

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA

Evidenčné číslo: 101006/I/2023/ 36100139018693892

ROZVOJ PRIEMYSLU 4.0
(diplomová práca)

2023

bc. Ondrej Belák

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA

ROZVOJ PRIEMYSLU 4.0
(diplomová práca)

Študijný program: Financie a dane
Študijný odbor: Ekonómia a manažment
Školiace pracovisko: Katedra financií
Vedúci záverečnej práce: Ing. Alena Bašová, PhD.

Bratislava 2023

bc. Ondrej Belák

Abstrakt

BELÁK, Ondrej: *Rozvoj priemyslu 4.0* – Ekonomická univerzita v Bratislave. Národohospodárska fakulta; Katedra financií. – Vedúca záverečnej práce: Ing. Alena Bašová, PhD. - Bratislava: NHF EU, 2023, 60 strán.

Zámerom práce je poukázať na historický vývoj Priemyslu 4.0 ako aj na významné faktory, ktoré ho ovplyvňujú. Práca by mala uviesť aké konkrétne technológie sa tohto konceptu dotýkajú a aké sú ich možnosti prínosu pre investora. Následným cieľom práce bude identifikovať taký podnikateľský subjekt, ktorý už aplikoval tieto prvky v praxi a úlohou študenta bude analyzovať či už priniesli očakávaný úžitok, alebo zdôvodniť prečo nie.

Kľúčové slová: Priemysel 4.0, Technologický pokrok, Volkswagen

Abstract

BELÁK, Ondrej: *Development of Industry 4.0* – University of Economics in Bratislava. Faculty of National Economy. Department of Finance – Ing. Alena Bašová, PhD. Bratislava: NHF, 2023, 60 pages.

The aim of this paper is to reflect on historical evolution of the Industry 4.0 and on significant factors that have impact on it. The paper should list specific technologies related to this concept along with potential benefits they can bring to the investor. The final target would be to find a specific example of an enterprise, that has already applied certain technologies belonging to this concept, and it's the task of the student to analyze their benefits, if there are any, or argue why they haven't shown.

key words: Industry 4.0, Technological evolution, Volkswagen

Obsah

Úvod 1

1	Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí	2
1.1	Prvky priemyslu 4.0, ich použitie, údaje o trhu a potenciál	6
1.1.1	Internet of things IoT (Internet vecí)	6
1.1.2	Cyber-Physical Systems CPS (Kyberneticko-fyzické systémy)	9
1.1.3	Cloud computing (Cloudová výpočtová technika)	12
1.1.4	Artificial intelligence (Umelá inteligencia)	14
1.1.5	Additive manufacturing (Dodatková výroba - 3D tlačiarne)	15
1.1.6	Advanced robotics (Pokročilá robotika)	19
1.1.7	Advanced Human-Machine Interface (Ľudsko-strojové rozhranie)	21
1.2	Predpoklady pre vznik štvrtej priemyselnej revolúcie vo svete	22
1.3	Naplnenie štvrtej priemyselnej revolúcie vo svete a jej datovanie	24
1.4	Vzťah priemyslu 4.0 k makroekonomickým veličinám	27
1.4.1	Produkt ekonomiky	28
1.4.2	Zamestnanosť	29
1.5	Porovnanie výkonnosti rôznych ekonomík v súvisi s priemyslom 4.0	33
1.6	Politický rámec a porovnanie medzi jednotlivými krajinami	34
1.6.1	Prípadová štúdia EÚ 1 : Listina práv v priemysle 4.0?	36
1.6.2	Prípadová štúdia EÚ 2 : Krádež firemnej/obchodnej identity	37
1.6.3	Prípadová štúdia EÚ 3 : ESPRC výskumné programy	38
1.6.4	Porovnanie programov a iniciatív na globálnej úrovni	38
1.7	Príprava na dobu Priemyslu 4.0 v podmienkach Slovenskej republiky	44
2	Cieľ práce	45
3	Metodika práce a metódy skúmania	46
4	Výsledky práce a diskusia	47
4.1	Charakteristika danej spoločnosti, jej sily na trhu, stratégie a inovatívnosti	47
4.2	Analýza podnikových údajov v súvislosti s konceptom Priemyslu 4.0	53
4.3	Dodatok	59
	Záver	60
	Zoznam použitej literatúry	61

