spomenuté, správna implementácia I4.0 do podniku so sebou prináša hlavnú výhodu, a to v podobe využitia už zozbieraných výrobných a obchodných údajov pomocou ktorých poskytnú prediktívne a využiteľné informácie pre manažment podniku. Hodnotíme však, že v tomto smere sú BI nástroje nedostačujúce, nakoľko majú značné obmedzenia vo využívaní údajov na predikciu zmien a vyznačujú sa absenciou možností na predpovedanie udalostí. Je pravda, že sú naozaj kvalitným nástrojom na zhromažďovanie údajov, avšak pre komplikovanejšie dopyty a hlbší data mining je potrebné aplikovať pokročilejšie analytické nástroje.

- **Tretí problém - nemožnosť vrátiť informáciu späť do systému.** Ako názorný príklad si uvedme BI nástroj, pomocou ktorého spoločnosť urobila analýzu ich výroby za minulý kvartál. V prípade, že bude chcieť spoločnosť získané údaje zadať späť do ich CRM alebo ERP systému a pracuje iba s konkrétnym BI nástrojom, tak má jednoducho smolu. Je to z dôvodu, že majoritná časť BI nástrojov je štruktúrovaná iba na čítanie.
- **Štvrtý problém - BI nástroj využíva len jeden typ dátovej štruktúry a má obmedzené možnosti v detekcii anomálii [21].** Podľa nášho skúmania sa ukladajú údaje v BI nástrojoch v rovnakej dátovej štruktúre ako v zdrojovom systéme. V situácii, keď chce používateľ vykonať analýzu z viacerých zdrojových systémov alebo chce zachytiť systém ERP v konkrétnom čase, znamená to obrovský problém. Podobne je to aj pri fakte, že BI nástroj hlási rozličné anomálie vo výrobnom procese, to však len za predpokladu, že mu ich používateľ nadefinuje vopred. Je to z dôvodu, že mu chýba schopnosť základného strojového učenia, ktorá by mu umožnila samému pochopiť, čo je anomália a čo nie. Optimálne riešenie pre I4.0 by totižto malo napríklad pri poklese v objednávke zákazníka, a to aj v prípade že ide len o minimálnu anomáliu automaticky upozorniť manažéra zákazky. Práve tým by sa docielilo efektívne a okamžité rozhodnutie.

Na záver tohto bodu musíme konštatovať, že všetky vyššie spomenuté problémy znamenajú skutočnú hrozbu. Treba pripomenúť a zdôrazniť, že sa týkajú len tých spoločností, ktoré pri prechode na I4.0 postavili celú implementáciu iba na nástrojoch BI. Avšak, ako sme si v našej práci už viac krát spomenuli, prechod na I4.0 je komplexný prechod a vyžaduje si využitie rozličných nástrojov a techník. Bohužiaľ sa v praxi často vyskytujú situácie, kedy sa vrcholové manažmenty, zodpovedné za tieto zmeny nie sú ochotné poradiť s odborníkmi a vo vidine čo najnižších nákladov a jednoduchosti riešenia postavili celú implementáciu len na BI nástrojoch, čo ako vidíme, nie je správna voľba.

1.2.6 Analytické metódy

Nakoľko sme si viac krát spomenuli rozličnú analýzu údajov je zároveň potrebné ozrejmiť aj jej jednotlivé metódy či kategórie, ktoré sú postavené na fakte, kedy a ako sa v praxi používajú. Poznáme tri základné skupiny ktorými sú:

- **Deskriptívna analytika** (z angl. descriptive analytics) - znamená popisné analytické metódy. Medzi v praxi najvyužívanejšie deskriptívne analytiky

zaradujeme priemer, medián či štandardnú odchýlku. Možným problémom týchto klasických štatistických meraní je ich nie veľmi správny predpoklad, že celkový skupina dát nad ktorou operujú je homogénna skupina.

- **Prediktívna analytika** (z angl. predictive analytics) - na základe využitia historických vzorcov sa snaží predpovedať možnú budúcnosť javov za podmienky, že sa tieto historické vzorce približne rovnakým štýlom opakujú.
- **Preskriptívna analytika** (z angl. prescriptive analytics) [17] - za pomoci predikcií získaných prediktívnou analytikou dokáže vytvoriť optimálny plán pre naplnenie budúcich potrieb, ktoré sú vyžadované.

V praxi sú tieto opisné analytické metódy používané ako prvý krok pre vytvorenie sumarizovanie historických vzorcov, ktoré vzniknú zo získaných údajov. Hodnotíme, že všetky vyššie opísané metódy sú vo svete I4.0 nevyhnutným prvkom, nakoľko analýza údajov a data mining informácii z nich je kľúčovým prvkom pre podniky.

1.2.7 *Dátová analytika - nosný nástroj I4.0 a jej techniky*

Jednotlivé techniky dátovej analýzy kategorizujeme do systémovej infraštruktúry a analytických metód. Systémová infraštruktúra sa sústreďuje na prípravu dát na analýzu, zatiaľ čo analytické metódy sa kladie dôraz na to, ako z masy údajov vyťažiť použiteľný report.

1.2.7.1 *Zachytenie*

Pre pochopenie zachytávania dát je potrebné, aby si spoločnosti uvedomili, že zdroje dát nie sú jednotné. Práve táto rôznorodosť zdrojových dát vedie k vývoju rozličných techník [17]. Ako najrozšírenejšiu techniku môžeme jednoznačne označiť grafické používateľské rozhrania (GUI) zhromažďujúce dáta od ľudí, umožňujúce ich používateľom interakciu s elektronickými zariadeniami prostredníctvom grafické ikony. Existujú aj spoločnosti disponujúce obsahovými službami, ktoré svojim klientom ponúkajú aplikačné programovacie rozhranie (API), kde klienti priamo získavajú dáta vo vpred dohodnutom formáte. To vo výsledku znamená, že nakoľko sú tieto informácie vytvorené pre ľudí, pre extrahovanie týchto dát do podoby čitateľnej pre počítače, skrz špecializované webové prehľadávače, je potrebné vyvinúť mimoriadne úsilie. Práve senzory sú typom techniky na zachytenie dát z rozličných objektov.

1.2.7.2 *Siete*

Podobne, ako pri zachytení dát, kde zdroje dát nie sú jednotné, tak vo veľa prípadoch nie sú zariadenia na zachytávanie údajov a zariadenia na ich ukladanie na totožnej lokalite. Tu nastáva otázka, ako zabezpečiť bezpečný a presný dátový prenos. Deje sa to skrz vhodnú sieťovú infraštruktúru. Tá môže byť vytvorená dvomi spôsobmi, pomocou káblvej alebo bezdrôtvej siete. Prvá z nich, káblvová, disponuje síce vyššou rýchlosťou avšak aj menej flexibilným pripojením. Na druhej strane bezdrôtová možnosť, ponúka mobilnú Wi-Fi a bluetooth techniku.

1.2.7.3 *Pamäť*

Keď sú údaje zachytené a pomocou siete aj presunuté na vhodnú lokalitu, je potrebné ich skladovať. Najjednoduchšou cestou ukladania údajov sú súbory. Pri dynamicky meniacich sa údajoch však aj tie najmenšie úpravy vykonajú operáciu vstupu a výstupu v celom súbore. Riešením tohto problému sa stali tradičné relačné databázové systémy [17]. Tie rozdelili údaje do množstva vzájomne súvisiacich tabuliek (tabuľka zodpovedá entite a sú prepojené cez primárne a cudzie kľúče). Tým sa docielilo, že pri potrebe určitej skupiny údajov, sa spoja len navzájom prepojené tabuľky. Aj tieto databázy majú však svoje úskalia, akými sú menšia úložná kapacita, zlyhanie uzla či náročnejšia kooperácia medzi organizáciami.

V dôsledku týchto nedostatkov sa vyvinuli nové, kvalitnejšie techniky databáz, napríklad Cassandra. Tá je konštruovaná tak, aby jednotlivé údaje rozširovala do klastra počítačov a zvýšila kapacitu úložiska s určitou úrovňou redundancie na riešenie problémov so zlyhaním konkrétneho uzla. Dátový sklad zas slúži na ukladanie historických údajov v súhrnnej kocke pri nízkej granularite. Mongo DB namiesto uchovávaní entít do oddelených tabuliek ukladá tesne prepojené entity do jedného súboru.

1.2.7.4 *Computing*

Pri dátovej analytike môže taktiež nastať situácia, že nutný výpočtový výkon presiahne kapacitné možnosti klasického počítača. Pre tento prípad boli vyvinuté vysokovýkonné výpočtové techniky. Dizajn super počítačov, ktoré disponujú mnohými CPU prepojenými vo veľkej zdieľanej pamäti však nie je dobre škálovateľný [17]. Práve tento fakt stojí za súčasným trendom, že narastá počet aplikácií využívajúcich zhluk lacných osobných počítačov, ktoré sú koordinované napríklad systémami Hadoop či Spark.

1.3 Vzájomné prepojenie techník analýzy údajov a I4.0

Na úvod tejto podkapitoly musíme spomenúť nadväznosť I4.0 na predchádzajúci Priemysel 3.0 (ďalej už iba I3.0). V I3.0 sa pozornosť sústredila najmä na rutinné operácie, v I4.0 ide najmä o analyzovanie dát zo štatistiky zameraných na biznis procesy a inteligentné rozhodnutia [17]. Práve v tom si je potrebné všimnúť súvislosť, nakoľko práve tieto inteligentné rozhodnutia vyplývajúce z podnikových prehľadov môžu optimalizovať rutinné operácie a zároveň, nájdenie relevantného biznis prehľadu nevyhnutne potrebuje pomoc rutinných operácií, ktoré zabezpečia zber údajov. Konštatujeme teda, že plynule dochádza k narastajúcemu trendu v prepojení I4.0 s dátovou analytikou.

Krásnym príkladom je aj Bagheriho systém na monitorovanie stavu zariadení a prediktívnu údržbu [2], ktorý má implementovaný spôsob monitorovania zvukového stavu prevodoviek. Tento spôsob funguje na predpoklade, že v prevodovkách dochádza k opotrebovaniu alebo úplnému zlomeniu ozubených kolies. V prípade výskytu jednej či druhej udalosti, prevody vydávajú dva rozličné akustické signály. Vložením vrstvy senzorov, ktoré dokážu zhromažďovať akustické vnemy a za aplikovania prediktívnej analýzy na klasifikovanie týchto signálov na normálne alebo abnormálne sa dosiahlo vytvorenie zariadenia, ktoré dokáže zbierať dáta, analyzovať ich a včasne poskytovať údaje, vďaka čomu sa zabezpečilo odhalenie chyby skôr, ako došlo k vážnej poruche. V tomto konkrétnom príklade sa odhalilo opotrebovanie kolesa ešte pred jeho úplnou deštrukciou a tým sa predišlo vážnejšiemu poškodeniu prevodovky.

Nasledujúci príklad pre systém na odporúčanie produktov pri online nakupovaní je taktiež veľmi zaujímavý. Pri online nakupovaní sa získané dáta z webových stránok využívajú na odporúčanie relevantných produktov pre zákazníkov. Napríklad, pri kúpe televízora cez online webovú stránku systém generuje automaticky zákazníkovi pomocou vzorov spoločného nakupovania relevantné produkty ako sú držiaky na stenu pre TV, ale nie náhradné produkty, akými sú napríklad náhradný produkt pre televízor značky Samsung je televízor značky Panasonic. Je to z dôvodu, že zákazník si jednoducho nebude náhradný produkt kupovať spolu s pôvodným produktom. Práve na poskytnutie informácií o takýchto náhradných produktoch je nevyhnutné, aby odporúčacie systémy zaznamenávali a analyzovali historické údaje o prehliadaní webových stránok zákazníkmi. Je to podľa nás úplne logické, nakoľko bežný zákazník si pred kúpou produktu prezrie viaceré webových stránok s podobnými náhradnými produktmi. Hodnotíme, že efektívny a

pre predajcu výhodný systém odporúčaní potrebuje svoj vlastný informačný systém slúžiaci na zber a vyhodnocovanie informácií, v tomto prípade informácie o náhradných produktoch zobrazené na online stránke predajcu, z analyzovaných údajov o prehliadaní webových stránok. Práve z tohto dôvodu sa CPS v I4.0 a systémová infraštruktúra v dátovej analytike stávajú spojenou časťou.

Inak povedané si to môžeme vysvetliť ako prepojenie troch navzájom súvisiacich zložiek medzi I4.0 a dátovou analytikou. Sú to priemyselný sektor, CPS a analytické metódy. Z dôvodu rôznych pracovných postupov v jednotlivých odvetviach I4.0 v nich musia byť aj rozličné CPS. Napríklad CPS používané zdravotníctve sa sústreďujú na prepojenie jednotlivých prístrojov v zdravotných zariadeniach cez sieť s cieľom zvýšenia a skvalitnenia zdravotnej starostlivosti. Na druhej strane CPS používané vo výrobe sú zamerané najmä na znižovanie výrobných nákladov skrz prepojenie jednotlivých výrobných zariadení. Taktiež je dôležité vysvetliť fakt, že hoci CPS v zdravotníctve a výrobe majú spoločné nároky čo sa týka bezpečnosti, odolnosti i spoľahlivosti, CPS v zdravotníctve majú svoje unikátne nároky bezpečnosti, ktoré sú ošetrené pridanou vrstvou slúžiacou na ochranu osobných údajov pacientov. Pri návrhu topológie senzorickej siete CPS slúžiacej na zber unikátnych typov údajov sú taktiež nesmierne dôležité faktory ako komunikačná vzdialenosť jednotlivých senzorov či kvalita údajov.

Okrem samotného dopadu na CPS majú rôzne priemyselné odvetvia dopad aj na analytiku údajov, v zmysle výberu funkcií či limitovania rozličných analytických metód. Hodnotíme, že hoci je vytvorené veľké množstvo techník na spracovanie big data, tak samotné big dáta sú stále iba zlomkom v porovnaní so všetkými údajmi vesmíru. Skúmame jasnú skutočnosť, že bez použitia doménových znalosti v jednotlivých priemyselných odvetviach dôjde k plytvaniu zdrojov na nepodstatné informácie analytickými komponentmi. Ako príklad si môžeme uviesť aktuálnu situáciu pri pandémii Covid-19, pri ktorej na potvrdenie tohto vírusu v ľudskej krvi nie je potrebné preskúmať všetky chemické zložky krvi, ale stačí sa zamerať len na konkrétnu doménu a získať tak relevantnú vzorku údajov potrebných na vykonanie analýzy, v tomto prípade zistenie vírusu v krvi človeka. Tu definujeme dva typy interakcií medzi CPS a analytickými metódami [17]:

- a) Prvý typ, pri ktorom je vzhľadom na existenciu obmedzení súčasných metód analýzy údajov (alebo CPS) potrebné relevantným postupom sformovať CPS (alebo metódu analýzy údajov), aby fungoval.
- b) Druhý typ zas vyjadruje skutočnosť, že vďaka analýze údajov sa dokáže zvýšiť výkon CPS.

Ešte skôr, než sa zameriame na jednotlivé prepojenia techník je dôležité spomenúť aktuálny trend navrhovania CPS vzhľadom na rozvíjajúci sa biznis model spoločností tým spôsobom, aby dokázali byť škálovateľné na nové prístroje. Z tohto dôvodu sú nevyhnutné optimalizačné a autonómne stratégie pre jednotlivé prístroje. Tie sa potom dokážu riadiť plánmi zhotovenými podľa miestnych informácií ale zároveň aj dynamicky sa meniacimi informáciami vzhľadom na požiadavky globálneho prostredia. Popri týchto vylepšeniach CPS sa dátová analytika používa aj na zlepšenie požiadaviek bezpečnosti a škálovateľnosti CPS. V nasledujúcich bodoch sa venujeme aktuálnym, doslova "horúcim" technikám vyvinutých na prácu s dátami oveľa efektívnejším spôsobom.

1.3.1 5G siete

Prvou, a v súčasnosti ostro diskutovanou technikou sú 5G siete. Tie, ako technologický štandard už piatej generácie mobilných sietí so sebou prinášajú minimálnu latenciu a zvýšenú rýchlosť pripojenia, pokiaľ ide o porovnanie s jej predchodkyňou 4G a umožnenie komunikácie na dlhšiu vzdialenosť, pokiaľ ide o porovnanie s Wi-Fi. 5G je vo svojej podstate prepojená s celulárnou sieťou, bezdrôtovým spôsobom pripojenia. Nakoľko jednotlivé prvky 5G siete komunikujú s celulárnymi vežami, sú tieto veže donútené prenášať informácie cez káblovú sieť. Posun káblovej siete je z tohto dôvodu extrémne dôležitý aj pre budúcnosť výkonu 5G sietí.

V spojitosti s I4.0 je technológia 5G kriticky dôležitá napríklad pre autonómne vozidlá, ktoré snímajú obrovské množstvá údajov a potrebujú z nich vyvodzovať rozhodnutia v reálnom čase na presnosť stotín sekúnd, aby sa predišlo nehodám s katastrofálnymi následkami. Taktiež, vzhľadom na veľkú vzdialenosť je káblové či Wi-Fi pripojenie k autonómnym vozidlám prakticky nemožné a 5G sa tak stáva reálnym a unikátnym riešením. Vďaka minimálnej latencii a extrémne rýchlemu pripojeniu tak 5G jednoznačne ovplyvňuje nie len I4.0 a IoT, ale má aj badateľný vplyv aj na používanie rozrastajúcej sa virtuálnej reality na mobilných zariadeniach. CEO spoločnosti Facebook Marck Zuckerberg v roku 2021 predstavil okuliare oculus, ktoré ľuďom sprostredkujú

virtuálnu realitu a práve prepojenie 5G siete v tejto revolučnej technológii bude hrať dôležitú úlohu.

1.3.2 *Big data*

Túto techniku môžeme chápať ako technológiu, obsahujúcu v sebe analyzovanie dát v súvislosti s ich zberom, ukladaním a výpočtovou technikou [17]. Je teda zrejmé, že ľubovoľná technika slúžiaca na spracovanie robustných, heterogénnych údajov a ich následné rýchle spracovanie sa považuje za techniku big data.

1.3.3 *Blockchain*

Nasledujúca revolučná technológia blockchainu, dokáže vykonávať zdieľanie a aktualizovanie dát naprieč organizáciami skrz zabezpečený, overený a nemenný mechanizmus, a to všetko bez centralizovaného riadenia [17]. Podľa nášho názoru ide skutočne o revolúciu, nakoľko v praxi často krát vidíme situáciu, kedy sú citlivé údaje jednotlivých spoločností, ktoré sa týkajú ich vzájomného podnikania uložené v tradičných databázach. V takomto prípade každá jedna spoločnosť chce vstupovať a kontrolovať tieto údaje, nakoľko plne nedôveruje ostatným. Práve technológia blockchainu znamená v takýchto situáciách dokonalé riešenie, ktoré zabezpečí zdieľanie údajov so 100% zabezpečením voči odcudzeniu či zmene citlivých dát.

Čo sa týka prepojenia blockchainu s I4.0 a dátovou analytikou, táto technológia to ovplyvňuje hneď dvomi spôsobmi. Prvý, blockchain disponuje dátami, ktoré predchádzajúcim technológiám neboli dostupné. Druhý, zvyšuje kvalitu dát. Spojenie nových a kvalitnejších údajov v konečnom dôsledku vyústi do priameho zlepšenia každodennej prevádzky CPS v I4.0. Taktiež si myslíme, že v blízkej budúcnosti tieto nové a kvalitnejšie údaje prinesú novšie formy analytických aplikácií pre ešte novšie a zaujímavejšie obchodné modely generujúce vyššie zisky.

1.3.4 *Cloud computing*

Ďalšia technika cloud computingu sa priamo spája s komponentmi ukladania dát a výpočtovou technikou. Pri tejto technike totižto používateľ nemusí priamo spravovať úložisko, nakoľko dátové úložiska a výpočtové techniky sú mu dodané na požiadanie. V súčasnosti poznáme tri základné modely [17], ktorými sú infraštruktúra ako služba (IaaS, nízkoúrovňová správa výpočtových kapacít umožňujúca nepretržitú kontrolu úložiska, siete a zabezpečenia), platforma ako služba (PaaS, virtuálne zariadenia s prednastaveným

operačným systémom, ktorý používateľ môže ľubovoľne meniť) a softvér ako služba (SaaS, disponuje možnosťou behu špecifických aplikácií, či už je to emailový server, rôzne analytické softvéry či databázy).

Zároveň jasne hodnotíme obrovské benefity tejto technológie. Na jednej strane je to výhoda v úplnom outsorcovaní úloh spoločnosťami, na strane druhej je to jednoznačne lacnejšia, bezpečnejšia a spoľahlivejšia forma vzhľadom na jej špecializovanú údržbu. Avšak, mnohí používatelia vidia nevýhodu vzhľadom na obavy zo straty súkromia a dôvernosti. Tieto obavy sú však väčšinou neopodstatnené a nepodložené.

1.3.5 *Deep learning*

Technika deep learning je založená na dodatočne vysokom počte vrstiev v komparácii s neurónovými sieťami, pričom sa každá vrstva učí, ako meniť jej vstupné dáta do abstraktnejšej podoby. Touto transformáciou dokáže vytvárať zložitejšie nelineárne vzťahy vo viacrozmernom priestore. Prvý typ sietí, konkrétne konvolučné neurónové siete využívajú pohyblivý filter na segmentáciu obrázkov na množstvo malých obrázkov. Je to z dôvodu existencie rôznych objektov v jednom obrázku. Druhý typ sú takzvané rekurentné neurónové siete vytvorené tým spôsobom, aby boli schopné modelovať správanie v závislosti od časového intervalu, počasia či situácie na finančných trhoch. Tieto siete sú špeciálne práve v tom, že na rozdiel od tradičných neurónových sietí dokážu vrátiť výstup aktuálneho záznamu do nasledujúceho, čím zabezpečia sekvenčný dopad jednotlivých záznamov.