Úvod

V posledných dekádach sledujeme azda najrýchlejší technologický pokrok ľudskej spoločnosti za celú dobu jej jestvovania. Pozorujeme ako rozmach nových výdobytkov vedy, neustálych inovácií a vznik pokročilých technológií vyslovene transformuje ľudskú spoločnosť a svet okolo nás ako ho poznáme. Neustále pozorujeme ako sa na trh dostávajú nové výrobky a technológie, ktoré často niekoľko-násobne zvyšujú výkon alebo úžitok svojich predchodcov. Tempo je tak výrazné, že často tie produkty, ktoré sme pred dekádou označovali za špičku kvality a to najlepšie, čo vie trh ponúknuť, už dnes označujeme za zastaralé a nepostačujúce voči konštantne napredujúcej konkurencii. Tejto turbulentnej etape tiež napomáha doba globalizácie a prvkov moderných komunikačných technológií, vďaka ktorým je spojenie trhov jednoduchšie ako v minulosti. V takýchto podmienkach sa jednotlivé tovary a služby, ktoré sa chcú uplatniť na trhu, musia zamerať na čo najlepšie dodanie nie toho, čo zákazník požaduje len dnes, ale čo bude požadovať aj zajtra, keď sa s najväčšou pravdepodobnosťou v inej časti trhu objaví substitučný produkt od konkurenta. Svet je vďaka týmto faktom aj lepším miestom na život, vďaka neustálej sa zvyšujúcej užitočnosti dostupných statkov a služieb na trhu, no ale aj ťažším a náročnejším miestom, hlavne pre podnikanie v enormnej konkurencii. V minulosti sa v starom ponímaní konkurencie v podnikateľskom sektore sa malé a stredné podniky nemohli rovnať veľkým spoločnostiam so stálym trhom, známou značkou a možnosťou úspor z rozsahu, avšak v aktuálnej dobe sledujeme, ako často práve menšie ale inovatívnejšie spoločnosti predbiehajú týchto velikánov a stávajú sa novými kľúčovými hráčmi na trhu. Takáto je dnešná turbulentná zmena spoločnosti a v mnohých zdrojoch sa dočítame, že ide o priemyselnú revolúciu, pri ktorej sa ekonomika rapídne zameriava na lepšie využitie kapitálu, ktorý má k dispozícii, alebo tvorí taký pracovný kapitál, ktorý priamo nahrádza ľudský pri vyššej efektívnosti. V nasledujúcej práci sú definované ohraničenia a kľúčové charakteristiky tejto doby, tzv. štvrtej priemyselnej revolúcie. Taktiež je v nej poukázané na jej miesto vo svetovej ekonomike a na kombináciu jej príležitostí a rizík, ktoré podstupuje ľudská spoločnosť v tomto prechode. Na záver práce sme poukázali aj na konkrétne príklady, pri ktorých sme pozorovali merateľný vplyv týchto nových priemyselných technológií a prvkov, ktoré dokázali výkonnostne odlíšiť inovatívny podniky od ostatných.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

Vo viacerých vedných disciplínach sa venujeme pozorovanému faktu, že ľudská spoločnosť sa v čase mení a prechádza istými štádiami vývinu. Tieto štádia sa následne snažíme charakterizovať a členiť, pričom za oddeľujúce míľniky považujeme často transformačné udalosti, ktoré mali zásadný vplyv na odlišný vývin ľudského života ako takého. Tieto míľniky si každá vedná disciplína určuje podľa svojho charakteru. Iné udalosti považujeme za prelomové v biologickej alebo sociokultúrnej antropológii, a úplne iné, keď sa venujeme periodizácií v historickom ponímaní. Vždy je však ale oddeľujúcemu obdobiu prechodu do novej etapy príznačný transformačný charakter, vďaka ktorému sa ľudská spoločnosť výrazne zmení. Tieto prechody sa podľa neho často nazývajú, alebo sa na jeho základe oddeľujú. Tak je tomu aj v ekonómii. Tá sa ako veda zaoberá štúdiom toho, ako spoločnosť hospodári so vzácnymi zdrojmi.¹ Členenie by teda malo odrážať jej charakter, a malo by byť založené buď na tom, akými spôsobmi ľudská spoločnosť v danej dobe hospodárila s dostupnými vzácnymi zdrojmi, alebo založené na tom, s akými vzácnymi zdrojmi vlastne užitočne narábala. Jedným z takýchto delení je sledovanie ekonomického vývoja ľudskej spoločnosti prostredníctvom tzv. priemyselných revolúcií.

Priemyselné revolúcie sú veľmi komplexnými celospoločenskými procesmi, ktoré transformujú ekonomické väzby v spoločnosti, pričom ich počiatok sa objavuje v priemyselnom odvetví. V ňom sa môže prejavíť v rôznych formách, napríklad v objavení nových zdrojov a komodít, ktoré rozširujú škálu použitia a tvorenia nových ekonomických statkov. Alebo aj v dobe, keď sa pod vplyvom nadobudnutia nových poznatkov, vzniku nových technológií a metodologických prístupov, ľudia naučili lepšie využívať dostupné zdroje a efektívnejšie produkovať užitočné statky. Takáto definícia by znela pomerne voľne v oblasti interpretácie a dala by sa uvažovať, že ľudská spoločnosť je tým pádom v priemyselnej revolúcii v každom okamihu, keď vymyslí nové statky alebo zefektívni svoju ekonomickú činnosť. Preto je dôležitý ich charakter transformačného efektu, keď sa benefity novej inovácie rozšíria do viacerých, ak nie všetkých odvetví, a budú mať významný vplyv na viaceré trhy a makroekonomické veličiny (ako napr. finančné trhy

¹ MANKIW, Greg. *Principles of Economics*. 6. vyd. Boston : Cengage learning, 2012, s. 4, ISBN 978-08-1846-542-0.

a zamestnanosť). Takto výrazné prelomové objavy sa zriedka prejavia izolovane, a ich dopad na celú spoločnosť a spôsob života ako takého je veľmi významný, preto môžeme hovoriť o míľniku v periodizácii dejín z pohľadu ekonomickej teórie. Z ekonomického pohľadu zatiaľ hovoríme iba o 3 takýchto priemyselných revolúciách, ktoré pretvorili svet do formy, v akej ho poznáme dnes. V posledných rokoch sa ale kládol dôraz na isté nové prvky, ktoré majú pod vplyvom technologického pokroku markantný vplyv na výrazne zvýšenie efektivity a potenciálneho produktu, čím by sme ju mohli charakterizovať ako prebiehajúcu štvrtú. Tieto obdobia od seba odlišujeme nasledovne:

Prvá priemyselná revolúcia sa datuje približne na koniec 18-ého storočia, avšak prvý ekonomický historik, ktorý ju opísal ako koncept revolučnej industrializácie, bol Arnold Toynbee až v roku 1880.² Za jej počiatok určil priamo rok 1760 a za jej počiatok tkáčsky priemysel vo Veľkej Británii. Jej vplyvom sa prešlo z ručne vykonávanej práce k používaniu strojov. Ich vynález je spojený s objavením použitia pary ako pohonu pre rôzne prístroje a následne dopravné prostriedky (1784, James Watt). Tie sa prejavili napr. v doprave, vďaka vynálezu parníkov, vlakov, automobilov. Následne umožnil jednoduchšiu a spoľahlivejšiu komunikáciu vynález telegrafického prístroja. Podľa nemeckého ekonóma profesora Hoffmanna, jej výrazný vplyv bolo možno pozorovať v makroekonomických štatistikách už v roku 1780, najmä v medzinárodnom obchode³. Tento časový posun je možné odôvodniť nízkou akumuláciou kapitálu a pomerne nízkymi príjmami domácností v tej dobe. Je faktom, že väčšina nájomných roľníkov, ktorí obrábali približne 80% obrábanej plochy krajiny, si nemohla dovoliť a nemala ani motiváciu riskovať, s experimentálnymi metódami zavádzania strojov do ich zaužívaných pracovných rutín, aj keď im mohli pomôcť šetrením práce. Rovnako to platilo aj pre bohatších statkárov, ktorí pre rôzne politické alebo sociálne dôvody, či pre averziu voči riziku len veľmi pomaly zavádzali nové nápady. Avšak na konci 18-ého storočia už jasne badať prínosy industrializácie a to vo viacerých faktoroch, napr. aj v demografii. V predchádzajúcej pred-industriálnej spoločnosti totižto očakávaná dĺžka života pri narodení priemerného človeka zodpovedala škále medzi 35 až 50 rokov, avšak v nasledujúcich rokoch sa začali hranice intervalu posúvať s ročným tempom o približne 0,5 až 1% ročne.

² DEANE, Phyllis. *The first industrial revolution, 2nd edition*. Cambridge. s. 2. ISBN 0-521-29609-9

³ DEANE, Phyllis. *The first industrial revolution, 2nd edition*. Cambridge. s. 3. ISBN 0-521-29609-9