1.3.6 *Internet of Things*

Táto techniky je prepojená s komponentmi zbierania dát. Jej kľúčovými technológiami sú identifikovanie, sledovanie a komunikácia skrz jednotlivé vrstvy za účelom interakcie medzi jednotlivými zariadeniami rôznymi spôsobmi. IoT má však korene už v I3.0, kde sa vyskytol v menšom rozmere na rovnakých fyzických miestach v lokálnych sieťach. Dávame do pozornosti, že v spoločnostiach, v ktorých tento zastaralý spôsob stále funguje je potrebná aktualizácia na novšiu a modernejšiu verziu vzhľadom na potreby I4.0. Je potrebné aby boli všetky komponenty prepojené skrz internet čím sa dosiahne vyššia úroveň automatizácie a dynamickej komunikácie komponentov. To potvrdzuje aj štúdia pridelovania zdrojov Li Xu [20] z roku 2020, v ktorej jasne potvrdil potrebu dynamickej spolupráce jednotlivých zariadení IoT pri plnení komplexných cieľov,

nakolko efektívne rozdeľovanie zdrojov vylepšilo celkový výkon zariadení. Jednotlivé alokácie zdrojov sú však obmedzované obmedzenou kapacitou úložisk, energiou či výpočtovým výkonom.

1.3.7 *Quantumm Computing*

Quantumm computing je priamo spojené s počítaním údajov. Každé kvantum dosahuje práve dva stavy súčasne, dochádza k exponenciálnemu zvyšovaniu jeho výpočtového výkonu v závislosti od počtu kvantov. Súčasný výpočtový výkon tradičných počítačových kapacít v porovnaní s quantumm computing sa lineárne zvyšuje v závislosti od počtu tranzistorov. Práve vďaka tomu dokáže za využitia tradičných počítačov dokáže quantumm computing riešiť problémy vyžadujúce si exponenciálny čas a kvantové výpočty tak ponúkajú adekvátny výpočtový výkon na hľadanie optimálnych riešení pre väčšinu analytických metód.

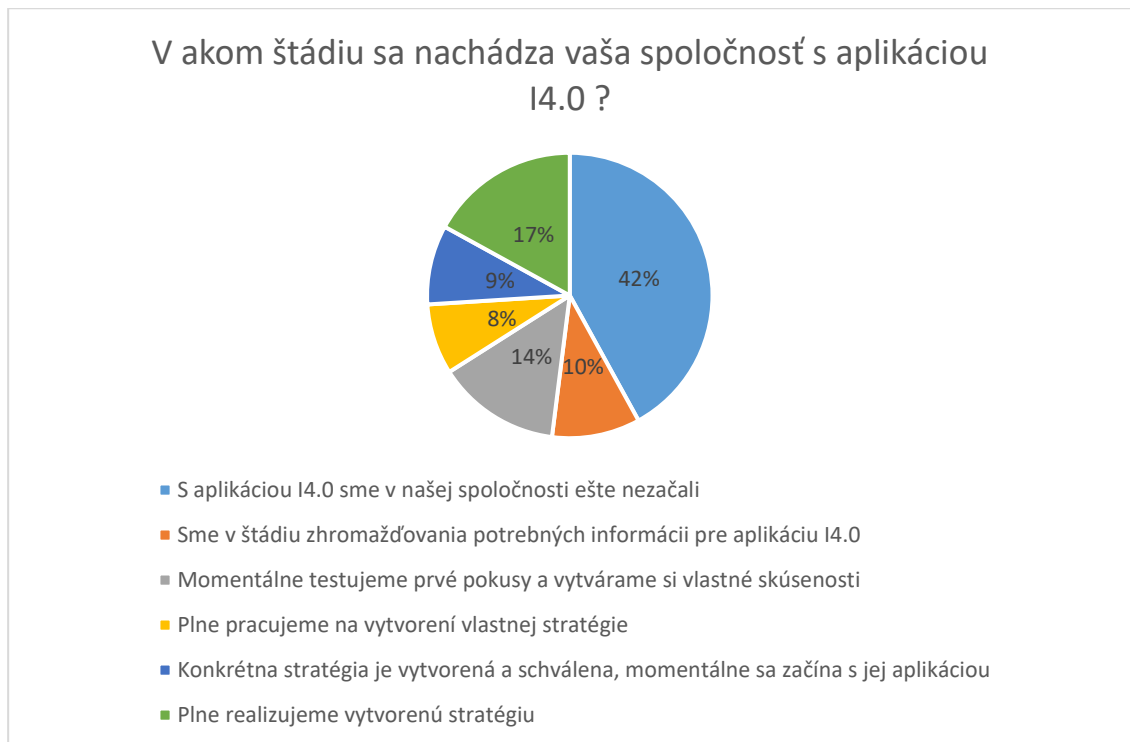
1.4 Prieskum implementácie I4.0 na Slovensku a vo svete

1.4.1 *Aktuálna situácia na slovenskom trhu*

Neimplementovanie štandardov I4.0 do podnikových procesov môže znamenať pre jednotlivé spoločnosti obrovský problém z hľadiska konkurencieschopnosti a jej ďalšieho fungovania. Aby sme dokázali reflektovať, v akom stave sa nachádzajú s touto implementáciou slovenské spoločnosti, využili sme prieskum spoločnosti Industry4UM [14], ktorý na báze ročných intervalov hodnotí situáciu I4.0 v slovenských spoločnostiach. Je potrebné taktiež spomenúť, že slovenským spoločnostiam sa v tejto digitálnej transformácii v minulosti snažila pomôcť aj vláda, konkrétne MHSR a to vytvorením koncepcie inteligentného priemyslu a poskytnutím akčného plánu z roku 2017, avšak od roku 2019 sa s týmto plánom a koncepciou nič nedeje. Z prieskumu za rok 2021, ktorý bol už piatym v poradí a zúčastnilo sa ho 125 slovenských spoločností vyplývajú nasledujúce zistenia.

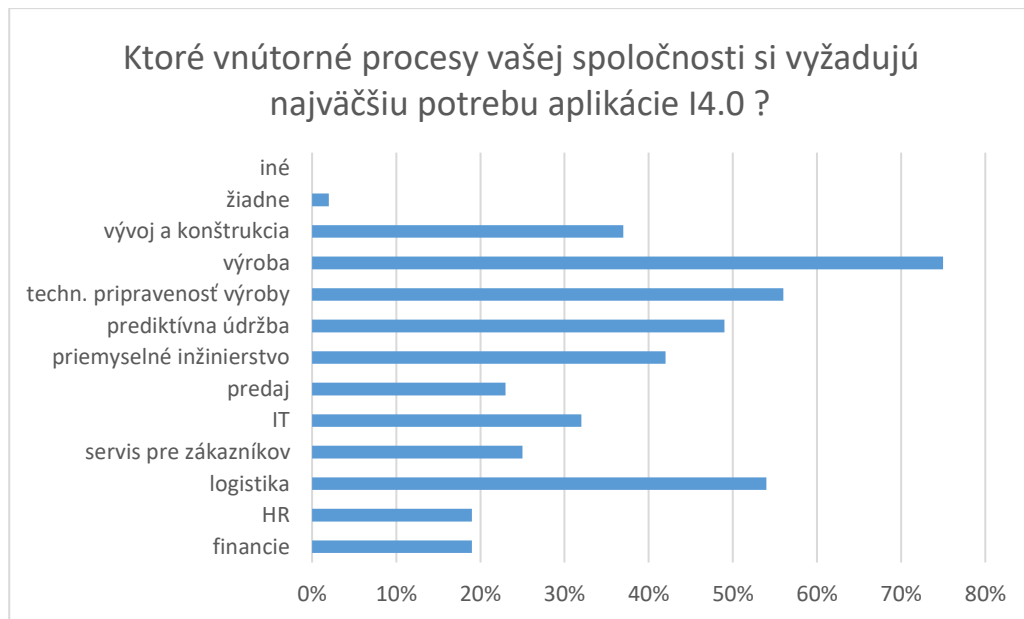
Aby bolo možné konštatovať, že spoločnosť začala s riadenou implementáciou I4.0 do svojich procesov, musí mať vytvorený implementačný tím. Podľa zistenia z prieskumu v roku 2021 konštatujeme, že ani nie polovica spoločností má takýto tím vytvorený. Chýbajúci implementačný tím je následkom chýbajúcej implementačnej stratégie. Odpoveď prečo má takýto tím vytvorených len 44% spoločností nám dáva graf č.1. Tento graf nám poskytuje jasné a zároveň smutné vyjadrenie, že v roku 2021 má iba 26%

zúčastnených spoločností prijatú implementačnú stratégiu a realizuje ju. Musíme teda konštatovať, že za nízkym percentom existencie implementačného tímu jednoznačne stojí skutočnosť dvoch tretín firiem, ktoré nemajú pripravenú konkrétnu hmatateľnú stratégiu, ktorou sa chcú uberať. Za možné dôvody označujeme stále slabé povedomie, že práve I4.0 a digitalizácia procesov sú nezvratná budúcnosť, taktiež vyššie počiatkové náklady, pochopenie, že rozhodnutie o prijatí a začatí aplikácie I4.0 musí prísť zo strany vrcholového manažmentu či v súčasnosti stále obrovská neistota na trhu kvôli pandémie.



(Graf č. 1 - Štádium aplikácie - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Ďalším negatívnym zistením je fakt, že len 46% respondentov uviedlo, že význam aplikácie princípov I4.0 do ich fungovania je nesmierne ba až extrémne dôležitý pre ich budúcnosť. Z tohto jednoznačne vyplýva, že slovenské spoločnosti si plne neuvedomujú nutnosť prijatia týchto zmien do svojich procesov a aj to môžeme označiť ako ďalší dôvod slabej digitalizácie slovenských firiem. Konkrétne vnútorné procesy, v ktorých respondenti vidia potrebu aplikácie I4.0, sú zobrazené na grafe č.2. Zistenia z tohto grafu jednoznačne súhlasia so svetovým trendom v nutnosti digitalizácie výroby, údržby či logistiky. Podľa nášho názoru, je dôležitejšie upriamiť pozornosť na respondentmi zvolenú ako druhú oblasť, a to vnímanie potreby technologickej prípravy výroby.



(Graf č. 2 - Vnútorné procesy - zdroj: vlastné spracovanie podľa prieskumov spoločnosti Industry4UM [14])

Hodnotíme, že vzhľadom na slovenský trh je to úplne pochopiteľné, nakoľko na Slovensku je dominantný práve subdodávateľský priemysel. Preňho je veľmi dôležité správne nájdenie spôsobov ako aj časov spracovania výrobkov, nakoľko to ovplyvňuje efektívnosť využitia výrobných kapacít a vyrobený objem.

Celkový prieskum slovenských spoločností za rok 2021 nám ale v súhrne neprinesol veľmi potešujúce zistenia. Tým najviac alarmujúcim zistením je fakt, že len 26% spoločností má stratégiu ktorú aj realizuje. Toto zistenie len a len viac otvára pomyselné nožnice medzi Slovenskom a okolitým svetom. Ak sa práve toto zistenie v budúcich rokoch radikálne nezmení, tak si dovoľíme konštatovať, že konkurencieschopnosť Slovenska a jej ekonomiky nečakajú v budúcnosti dobré časy. Zároveň je nevyhnutné, aby sa malým a stredným podnikom dokázalo pomôcť s návrhom implementačnej stratégie. Je pravda, že si firmy potrebu implementácie uvedomujú, avšak majoritná časť ju nie je schopná aj zrealizovať. Dôvodom je práve skutočnosť, že jednotlivé spoločnosti sa spoliehajú len na akési jednorazové riešenia bez väčšej komplexnosti. To znamená, že stratégiu neplánujú na dlhší horizont ale len na krátke, bezvýznamné obdobie.

V súčasnej podnikovej praxi je enormný nedostatok skúseností s takouto implementáciou a preto je potrebné vytvoriť štruktúru podporných aparátov, ktoré sa prepoja s podnikmi. Ďalším dôvodom nízkych čísel je aj slabučké povedomie, že I4.0 je agendou vrcholových manažmentov. Manažment je obrazne povedané hlava spoločnosti a bez toho, aby pochopila že práve ona je tá zodpovedná za tieto zmeny, nemôže prísť k

náprave. V neposlednom rade musíme spomenúť aj skutočnosť, že neustále zmeny zákonov, byrokratické zaťaženia a neschopnosť spolupráce vládnych predstaviteľov nepomáha slovenským spoločnostiam pri tak komplexnej transformácii, akou I4.0 nepochybne je. Hlbšie sa tejto problematike a zmapovaniu stavu venujeme v kapitole 4.

1.4.2 *Aktuálna situácia na svetovom trhu*

Pre načrtnutie aktuálnej situácie na svetovom trhu nám poslužil podobne ako pri slovenskom trhu online prieskum vykonaný spoločnosťou MagicSoftware za rok 2020 [22], ktorého sa zúčastnilo 100 spoločností z rôznych kútov sveta. Treba však zdôrazniť, že tento prieskum sa zamerával skôr na spoločnosti, ktoré zatiaľ I4.0 plne nerealizujú ale sú k nej pozitívne naklonené a pracujú na základoch pre jej implementáciu. Príklady svetových spoločností, ktoré princípy I4.0 plne implementovali a doslova "žijú" týmto spôsobom, sú nepochybne spoločnosti ako Haier, Adidas, Google a v neposlednom rade nemecká spoločnosť Bosch, ktorá disponuje najmodernejšou verziou SF a je reálnym zhmotnením vízie, že naozaj prvá ruka ktorá sa dotkne hotového výrobku, je ruka zákazníka.

Z prieskumu spoločnosti MagicSoftware vyplývajú nasledujúce zistenia. Zaujímavým je hneď prvé z nich, kde až 60% respondentov uviedlo ako odpoveď na otázku, či majú obavy z implementácie I4.0, že aplikácia I4.0 do ich procesov nebude predstavovať výrazný problém[22]. Podľa nášho názoru je to odvážne tvrdenie, vzhľadom na skutočnosť, že implementácia štandardov I4.0 nie je otázkou dní či týždňov, ale je to naozaj komplikovaný a komplexný proces. Spoločnosti ďalej konštatujú, že až 42% výrobného času odhadujú materiálové či prevádzkové náklady, 73% respondentov považuje staré systémy za pomalé a na importovanie údajov zdĺhavé. To je pre nich vysoko motivujúcim faktorom zavedenia I4.0 do procesov, avšak v nadväznosti na toto zistenie hodnotia, že práve rozpočtové obmedzenia ktorým čelia sú primárnym dôvodom, prečo zatiaľ I4.0 plne neimplementovali. Túto skutočnosť konštatuje až 61% respondentov.

Na základe prieskumu hodnotíme podobné zistenia ako pri slovenských spoločnostiach práve v obave z vysokých počiatkových nákladov ale aj v uvedomení si, že I4.0 je cesta ktorú sa musia uberať. Treba ale opäť pripomenúť, že daný prieskum bol cielený na spoločnosti, ktoré implementáciu plne nerealizujú a tak nám jeho zistenia pomohli načrtnúť a potvrdiť dôvody neimplementácie štandardov slovenskými spoločnosťami.

Ak sa však pozrieme na situáciu vo svete komplexnejšie tak jednoznačne musíme konštatovať obrovskú angažovanosť vládnych špičiek pri podpore priemyslu 4.0. Ako príklady si uvádzame USA, UK a Nemecko. V USA sa ako reakcia na pokles výrobného sektoru prijal program Manufacturing USA, ktorý vládnymi stimulmi podporuje technologické inštitúcie. Veľká Británia zas na druhej strane investuje gigantické sumy do rozvoja elektromobility 500 mil. GBP či do 5G sietí 180 mil. GBP [14]. Posledný príklad je hnací motor európskej ekonomiky, Nemecko, ktoré v aktuálnej dobe jednoznačne profituje z udržania svojich výrobných kapacít v domácom prostredí a jeho neoutsorcovaní do krajín s lacnejším pracovným kapitálom.

1.5 Súhrn zistených skutočností

V jednotlivých podkapitolách prvej časti práce sme opísali I4.0, vyznačujúci sa automatizáciou, prepojením fyzických a digitálnych systémov ako ďalšou generáciou priemyselnej infraštruktúry, ktorá dokáže vykonávať jednotlivé rozhodnutia bez zásahu ľudí. Tieto rozhodnutia zabezpečuje priemyselná analytika, poháňajúca digitálne prepojené siete strojov. Zároveň zo zistení zo spracovaných podkapitol je zrejmé, že I4.0 doslova mení pravidlá. Jednotlivé spoločnosti sú nútene v súvislosti s implementáciou štandardov I4.0 úplne zmeniť obchodné modely zavedením digitalizovaných systémov, akými sú CPS, nástroje business intelligence a dátovej analytiky. Práve toto šírenie technológií a ich následné prijatie človekom a jeho integrovaním do pracovného života, prináša doslova revolúciu vo firemných kultúrach podnikov, maximalizuje výrobu a zlepšuje konkurencieschopnosť.

Bohužiaľ, na záver prvej kapitoly musíme konštatovať aj negatívne zistenia z načrtnutia aktuálnej situácie s implementáciou I4.0 v slovenských spoločnostiach. Vidíme, že práve náročné kapitálové zaťaženia, slabá podpora vlády a nezáujem vrcholových manažmentov sú achillovou päťou, v aktuálnej slabej angažovanosti slovenských spoločností s prijatím revolúcie I4.0

Práve na základe týchto zistených skutočností stoja jednotlivé ciele našej práce. Na jednej strane obrovská efektívnosť a nutnosť implementovať štandardy I4.0 a využívať nástroje dátovej analytiky a business intelligence do podnikových procesov nás privedla k primárnemu cieľu práce, ktorým je detailné zmapovanie a vyhodnotenie stavu využívania práve nástrojov business intelligence a dátovej analytiky v I4.0. Veríme, že práve takýmto detailným zmapovaním využívania týchto nástrojov v slovenských ale aj svetových

spoločnostiach dokážeme komplexne načrtnúť, akým spôsobom jednotlivé podniky dokázali prakticky implementovať tieto nástroje a tým skvalitniť podnikové procesy. Avšak, aby sme mohli naplno splniť tento primárny cieľ, musíme najprv detailne vysvetliť a zhodnotiť jednotlivé aplikácie dátovej analytiky spolu s ich prínosmi či prekážkami vo výrobných schopnostiach na konkrétnych príkladoch rôznych spoločností. Na základe tohto opisu si tiež sformulujeme výzvy, ktorým podniky ešte neimplementujúce princípy I4.0 podľa nášho názoru budú čeliť.

Na druhej strane, alarmujúce výsledky prieskumu posledného roka nás nútia zamyslieť sa nad tým, akým smerom sa budú uberať slovenské spoločnosti. Preto sa popri detailnom zmapovaní situácie využívania I4.0 musíme zamerať aj na odhad vývoja a potenciálnych dopadov rozvoja technológií Industry 4.0 v slovenských podmienkach spolu identifikáciou príčin zisteného stavu ako aj návrhom konkrétnych odporúčaní riešenia tejto negatívnej situácie. Veríme, že spracovanie týchto cieľov a návrh konkrétnych odporúčaní pomôže jednotlivým spoločnostiam v digitálnej transformácii ich spoločností.

2 Ciel' práce

V diplomovej práci sú zahrnuté dva parciálne ciele, splnením ktorých sme dokázali splniť aj náš primárny cieľ ako aj cieľ doplnkový, ktorý vyplynul z našej práce. Prvý parciálny cieľ sa týkal detailného charakterizovania východiskových pojmov, vysvetlenia roly dátovej analytiky v Industry 4.0, prepojenia jednotlivých techník analýzy údajov s I4.0 ako aj načrtnutia situácie na Slovensku i v zahraničí.

Splnenie tohto cieľa nám pripravilo pôdu, pre splnenie druhého parciálneho cieľa, zhodnotenia výrobných schopností pri realizácii dátovej analytiky vo vybraných spoločnostiach. Na základe týchto zistení sme identifikovali konkrétne výzvy pre spoločnosti, ktoré sa zatiaľ nenachádzajú v procese digitálnej transformácie.

Po splnení týchto parciálnych cieľov sme mohli naplno zrealizovať primárny cieľ diplomovej práce, detailne zmapovať stav a využitie nástrojov business intelligence a dátovej analytiky Industry 4.0 v slovenských priemyselných spoločnostiach. Na základe aktuálnych údajov sme rozšírili primárny cieľ práce skrz **vytvorenie predikcie vývoja** a dopadov na rozvoj technológií v Industry 4.0. Z poznatkov získaných z tohto zmapovania sme definovali zoznam konkrétnych príčin súčasného stavu a splnili dodatočný cieľ, ktorý vyplynul z našej práce. Sformulovali sme konkrétne odporúčania pre riešenie aktuálnej situácie.

3 Metodika práce a metódy skúmania

Pre potreby našej práce sme majoritne využívali zahraničnú odbornú literatúru a zborníky dostupné na online knižniciach, vzhľadom na fakt, že Industry 4.0 je stále novou témou vo vedeckej oblasti. Ďalším dôležitým zdrojom dát sa pre nás stali odborné články a prieskumy trhov, vykonané združením inteligentného priemyslu Industry4UM, ktoré unikátnym spôsobom reflektuje situáciu na slovenskom trhu priemyselných podnikov. Pre splnenie menších cieľov, ktoré následne viedli ku splneniu nášho primárneho cieľa, sme v práci použili rôzne výskumne metódy. Boli to najmä komparačné metódy porovnávania vlastností a vyjadrení, z ktorých sme dedukciou a hlbším analyzovaním problematiky vyvodili výsledky a príčiny súčasného stavu. Okrem zmapovania súčasného stavu bol metódou predikcie načrtnutý aj budúci odhad vývoja a pokračovania digitalizácie slovenských firiem. Jednotlivé poznatky sme následnou syntézou spracovali do jednotlivých odporúčaní.