Druhá priemyselná revolúcia sa zvyčajne datuje medzi roky 1870 a 1914, aj keď jej viaceré charakteristiky možno datovať už do roku 1850⁴. Jej najväčším hnacím motorom bola kapitalistická sila ekonomík profitujúcich z prvej revolúcie akumuláciou kapitálu (približne 40% svetového bohatstva bolo centralizovaného medzi 2 krajiny : Veľká Británia vlastnila 23% a Spojené štáty americké približne 15% zo všetkého celosvetového majetku a kapitálu).⁵ Následnou mechanizáciou výroby a najmä jej štandardizáciou a špecializáciou. Súvisela ale aj s objavením komodít ak ropa a zemný plyn, najmä však so zavedením nových výrobných postupov, ktoré sa na ne viazali. Množstvo malých vynálezov, ktoré sa postupne začali objavovať na trhu, totižto požadovalo veľmi široký záber vzdelávania celej pracujúcej populácie. Robotnícka trieda sa postupne časom prispôbovala špecializáciou a zvýšenou kvalifikáciou v rámci nových profesií. Existencia viacerých veľmi úzko špecializovaných zručností vyvrcholila zavedením montážnej linky vo veľkých výrobných halách. Tento koncept predstavoval organizačnú zmenu, pri ktorej podniky nadobudli schopnosť efektívnejšie využívať svoj fyzický kapitál, ktorí nemuseli obsluhovať veľmi široko-vzdelaní špecialisti, ktorí boli drahí a v nedostatku, ale mohli zrazu najímať veľké množstvá zamestnancov, zaučiť ich k veľmi špecifickým, jednoduchým a často rutinným úkonom. Pracovníci neobsluhovali celú výrobu ale zrazu len jej malý podiel. Výroba nie len zlacnela vďaka nižším nárokom na nízko-kvalifikovanú špecializovanej prácu, ale taktiež sa veľmi zrýchlila nakoľko sa vďaka rutinnej rovnomernej prevádzke stala ľahšie plánovateľnou a momentové nedostatky bolo možné dočasne odstaviť pokračovať v práci v inej časti montáže, a následne sa vrátiť k dokončeniu predchádzajúcich úkonov.

Tretia priemyselná revolúcia mala opäť spojitosť s objavením novej komodity a jej širokého využitia. Datuje sa do druhej polovice 20-ého storočia, pričom začína približne po skončení druhej svetovej vojny a končí s približne s počiatkom dot.com éry internetových domén v 90-tych rokoch minulého storočia. Na rozdiel od prvých dvoch revolúcií, nesúvisí priamo s objavením nových komodít, ale skôr s objavením nových spôsobov využitia tých poznaných. Niekedy sa v stručnosti opisuje ako čas prechodu z analógových technológií na digitálne. Najpríznačnejšími sú vynálezy a objavy polovodičov, elektroniky, informačných

⁴ MOKYR, Joel. *The second industrial revolution, 1870-1914* [elektronický zdroj]. Evanston : Northwestern University. 1998. 15 s. Dostupné na : shorturl.at/bfDR8

⁵ HARADAH, Mohajan. *Third Industrial Revolution Bring Global Development* [elektronický zdroj]. Munich. 2021. s. 2. Dostupné na : https://mpra.ub.uni-muenchen.de/110972/1/MPPRA_paper_110972.pdf

technológií a všeobecného rozvoja v oblasti energetiky. Zlepšené komunikačné kanály, komerčné využitie počítačov a serverov, programovanie strojov a výroby, malo obrovský dopad na zefektívnenie výroby a optimalizovanie podnikateľskej činnosti tak, že sa začali tvoriť prebytky statkov v spoločnosti. Dnes ale svetová ekonomika opäť prechádza novými vplyvnými zmenami, ktoré výrazne ovplyvňujú spôsob ekonomického zmýšľania a využitie dostupných zdrojov. V istých prvkoch je podobná tretej priemyselnej revolúcií, respektíve odráža sa od jej výsledkov, nakoľko sa prejavuje s podobnými charakteristikami automatizácie procesov za použitia elektrických zariadení so softvérovým rámcom, avšak kapacita a sebestačnosť jej nových inovácií je násobne väčšia a efektívnejšia, pričom minimalizuje nutnosť dodatočných zásahov.

Štvrtá priemyselná revolúcia už ale nie je viazaná na objavenie novej komodity. Odvíja sa od nových spôsobov získavania, spracovania, analyzovania a využitia informácií, pričom využíva už známe technológie a namiesto ich nahradenia novými, sa zameriava na nájdenie ich efektívnejšieho využitia a spôsobu nastavenia pre dlhodobý úžitok pri nižšej údržbe. Odkazuje teda na súčasný trend automatizácie a výmeny dát vo výrobe a iných odvetviach, pričom cieľom je vytvárať tzv. inteligentné továrne, ktoré by sa dokázali prispôbiť meniacim sa podmienkam a prijímať rozhodnutia samy, bez potreby ľudského zásahu. Ich aplikácia pretvára továrne na inteligentné, ktoré sa v podstate stávajú autonómne⁶. Taktiež je jej cieľom zlepšiť komunikáciu a spoluprácu medzi strojmi, zariadeniami a ľuďmi, čo by viedlo k vyššej produktivite na strane kapitálu vo výrobnej funkcii, a tým pádom aj k úsporám nákladov. Preto sa nazýva aj kyberneticko-fyzicko-sociálna revolúcia, pretože dochádza k prepojovaniu kyberneticko-virtuálnych, fyzických a sociálnych systémov.⁷

⁶ POTISKOVÁ, Ingrid. Priemysel 4.0- výzvy, očakávania, dôsledky. In *Studia commercialia Bratislavesia*, [elektronický zdroj] roč. 12, č. 41, Bratislava, 2019. 10 s. Dostupné na:

https://of.euba.sk/www_write/files/veda-vyskum/scb/vydane-cisla/2019-01/scb0119-potiskova.pdf

⁷ MAŘÍK, Vladimír et al. *Průmysl 4.0 : výzva pro Českou Republiku*. Praha: Management Press, 2016, 262 s., 978-80-7261-440-0

Všeobecne možno povedať, že koncept priemyslu 4.0 pozostáva z využitia viacerých objavujúcich sa kľúčových technológií a metód narábania s informáciami, ktoré postupne pozorujeme na trhu. Avšak medzi tie najvplyvnejšie možno zaradiť:

1. Internet of things (IoT),
2. Cyber-Physical Systems (CPS),
3. Cloud computing,
4. Artificial intelligence,
5. Additive manufacturing (3D printing),
6. Advanced robotics,
7. Advanced Human-Machine Interface.

1.1 Prvky priemyslu 4.0, ich použitie, údaje o trhu a potenciál

1.1.1 Internet of things IoT (Internet vecí)

Koncept „Internetu vecí“ predstavuje zložitú dynamickú komunikačnú sieť, poskytujúcu vzájomnú prepojenosť zariadení, strojov a senzorov, ktoré môžu medzi sebou zdieľať a interpretovať dáta.⁸ Takáto komunikačná infraštruktúra s priamym dosahom na výrobný kapitál podniku umožňuje okamžité monitorovanie a kontrolu takýchto procesov v reálnom čase. Zároveň je takáto schéma schopná nie len prijímať informácie zo zariadení, ale vďaka ich vzájomnej „inteligentnej“ prepojenosti je schopná ich aj interpretovať a prijímať rozhodnutia pre koordináciu týchto zariadení. Teda v prípade, že sa vyskytnú komplikácie s jednotlivými časťami výrobného procesu, je možné bez potreby zapojenia ľudského faktoru, ktorý by analyzoval situáciu a rozhodol o riešení podľa vlastnej znalosti, takúto časť procesu automatizovať a nechať ju riadiť centrálnym systémom. Ten dokáže prijať efektívnejšie riešenia vďaka zväženiu všetkých ostatných dostupných informácií. To mu umožňuje schopnosť bez prestávky optimalizovať spotrebu energie a zdrojov podniku, s ohľadom na ich zásoby alebo finančnú náročnosť použitia, v pomere k potenciálnemu výstupu a úžitku, ktoré z nich je možné získať ideálnym použitím. Prípadne systém môže poruchy ignorovať až pokiaľ sa logisticky neumiestnia vhodnejšie zdroje do jej priestoru a spotrebuje sa tak menej energie na takúto opravu. Takúto komplexnú analýzu ľudský

⁸ PERERA, C – LIU, C. H. – JAVAWARDENA S. The emerging Internet of Things Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey In : *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, [elektronický zdroj] Piscataway : IEEE , Dec 2015, vol 3, č. 4, s. 585-598. Dostupné na : [10.1109/TETC.2015.2390034](https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2390034)

zamestnanec nedokáže uskutočniť kvôli nedostatku kontroly nad dostupnými informáciami a taktiež zrejme kvôli nižšej výpočtovej kapacite v ohľade repetitívnych úkonov (treba podotknúť, že takýto systém má väčší prínos na montážnej linke ako napr. v činnosti, ktorá vyžaduje kreativitu a iné ľudské kvality).

No takéto systémy by tiež mali byť schopné samé nájsť dáta o údržbe a potenciálnych problémoch systému a poskytnúť diagnostiku tímu údržby, ktorý by bol na ceste opraviť vzniknutý problém. Za posledných 10 rokov pozorujeme veľa riešení pod aktovkou IoT, ako na úrovni veľkých korporáčnych spoločností, tak postupne aj na úrovni malých a stredných podnikov.⁹ Na základe aplikačnej domény klasifikujeme tieto riešenia do 5 kategórií:

- Inteligentné nositeľné – meranie pracovného výkonu a lokalizácia
- Inteligentný dom - spotrebiteľský trh (pohodlie) a zdravotníctvo (opatera)
- Inteligentné miesto – riadenie dopravy, aktivity a zdrojov na mieste
- Inteligentné prostredie – riadenie kvality ovzdušia a klímy, nástroje sledovania nebezpečných situácií a pomoc pri evakuácii podľa aktuálnych dát
- Inteligentný podnik – potenciál čisto autonómnej továrne optimalizujúcej dostupné zdroje a žiadané výstupy

Sharma, Bhargava a Singhal v roku 2020 uvádzajú, že aktuálne je možné zásobu technológií „IoT“ rozdeliť do 3 vrstiev, ktoré tvoria vzájomný ekosystém. Avšak, je možné, že sa ich počet v budúcnosti zvýši.¹⁰ Za 3 základné vrstvy považujú:

- Vrstva IoT zariadení – počiatočná vrstva, u ktorej je kľúčová presnosť zachytávania informácií a inteligentného ohodnotenia aktuálnej situácie za užívania vysoko-kvalitných vodičov, senzorov a prepojenia ich zariadení
- Vrstva IoT brán – ktoré tvoria akýsi prechodný most pre presun dát medzi jednotlivými vrstvami IoT. Kľúčová je inteligentná alokácia informácií v správnom a použiteľnom formáte, ktorý je možné analyzovať a pomocou

⁹ PERERA, C – LIU, C. H. – JAVAWARDENA S. The emerging Internet of Things Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey In : *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, [elektronický zdroj] Piscataway : online. Dec 2015, vol 3, č. 4, s. 585-598. Dostupné na : [10.1109/TETC.2015.2390034](https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2390034)

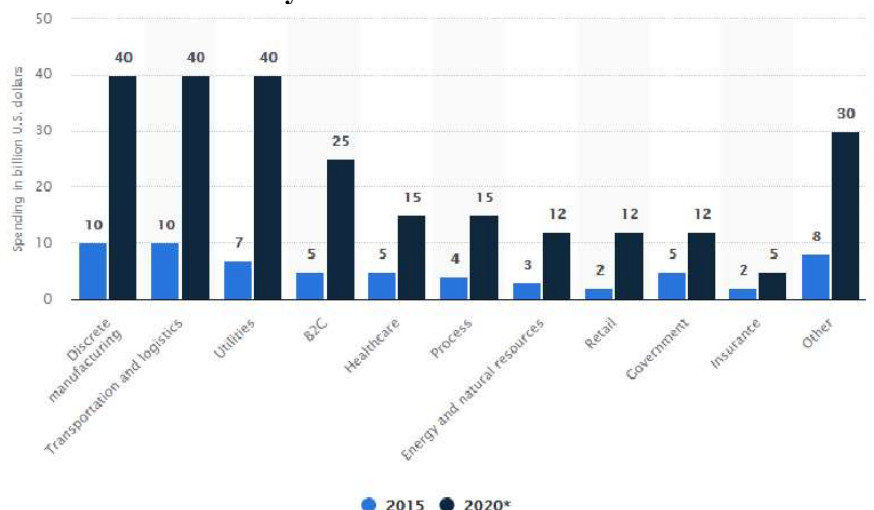
¹⁰ SHARMA, D. K. – BHARGAVA, S. – SINGHAL, K. Internet of Things applications in the pharmaceutical industry. In: *An Industrial IoT Approach for Pharmaceutical Industry Growth*. New Delhi : Academic Press, 2020. s. 153-190. 978-01-2821-327-8

repetitívnych prvkov porovnávať a následne automaticky riadiť. Táto vrstva vyžaduje zároveň vysokú úroveň zabezpečenia pred odcudzením informácií alebo metodologických postupov ich vyhodnocovania a následných krokov.

- Vrstva IoT platformy- respektíve ide o riadiace centrum celého systému, ktoré zabezpečuje funkčnosť celého systému. Ideálne uložené fyzicky na bezpečnom mieste, ktoré komunikuje so zvyškom schémy len diaľkovo cez internet a prostredníctvom bezpečných brán pre tok informácií. Ako jediná vrstva by mala užívať ľudský faktor pre finálnu kontrolu nad výrobou.

Trhová hodnota IoT sa v roku 2021 na základe dát z roku 2019 odhadovala na približnú hodnotu 388 miliárd \$, pričom sa do roku 2030 očakáva nárast o dodatočný 1 trilión \$, pričom by tento trh v spotrebiteľskom sektore generovať až 476 miliárd \$ tržieb do roku 2030(Statista, 2021). V oblasti výdavkov táto analýza sledovala rozpätie rokov 2015 až 2020, pričom priemerné výdavky vzrástli o 303% v danom období. Najväčší percentuálny nárast bolo možné pozorovať v maloobchode (z 2 miliárd \$ na 12 miliárd \$).