Kapitola "súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí" nám pomocou metódy špecializovanej selekcie potrebných informácií z odbornej literatúry ozrejmla a definovala východiskové pojmy danej problematiky a načrtla situáciu doma i v zahraničí.

Vo štvrtej kapitole s názvom "výsledky práce a diskusia", bola najprv využitá komparácia jednotlivých priemyselných podnikov, na základe ktorej sme vyvodili implementačné výzvy smerom do budúcnosti. Následne bola použitím metód dedukcie a indukcie päťročných dát prieskumov slovenských priemyselných podnikov zmapovaná situácia využívania nástrojov BI a dátovej analytiky Industry 4.0 na Slovensku ako aj predikcia súčasnej situácie do budúcnosti. V závere sme skrz syntézu uvedených faktov vytvorili aktuálne odporúčania pre zlepšenie súčasnej nepriaznivej situácie na slovenskom trhu, ktoré sme si v záverečnej diskusii potvrdili porovnaním s názormi odborníkov z oblasti digitalizácie priemyslu.

4 Výsledky práce a diskusia

4.1 Výrobné schopnosti a realizácia dátovej analytiky

V úvode prvej kapitoly sme si jasne zadefinovali skutočnosť, že v súčasnom, rýchlo meniacom sa svete plnom technológií sú dáta viac ako kedykoľvek predtým v úplnom centre pozornosti. Kamkoľvek sa v dnešnom svete pozrieme sa hovorí o dátach, avšak dominuje smutný trend chýbajúcej diskusie o tom, čo konkrétne údaje sú, ako s nimi naložiť ba dokonca ako vôbec súvisia s reálnym svetom. Práve zvýšená efektívnosť výroby a narastajúce zisky však nie sú jedinými výhodami I4.0. Hodnotíme, že tie spoločnosti, ktoré kladú na dáta veľký dôraz, sú lákadlom pre mladých a talentovaných odborníkov v tejto oblasti. Tým pádom sa stávajú konkurencieschopnejšími a vo výsledku dokážu identifikovať problémy a hrozby ešte predtým, ako vzniknú. Taktiež na úvod tejto kapitoly je dôležité spomenúť obrovský súboj či priam až vojnu práve v efektívite využívania údajov. Podľa prieskumu vykonaného časopisom Forbes v roku 2021 [8] až takmer 95% spoločností uvádza, že neštruktúrované údaje predstavujú pre ich budúcnosť najväčšiu hrozbu. Posledných pár rokov nám jasne dokázalo fakt, že implementácia I4.0 a princípov dátovej analytiky za využitia BI nástrojov do spoločností vyústilo v ich odolnosť voči krízam a to najmä kríze spôsobenej pandémiou Covid 19.

Pre hlbšie pochopenie danej problematiky a naplnenie primárneho cieľa práce sme sa rozhodli, že skôr, než prejdeme na detailné zmapovanie súčasnej situácie je potrebné zhodnotiť aj možné nevýhody analýzy údajov či konkrétnu implementáciu postupov vo vybraných firmách na Slovensku ale aj vo svete.

4.1.1 *Nevýhody analýzy údajov*

Názov tejto podkapitoly sa na prvý pohľad môže zdať nesprávny, nakoľko prvá kapitola analýzu údajov vykresľovali ako nevyhnutnú záležitosť takmer bez chýb. Avšak, pre skutočne kvalitné spracovanie témy a naplnenie cieľa je potrebné sa na veci pozeráť z väčšej perspektívy. Ak je teda analýza údajov taká skvelá, existujú nejaké nevýhody? Samozrejme, a je ich hneď niekoľko:

- **Bezpečnosť** – ako prvú a podľa nášho názoru aj najväčšiu nevýhodu predstavuje práve bezpečnosť. Práve kybernetická bezpečnosť, vzhľadom na enormne narastajúci počet novo pripojených zariadení, stojí pred prahom nových a extrémne náročných výziev. Len za posledných pár rokov sa hackerom podarilo

identifikovaním jedného slabého miesta ohroziť celú organizáciu. Celý IT sektor sa pomaly ale isto aklimatizoval na tieto skutočnosti a kybernetická bezpečnosť sa rieši na úrovni celej organizácie. Riziko tu však stále existuje a spoločnosti tak stoja pred výzvami v podobe vytvorenia bezpečnostných plánov a školenia všetkých pracovníkov v organizácii.

- **Talent** - druhá nevýhoda sa netýka iba Slovenska, ale celého sveta. Nízky počet kvalifikovaných pracovníkov, ktorí chápu analýzu dát a vedia ju aj implementovať do praxe je žiaľom malý. Konštatujeme, že dôvodov môže byť viacero. Medzi najväčšie isto možno zaradiť nedostačujúci výučbový systém stredných odborných a vysokých škôl či ich neprepojenie s reálnymi podnikmi. Riešením môže byť práve vhodne zvolená forma duálneho vzdelávania a vychovanie novej generácie absolventov. Na druhej strane sa často krát v spoločnostiach vyskytne prípad potreby dátových analytikov len na určité časové obdobie. V takomto prípade je efektívnejšie siahnuť po nezávislých externých odborníkoch, ktorí dokážu zastrieť a spracovať konkrétne projekty týkajúce sa analýz údajov.
- **Umelá inteligencia (AI)** - táto tretia nevýhoda vo svojej podstate dokáže údajom dať zmysel. Dokáže sa sama učiť a v zdravotníctve (ale aj iných sektoroch) pomáhať pomocou údajov včasne diagnostikovať závažné ochorenia. Nič však nemá len svetlé stránky. S rozmachom AI ruka v ruke prichádzajú problémy týkajúce sa súkromia, správe verejných záležitostí čo v konečnom dôsledku vedie k strachu, že AI prevezme ľudskú prácu a rutinné úlohy, ktorými sa mnoho ľudí živí, jednoducho vymiznú.

4.1.2 *Realizácia projektov digitalizácie pre zvýšenie výnosov vo výrobe*

Vzhľadom na narastajúci počet inteligentných zariadení a množstvo zachytených dát inštitút McKinsey Global Institute predpokladá, že IoT do roku 2025 vygeneruje viac než 11 biliónov amerických dolárov svetovej ekonomike [23]. Podľa vyjadrení inštitútu a na základe nášho skúmania jasne konštatujeme, že celkové množstvo zachytených údajov už jednoducho nebude možné analyzovať ľuďmi a na scénu budú musieť nastúpiť stroje. Taktiež je viac než zrejmé, že práve zvyšovanie výnosov výroby je jedným z najväčších prínosov projektov implementácie Industrial analytics [6]. V súvislosti s touto skutočnosťou sa mnoho výrobných firiem sústreďuje na SF s vertikálnou integráciou zo senzorov, zvýšenie efektívnosti logistiky či optimalizáciu back-office procesov.

V roku 2018 bola vykonaná meta analýza [24] o výhodách BI nástrojov získaných prostredníctvom projektov digitalizácie výroby. Táto analýza jasne označila počiatočné vplyvy I4.0, ktorými sú: zníženie nákladov a prepracovanosti, zvýšenie kvality a výnosov ako aj lepšej produktivity a úspor energie. Docielené to bolo škálovaním a navrhnutím analytických informácií spôsobom, aby boli optimálnymi pre rôzne škály informačných potrieb výrobných prevádzok, čím bola docielená efektívnosť a zvýšené výnosy. Na záver je nutné spomenúť, že kľúčom k dosiahnutiu výsledkov týchto projektov bola precízne riadenie projektov projektovými profesionálmi.

4.1.3 *Konkurenčná výhoda vďaka výrobným schopnostiam*

Stroje, ľudia a technológie predstavujú aktíva, ktoré pri absencii diferenciačných schopností nemajú pridanú hodnotu pre spoločnosť a tým pádom nedokážu produkovať konkurenčnú výhodu [6]. Práve tieto diferenciačné schopnosti, ktoré sa sústreďujú najmä na výrobu a zákazníka, sú riadené vrcholovým TOP manažmentom. Biznis model spoločností a jej stratégia určujú konkrétne ciele a priority, potrebné pre splnenie požiadaviek trhu. Tie sú komunikované vedením a skrz projekty digitalizácie podporujú výrobné kompetencie. Následným kombinovaním výrobných kompetencií s kompetenciami funkčnými (napr. zákaznícky servis) dôjde vo výsledku k vzniku diferenciačných konkurenčných schopností, unikátnych pre ich podmienky a kultúru, čo vyústí k odlíšeniu výrobných spoločností od trhovej konkurencie nie len v prítomnosti, ale aj v budúcnosti.

To znamená, že ak má organizácia ako prioritu nárast rozmanitosti výrobkov a zníženie dodacích lehôt klientom (konkurenčné priority), vyvinie také postupy skracujúce čas nastavenia zariadenia pri jeho väčšej spoľahlivosti. Tieto postupy flexibility (kompetencie) dosiahnu spoľahlivé dodanie (konkurencieschopnú schopnosť) produktov podľa požiadaviek klientov. Ako ďalšie nemenej dôležité schopnosti orientované na zákazníkov taktiež zaraďujeme inovácie produktov, ktoré idú ruka v ruke s ich stále sa zvyšujúcou kvalitou a spoľahlivosťou ich dodania. Medzi ďalšie konkurenčné schopnosti zamerané na zákazníka patria flexibilné inovácie produktov, kvalita, spoľahlivosť dodávky ako i následný zákaznícky servis [6]. Vynikajúce konkurenčné schopnosti, opäť zdôrazňujeme že sú agendou vrcholového manažmentu, vedú k zvýšenému výkonu vrátane vyššieho objemu predaja a ziskových marží. Konštatujeme, že využitie analyzovaných

údajov skrz projekty digitalizácie vedie k exponenciálnemu zvýšeniu konkurencieschopnosti zameranej na výrobu a udržanie sa na trhu.

4.1.4 *Trhová a obchodná inteligencia pre strategickú analýzu*

V prípade kooperácie a zladenia výrobných kapacít s trhovou inteligenciou (nákupné trendy klientov či budúci dopyt po produktoch) dokáže spoločnosť reálne dosiahnuť konkurenčnú výhodu a zvýšiť trhovú podiel v porovnaní s konkurenciou. Porozumenie faktu, akým spôsobom primárne ukazovatele dávajú prehľad a z akých zdrojov pochádzajú vedie buď k úspechu alebo nezrealizovaniu inovačných projektov. Vlastná stratégia business intelligence posilní strategické rozhodovanie. Základ strategického rozhodovania sa sústreďí na interpretáciu súčasných trhových trendov spolu s kooperáciou používateľov reťazca (prevádzkoví, technickí a kľúčoví používatelia). Výrobné podniky nepretržite oznamujú [6] nárast vo využívaní dátových analýz a business intelligence nástrojov na podporu strategického rozhodovania, ktoré im umožňujú skúmať jednotlivé skutočnosti s väčším nadhľadom.

Nasledujúce body sa sústreďujú práve na konkrétne dve slovenské spoločnosti, ktoré prijali výrobné a analytické schopnosti a zasadili ich do svojich procesov. Taktiež nám tieto podkapitoly ponúkajú pohľad na analytickú platformu spoločnosti Bosch ako aj na štúdiu 40 spoločností z celého sveta, v ktorých už prebehla implementácia I4.0

4.1.4.1 *Matador Automation v Dubnici*

Prvou spoločnosťou ktorej techniky chceme bližšie špecifikovať je spoločnosť Matador Automation s výrobnými kapacitami v Dubnici nad Váhom [15]. Táto spoločnosť už aplikovala riešenie business intelligence nástroja, konkrétne ich prototypového nástroja Teamcenter v praxi. Na úvod musíme zdôrazniť, že táto aplikácia je unikátna nie len na slovenské či európske, ale dokonca aj na svetové pomery. Vo svojej podstate je zameraná na prototypovú výrobu komponentov bez používania zložitých výkresových dokumentácií. Táto implementácia umožnila plne nahradiť výkresy pomocou tabletov a plazmových obrazoviek. Už pred zavedením tejto technológie v spoločnosti cítili potrebu takejto zmeny, nakoľko ako výrobná spoločnosť každodenne čelia výzvam v podobe čo najrýchlejšieho a najkvalitnejšieho automatizovaného vyrábania produktov pre zákazníkov. Zároveň sami potvrdili, že v prostredí ich podnikania vládne extrémne vysoká konkurencia a schopnosť odlíšiť sa od nej vedie práve cez efektivitu a flexibilitu výroby.

Prvým krokom pre implementáciu bolo správne zhodnotenie a sformulovanie cieľa. Ten bol všetkým kompetentným jasný hneď, nutne eliminovať nepotrebný proces v podobe nadbytočného tlačenia výkresov do papierovej formy. Práve tento zastaralý proces v praxi často krát spôsobil situáciu, že výkresy sa nedostali k cieľovému výrobnému pracovníkovi, došlo k ich poškodeniu či zámene, nehovoriac o ich následnej potrebe skladovania a vysokej enviromentálnej záťaži na životné prostredie. Práve tento cieľ splnili zavedením bezvýkresovej montáže.

Pred opisom technológie a benefitov ktoré so sebou priniesla však musíme vyzdvihnúť skutočnosť o ktorej sme vraveli v predchádzajúcich kapitolách a to, že spoločnosť mala a má enormnú podporu od majiteľov a vrcholového manažmentu spoločnosti. Táto skutočnosť je naozaj nevyhnutnosťou, nakoľko opäť zdôrazňujeme, že práve implementácia princípov I4.0 je agendou vrcholového manažmentu. Práve táto podpora majiteľov viedla k dostaniu "zelenej" na tento revolučný projekt, bezvýkresovú prototypovú výrobu, ktorá od základov kompletne ovplyvnila výrobný proces a je revolúciou v tomto smere.

Implementáciu tejto bezvýkresovej výroby začali do procesov aplikovať krok za krokom, postupným minimalizovaním papierovej dokumentácie a všetky potrebné dáta sa začali presúvať do aplikácie Teamcenter. Pomocou tejto technológie dokázali dáta vizualizovať a pracovať tak s nimi už v predvýrobnej fáze. V súčasnosti bez papierových výkresov dokážu montovať až 98% všetkých výrobkov [15]. Pomocou tejto technológie dokázali manažovať jednotlivé prototypové diely takým spôsobom, že v každom okamihu vedía o jednotlivých komponentoch produktov všetko. Napríklad, kto a kedy ho navrhol, ako dlho trvala výroba produktu a v akom momente odišiel k cieľovému zákazníkovi. Zaujímavým konštatovaním je aj skutočnosť, že projektový tím vo finále podrobil systém jednoduchým, no pre túto implementáciu extrémne dôležitým testom, nakoľko na začiatku tohto projektu boli obavy, či zamestnanci, najmä tí zo staršej generácie dokážu pracovať s počítačom a novou technológiou.

Pre účely tohto testu si teda projektový manažment vytipoval montážnika, ktorý nemal v predchádzajúcom živote žiadnu skúsenosť s prácou s počítačom. Po pár dňovom školení mu dali tablet s aplikáciou Teamcenter, z ktorej si sám dokázal vytiahnuť všetky náležité podklady a sám zložiť výrobok podľa modelu 3D. Zároveň manažment konštatuje, že efektivita montáže sa diametrálne zvýšila oproti výkresovej dokumentácii a znížila sa

chybovosť a plytvanie. Systém taktiež každému pracovníkovi oznámi, kedy a aké konkrétne diely mu prídu do skladu a s ktorými bude následne pracovať. Tento systém je taktiež prepojený skrz jednotlivými oddeleniami, v čoho dôsledku sa minimalizujú jednotlivé prestoje.

Na nasledujúcom príklade demonštrujeme, akým konkrétnym spôsobom došlo k zvýšeniu efektivity v tejto spoločnosti. Projektový tím vytvoril pre svojho klienta špeciálny gravitačný dopravník. Tento produkt si vyžadoval náročný postup montáže a očakávaný výrobný čas predstavoval šesť dní. Na montáži tohto výrobku sa podieľali dva tímy pracovníkov, prvý tím realizoval montáž pomocou papierovej dokumentácie zatiaľ čo druhý tím pomocou 3D modelov nástroja Teamcenter. Prvý tím dokázal realizovať montáž výrobku pomocou papierovej dokumentácie za 5 dní, zatiaľ čo druhý tím bez použitia výkresov avšak za pomoci nástroja Teamcenter dokázal vykonať montáž za tri dni. Pri takto náročnej konštrukcii bola efektivita jednoznačne pozorovateľná. Zároveň v minulosti často krát v spoločnosti nastávala situácia, kedy pri časovo a logicky náročnejších montážach musel byť prizývaný aj konštruktér. Ten potom strácal čas vysvetľovaním a kontrolovaním výrobných pracovníkov.

Dnes je situácia však úplne odlišná. Konštruktér je prizývaný k montážam iba minimálne, zároveň sa týmto zavedením digitalizácie eliminovala chybovosť v podobe nedoručenia či zámeny výkresovej dokumentácie. Benefit nastal samozrejme aj pri komunikácii s klientom. Ten doslova cíti a vidí efektivitu, s akou zamestnanci pracujú na jeho produkte, nakoľko sú im sprístupnené online dáta s ktorými zamestnanci pracujú. Ak sa pozrieme na škálovateľnosť a bezpečnosť, túto stránku spoločnosť vyriešila skrz pripájanie sa jednotlivých zamestnancov výlučne cez zabezpečené linky. Zamestnanci sa tak dokážu z akéhokoľvek miesta bezpečne a rýchlo pripojiť na firemné servery a vizualizovať si tak potrebné dáta. Architektúra systému je vytvorená na klient - server architektúre, tým pádom projektový manažér či jednotlivý montážnik nemusia disponovať super výkonnými počítačmi, nakoľko výpočty bežia na serveroch. To je trend, vďaka ktorému dokážu fungovať efektívnejšie.

Túto technológiu nám neostáva nič iné ako odporúčať, nakoľko pracovníci ktorí ju využívajú sa k dátam dostávajú bezpečne, v reálnom čase a dokážu výrobu produkovať efektívnejšie. Zároveň tu jasne vidíme výhody ktoré so sebou aplikácia tejto technológie priniesla. Je to najmä zvýšená rýchlosť montáže, znížená chybovosť a enviromentálna

záťaž či jednoduchá aplikácia tejto technológie aj na starších generáciách pracovníkov. Všetky tieto výhody v konečnom dôsledku ústia do zvýšenia produktivity a efektivity, čo logicky vedie k zvyšovaniu ziskov a konkurencieschopnosti spoločnosti.

4.1.4.2 SECOP a ich digitálne dvojča

Ďalšou spoločnosťou, na ktorú chceme upozorniť a opísať jej techniky je spoločnosť Secop s.r.o. v Zlatých Moravciach [16]. Táto spoločnosť do svojho výrobného procesu implementovala digitálne dvojča (z angl. Digital Twin) na výrobnjej linke s chladiacimi kompresormi. Hlavná motivácia spoločnosti pri zrode myšlienky takéhoto projektu vznikla ako reakcia na kolísavú efektívnosť výrobnjej linky, na ktorej často krát dochádzalo ku vzniku rôznych druhov porúch ktoré následne viedli k jej prestojom. Tieto poruchy boli veľmi ťažko vystopovateľné a ich predikcia takmer nemožná. Na úplnom začiatku stál projekt pred ťažkou úlohou a to čo najviac minimalizovať straty plynúce zo vzniku porúch a prestojov.

Ako prioritný cieľ si projektový tím určil, že vďaka identifikácii úzkych miest a ich následnou predikciou a minimalizovaním chcú zvýšiť celkovú produkciu montážnej linky o 15%. Za spôsob, akým tento cieľ chcú dosiahnuť si zvolili digitalizáciu výrobných procesov s následným automatizovaným vyhodnocovaním a zároveň algoritmickej identifikáciu úzkych miest, ktoré sa budú postupne eliminovať. Je potrebné zdôrazniť, že identifikáciu úzkych miest a ich odstránenie si Secop s.r.o. uvedomoval už dlhšiu dobu, avšak, identifikácia a eliminácia si vyžaduje analyzovanie obrovského množstva dát. Práve táto analýza je bez použitia technológií, akou je napríklad digitálne dvojča, prakticky nemožná. Konštatujeme, že na základe toho sa spoločnosť rozhodla, že automatizáciu zberu dát a ich zanalyzovanie zrealizujú skrz digitálne dvojča, ktoré im zabezpečí vyhodnocovanie procesov 24 hodín denne.

Toto tvrdenie potvrdil aj Radoslav Ondrejmiška, výrobný riaditeľ Secop s.r.o. ktorý konštatoval [16] : *„Doteraz, ak sme chceli zlepšiť nejaký proces, museli sme dáta odsledovať a zozbierať manuálne. K tomu sme museli vyčleniť ľudí, ktorí boli do procesu zapojení 24 hodín denne. Digitálne dvojča nám umožní vrátiť procesy v digitálnej podobe v čase, a tak dosledovať potrebné, či umožňuje nasimulovať výrobu dopredu. Analyzovanie tak veľkého množstva dát jednoducho nie je v ľudských schopnostiach. Preto sme sa rozhodli pre automatizovaný zber a vyhodnocovanie dát v reálnom čase, pre digitálne dvojčatá“.*

Ďalším dôležitým zistením je podobne ako pri predchádzajúcej firme Matador konštatovanie, že pri zrode projektu museli tento návrh skonzultovať a schváliť vrcholovým manažmentom. Secop s.r.o. pred návrhom implementácie konzultoval svoje myšlienky so sesterskou spoločnosťou z koncernu sídliacou v Rakúsku, kde už takéto digitálne dvojča pár mesiacov predtým implementovali.

Toto stretnutie skonštatoval Radoslav Ondrejmiška nasledovne [16] : *„Naše plány dostali od rakúskeho Secopu absolútnu podporu. Náš kolega, generálny riaditeľ rakúskej spoločnosti, kde digitálne dvojča už implementovali a majú s ním skúsenosti, nám pomohol presadiť naše myšlienky vo vedení koncernu.“* Vrcholový manažment tento projekt schválil a nám neostáva nič iné ako opätovne skonštatovať, že implementácia I4.0 je jednoznačne agendou vrcholového manažmentu a bez jeho rozhodnutia jednoducho nedôjde ku zmene.

Realizáciu a vytvorenie digitálneho dvojčata pre Secop s.r.o. zrealizovali dve slovenské spoločnosti, SOVA Digital a SIDAT Digital, ktoré vo vzájomnej kooperácii vytvorili takéto dvojča v softvérovom prostredí Plant Simulation od spoločnosti Siemens. Celkový implementačný projekt sa vyznačuje obrovskou komplexnosťou a kompletným reťazcom opatrení. Skladal sa z 12 fáz, a to od definovania obsahu projektu, funkčnú a dizajnovú špecifikáciu, doplnenie výrobného hardvéru, skrz vytvorenie digitálneho dvojčata, tvorbu reportov z historických údajov a vizualizáciu real time dát až po odladenie výstupov a prevádzku, v ktorej dokážu reagovať okamžite na vzniknuté komplikácie. Výstupom celkového projektu bolo teda postavenie digitálneho dvojčata a tvorba inteligentných výstupov, ktoré zaradujeme do stratégie I4.0 pre algoritmickejšiu identifikáciu problémových miest vo výrobe.

Výstup zhodnotil aj Robin Mitana, riaditeľ spoločnosti SIDAT Digital nasledovne [16] : *„Celkový počet opatrení, ktoré sme pri riešení realizovali, predstavoval rádovo 60 operácií. Od manuálnych, cez poloautomatické a automatické operácie. Ako vstupné dáta nám poslúžil pohyb paliet a stavy strojov. Ako výstupy boli použité štandardné reporty, ale aj vizualizácia, ktorá algoritmickejšie vyhodnocuje dáta v reálnom čase a prináša ich v grafickom spracovaní.“* Hodnotíme, že výstupy digitálneho dvojčata dokážu vo svojej každodennej práci využívať rôzne pozície v organizácii, od radového pracovníka, skrz majstrov na výrobných linkách až po vedúcich výroby.

Značné výhody na záver projektu skonštatoval opäť aj Radoslav Ondrejmiška [16]: *„Výstupy nám pomôžu odhaliť, kde strata vznikla. Ukážu nám v pareto grafe, ktoré stanice*

proces blokovali, alebo boli príčinou, že sme vyrobili menej kusov.“ Na záver musíme jednoznačne potvrdiť, že spoločnosti Secop s.r.o. sa pomocou implementácie digitálneho dvojčaťa podarilo transformovať obrovské množstvo neštruktúrovaných dát v rekordne krátkom čase a premeniť ich na zmysluplné a štandardizované informácie. Tieto informácie dokázali „zmeniť hru“, zvýšiť výrobnú kapacitu o vyše 15% pri paralelnom znížení nákladov skrz zníženie počtu porúch výrobných linky. Výsledkom je taktiež vytvorenie potenciálu pre túto spoločnosť, akým smerom má investovať svoje prostriedky tak, aby sa výroba ešte viac zefektívnila spolu so stanoviskom, že digitálne dvojča budú implementovať aj na ďalších výrobných linkách v ďalších dcérskych závodoch koncernu.

4.1.4.3 Analytická platforma koncernu spoločnosti Bosch

Spoločnosť Bosch disponuje koncernom vyše 270 výrobných fabriek v 150 krajinách po celom svete, od Latinskej Ameriky, skrz Európu až po najvýchodnejšie oblasti Ázie. Svoje hlavné sídlo má však v Nemecku, kde sa nachádza aj jej unikátna Smart Factory v meste Hannover [11]. Táto SF je zhmotnením implementácie I4.0, nakoľko skutočne prvá ruka, ktorá sa dotkne výrobku je až ruka konečného spotrebiteľa, zákazníka. Biznisová štruktúra tohto koncernu je rozdelená do štyroch obchodných sektorov, ktorými sú: riešenia mobility, priemyselné technológie a energetika, stavebnícke technológie a poslednou, najviac dôležitou pre I4.0 spotrebný tovar pre zákazníkov.

Do portfólia produktov koncernu Bosch patria senzory áut či smartfónov, systémy batérii či pohony solárnych panelov. Vidíme teda, že vysoká rozmanitosť jednotlivých produktov si vyžaduje ešte väčšiu rozmanitosť v jednotlivých výrobných procesoch. Na jednej strane je to plne automatizovaná veľkovýroba, na strane druhej špecifické požiadavky na výrobu od konkrétnych klientov. Konštatujeme, že práve táto rozmanitosť výrobných procesov spôsobuje obrovskú rozmanitosť v dátových výrobných zdrojoch, ktoré v sebe zahŕňajú napríklad špecializované systémy manažérskej kvality, MES či rôzne typy výrobných strojov a meracích zariadení. Ak sa teda pozrieme na túto komplexnú celosvetovú výrobnú sieť z celkového pohľadu, je nevyhnutné po nadobudnutí znalostí z predchádzajúcich kapitol zdôrazniť fakt, že hlavným strategickým cieľom koncernu Bosch je implementácia princípov I4.0 do svojej výrobných siete.

Nad takouto implementáciou a prepojením logistiky s výrobou skrz princípy I4.0 začal koncern Bosch rozmýšľať už v roku 2012. Za obdobie deviatich rokov dokázali implementovať princípy I4.0 do svojich fabriek po celom svete, a ako konštatuje ich člen

vrcholového manažmentu Rilf Najork [11]: *"zamestnancom v našich fabrikách každodenne pomáhajú robotické riešenia výroby pod drobnohľadom umelej inteligencie, ktorá je našou dozorkyňou kvality. Beh takejto komplexnej výrobnjej siete sa deje vďaka sieti 5G, pomocou ktorej dokážeme prepojiť naše 3 základne piliere (ľudí, zariadenia a systémy) v reálnom čase."*

Na základe najnovšieho reportu spoločnosti, ktorý bol vydaný za rok 2020 [5] vieme demonštrovať aj konkrétne ekonomické benefity aplikácie I4.0. Za posledných 9 rokov im táto implementácia vygenerovala čistý zisk vo výške viac ako 2,6 miliardy EUR. Sektorom, ktorý bol touto implementáciou najviac zasiahnutý je sektor priemyselných technológií, nakoľko v posledných 3 rokoch generuje každoročné navýšenie predajov v priemere o 11%, v reálnych číslach je to navýšenie predajov o 8 miliárd EUR ročne.

Veľmi zaujímavou je aj skutočnosť, že koncern Bosch dokázal navýšiť hodnoty ABS a ESP až o 300% v priebehu 9 rokov a to bez dodatočného zvyšovania zariadení. Táto skutočnosť je dôkazom, že implementovať I4.0 sa dá aj bez výrazného zvyšovania nákladov. Nemôžeme taktiež zanedbať fakt, že v roku 2020 koncern Bosch dokázal do svojich radov zamestnať viac než 10 000 zamestnancov, z ktorých majoritnú časť tvoria IT špecialisti, dátoví a softvéroví inžinieri. Posledný údaj reportu spoločnosti za rok 2020, ktorý je podľa nášho názoru dôležité zdôrazniť je investovaný kapitál a jeho návratnosť, ako aj náklady na výskum a vývoj. Dôležité je to najmä pre firmy, ktoré sa takejto implementácie boja z pohľadu návratnosti investovaného kapitálu a práve skúsenosť koncernu Bosch, im môže byť veľmi nápomocná.

Podľa údajov z reportu vplyva, že k návratnosti nákladov vynaložených na výskum, vývoj a implementáciu technológii došlo až takmer po 3 rokoch od jej uvedenia. Aj vzhľadom na veľkosť tohto koncernu je skutočne zaujímavé, že až 3 roky sa prakticky nič nedialo, celkové výnosy nerástli, avšak jednotlivé procesy sa zdokonaľovali. To vyústilo v roku 2015, kedy došlo k výraznému nárastu tržieb práve vďaka aplikácii I4.0. To však neznamená, že spoločnosť prestala inovovať a zvyšovať náklady na výskum a vývoj. Práve naopak. Pozitívne potvrdenie faktu, že implementácia I4.0 sa ekonomicky vyplatila naštartovalo nové motory výskumu a vývoj v tomto koncerne ďalej napreduje a spoločnosť sa tak stáva významným konkurenčným hráčom na globálnej úrovni.

Hodnotíme, že tento report nám priniesol nasledovné konštatovania. Implementácia princípov I4.0 sa ekonomicky vypláca a návratnosť vloženého kapitálu je

relatívne rýchla. Zároveň potvrdil fakt, že implementovať I4.0 sa dá aj bez vysokých počiatočných investícií a taktiež z časti vyvrátil prognózy o poklese pracovných miest po implementácii I4.0.

Report spoločnosti nám priniesol ekonomický pohľad na implementáciu I4.0. Ako konkrétne je však vyriešená analytická platforma slúžiaca na analyzovanie big data a implementáciu technológií v tak komplexnej výrobní sieti koncernu Bosch? Analytická platforma koncernu Bosch je štandardizovaná platforma, ktorá zabezpečuje interné analyzovanie údajov v celosvetovej organizačnej štruktúre, to znamená vo viac než 270 výrobných závodoch [11]. Práve ona dokáže analyzovaním obrovského množstva dát prinášať hodnotné poznatky pre každú úroveň riadenia.

Vývojoví inžinieri ju od jej vzniku navrhovali a štruktúrovali takým spôsobom, aby podporovala celý priemyselný hodnotový reťazec. Obsahuje v sebe vývoj a výrobu produktov, ich následné použitie a finálnu recykláciu. Po zvládnutí týchto krokov sa pozornosť vývoja platformy zamerala na dátami riadenú výrobu, ako prvej časti aplikačnej oblasti. Práve to dopomohlo získať komplexný nadhľad nad danou problematikou, nakoľko je k dispozícii obrovské množstvo prípadových štúdií využitia analýzy dát v dátami riadenej výrobe. Tá môže byť sama o sebe štruktúrovaná podľa rozsahu procesu (prípadové štúdie ukazujúce na jednotlivé kroky či zdroje procesov) a analytických schopností (sú priamo závislé od dostupnej technológie a rozlišujú sa v jednotlivých analytikách, popisná, prediktívna, preskriptívna, v závislosti od rastu funkčného výkonu).

Na základe vyjadrení vývojových inžinierov sme sformulovali tvrdenie, že vzhľadom na obrovskú výrobnú sieť a jej komplexnosť, akou disponuje koncern Bosch, sa nie je možné spoliehať pri jej navrhovaní len na konkrétne prípady použitia či špecifické dátové zdroje. Na to, aby dokázali byť sformulované jasné a kvalitné požiadavky pre takýto typ platformy je nevyhnutné, aby sa využil generický prístup slúžiaci k námetu štandardizovaných dát analytickej platformy. Tu jednoznačne musíme vypichnúť rozdiel napríklad od vyššie opísaných spoločností Secop či Matador, kde konkrétnu analytickú platformu či nástroj implementovali do podmienok jedného závodu. Unikátnosť koncernu Bosch spočíva práve na prepojení vyše 270 takýchto závodov do jedného funkčného celku, ktorý dokáže z obrovského kvanta údajov doslova ťažiť zlato. Aby toto všetko bolo možné, museli vývojoví inžinieri navrhnuť dizajn platformy na funkčné (dátové zdroje) a nefunkčné požiadavky. Na jednej strane, funkčné požiadavky priamo ovplyvňujú

konkrétne analytické schopnosti. Na základe skúmania koncernu Bosch a jeho analytickej platformy sme sformulovali tieto konkrétne požiadavky:

- P1: Komplexná analytická platforma musí podporovať štruktúrované dátové zdroje, ako napríklad konkrétne firemné dáta z ERP a MES systémov, dáta zo snímačov umiestnených na výrobných strojoch ale aj neštruktúrované dáta napríklad z fotografií, ktoré vytvoria kvalitatívne výrobné systémy.
- P2: Podporovanie celého radu popisných, diagnostických, prediktívnych a preskriptívnych analytík musí byť výsadou takejto platformy.
- P3: Musí disponovať riešeniami pre viacero cieľových skupín, akými sú podnikoví používatelia, dátový inžinieri a obchodní analytici, ale aj pre stroje samotné.

Na strane druhej stoja tieto nefunkčné požiadavky, ktoré sa vzťahujú na kvalitu atribútov:

- P4: Platforma musí disponovať takými štandardizovanými nástrojmi ako aj koncepciami riadenia, aby bola zabezpečená opakovaná využiteľnosť a prenos dosiahnutých znalostí. Napríklad, aby sa získané vedomosti z jednej výrobnej haly dokázali implementovať do podmienok iného výrobného závodu.
- P5: V nadväznosti na vyššie uvedenú požiadavku by platforma taktiež mala disponovať širokou škálovateľnosťou skrz malé a veľké dáta, vďaka čomu sa zabezpečí ich použiteľnosť v globálnom merítku v reálnom čase.
- P6: V neposlednom rade musí byť platforma dostatočne flexibilná, čo je priamo závislé od jej možností rozmiestnenia a nasadenia.

Z technického hľadiska je implementácia požiadaviek a konceptuálna architektúra postavená na základe architektúry Lamda [11]. Pomocou takto zvolenej architektúry je zabezpečený chod troch základných fáz dátovo riadenej výroby (integrácia dát, ich analýza a optimalizácia), nakoľko v sebe obsahuje úplnú sadu komponentov. Prvá fáza integrácie údajov sa odohráva skrz tri vrstvy. Najprv sa musia zozbierať dáta z jednotlivých zdrojov (P1) a nahrajú sa do dávkovacej a rýchlostnej vrstvy. Dávkovacia vrstva v sebe spracuje historické dáta zo surových, neštruktúrovaných dátových jazier, ktoré sa následne agregujú do poskytovacej vrstvy.

Poskytovacia vrstva disponuje širokou škálou možností ukladania, napríklad systémami NoSQL alebo systémom správy relačných databáz. Tým sa zabezpečí naplnenie

dátového skladu kľúčovými ukazovateľmi. Rýchlostná vrstva pomáha pri spracovávaní takýchto údajov v reálnom čase za pomoci techniky streamovacieho procesovania, vďaka ktorej sa minimalizuje latencia procesu. Takouto kombináciou troch spomínaných vrstiev sa dosiahla vysoká škálovateľnosť v oblasti big data v oblasti spracovania dát pre výrobu v reálnom čase (P5). Na vrchole týchto vrstiev sa následne odohráva finálna fáza, od analýzy dát pomocou klasických reportovacích nástrojov, online analytickým spracovaním OLAP, skrz plánovanie a simulácie až po data mining a vytváranie komplexných analýz (P2) pre rôzne typy spotrebiteľských požiadaviek a ich dát (napríklad IT systémy, MES, pracovníci. Títo všetci priamo využívajú analytické výsledky (P3).

Aby bol zabezpečený chod v globálnej výrobnjej sieti, vývojoví inžinieri vytvorili komplexný balík nástrojov (P4), ktorý je možné integrovať do jednotlivých výrobných závodov. Treba však zdôrazniť, že implementácia takéhoto balíka nie je jednoduchou a priamou záležitosťou. Vzhľadom na fakt, že každá výrobná hala je unikátna a celosvetová výrobná sieť je heterogénna, nedá sa použiť rovnaká šablóna konkrétneho nástroja na riešenie problémov vo viacerých závodoch rovnako. Konštatujeme, že práve to je hlavným dôvodom, prečo sa pri vývoji tejto analytickej platformy rozhodli pre rôzne možnosti nasadenia jednotlivých nástrojov pri centrálnom riadení operácii (P6). V konečnom dôsledku to ústi do situácie, kedy si jednotlivé továrne koncernu vyžadujú platformu z centrálnej IT divízie len na lokálne nasadenie v konkrétnych podmienkach továrne. Táto platforma sa prispôsobí priamo na ich potreby a je centrálnne riadená.

4.1.4.3 Prípadová štúdia 40 spoločností

Po zhodnotení implementácie analytických nástrojov v spoločnostiach Secop a Matador, ako aj ekonomického efektu a technologickej architektúry v koncerne Bosch sme sa rozhodli do našej práce zahrnúť aj výsledky prípadovej štúdie vyše 40 priemyselných spoločností [24]. Štúdia sa týkala firiem zo Spojených Štátov Amerických, Európy a Východnej Ázie z rôznych oblastí podnikania, ktoré už implementovali princípy I4.0 a pomocou odborných článkov zhodnotili dopady tejto implementácie. Analyzované články sa týkajú obdobia od roku 2010, nakoľko začiatkom roka 2011 bol prvý krát svetu predstavený koncept Industry 4.0 v Nemecku, až po rok 2018. Prípadová štúdia sa sústredila najmä na zhodnotenie príležitostí a hľadanie medzier v podmienkach využívania BI nástrojov, analyzovania dát a implementácie princípov I4.0. Je to z dôvodu, že v posledných rokoch firmy často krát hromadili dáta, avšak nedochádzalo k ich následnej

analýze. Na druhej strane začal narastať počet firiem, ktoré úplne zmenili svoj biznis model a zozbierané dáta analyzovali a následne ich predávali tretím stranám.

Vzhľadom na relevantnosť našich konštatovaní je podľa nášho názoru veľmi podstatné spolu s výsledkami koncernu Bosch zahrnúť aj výsledky tejto štúdie do našej práce, nakoľko vyššie opísané spoločnosti Secop a Matador sú len veľmi malou vzorkou, z ktorej možno vyvodit' konštatovania. Sú však skvelým príkladom úspešnej implementácie a zdieľania potrebných informácií, ktoré môžu dopomôcť k implementácii princípov I4.0 aj do ďalších slovenských spoločností.

Zhodnotenie výsledkov prípadovej štúdie nám prinieslo tieto konštatovania:

- Majoritná časť firiem, až 33 zo 42 zhodnotila, že pomocou BI nástrojov sa pokúšajú o analyzovanie dát z firemných procesov v reálnom čase [24]. Ako hlavný dôvod ich častého neúspechu v tejto oblasti vidia vysokú výpočtovú náročnosť, databázové kapacity ako aj enormnú vizuálnu komplexnosť takýchto výstupov. Na druhej strane však u 16 firiem vidieť úspešnú aplikáciu takýchto nástrojov napríklad vo využívaní technologickej platformy na lokalizáciu zamestnancov v reálnom čase. Takéto lokalizovanie premieta dáta o zamestnancoch na dashboardy, ktoré v reálnom čase analyzujú údaje a vyvodzujú výsledky, pomocou ktorých optimalizujú efektivitu zamestnancov (napríklad minimalizujú prestoje, monitorujú prestávky či vyťaženosť jednotlivých pracovníkov).
- Podobne, ako sme to zhodnotili pri koncerne Bosch, nám aj táto prípadová štúdia poskytla potvrdenie faktu, že je skutočne nevyhnutné, aby analytické platformy dokázali integrovať údaje z rôznych zdrojov. Či už štruktúrovaných alebo neštruktúrovaných. Podľa nášho skúmania je potrebné, aby jednotlivé firmy využívali namiesto klasickej BI architektúry (spolieha sa na dáta z dátových skladov, avšak nedokáže spracovávať neštruktúrované dáta), architektúru MES. MES (Manufacturing Execution Systems) dokonale rieši takýto problém, nakoľko dokáže integrovať a analyzovať dáta z rôznych zdrojov a následne ich prepojiť s analytickými dashboardami a štatistickými algoritmi. Túto skutočnosť potvrdilo aj 90% firiem, ktoré ho implementovali namiesto klasickej BI architektúry.
- Ďalším zistením je aj negatívne konštatovanie, že malé a stredne veľké spoločnosti to majú skutočne veľmi náročné v konkurencii obrovských spoločností, akými je

napríklad aj koncern Bosch. Ide najmä o obrovskú ekonomickú náročnosť spojenú s implementáciou kompletných architektúr BI, vzhľadom na ich obmedzené finančné a s nimi spojené technologické možnosti. Možným riešením môže byť pomocná ruka podaná zo strany štátu formou špecializovaných vládnych programov týkajúcich sa priemyslu 4.0.

- Konkrétna tvorba strategických hodnôt sa v jednotlivých spoločnostiach štúdie merala prostredníctvom objektívnych meraní za určitý čas. Až 80% firiem zúčastnených na štúdiu vykazuje zvýšenú kvalitu procesov a ich jednotlivých produktov po implementácii BI nástrojov. Zároveň, 60% firiem eviduje cenovú redukciu nákladov [24], zvýšenú efektívnosť a v neposlednom rade splnenie individuálnych potrieb zákazníkov. Hodnotíme, že ďalšími výhodami po preskúmaní štúdie sú u 40% firiem zvýšené hodnoty predajov, zlepšená povest' značky a nové možnosti príležitostí biznis modelov.
- Relevantnosť 70% jednotlivých zistení štúdie je podložená metódou "proof of concept", to znamená konkrétnym dokázaním a vyhodnotením výsledkov po implementácii techník I4.0

Na záver hodnotenia tejto štúdie konštatujeme, že firmy majú vysoký záujem využívať BI nástroje na analýzu dát v reálnom čase. Je však dôležité zdôrazniť aj negatívne zistenie štúdie a to, že až 30% firiem nedokázalo potvrdiť nadväznosť aplikácie princípov I4.0 na skutočnú tvorbu hodnoty. Je skutočne dôležité, aby jednotlivé spoločnosti vedeli na základe adekvátnej evidencie zdokumentovať prepojenie implementačných projektov s cieľmi spoločnosti.