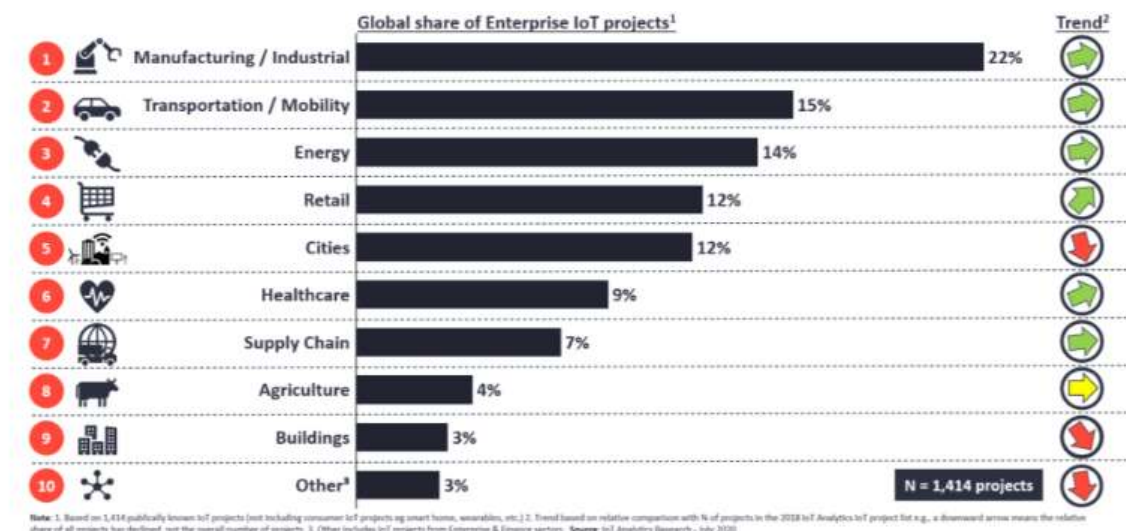
Graf č.1: Investičné náklady do IoT medzi rokmi 2015 a 2020 v miliardách \$



Zdroj: „Internet of Things and Its Use in Business Entities of the World“

Táto analýza sledovala vzorku 1414 IoT projektov a ich implementáciu naprieč viacerými odvetviami. Na základe údajov o ich aplikácií v rámci jednotlivých podnikov a ich činnosti následne poskytla nasledujúce grafické vyjadrenie ich relatívnej početnosti:

Obrázok č.1: Oblasti aplikácií IoT v roku 2020 podľa IoT Analytics



Zdroj: „Internet of Things and Its Use in Business Entities of the World“

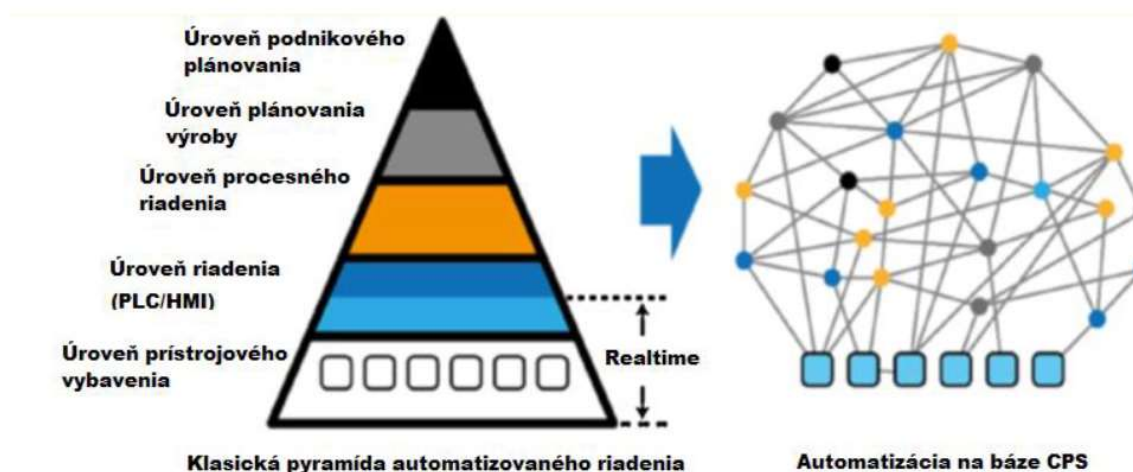
1.1.2 Cyber-Physical Systems CPS (Kyberneticko-fyzické systémy)

V predchádzajúcej časti sme si spomenuli koncept IoT a jeho prvú vrstvu IoT zariadení, bez ktorej by jeho splnenie nebolo možné. Tú je potrebné zabezpečiť takým fyzickým kapitálom, ktorý by bol schopný naplniť jej jednotlivé funkcie. Jednou zo špecifických foriem takeého kapitálu je CPS. Kyberneticko-fyzikálny systém je taký systém, ktorý prepája fyzické objekty a procesy s virtuálnymi objektami a procesmi cez informačnú sieť, ktorá je buď lokálna alebo globálna¹¹. Sú to teda systémy, ktoré kombinujú navzájom prepojené počítačové jednotky, ktoré sú spojené s ostatným fyzickými časťami výroby a jej prebiehajúcimi procesmi, pričom o nich zhromažďujú virtuálne dáta s vysokou presnosťou a schopnosťou ich spracovať a presúvať.