Práve z tohto dôvodu nemôžeme jednoznačne konštatovať tvrdenie, že implementácia v týchto 42 spoločnostiach priniesla iba kladné výsledky. Môžeme však predpokladať skutočne značný prínos aspoň u tých spoločností, ktoré majú svoje výsledky podložené a skutočne v nich došlo k adekvátnym a merateľným výsledkom napríklad vo forme redukcie nákladov, zvýšenia efektivity a kvality produktov.

4.1.5 *Výzvy implementácie princípov I4.0 a dátovej analytiky*

Na základe praktických príkladov spoločností Secop, Matador, koncernu Bosch, výsledkov prípadovej štúdie a nášho skúmania danej problematiky sme sformulovali konkrétne druhy výziev, ktorým spoločnosti zatiaľ neimplementujúce I4.0 do svojich procesov môžu a pravdepodobne aj budú čeliť. Sú to výzvy týkajúce sa:

- **Vytvorenia analytického riešenia, ktoré bude štandardizované a opakovane využiteľné v rôznych podmienkach** - takýto druh výzvy sa týka najmä predpovedania rôznych porúch, nakoľko analyzovanie sa sťažuje individuálnymi dátovými zdrojmi strojov v jednotlivých závodoch. Vďaka tejto skutočnosti má klasické analytické riešenie minimálnu znovupoužiteľnosť a dochádza tak ku zvyšovaniu nákladov na údržbu a prevádzku. Podľa nášho názoru za tým stoja dva konkrétne dôvody. Po prvé, na ťažbu údajov sa používajú rovnaké "data mining tools", bez prispôsobenia sa podmienkam konkrétneho závodu. Po druhé, na analýzu rovnakých údajov sa využívajú rôzne modely. Čiastočným riešením môže byť implementácia doménovej platformy, napríklad SAP Predictive Maintenance či GE Predix. Takéto platformy však majú veľmi nízku mieru znovupoužiteľnosti, nakoľko nedokážu opakovane využívať niektoré komponenty. Práve z tohto dôvodu je podľa nášho názoru potrebné sa do budúcnosti zamerať na výskum holistických referenčných dátových modelov riešiacich celý životný cyklus I4.0 ako aj štandardizovaný, a na nástrojoch nezávislý meta-model, ktorý bude definovať konkrétne analytické služby na realizáciu riešení. Budúcim výskumom tejto problematiky by sa malo doceliť vytvorenie štandardizovaných a opakovane využiteľných analytických služieb, ktoré budú parametrizované a nasadzované na rôzne typy strojov, procesov či tovární.
- **Efektívneho prepojenia jednotlivých skupín zamestnancov pre potreby spoločnosti** - v súčasnosti dochádza v jednotlivých spoločnostiach ku stretu kultúr medzi dvomi konkrétnymi skupinami zamestnancov. Tou prvou je biznis strana, zložená z obchodných špecialistov a výrobných inžinierov. Druhú stranu tvoria dátoví inžinieri a analytici. V praktických projektoch si však komplexné a presné riešenia vyžadujú dokonalú kooperáciu týchto dvoch strán. A práve v tom na základe nášho skúmania nastáva problém. Dôvodom je, že obchodní a výrobní špecialisti majú komplexné znalosti iba o svojej doméne a zdrojoch, ktoré s ňou súvisia. Bohužiaľ, disponujú iba základnými analytickými znalosťami a technikami pokročilej analýzy dát. Dátoví inžinieri a analytici zas disponujú vysoko kvalitnými znalosťami štatistiky a analýzy dát, avšak obchodnému a výrobnému procesu veľmi nerozumejú. Laicky sa dá povedať, že pravá ruka nevie čo robí ľavá. To v konečnom dôsledku spôsobuje neefektívnosť projektov zameraných na komplexnú analýzu výrobných a obchodných procesov a výsledky takejto analýzy sú často krát

úplne nevhodné. Zároveň sa tak využívajú dostupné kapacity ľudského kapitálu, ktoré neprodukujú pre spoločnosť žiadnu pridanú hodnotu. Výzvou pre jednotlivé spoločnosti je teda motivovať jednotlivé skupiny zamestnancov v pochopení a zdokonalení svojich schopností aj z iných oblastí. Podľa nášho názoru sa to dá dosiahnuť napríklad dodatočným interným vzdelávaním, podporou zamestnancov v sebarozvoji a v neposlednom rade vytvorením pracovnej pozície spájajúcej poznatky z oboch skupín. Tento spôsob riešenia tejto výzvy by mal doiecť kvalitnejšie rozhodovanie v jednotlivých priemyselných biznis procesoch.

- **Zabezpečenia bezpečnosti citlivých firemných i klientskych údajov** - Pred výzvou v podobe ochrany údajov týkajúcich sa interných firemných procesov ale aj klientskych dát stojí v súčasnosti už takmer každá spoločnosť. Na riešenie tejto výzvy je nevyhnutné, aby sa zdokonalili interné firemné postupy, školenia zamestnancov v oblasti kybernetickej bezpečnosti ako aj správne fungujúci IT bezpečnostný manažment. To si však vyžaduje prítomnosť kvalifikovaných pracovníkov v tejto oblasti. Tento fakt je však v súčasnosti slabinou, nakoľko takýto kvalifikovaní a skúsení pracovníci tejto oblasti na trhu práce chýbajú.
- **Definovania holistických analýz riadenia pre analytické platformy I4.0** - cieľom takejto výzvy je zabezpečiť návratnosť vložených investícií. Aby mohla byť takáto výzva zvládnuteľná je potrebné vytvorenie všeobecného analytického rámca definujúceho riadiace oblasti a koncepty. Práve to je východiskovým bodom slúžiacim na definíciu konkrétneho analytického riadenia pre budúce platformy spoločností, ktoré sa budú prispôbovať jednotlivým organizačným štruktúram a strategickým cieľom spoločností. Pre zvládnutie tejto výzvy je preto potrebný detailný výskum a vývoj v oblasti vyvažovania dôvery a flexibility. V tejto oblasti sa musí vyvážiť dôvera a flexibilita celej platformy s ohľadom na samoobslužnú prípravu dát. Taktiež je potrebné zlepšiť a podporiť integrácie už existujúcich BI analytických platforiem s novšími platformami, ktoré budú postavené na princípoch I4.0. Tento krok však môže byť enormne zložitý, nakoľko nie je možné okamžité a úplne nahradenie starých BI platforiem. Je potrebné nové systémy vybudovať ako súčasť starších a zabehnutých platforiem, čo si však vyžaduje výraznú časovú a technologickú náročnosť. Ako posledné je potrebné skúmať manažovanie dátami riadeného rozhodovania. Výskumom a vývojom týchto

jednotlivých oblastí sa tak docieli automatizované rozhodovanie ktoré zlepši jednotlivé biznis procesy spoločnosti.

- **Rozlíšenia potreby jednotlivých údajov už v prvotnej fáze** - podľa výsledkov nášho skúmania je poslednou výzvou, ktorej môžu spoločnosti čeliť pri implementácii I4.0 rozlišovať potrebné dáta na analýzu procesov už v prvotnej fáze. Je to z dôvodu, že v jednotlivých spoločnostiach často krát dochádza k situácii, kedy sa vykonáva zber takých dát, ktoré pre konečnú analýzu vôbec nie sú potrebné a dochádza tak nadbytočnému zahlcovaniu výpočtových kapacít. Je to spôsobené chybne nastavenými procesmi v prvotnej fáze, kedy dochádza ku nesprávnej funkčnej špecifikácii jednotlivých analýz. Riešením takejto výzvy je jednoznačne skvalitnenie procesov prvotnej fázy ako aj funkčných požiadaviek na finálnu analýzu.

Na záver podkapitoly zameranej na výzvy spojené s implementáciou I4.0 a analytických platforiem hodnotíme, že odhad vývoja budúcich technológií ako aj rýchlosť takejto implementácie do jednotlivých spoločností je priamo závislý od efektivity, ako sa jednotlivé spoločnosti dokážu vyriešiť jednotlivé výzvy, ktoré im takáto implementácia prinesie. Je viac než zrejmé, že všetky vyššie opísané výzvy ale aj mnoho ďalších si bude vyžadovať detailnejší výskum v oblasti počítačových vied, výrobných inžinierskych a informačných systémoch s cieľom využitia analýzy údajov vo veľkých, priemyselne zameraných podnikoch.

4.2 Zmapovanie situácie na Slovensku a prognóza budúceho vývoja

4.2.1 Zmapovanie súčasnej situácie a prognózy vývoja I4.0 na Slovensku

Predchádzajúca podkapitola nám poskytla vysvetlenie dôležitosti dát pre I4.0, príklady implementácie I4.0 v 2 spoločnostiach, načrtla komplexnú analytickú platformu koncernu Bosch ako aj formuláciu konkrétnych výziev, ktoré so sebou implementácia I4.0 prináša. Vysvetlenie týchto bodov nám pripravilo pôdu pre detailné zmapovanie situácie s implementáciou I4.0 v slovenských spoločnostiach, ktoré je primárnym cieľom našej práce.

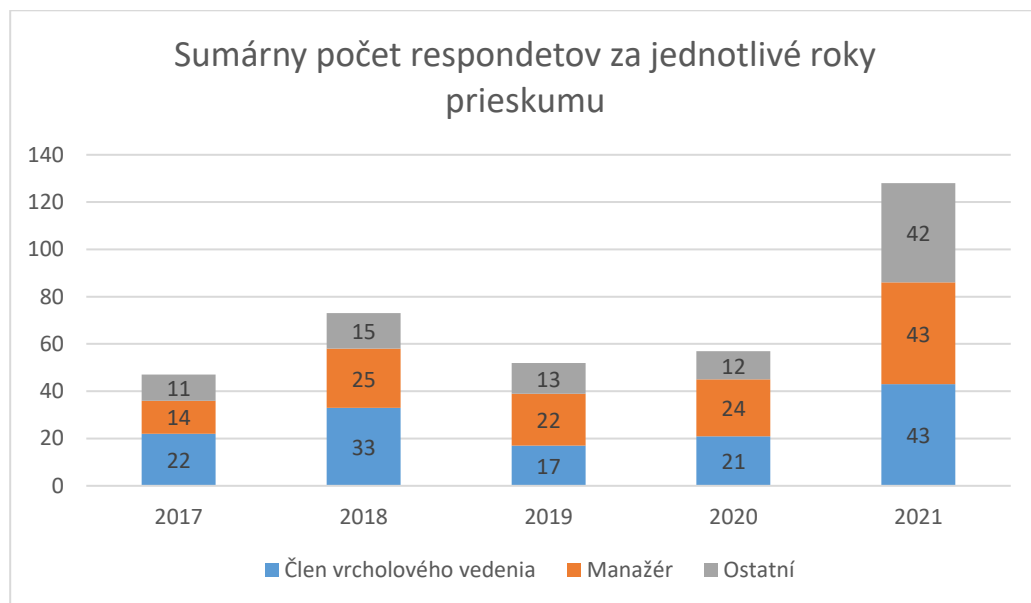
Pri získavaní dát od jednotlivých slovenských spoločností pre potreby tejto práce sme mali problém s nízkou návratnosťou, nakoľko jednotlivé spoločnosti sa o takéto citlivé údaje vo väčšine prípadov nechcú deliť. Z 30 oslovených spoločností sme dostali iba jednu

spätnú väzbu od konateľky spoločnosti SOVA Digital, ktorá nás nasmerovala na spoločnosti Secop a Matador, ktoré boli detailne opísané v predchádzajúcich bodoch podkapitoly 4.1. Jednotlivé body sa však týkali zo štatistického hľadiska veľmi malej vzorky. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli, že na zistenie a zmapovanie aktuálnej situácie slovenských spoločností s implementáciou I4.0 zaradíme do našej práce aj unikátne dáta z prieskumov združenia inteligentného priemyslu - Industry4UM a spoločnosti Trexima.

Industry4UM je nezávislé odborné združenie, zamerané na šírenie informácii spojených s digitalizáciou priemyslu rozličnými formami, napríklad skrz diskusné fóra, workshopy a v neposlednom rade unikátne prieskumy slovenských spoločností. Praktizovanie takýchto prieskumov začalo združenie vykonávať už v roku 2017 s cieľom sledovania trendov implementácie v slovenských spoločnostiach. V súčasnosti majú za sebou už piaty ročník. Všetky prieskumy boli vykonané elektronickou formou, skladali sa z rovnakých otázok a poskytujú unikátny a jedinečný zdroj dát, týkajúci sa fenoménu s názvom Industry 4.0. Výnimočnosť týchto prieskumov si uvedomila aj spoločnosť Trexima, zameraná na štatistické monitorovanie a prognózovanie potrieb trhu práce, ktorá sa v roku 2021 rozhodla pomôcť pri tvorbe týchto prieskumov a zvýšiť tak ich kvalitu. Relevantnosť prieskumov je podložená faktom, že združenie Industry4UM je renomovaná spoločnosť, má za sebou už päť ročníkov takýchto prieskumov, z ktorých dáta sú konzistentné. V neposlednom rade je dôležité spomenúť, že jednotliví respondenti prieskumov odpovedali na otázky anonymne, bez časového tlaku a mohli sa tak vyjadriť k otázkam relevantným a kvalifikovaným spôsobom.

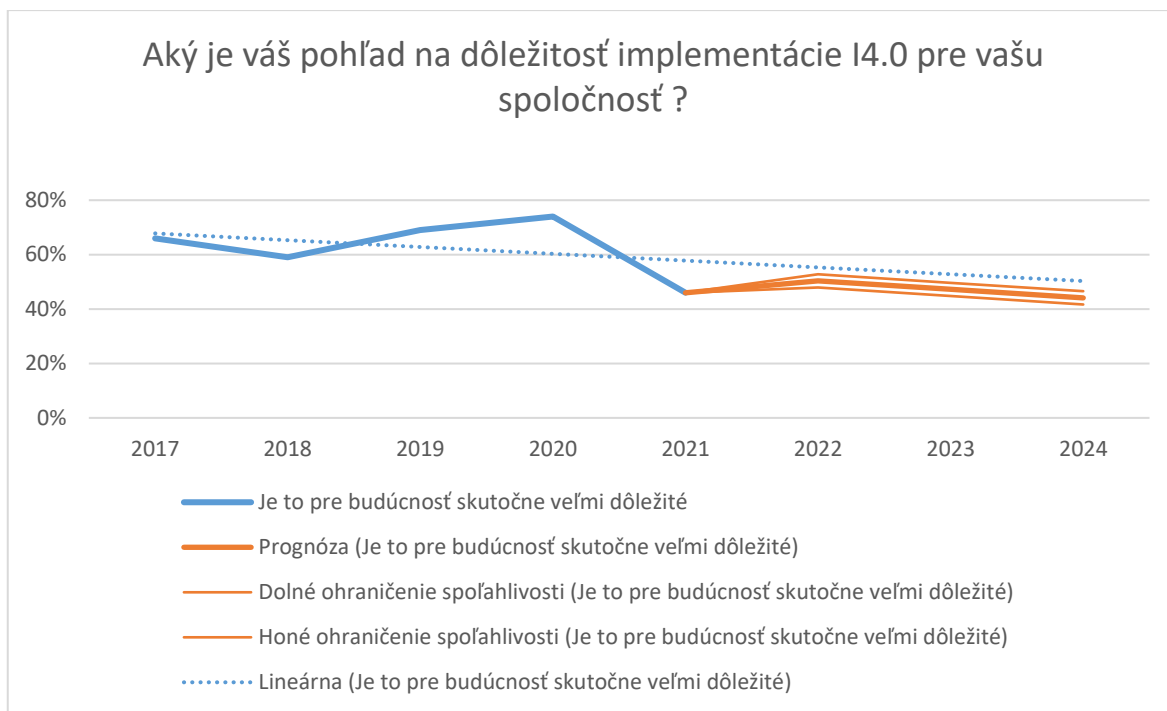
Konkrétne výsledky piatich ročníkov prieskumov sme spracovali do vlastných grafov, ktorých interpretáciou sme sa snažili dosiahnuť pochopenie a vysvetlenie súčasnej situácie slovenských spoločností s implementáciou I4.0 ako aj odhadnúť budúce prognózy vývoja. Taktiež sme sa pomocou nich snažili čo najpresnejšie odhaliť a konkretizovať príčiny súčasnej situácie, v ktorej sa firmy nachádzajú a skúmať možné dopady do budúcnosti. Prvé tri grafy tejto podkapitoly (grafy číslo 3, 4 a 5) slúžia na načrtnutie aktuálnej situácie v slovenských podnikoch a sú dôležité pre zdôvodnenie zistení nasledujúcich grafov, ktoré už konkretizujú pozíciu slovenských firiem v rámci implementácie I4.0. Na prvom grafe máme zobrazený sumárny počet respondentov za jednotlivé roky prieskumov, v závislosti od pozícii konkrétnych respondentov v spoločnostiach.

Najpodstatnejším zistením z tohto grafu je, že až 2/3 respondentov tvoria vrcholoví riadiaci členovia a manažéri spoločností. Pre zmapovanie aktuálnej situácie je tento fakt nesmierne dôležitý, nakoľko práve oni sú zodpovední za implementáciu I4.0 do podnikových procesov, nakoľko riadi inovačné zmeny a zaoberajú sa otázkami budúceho smerovania biznisu. Zostávajúcu 1/3 časť zas tvoria jednotliví pracovníci, ktorí sú zodpovední za riešenie projektov na nižších úrovniach manažmentu. Rozdelenie respondentov do jednotlivých kategórií nám okrem iného taktiež vyjadruje relevantnosť prieskumov, pretože opäť pripomíname fakt, že I4.0 je agendou TOP manažmentov. Pozitívnym zistením je stúpajúca tendencia v celkovom počte respondentov. V roku 2021 prieskumy zaznamenali rekordný počet až 125 respondentov, čo je zo všetkých 5 ročníkov jednoznačne najvyššia hodnota. Hodnotíme, že za týmto nárastom stojí s najväčšou pravdepodobnosťou kooperácia združenia Industry4UM so spoločnosťou Trexima.



(Graf č. 3 - Počet respondentov - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Hodnotíme, že stagnácia v rokoch 2019 a 2020 bola jednoznačne spojená pandémiou COVID 19, pretože v tomto období firmy riešili iné, závažnejšie problémy a na kvalitné zodpovedanie prieskumov im nezostal dostatok času. Na druhom pomocnom grafe máme zhodnotený pohľad na dôležitosť implementácie I4.0 ako aj načrtnutie budúceho vývoja jej dôležitosti v myslení manažmentov.

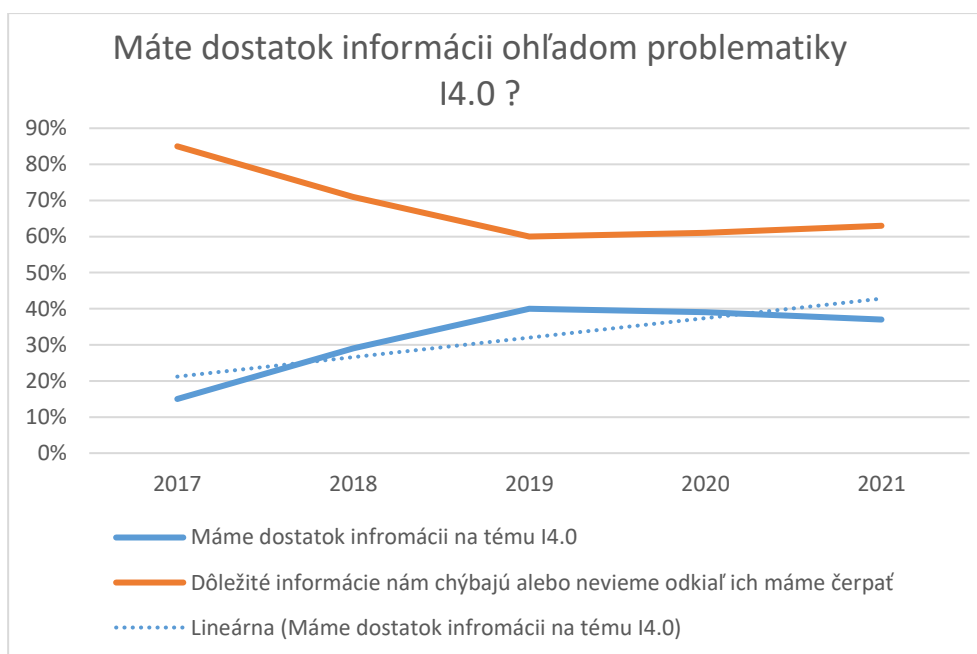


(Graf č. 4 - Vnímanie dôležitosti implementácie - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Po štvorročnom raste v oblasti vnímania dôležitosti implementácie v slovenských podnikoch nám rok 2021 priniesol značný prepád o viac ako 30%. Je to skutočne negatívne zistenie, pretože respondenti jednotlivých spoločností strácajú záujem pre potreby digitálnej transformácie. Zároveň tento prepád ovplyvnil aj nie príliš optimistickú prognózu do ďalších 3 rokov ktorá predpokladá, že do roku 2024 bude implementáciu princípov I4.0 považovať za potrebné len necelých 40% slovenských firiem. Ak si to porovnáme s rokom 2017, kedy dôležitosť implementácie považovalo za dôležité až 70% firiem, tak vidíme skutočne alarmujúci trend v tejto oblasti. Pre zlepšenie tohto trendu a zvýšenie vnímania dôležitosti digitalizácie je potrebný vznik roly inovačných lídrov v jednotlivých spoločnostiach.

V súčasnosti máme vo firmách lídrov, ktorí majú na starosti riešenie jednotlivých procesov a manažovanie tímov ľudí. Inovační lídri vedúci podnik k budúcej prosperite však chýbajú. Angažovanie takýchto lídrov si komplexná náročnosť digitálnej transformácie vyžaduje. Riešením, ako z už súčasných lídrov vychovať aj lídrov inovačných, sú napríklad rozličné aktivity podporujúce rast schopností v oblastiach inovačnej kreativity či technologických zručností. Osvojením týchto schopností dokážu lídri motivovať ostatných a vysvetliť im zmysel celého procesu digitalizácie. Ďalšími dôvodmi výrazného poklesu v roku 2021 je zlá politická situácia na Slovensku, byrokracia,

náročnosť získať potrebný kapitál, vysoká konkurencia zo strany veľkých firiem so zahraničným kapitálom ako aj stále slabé povedomie o možnostiach aplikácie I4.0 a jej výhodách. V praxi sa totižto často krát stáva, že manažmenty jednotlivých spoločností majú o problematike štvrtej priemyselnej revolúcie málo adekvátnych informácií, čo má logicky za následok aj ich znížené vnímanie potreby dôležitosti implementácie I4.0 Toto konštatovanie je zobrazené aj na treťom pomocnom grafe. Na ňom vidíme jasné zobrazenie skutočnosti, že dostatkom informácií ohľadom problematiky I4.0 disponuje necelých 40% respondentov. Je síce pozitívnym zistením, že v porovnaní s rokom 2017 je to značné navýšenie, avšak podľa nášho názoru to stále nie je dostatočné. Na druhej strane totižto stojí až 63% respondentov ktorí uviedli, že dôležité informácie nemajú a ešte zarážajúcejší je fakt, že ani nevedia, odkiaľ ich majú čerpať.



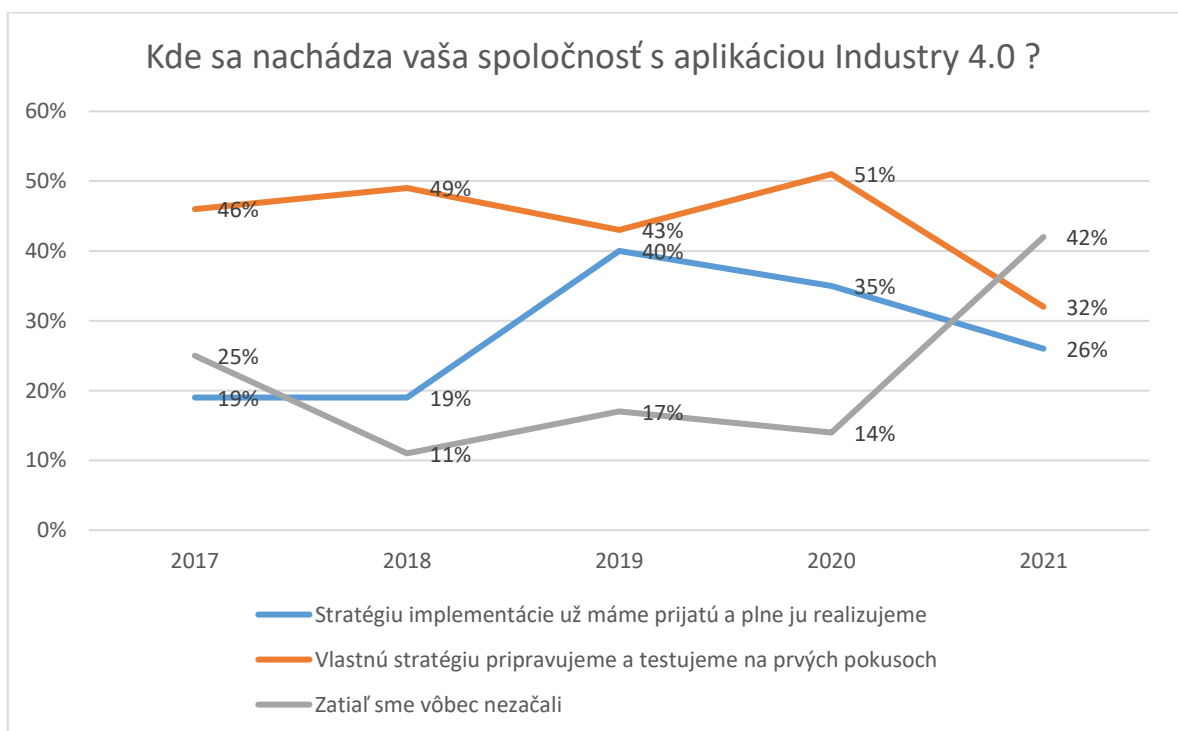
(Graf č. 5 - Dostatok informácií - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Konštatujeme teda, že za nízkym záujmom vo vnímaní dôležitosti implementácie I4.0 stojí skutočnosť, že manažmenty jednotlivých firiem jednoducho nemajú potrebné informácie o problematike I4.0. Bez zvýšenia informovanosti sa nám nepodarí zmeniť tento pohľad, čo môže mať do budúca skutočne katastrofálne následky.

Konštatovanie, ako to vyzerá v súčasnosti s touto implementáciou a v akej fáze sa nachádzajú slovenské spoločnosti nám poskytol graf číslo 6. Pred zhodnotením tohto grafu je nesmierne dôležité vysvetliť, že prijatie stratégie implementácie I4.0 je tou

najzásadnejšou skutočnosťou digitálnej transformácie. Táto stratégia totižto reprezentuje cestu, po ktorej jednotlivé firmy musia ísť, aby úspešne aplikovali princípy I4.0 do svojich procesov. Spoločnosti, ktoré takúto stratégiu majú a realizujú ju, považujeme za spoločnosti v procese digitálnej transformácie. Graf nám však ponúka smutné odzrkadlenie reality, že takýchto spoločností, ktoré idú cestou smerujúcou k digitálnej transformácii je iba 26%. Z medziročného porovnania je to už tretí pokles za sebou a vidíme teda jasný trend stagnácie firiem s prijatou stratégiou implementácie. Po hlbšom skúmaní tohto trendu sme dospeli k trom záverom tejto negatívnej situácie.

Prvý záver sa týka faktu, že až 80% z týchto firiem, realizuje implementáciu svojpomocne, bez dodatočnej pomoci externého prostredia. Podľa nášho názoru je to veľká chyba, nakoľko implementácia tak komplexných technológií si vyžaduje kvalifikovaných špecialistov v danej oblasti, pretože je technologicky veľmi náročná. Práve absencia takýchto kvalifikovaných pracovníkov v spoločnostiach spôsobuje, že firmy majú problém takúto stratégiu vytvoriť, alebo po jej vytvorení majú problém s jej efektívnou realizáciou.



(Graf č. 6 - Fáza aplikácie I4.0 - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Druhý záver sa týka pandémie Covid-19. 52% všetkých respondentov si myslí, že ak by mali procesy digitalizované a automatizované, pomohlo by im to zvládnuť pandémiu Covid-19 jednoduchšie. Potvrdené je to aj skutočnosťou, že 96% respondentov, ktorí stratégiu realizujú odpovedalo, že príchod Covid-19 ich nijako neovplyvnil a v

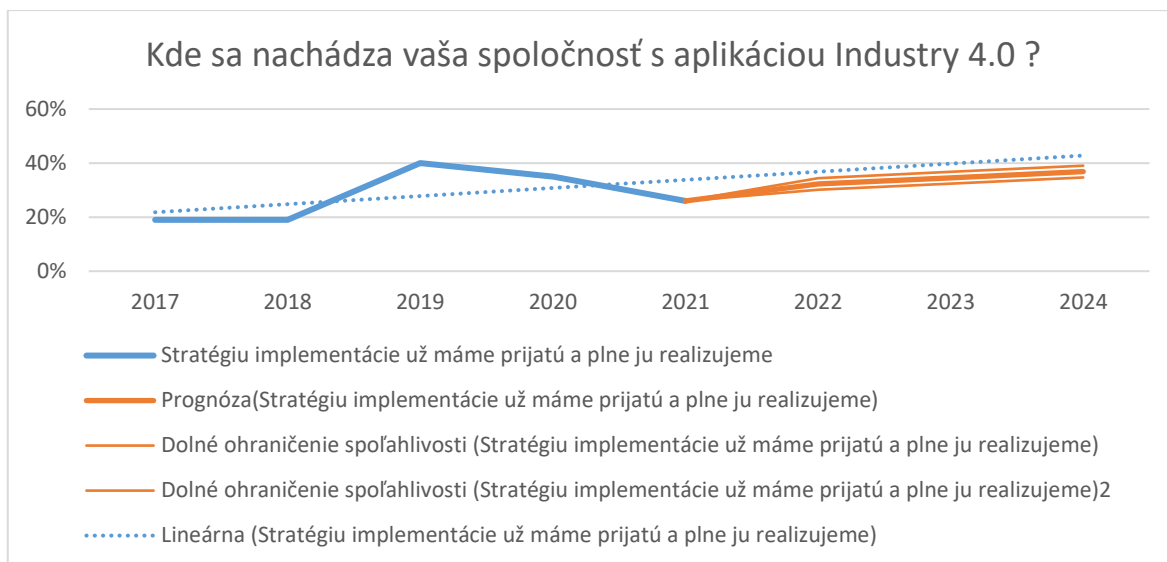
implementácii stratégie pokračovali rovnako, ba až rýchlejšie ako predtým. Zároveň potvrdili, že efektívne riadenie vnútorných procesov, úspora nákladov a zvýšenie konkurencieschopnosti sú oblasti, v ktorých vidia najväčší prínos v aplikácii I4.0.

Tretí záver nízkeho podielu firiem s implementačnou stratégiou je skutočnosť, že manažmenty vnímajú digitálnu transformáciu ako dlhodobý proces. To síce je pravda, avšak v dnešnej rýchlo meniacej sa dobe nie je takýto typ procesov veľmi vítaný. Podporené je to aj zvýšeným rizikom finančných investícií do technologických zariadení, ktoré často krát v praxi nemá kto obsluhovať alebo naopak, nevedia ako ich implementovať do procesu digitalizácie. Hodnotíme teda, že do ďalších rokov je nesmierne dôležité, aby sa zvýšil percentuálny podiel takýchto spoločností, ktoré budú mať prijatú stratégiu implementácie.

Ďalším alarmujúcim zistením je fakt, že po trojročnej stagnácii (2018 až 2020) firiem, ktoré vôbec nezačali s aplikáciou I4.0 prišiel v roku 2021 enormný nárast. Až 42% respondentov vôbec nezačalo s riadenou implementáciou a tvorbou stratégie. Je to z dôvodu, že až 70% z týchto respondentov tvoria vrcholoví manažéri, ktorí nemajú názor na investičnú náročnosť aplikácie I4.0 a nepovažujú za potrebné na takúto implementáciu vytvoriť tím pracovníkov.

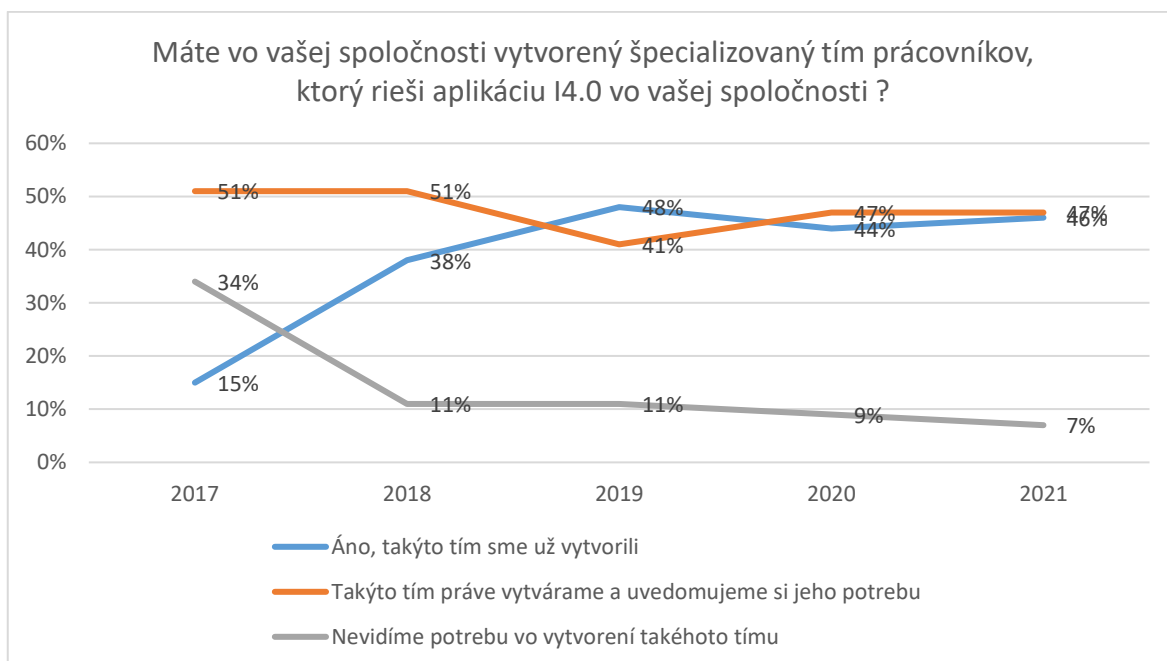
Odpoveď na otázku, ako vyzerá prognóza vývoja prijatia stratégie implementácie, je zobrazená na grafe číslo 7. Je vytvorená na základe 5 ročných údajov a ponúka nám pohľad pre nasledujúce 3 roky. I keď zistenia posledného prieskumu sú alarmujúce, prognóza nám ukazuje stúpajúci trend v prijatí a realizácii stratégie.

Avšak musíme konštatovať, že pre naplnenie tejto prognózy je potrebná najmä zmena v myslení manažmentov firiem. Podľa nášho názoru, ku ktorému sme dospeli na základe skúmania problematiky a potrieb implementácie I4.0 je, aby manažmenty spoločnosti hlbšie analyzovali svoje potreby, zdokonalili už existujúce firemné procesy a začali investovať do vytvárania inovačných tímov pracovníkov.



(Graf č. 7 - Fáza aplikácie I4.0 - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

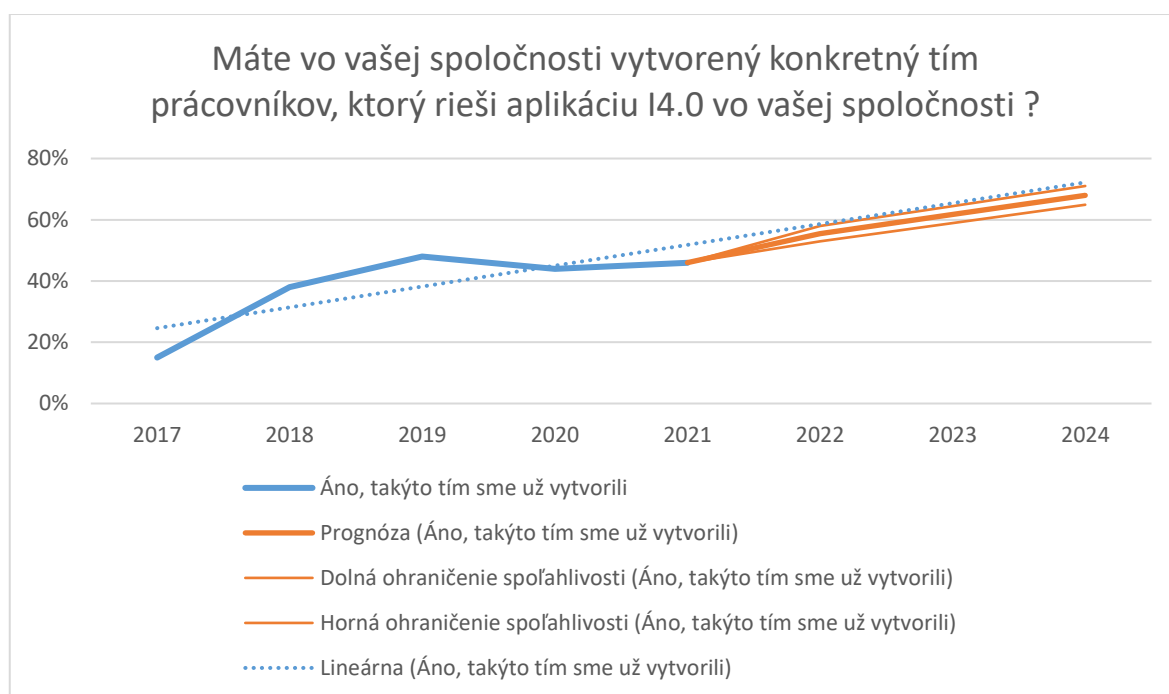
Na začiatok úplne stačí, ak vytvoria malé tímy, ktoré postupne vo vzájomnej spolupráci zhodnotia súčasnú situáciu efektívnosti firemných procesov, navrhnu konkrétne možnosti ich zlepšenia a zvýšia tak informovanosť vrcholových manažmentov. Práve graf číslo 8 nám ponúka zhodnotenie vytvorenia takýchto špecializovaných tímov v slovenských podmienkach.



(Graf č. 8 - Špecializovaný tím pracovníkov - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Výsledky posledných 5 rokov prieskumov nám priniesli skutočné pozitívne zistenia. Na jednej strane, je to každoročné znižovanie podielu firiem, ktoré nevidia potrebu vo vytváraní takýchto tímov, na strane druhej je to nárast v uvedomovaní si potreby a tvorbe takýchto špecializovaných tímov.

Avšak musíme konštatovať aj značnú stagnáciu v podiele firiem, ktoré už takýto tím vytvorili. Áno, je naozaj skvelé, že si firmy čím ďalej tým viac uvedomujú potrebu takýto tím vytvoriť, toto uvedomenie si však musia pretaviť aj do reálneho vzniku takýchto tímov. A to, ako vidíme na údajoch z posledných 3 rokov sa v spoločnostiach nedeje. Možné dôvody tejto situácie sú predmetom grafov 4 a 5, na ktorých sme si ukázali klesajúci trend vo vnímaní potreby aplikácie I4.0, ktorý je zapríčinený slabou dostupnosťou informácií. Riešením tejto situácie je podľa nášho názoru skvalitnenie informovanosti manažmentov, pretože ak sa skvalitnia informácie týkajúce sa tejto problematiky a zároveň sa zabezpečí ich dostupnosť pre manažmenty skrz rôzne vzdelávacie konferencie, workshopy či ciele vzdelávanie, bude to mať za následok aj zvýšenie potreby aplikácie I4.0. To so sebou logicky prinesie aj tvorbu špecializovaných tímov v jednotlivých spoločnostiach. Na nasledujúcej prognóze máme graficky zobrazený vývoj tvorby takýchto tímov.



(Graf č. 9 - Špecializovaný tím pracovníkov - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

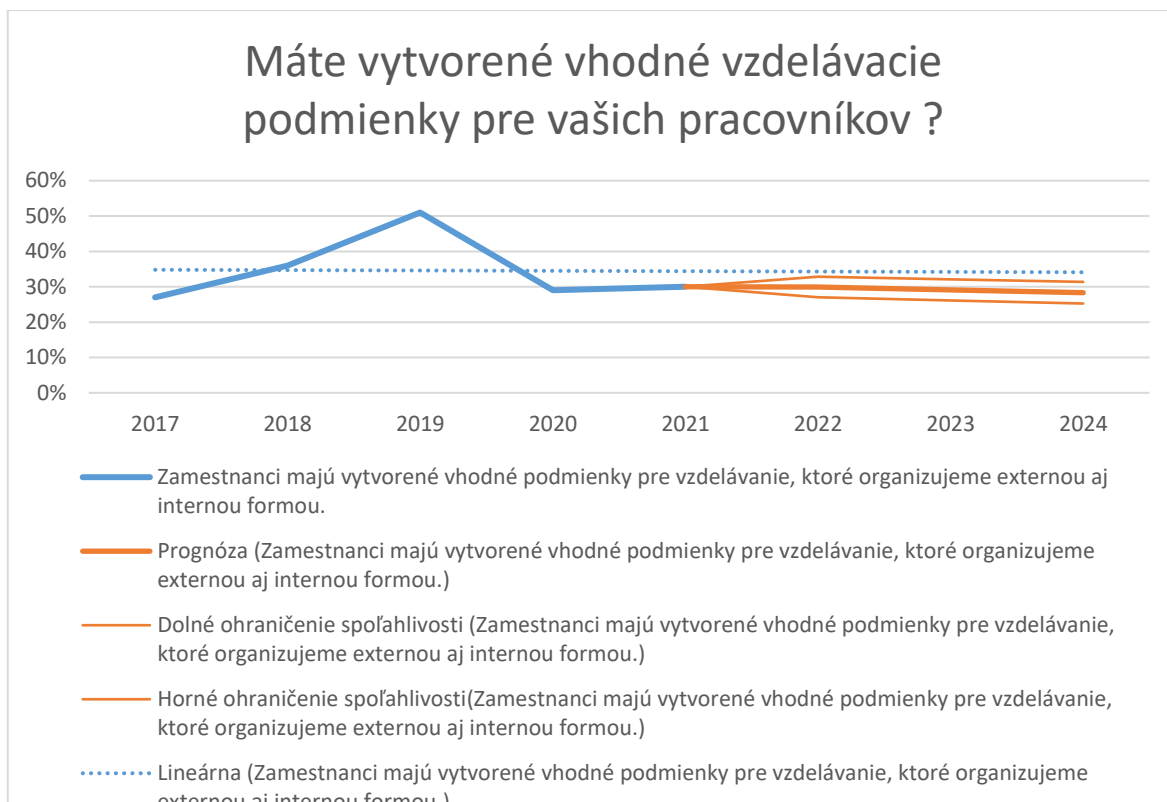
Konštatujeme, že na základe päťročných údajov je prognóza naladená optimisticky a predpokladá, že do roku 2024 bude takýmto tímom pracovníkov disponovať takmer 70% slovenských spoločností. Je to však priamo závislé od vyššie spomínanej informovanosti manažmentov a pochopení problematiky I4.0.

Na základe predchádzajúcich grafov je jasne vidieť, že príčiny súčasného stavu ako aj jeho možné riešenia sa z veľkej časti týkajú firemných pracovníkov. Práve ľudské zdroje predstavujú najdôležitejší faktor implementácie I4.0. Aj napriek faktu, že automatizácia a umelá inteligencia dokážu optimalizovať výrobné procesy, človek aj tak zostáva základným kameňom úspechu spoločností a inovačných stratégií. Čím rýchlejšie technológie postupujú, tým bude zložitejšie sa pracovníkom prispôbiť takýmto zmenám.

Problémom je teda súčasná, no najmä budúca kvalifikovanosť zamestnancov v jednotlivých odboroch digitalizácie, big data ako aj umelej inteligencie. Je zrejmé, že dopyt po špecialistoch v týchto oblastiach, vzhľadom na dynamicky sa meniace podmienky trhu práce a technológie I4.0, bude narastať. Konštatujeme, že adekvátne digitálne zručnosti v budúcnosti už nebudú výsadou, ale stanú sa samozrejmom zručnosťou.

Je preto nesmierne dôležité, aby firmy mali vytvorené vhodné prostredie a podmienky, pre takéto vzdelávanie svojich pracovníkov. Toto konštatovanie potvrdila aj Lucia Lednárová Ditetová, členka vedenia Trexima Bratislava a tajomníčkou Aliancie sektorových dát, ktorá sa na túto situáciu vyjadrila nasledovne [14]: *"Na Slovensku si musíme uvedomiť, že digitálna gramotnosť nebude výsada, ale nutnosť, pričom implementácia Industry 4.0 bude závislá od špecialistov v rôznych oblastiach. Ich digitálna zdatnosť bude určovať mieru eskalácie pokroku podnikov a našej krajiny ako celku."*

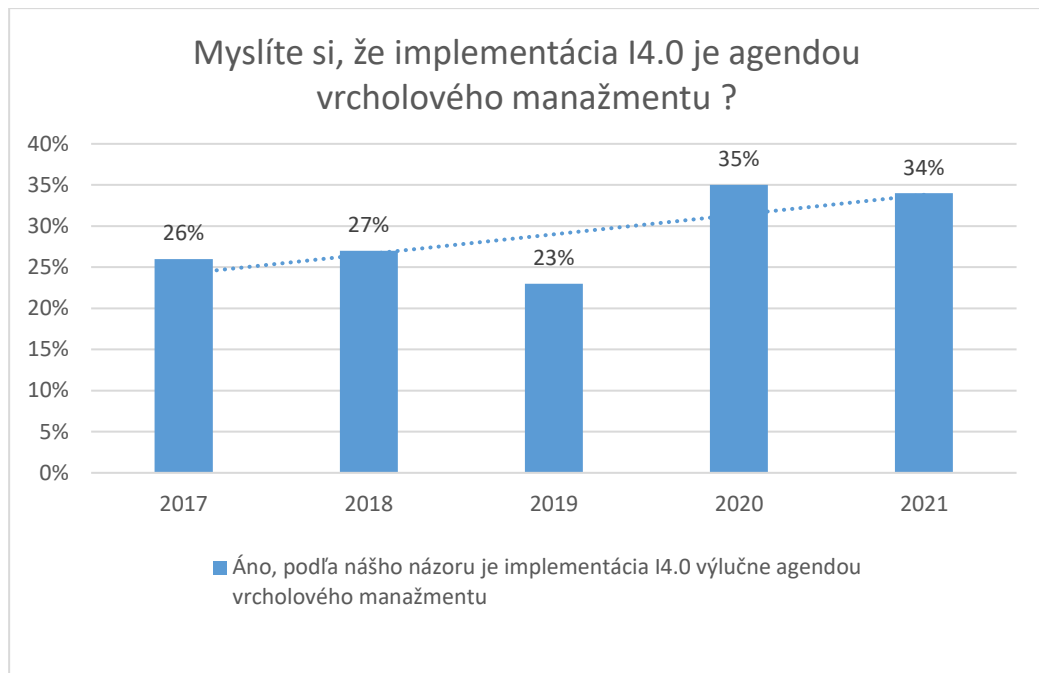
Konštatovanie súčasnej situácie je však viac než zarážajúce. Podľa grafu číslo 10, má len 1/3 respondentov vytvorené vhodné vzdelávacie podmienky a navyše, podľa prognózy sa trend výrazne nezmení ani v roku 2024. Hodnotíme teda, že stagnáciu implementácie, zobrazenú na grafe číslo 6 umocňuje aj nedostatočne podporované vzdelávanie absolventov a zamestnancov zo strany firiem. Bez intenzívnej podpory vzdelávania bude stagnácia v tomto smere pokračovať, čo bude mať vplyv aj na ďalšie oblasti. Implementácia I4.0 je náročný a komplexný proces, vyžadujúci si kooperáciu s externými dodávateľmi služieb ako aj s podporou kvalifikovanej pracovnej sily.



(Graf č. 10 - Vhodné vzdelávacie podmienky - Prognóza vývoja - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Túto skutočnosť si spoločnosti podľa nášho názoru uvedomujú, a ako hlavné oblasti, v ktorých pociťujú nedostatok takýchto pracovníkov označili najmä oblasti umelej inteligencie, analytiky a vyhodnocovania big data, robotiky, priemyselných IoT, systémových riešení digitalizácie ako aj oblasti priemyselného inžinierstva a automatizácie. Práve skvalitnenie vnútorného podnikového vzdelávania je prvým faktorom, ktorý ovplyvní riešenie tejto alarmujúcej situácie implementácie I4.0 v slovenských spoločnostiach. Druhým faktorom je pochopenie, že I4.0 je skutočne výsadou vrcholového manažmentu.

Avšak, ako vidíme na grafe číslo 11, aj po 5 rokoch prieskumov je jasné, že len jeden z troch vrcholových manažérov si uvedomuje túto skutočnosť. V praxi sa potom často krát stáva, že problém implementácie I4.0 je manažmentom dávaný na druhú koľaj, alebo sa ho manažment jednoducho zbaví jeho alokáciou na IT oddelenie. Jednotlivé nižšie oddelenia spoločnosti však nedisponujú právomocou, ako aj kvalifikáciou na vykonanie takejto zmeny.



(Graf č. 11 - Agenda vrcholového manažmentu - zdroj: vlastné spracovanie; údaje o jednotlivých prieskumoch extrahované z [14])

Pre budúcnosť je teda nesmierne dôležité docieľiť zmenu v myslení manažmentov, ktorá sa dá sa to docieľiť napríklad aj vyššie spomínaným zvýšením a skvalitnením informovanosti. Martin Morháč, predseda klastra Industry4UM to konštatuje podobne [14]: *"Prieskum odkryl zásadné zistenie, že bariérou implementácie Industry 4.0 sú samotní manažéri. Prístup vrcholového manažmentu dnes považujeme za metabariéru, ktorá ovplyvňuje dynamiku postupu zmien. Manažmenty najviac vystihuje aplikačná krátkozrakosť. Ich postoj je však referenčnou hodnotou nie len dovnútra podnikov."*

4.2.2 Súhrn príčin aktuálnej situácie na Slovensku

Jednotlivé grafy vytvorené na základe prieskumov nám poskytli detailné zmapovanie súčasnej situácie slovenských spoločností v zmysle implementácie I4.0. Potvrdili negatívny trend poklesu tempa digitalizácie a odkryli nepripravenosť vrcholových manažmentov na zmeny, ktoré so sebou digitalizácia prináša. Vzhľadom na tento negatívny trend preto musíme konštatovať nasledujúce príčiny, kvôli ktorým sa spoločnosti nachádzajú v tejto situácii. Sú to:

1. Absencia špecializovaného tímu pracovníkov pre potreby implementácie I4.0.
2. Slabé uvedomenie si dôležitosti a potreby implementovať princípy I4.0 do podnikových procesov.
3. Nedostatok relevantných informácií k problematike štvrtej priemyselnej revolúcie.

4. Štyri z piatich spoločností vykonávajú implementáciu I4.0 svojpomocne, bez externej spolupráce.
5. Vplyv pandémie Covid-19 výrazne zasiahol spoločnosti, ktoré stratégiu ešte nemali prijatú a nerealizovali ju.
6. Školský vzdelávací systém produkuje nedostatok kvalifikovaných absolventov najmä v oblastiach umelej inteligencie, analytiky a vyhodnocovania big data, robotiky či priemyselných IoT.
7. 2/3 firiem nedisponujú adekvátnymi vzdelávacími možnosťami pre ďalší rozvoj svojich zamestnancov.
8. Stále slabé povedomie, že I4.0 je agendou vrcholového manažmentu.
9. Chýbajúci vládny program, ktorý by konkrétnymi opatreniami podporoval rozvoj digitalizácie v slovenských výrobných spoločnostiach.
10. Neschopnosť malých a stredných podnikov konkurovať veľkým spoločnostiam.

4.2.3 *Odporúčania pre riešenie aktuálnej situácie na Slovensku*

Dynamické zmeny, ktoré v súčasnosti evidujeme na trhu práce vo vzťahu k I4.0 si budú nevyhnutne vyžadovať zmenu už existujúcich pracovných pozícií a vznik nových s dopytom po nových schopnostiach. Napredovanie a získavanie týchto špecializovaných schopností je priamo úmerné rozsahu a kvalite ďalšieho vzdelávania pracovníkov vo vnútri podnikov ako aj reforme súčasného vzdelávacieho systému univerzít a stredných odborných škôl. Bez vybudovania fungujúceho systému vzdelávania absolventov a zamestnancov sa firmy ľahko dostanú do situácie, kedy prestanú byť konkurencieschopné a dostanú sa do značných problémov. Avšak, pred vybudovaním takýchto vzdelávacích systémov je potrebné zvýšiť povedomie a informovanosť najmä vo vrcholových riadiacich orgánoch, či už je to na úrovni spoločností ale aj vlády Slovenskej republiky. Možným riešením tejto nepriaznivej situácie môžu byť aj tieto naše odporúčania a návrhy, ku ktorým sme dospeli po preštudovaní problematiky a zmapovaní súčasného stavu:

4.2.3.1 *Vytváranie vlastného firemného know how*

Naše prvé odporúčanie je priamo cielené pre priemyselné podniky. Podľa nášho názoru je nesmierne dôležité, aby stratégiu implementácie prijali čím skôr a začali si vytvárať vlastné interné know how. Práve na vytvorení takéhoto know how by si podniky mali postaviť svoj ďalší rozvoj a smerovanie podniku, a to nie len čo sa digitalizácie týka ale aj komplexnej prosperity ich podnikania. Toto know how by malo vychádzať z jadra

podniku a malo by byť cielené na čo najširší okruh pracovníkov. Tým sa docielí, že pracovníci budú neustále informovaní a budú participovať na vízii a zmenách, ktoré s digitalizáciou prídu.

Na základe našej práce si jasne uvedomujeme, že akékoľvek zmeny a to nie len vo firmách vyvolávajú v ľuďoch prirodzený odpor. Digitálna transformácia je však dlhotrvajúci a komplexný proces, ktorý sa dá zvládnuť jednotným zapojením čo najširšieho spektra pracovníkov. Preto taktiež odporúčame, aby si každý podnik založil interný spôsob zberu a vyhodnocovania údajov. Praxou osvedčeným spôsobom je jednoznačne vytvorenie špecializovaného digitalizačného tímu, ktorého úlohou bude zbierať dáta z jednotlivých, už existujúcich procesov, na základe ktorých bude analyzovať a hľadať nové spôsoby digitalizácie. Všetko sa však musí diať v úzkej spolupráci s vrcholovým manažmentom.

Výsledky skúmania nám totižto priniesli jasnú skutočnosť nevedomovania si faktu, že implementácia I4. je agendou vrcholového manažmentu. Vytvorením špecializovaných tímov a ich spoluprácou s manažmentmi sa podľa nášho názoru docielí zmena v myslení riadiacich orgánov firiem. Je potrebné zdôrazniť, že nie je potrebné, aby manažéri detailne ovládali jednotlivé technológie, ale aby mali vedomosti o ich skutočnej pridanej hodnote a prínosoch pre spoločnosť. Zároveň by mali jednotlivé firmy zapracovať aj na vhodných podmienkach dodatočného vzdelávania svojich pracovníkov. Podobne, ako sa neustále vyvíjajú a napredujú technológie by mali napredovať aj ľudia, ktorí s nimi pracujú. Preto je nesmierne dôležitým faktorom, na ktorý vrcholový manažment nesmie zabúdať, vytvorenie adekvátnych vzdelávacích možností pre svojich zamestnancov. Riešením je napríklad umožňovať im účasť na rôznych tréningových kurzoch zameraných na inovačné a manažérske zručnosti či kreativitu. Týmto sa zabezpečí ich rozvoj, a to nie len profesijný, ale aj osobnostný. Aby toto riešenie bolo možné pretaviť do praxe, najprv je potrebné zvládnuť troch faktorov.

- Zamestnancov, ktorí sa takýchto tréningových kurzov budú zúčastňovať.
- Času, ktorý tam stravia na úkor času, ktorý by strávili vo firemných procesoch pri vykonávaní ich pracovných činností.
- Financí, ktoré musí podnik vyčleniť na takéto dodatočné vzdelávanie.

4.2.3.2 *Rozdelenie digitálnej transformácie na menšie časti*

Vrcholové manažmenty si pozitívnu stránku digitalizácie jednoznačne uvedomujú. Problémom však je, že táto transformácia je komplexná, náročná zmena, ktorá sa radí ku skutočne dlhodobým projektom a je preto potrebné zhodnotiť aj všetky jej riziká. Súčasným trendom sú však projekty krátkodobé a preto by podľa nášho názoru bolo prospešné, ak by sa transformačný proces rozdelil do menších krokov. Týmto spôsobom by sa eliminovali možné riziká, ktoré by dlhodobý proces so sebou priniesol. Zároveň je potrebné počítať so skutočnosťou, že táto transformácia nie je vopred predpísaná určitou postupnosťou za sebou idúcich krokov, ale často krát aj experimentálnou a samo učiacou sa cestou. Preto je nevyhnutné vytvorenie kombinovaných tímov pracovníkov, ktorí jednotlivé kroky budú skúšať a následne aj overovať, či sa vyplatia.

4.2.3.3 *Zdieľanie skúsenosti medzi spoločnosťami navzájom*

Tretie odporúčanie našej práce je priamo závislé od zvládnutia predchádzajúcich. Vytvorenie špecializovaných tímov a stratégie implementácie prinesie firmám konkrétne výsledky, či už pozitívne alebo negatívne. Podľa nášho názoru je vzhľadom na komplexnosť tejto revolúcie dôležité, aby jednotlivé firmy medzi sebou navzájom šírili tieto informácie a pomáhali si tak. V súčasnosti však v slovenských podnikoch vidíme trend, že podniky sú uzavreté a nie sú otvorené diskusii a konštruktívnym riešeniam s inými podnikmi. Odporúčame preto hľadanie spôsobov vo vzájomnej komunikácii medzi firmami napríklad prostredníctvom vytvorenia zdieľanej komunikačnej platformy naprieč viacerými spoločnosťami. Napríklad, ak má viacero firiem rovnaký výrobný proces v ktorom používajú podobné či rovnaké stroje, bolo by pre nich oveľa efektívnejšie porovnávať medzi sebou jednotlivé dáta a vyhodnocovať výsledky.

Práve takéto šírenie informovanosti a zdieľania praktických skúsenosti bude mať za následok rýchlejšie a efektívnejšie zvládnutie implementácie a vznik podnikových partnerstiev. Taktiež je veľmi dôležité, aby firmy využívali pri implementácii pomoc externých dodávateľov a vytvárali si vhodné podmienky pre dodatočné vzdelávanie zamestnancov naprieč firmami. Aj tieto dve skutočnosti sa dajú docieľiť pri vzájomnej kooperácii s viacerými spoločnosťami, nakoľko každá spoločnosť disponuje inou oblasťou informácii a špecialistov. Preto si skutočne myslíme, že vzájomne zdieľanie skúsenosti, informácii a poznatkov by docielilo zvýšenie kvality firemných procesov v jednotlivých podnikoch. Zároveň však netreba zabúdať, že takáto kooperácia je možná iba pri

dostatočnom zabezpečení citlivých firemných dát ako aj vhodnom výbere spolupracujúcich partnerov.

4.2.3.4 Štátna podpora digitalizácie

Ďalšie odporúčanie sa netýka priamo výrobných spoločností, ale vlády Slovenskej republiky. Je nesmierne dôležité, aby čo najrýchlejšie pristúpili k prijatiu vládneho programu pre podporu digitalizácie slovenských spoločností. Pri pohľade na okolité členské krajiny Európskej Únie musíme konštatovať, že takmer každá z nich má svoj vládny program zameraný na podporu digitálnej transformácie priemyslu prijatý a realizuje ho. Skrz tento program majú zriadené platformy, ktoré navzájom prepájajú štát, zamestnávateľov, vzdelávací systém a vzájomne generujú množstvo aktivít na podporu a rozvoj digitalizácie. Zároveň majú aktivované grantové programy najmä pre malé a stredné podniky, ktoré to majú v konkurencii obrovských nadnárodných spoločností skutočne náročné. V súčasnosti na Slovensku nevidujeme aktivitu štátu zameranú na takúto podporu digitalizácie priemyslu. Na vládnom programe MHSR zameranom na takúto digitálnu transformáciu, predstavenom v roku 2017, sa nepracuje už vyše dvoch rokov a novela o dani z príjmov riešiaci podporu investícií do technológií I4.0 je pre drvivú väčšinu podnikov nedostupná.

Grantové programy taktiež nemožno považovať za systémové zmeny, nakoľko neriešia problémy konštruktívne do budúcnosti ale predstavujú iba jednorázové injekcie. Alarmujúcim zistením je však skutočnosť, že na Slovensku sa nepripravuje a nepodporuje vznik štátnej platformy, prepájajúcej firemné, vzdelávacie a štátne inštitúcie. Ako nám aj prieskumy potvrdili, digitalizáciu realizujú najmä veľké spoločnosti, pri ktorých malé a stredné podniky bez vládnej podpory nemajú šancu. Ak sa tento trend nezmení, a nenastane ani podpora zo strany vlády, v nasledujúcich rokoch je viac než isté, že malé a stredné podniky postupne stratia zákazníkov a vyhlásia bankrot. Preto skutočne veríme, že aj vďaka tejto práci sa docieli progres v štátnom smerovaní a budovaní stratégie.

4.2.3.5 Prepojenie malých a stredných podnikov s univerzitami

Piate odporúčanie sa týka malých a stredných podnikov, ktoré sú vo vysoko konkurenčnom prostredí v značnej nevýhode. Nakoľko disponujú menšími výrobnými kapacitami a nižším kapitálom, je pre nich dôležité nájsť vlastný spôsob, ako túto situáciu zvládnuť. Možným riešením je aj naše odporúčanie, aby prepojili vzdelávací proces

študentov univerzít a stredných odborných škôl s ich firemnými procesmi. Docieľiť sa to dá napríklad nadviazaním spolupráce so vzdelávacími inštitúciami, skrz konkrétne študijné programy, ktoré by budúcich absolventov priamo pripravovali na procesy v týchto podnikoch.

Napríklad, podnik A by sa dohodol s univerzitou B na vytvorení študijného plánu zameraného na analýzu big data a automatizáciu výrobných procesov, ktorý by zastrešoval určitý počet študentov. Tento program by bol z časti financovaný podnikom A, ktorý by tak priamo investoval do vývoja svojich budúcich výrobných inžinierov a manažérov. Vyučovanie by prebiehalo najmä na praktických riešeniach situácii z podniku A za pomoci už súčasných zamestnancov podniku ako aj učiteľov z univerzity B. Po ukončení takéhoto programu by mal podnik A komplexných pracovníkov, ktorí by boli pripravení na konkrétne požiadavky podniku, nebolo by potrebné ich dodatočné aklimatizovanie a tak by aj malá spoločnosť disponovala dostatočným množstvom kvalifikovaných špecialistov.

4.2.3.6 *Systém celoživotného vzdelávania*

Posledné odporúčanie sa týka nás všetkých. Zhodnotením príčin aktuálnej situácie slovenských podnikov sme dospeli k záveru, že prioritným problémom firiem nie sú technológie, ale ľudia. Človek je základným kameňom implementácie I4.0 a preto je podľa nášho názoru skutočne dôležité aplikovať zmeny do systému celoživotného vzdelávania pre potreby digitálnej transformácie a to nie len výrobných priemyselných spoločností, ale aj našich každodenných životov. Digitálnou dobou žijeme dnes doslova všetci. Prudko akcelerujúci rozvoj bude klásť na budúcich absolventov rôznych odborov len a len náročnejšie požiadavky. Je potrebné, aby z nás vzdelávací systém nevychoval len užívateľov nových technológií, ale aj ich tvorcov, výskumníkov, inovátorov či doslova, dátových vedcov.

Je faktom, že v dnešnej dobe vidíme akútny nedostatok odborníkov, a to nie len v technologických smeroch, ale aj napríklad v medicíne či školstve. V mnohých meraniach slovenskí študenti zaostávajú za rovesníkmi z členských krajín Európskej Únie, najmä čo sa týka matematických a logických úloh. Technologické odbory si vyžadujú viac ako len teóriu. Potrebujú získané poznatky aplikovať aj v praxi a neustále sa v nich vzdelávať aj po ukončení štúdia. Je preto skutočne nevyhnutné vzájomné prepojenie firiem s univerzitami, ako aj zmena v myslení nás všetkých. Nemôžeme sa uspokojiť s tým čo už vieme, ale musíme sa neustále vzdelávať a napredovať. Možným riešením aktuálneho nedostatku

špecialistov je aj rekvalifikácia súčasných pracovníkov ich dodatočným vzdelávaním, na to však treba vytvoriť vhodné podmienky. A to, ako nám dokázali prieskumy na Slovensku žiaľ v dnešných dňoch nefunguje.

4.3 Diskusia

Dokázanie dôležitosti dát pre I4.0, konkrétne príklady z praxe, zmapovanie súčasnej situácie ako aj zhodnotenie príčin dnešného stavu slovenských firiem a odporúčania, ako negatívnu situáciu zmeniť boli ciele práce, ktoré sme spracovali v predošlých kapitolách. Pred úplným záverom sme sa však rozhodli zaradiť do našej práce aj diskusie s dvomi popredným predstaviteľmi slovenských spoločností, zameraných na digitalizáciu priemyslu. Sú to interview s pánom Vladimírom Švačom, odborníkom na inovačný manažment zo Sova Digital ako aj s pánom Robinom Mitanom, výkonným riaditeľom spoločnosti Sinot Digital.

Interview s pánom Mitanom a Švačom sa vykonalo podobne ako jednotlivé prieskumy, a to spoločnosťou Industry4UM. Jednotlivé interviews sme sa rozhodli zaradiť do našej práce s cieľom ešte hlbšie vysvetliť problematiku našej témy a skrz vyjadrenia odborníkov v tejto oblasti s niekoľkoročnými skúsenosťami a potvrdiť správnosť našich konštatovaní. Jednotlivé otázky, odpovede na ne a naše zhodnotenia sú nasledovné:

- ***Je výhodnejší zber konkrétnych alebo všetkých dát pre podniky ?***

"V dnešnej dobe zber dát už nie je takým problémom, akým bol v predchádzajúcich rokoch. V dnešnej dobe je skutočným problémom tieto zozbierané dáta prepojiť, zanalyzovať a vyvodit' z nich výsledky vzhľadom na konkrétne potreby jednotlivých spoločností a ich zákazníkov. Práve z tohto dôvodu je nevyhnuté analyzovať len potrebné dáta a výpočty nezahlcovať nadbytočnými dátami [12]." Vidíme, že odpoveď pána Mitanu korešponduje s našimi tvrdeniami z predchádzajúcich podkapitol. Je skutočne potrebné dáta nie len zbierať, ale ich vedieť aj analyzovať a v prepojení s individuálnymi požiadavkami spoločností a zákazníkov vyvodzovať výsledky. Práve bez implementácie takéhoto prístupu by síce dáta boli analyzované a výsledky vyvozené, avšak bez ich priameho cielenia na zákazníka by nedošlo k ich efektívnemu použitiu a v konečnom dôsledku by pre spoločnosť nemali žiaden efekt.

- ***Ako vyzerá súčasná situácia v zbieraní dát a ako ich spoločnosti aplikujú ?***

"Vo firmách dominuje trend zbierania dát vzhľadom na firemné štandardy. To ústí do tvorby reportov zobrazených na kvartálnych poradách porovnávajúcich súčasné a minulé obdobia. Tieto reporty výhradne slúžia len pre vrcholový manažment pre čo najjednoduchšie zobrazenie situácie a najpodstatnejších ukazovateľov. To, čo nie je až tak zaužívané je zber analytických údajov z výroby, pomocou ktorých dochádza k reálnej tvorbe hodnoty skrz identifikáciu úzkych miest a následné zefektívnenie výrobných procesov[12]." Dôležitým konštatovaním pri odpovedi na túto otázku je fakt, že analýza údajov musí prebiehať na všetkých úrovniach riadenia spoločností. Za dôvodom, prečo v súčasnosti spoločnosti dávajú analyzovanie výrobných dát a hľadanie úzkych miest do úzadia je podľa nášho skúmania fakt, že si to vrcholové manažmenty neuvedomujú a nepozerajú sa na to z väčšej perspektívy. Ak nedôjde k zmene v ich myslení, začnú byť jednoducho menej konkurencieschopné a neefektívne.

- ***Ak sa pozrieme na návratnosť investícií do technológií spojenými s dátami, ako sa na to spoločnosti dívajú?***

"Každá investícia do technológie v spoločnostiach je posudzovaná práve jej návratnosťou. Klasickou požiadavkou našich zákazníkov je návratnosť maximálne do dvoch rokov. Avšak, pre zhodnotenie návratnosti je nevyhnutá hĺbková analýza so zákazníkom a skutočné vyčíslenie, či sa danú technológiu oplatí implementovať [12]." Toto vyjadrenie z praxe je podľa nášho názoru úplne logické, nakoľko primárnym princípom každého podnikania je dosahovanie zisku. Spoločnosti by sa tak mali usilovať o čo najpresnejšie vyčíslenie návratnosti investície do technológie, pretože práve to rozhodne o ich úspešnosti v budúcnosti. Chybné vyčíslenie návratnosti alebo voľba nesprávnej technológie by pre nich mohla mať katastrofálne dôsledky.

- ***Podľa prieskumov vidia spoločnosti najväčšiu slabinu digitalizácie v jej bezpečnosti. Aký na to máte názor ?***

"S týmto vyjadrením plne súhlasím. Ľudia a dáta sú predsa primárnymi aktívami každej spoločnosti. V prípade straty citlivých údajov či kvalifikovaných pracovníkov to predstavuje pre každú firmu fatálne následky [12]." Táto odpoveď opäť vyjadruje naše zistenia opísané vyššie. Zvládnutie ochrany bezpečnosti citlivých firemných údajov a ich zamestnancov, je v dnešnej dobe skutočnou výzvou pre každú spoločnosť bez ohľadu na jej zameranie. Jasne konštatujeme, že

práve obavy zo straty dát či často krát prehnané interné firemné predpisy sú primárnym faktorom, ktorý bráni používaniu externých cloudových služieb v priemyselnom sektore. Práve na základe tohto faktu očakávame, že v budúcich rokoch bude len a len narastať dopyt po zvyšovaní bezpečnostných ochranných procesov v organizáciách za pomoci kvalifikovaných pracovníkov z danej oblasti.

- ***Aká je situáciu na trhu so zbieraním a vyhodnocovaním dát od zákazníkov?***

"Jednotlivé telekomunikácie, reklamné a vyhľadávacie weby sú v dnešnej dobe od zbierania takýchto dát vyslovene závislé. Čo sa týka priemyselného sektora, tu vnímame skôr postupné online prepájanie medzi jednotlivými spoločnosťami [12]."

V tomto vyjadrení vidíme skutočne pozitívny trend, a to, že si spoločnosti uvedomujú potrebu vzájomnej komunikácie za účelom dosiahnutia ešte lepších výsledkov. Napríklad pri istých procesoch akými sú dodávky just-in-time by tieto procesy bez ich vzájomného prepojenia nemohli fungovať. Avšak, pri takejto spolupráci medzi jednotlivými firmami a zdieľaní citlivých údajov sa zase vyskytuje otázka dôveryhodnosti a ochrany takýchto dát pred ich zneužitím konkurenciou.

- ***Čo musia slovenské spoločnosti zmeniť, aby začali transformáciu správnym spôsobom ?***

"Podľa môjho názoru objaviť potenciál vlastných zamestnancov a pretaviť ho do nových hodnôt pre komplexné napredovanie priemyselných podnikov. To by mala byť nová top agenda manažmentov. To je moderná inovácia priemyselných podnikov, to je premena podnikov na znalostné inovačne - orientované podniky s digitalizovanou výrobou [13]." Vidíme, že odporúčanie pána Švača korešponduje aj s našimi odporúčaniami. Je potrebné, aby sa firmy najskôr pozreli do svojich procesov a pracovníkov, a snažili sa o maximálne využitie ich potenciálu.

- ***Myslíte si, že bariérou implementácie je prístup vrcholových manažmentov ?***

"Veľká časť podnikov dnes skutočne nevie ako uchopiť digitalizáciu, nemajú jasnú predstavu, čo to je. Nemajú víziu, stratégiu, nevytvárajú tímy pre digitálnu transformáciu. Musíme si uvedomiť, že túto tému je potrebné pochopiť nielen z hľadiska digitálnych technológií, ale aj z hľadiska rozvoja ľudského potenciálu. Na to je potrebné vyčleniť určitý čas pre štúdium, „otváranie hláv“, adaptáciu na zmeny, začať pripravovať programy rozvoja digitálnych zručností zamestnancov, vytvárať prepojenia s partnermi, ale aj zdieľať príklady úspešných projektov v

slovenskom prostredí. Digitálna transformácia je veľmi komplexná zmena[13]."
Odpoveď pána Švača nám poskytla potvrdenie našich konštatovaní, že vrcholový manažment je v súčasnosti skutočnou bariérou implementácie I4.0 a je nevyhnutné, aby nastalo dodatočné vzdelávanie zamestnancov firiem ako aj zdieľanie úspešných aplikácií I4.0 medzi firmami navzájom.

Záver

Exponenciálny nárast v množstve dát a využívanie nástrojov business intelligence či dátovej analytiky v Industry 4.0 nemení len výrobné procesy podnikov, ale ovplyvňuje aj každodenné životy každého z nás. Ako nám ukázala táto diplomová práca, štvrtá priemyselná revolúcia hlasne klope na dvere jednotlivých spoločností a prináša so sebou radikálne zmeny v digitalizácii biznis procesov, myslení vrcholových manažmentov, využívaní a spracovávaní dát ale i v nutnej potrebe zmeny vzdelávacích systémov na univerzitách ale aj v podnikoch samotných. Je preto nevyhnutné, aby boli spoločnosti na tieto zmeny pripravené, prijali ich s otvorenou náručou a aby sa tieto zmeny stali príležitosťou a nie prekážkou v skvalitnení života firiem i nás ľudí.

Pohľad na súčasnú situáciu pripravenosti na tieto zmeny a úroveň digitalizácie slovenských výrobných spoločností zmapovala práve naša diplomová práca, ktorá je zložená z dvoch základných častí. V prvej časti s názvom "súčasný stav riešenej problematiky" sme charakterizovali východiskové pojmy práce, vysvetlili rolu a techniky dátovej analytiky v I4.0. Zároveň sme načrtli aktuálnu situáciu implementácie I4.0 na Slovensku i v zahraničí. Na spracovanie tejto prvej časti sme využili informácie získane zo zborníkov a vedeckých článkov. V druhej časti s názvom "výsledky práce a diskusia" sme sa upriamili na splnenie parciálneho a primárneho cieľa, ktoré boli definované ešte pred vypracovaním diplomovej práce. Čiastkový cieľ práce sa týkal zhodnotenia výrobných schopností pri realizácii dátovej analytiky vo vybraných spoločnostiach. Ten primárny zas detailného zmapovania stavu a využívania nástrojov business intelligence v I4.0 spolu s dopadmi na budúci vývoj technológií. Pri písaní práce sme však museli zaradiť ešte dodatočný cieľ, ktorý vyplynul zo zhodnotenia súčasnej situácie, a to návrh odporúčaní pre zlepšenie aktuálnej situácie slovenských podnikov a vzdelávacieho systému zamestnancov i študentov.

Podkapitola 4.1 nám poskytla detailný pohľad na realizáciu analytických dátových platforiem do spoločností Secop, Matador a Bosch. Tá nám potvrdila, že implementácia takýchto technológií pri dodržaní štandardov I4.0 sa vypláca z pohľadu zníženia nákladov a času výroby, jej zefektívnenia ako aj návratnosti vloženého kapitálu. Zároveň však odokryla rôzne druhy výziev, ktorým budú spoločnosti čeliť v procese digitálnej transformácie. Podľa nášho názoru, to budú výzvy týkajúce sa vytvorenia vhodných analytických riešení, ktoré budú štandardizované a opakovane využiteľné, taktiež

zabezpečenia bezpečnosti citlivých firemných údajov a efektívneho prepojenia rôznych skupín zamestnancov pre firemné potreby.

Primárny cieľ práce je obsahom podkapitoly 4.2. V nej sme pomocou unikátnych prieskumov združenia Industry4UM a spoločnosti Trexima zmapovali stav a využívanie nástrojov BI a dátovej analytiky Industry 4.0 v slovenských spoločnostiach a na základe päťročných údajov a súčasných trendov odhadli budúce prognózy tempa implementácie technológií. Musíme konštatovať, že digitalizácia prišla na trh skutočne dynamicky a spoločnosti ale i jednotlivcov zastihla nepripravených. Spracovanie tohto primárneho cieľa potvrdilo klesajúci záujem firiem digitalizovať ich procesy a odkrylo nepripravenosť vrcholových manažmentov na zmeny, ktoré s digitalizáciou prichádzajú. Na základe tohto zmapovania označujeme za hlavné príčiny tejto nepriaznivej situácie najmä nedostatok relevantných informácií o problematike Industry 4.0, akútny nedostatok kvalifikovaných špecialistov v oblasti big data, robotiky a digitalizácie, ako aj nedostatočné podmienky pre vzdelávanie pracovníkov v spoločnostiach.

Vzhľadom na závažnosť zistených negatívnych skutočností sme sa rozhodli do našej práce zahrnúť aj doplnkový cieľ, ktorý je obsahovou náplňou podkapitoly 4.3. V ňom sme sa zamerali na vytvorenie konkrétnych odporúčaní, ktoré môžu dopomôcť zlepšeniu aktuálnej situácie. Naše odporúčania sa týkajú troch oblastí. Prvá oblasť je adresovaná priamo spoločnostiam. Je nevyhnutné, aby si firmy začali vytvárať vlastné firemné know how, zamerali sa na tvorbu špecializovaných implementačných tímov, dokázali digitálnu transformáciu rozdeliť na menšie časti a získané skúsenosti zdieľali s ďalšími firmami. Druhá oblasť je smerovaná na vládu Slovenskej republiky. Je nesmierne dôležité vytvorenie aktuálneho vládneho programu na podporu digitalizácie, nakoľko v súčasnosti na Slovensku takýto program chýba. Posledná tretia oblasť je zameraná na nás všetkých. Svet už nie je ako predtým. Nestačí naučenie sa istých znalostí a ich celoživotné vykonávanie. Je potrebné sa stále vzdelávať a posúvať svoje schopnosti na vyššiu úroveň. Iba takto dokážeme držať krok s technológiami.

Aby sme si všetky naše zistenia podložili aj názormi odborníkov z oblasti digitalizácie, rozhodli sme sa do našej práce v podkapitole 4.3 zahrnúť aj názory odborníkov Robina Mitanu a Vladimíra Švača. Názory týchto odborníkov na digitalizáciu potvrdili naše konštatovania a odporúčania, ktoré sme v práci predstavili.

Na záver musíme za hlavné prínosy našej práce označiť najmä identifikovanie výziev implementácie princípov I4.0 a dátovej analytiky pre podniky, ktoré sa momentálne nenachádzajú v procese digitalizácie. Zároveň formuláciu konkrétnych príčin aktuálnej situácie slovenských spoločností, vytvorených na základe nášho zmapovania situácie a v neposlednom rade vytvorenie odporúčaní pre riešenie tejto situácie.

Je skutočne dôležité, aby si spoločnosti čím skôr uvedomili, že digitalizácia je cesta, ktorou si budú musieť prejsť v záujme udržania konkurencieschopnosti. Veríme, že všetky tieto výzvy, príčiny no najmä odporúčania, ku ktorým sme dospeli dôkladným spracovaním danej problematiky, prispievajú k zmene súčasnej situácie a nasmerujú spoločnosti správnym smerom digitalizácie.

Použitá literatura

- [1] ANNASWAMY Sharmila, "What are smart factories ?", 2021. Available: <https://iot-analytics.com/what-are-smart-factories/> [Cit. 5.12.2021]
- [2] BAGHERI, B. and kol. (2011). Implementing discrete wavelet transform and artificial neural networks for acoustic condition monitoring of gearbox. *Elixir Mechanical Engineering*, 35, 2909–2911.
- [3] BOGOVIZ Aleksei a kol., "Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century", Springer Nature Switzerland AG 2019, p.p.- 35-240. ISBN 3030068293
- [4] BORDELEAU, Fanny-Eve & Mosconi, Elaine & Santa-Eulalia, Luis Antonio, " Business Intelligence in Industry 4.0: State of the art and research opportunities", Sherbrook Business University school 2018. p.p. - 3944-3950. ISIN10.24251/HICSS.2018.495.
- [5] BOSCH, „Bosch Today,“ 2020 . [Online] . Available: https://assets.bosch.com/media/global/bosch_group/our_figures/pdf/bosch-today-2020.pdf/ . [Cit. 10. 3. 2022].
- [6] CONKLEN, "Industry 4.0 driving manufacturing competitiveness in new era of market and business intelligence" , 2019 . Available <https://www.prodensa.com.mx/industry-4-0-driving-manufacturing-competitiveness-in-new-era-of-market-and-business-intelligence/> [Cit. 25.2.2022]
- [7] DENG L. and col., "Deep learning: Methods and Applications", Foundation and trends in Signal Processing, 2014. ISBN 978-1-60198-814-0
- [8] ELLIOT, "The role of data analytics in Industry 4.0" , 2021. Available: <https://gulfbusiness.com/the-role-of-data-analytics-in-industry-4-0/> . [Cit. 20.2.2022]
- [9] FRANKENFIELD Jake, "Data Warehousing", 2021. Available: <https://www.investopedia.com/terms/d/data-warehousing.asp> [Cit. 5.12.2021]
- [10] GORKHALI A., Li, L., & Shrestha, "Blockchain: A literature review", *Journal of Management Analytics*, 2020, 7(3), 321–343. ISIN 2327-0012

- [11] GROGER Christoph, "Building an Industry 4.0 Analytics Platform. Practical Challenges, Approaches and Future Research Directions", Datenbank-Spektrum, Springer, Berlin Heidelberg, 2018. pp. 5-14
- [12] INDUSTRY4UM, „Úzke miesta hľadajte a odstraňujte pomocou dát“ 2019 . [Online] . Available: <https://industry4um.sk/en/robin-mitana-uzke-miesta-hladajte-a-odstranujete-pomocou-dat/>. [Cit. 19.3.2022].
- [13] INDUSTRY4UM, „Digitálna transformácia nie je projekt s návodom na použitie,“ 2021 . [Online] . Available: <https://industry4um.sk/vladimir-svac-digitalna-transformacia-nie-je-projekt-s-navodom-na-pouzitie/>. [Cit. 19.3.2022].
- [14] INDUSTRY4UM, „Prieskum Industry 4.0 v SR,“ 2021 . [Online] . Available: <https://industry4um.sk/vyhodnotenie-prieskumu-industry-4-0-v-sr-2021/>. [Cit. 2.12.2021].
- [15] INDUSTRY4UM, „Bezvýkresová dokumentácia zefektívnila montáž a znížila chybovosť“ 2020 . [Online] . Available: <https://industry4um.sk/bezvykresova-dokumentacia-zefektivnila-montaz-znizila-chybovost-a-plytvanie/> [Cit. 19.3.2022].
- [16] INDUSTRY4UM, „Digitálne dvojča nám pomáha odstrániť úzke miesta na montážnej linke,“ 2019 . [Online] . Available: <https://industry4um.sk/secop-digitalne-dvojca-nam-pomaha-odstranit-uzke-miesta-na-montaznej-linke/>. [Cit. 19.3.2022].
- [17] JOURAU Duan, " Data Analytics in Industry 4.0: A Survey", Information Systems Frontiers, 2021. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-021-10190-0> [Cit. 5.12.2021]
- [18] KRITZINGER Werner, "Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification", IFAC PapersOnline 2018. Available: https://publik.tuwien.ac.at/files/publik_274125.pdf [Cit. 5.12.2021]
- [19] LEE, "The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems: A Focus on Models", EA 2015, vol. 15, no. 3, pp. 4837-4869.
- [20] Li, X., & Xu, L. (2020). A review of internet of things—Resource allocation. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(11), 8657–8666.

- [21] MAGICSOFTWARE, "Why business intelligence platforms aren't enough for manufacturers moving to Industry 4.0", 2020. Available: <https://www.magicsoftware.com/magic-blog/why-business-intelligence-platforms-arent-enough-for-manufacturers-moving-to-industry-4-0/>, [Cit. 1.12.2021]
- [22] MAGICSOFTWARE, "We asked 100 manufacturers their thoughts", 2021. Available: <https://www.magicsoftware.com/magic-blog/we-asked-100-manufacturers-their-thoughts-on-industry-4-0-heres-what-we-learned/> [Cit. 2.12.2021]
- [23] MCKINSEY, "By 2025, Internet of things applications could have 11 trillion impact", 2015. Available: <https://www.mckinsey.com/mgi/overview/in-the-news/by-2025-internet-of-things-applications-could-have-11-trillion-impact> [Cit. 15.2.2022]
- [24] MOSCONI, "Business Intelligence in Industry 4.0: State of the art and research opportunities", 2018. Available: https://www.researchgate.net/publication/322235828_Business_Intelligence_in_Industry_4_0_State_of_the_art_and_research_opportunities [Cit. 10.2.2022]
- [25] NEMEC Radek, "Princípy projektování a implementace systému Business Intelligence", VŠB-TU Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3452-8
- [26] SLAY J, "Lessons learned from the Maroochy water breach." Critical infrastructure protection (pp. 73–82), 2007. ISIN 5246-0128
- [27] SNIJDERS C. and col., "'Big Data': Big gaps of knowledge in the field of Internet", International Journal of Internet Science, 2012, p.p. 1-5. ISSN 1662-5544