¹¹ ŠEMINSKÝ, Jaroslav. Kyberneticko-fyzikálne systémy vo výrobe. In: *Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch "2018"*. Košice, 2018. online. vol 21, 2. s. Dostupné na : http://www.sjf.tuke.sk/umpadi/taipvpp/2018/index.files/25_Seminsky_Kyberneticko_fyzikalne%20systemy%20vo%20vyrobe.pdf

Takáto schopnosť umožňuje výraznú kontrolu nad produkčnými aktivitami. Za fyzické objekty môžeme považovať všetky rôzne inteligentné zariadenia, výrobné roboty a mašinériu, ktoré sú vzájomne prepojené cez IoT a majú schopnosť zaznamenávať informácie pomocou senzorov a následne majú softvérové rozhranie pre spracovanie a zdieľanie týchto informácií. Roboty CPS dokážu v istej miere autonómne ovládať vlastnú časť prevádzky, pričom sú schopné prispôbiť svoju aktivitu centrálnym pokynom z riadiaceho softvéru. Teda takýto robot sa vie naučiť sledovať procesy a pohyblivé zložky výroby, pričom je na ňu v reálnom čase schopný aj fyzicky reagovať a upraviť procesy vo výrobe tak, aby sa optimalizovala výroba novým požiadavkám. To sa prejavuje v zmene štandardnej organizačnej štruktúry výroby:

Obrázok č. 2: Transformácia klasického riadenia výrobných procesov zhora-nadol k distribuovanej organizačnej štruktúre na báze CPS zariadení v IoT schéme



Zdroj: Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch „2018“, roč. 21

Základné princípy takejto architektúry sa v rámci výroby sústreďujú na:¹²

- dodanie vzájomne prepojených a kanálových systémov pre efektívnu prácu,
- konvertovanie súboru pracovných údajov pre nejaký plodný výsledok,
- kybernetickú bezpečnostnú úroveň,
- konfiguračnú úroveň.

¹²NEAL, Aaron et al. : *A Cyber-Physical Intelligent Container for Industry 4.0 manufacturing*. [elektronický zdroj.] Vol. 52, part A. Loughborough. 2019. online. s. 63-75, ISSN: 0278-6125, Dostupné na : <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.04.011>

Po naplnení týchto funkcií je možné vytvoriť model predpokladaného vývoja CPS:

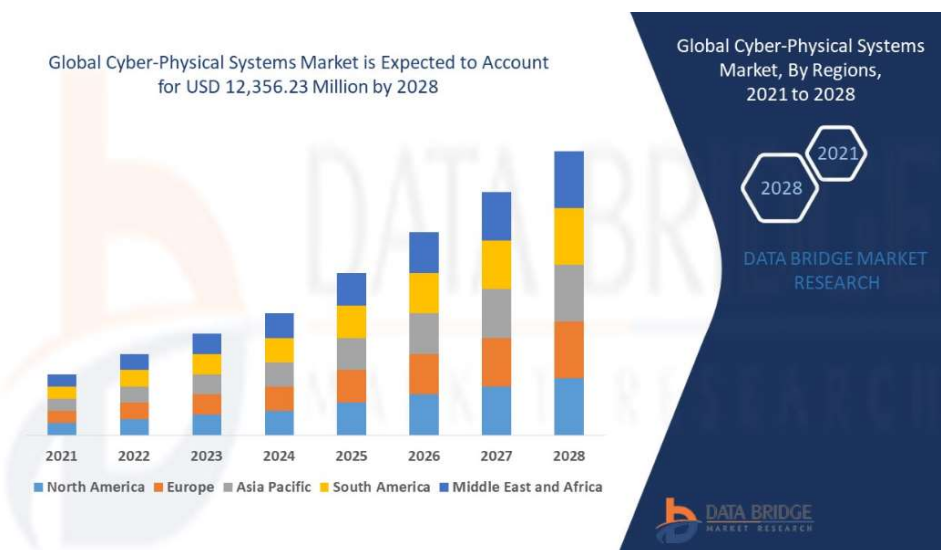
Tabuľka č. 1 : Model predpokladaného vývoja CPS

Úroveň spracovania dát		Nový stav
5	Samo-organizácia	Vzájomná interakcia CPS
4	Zvýšenie úrovne rozhodovania	Prepojenie informácií
3	Zvýšenie úrovne spracovania informácie	Spracovanie informácie
2	Vytváranie transparentnosti	Generovanie informácie
1	Základná	Všeobecné technické podmienky

Zdroj: Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch „2018“, roč. 21

Trhová hodnota CPS je dnes ohodnotená na úrovni 12,4 miliardy \$, pričom sa očakáva postupný rast o 10,5% ročne do roku 2028¹³.

Obrázok č. 3 : Očakávaný rast trhovej hodnoty CPS



Zdroj: [grandviewresearch.com](https://www.grandviewresearch.com), 2022

¹³JAVAID, Mohd, et al. *Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability*. [elektronický zdroj.] New Delhi. 2022. Online, s. 203-217. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008>

1.1.3 Cloud computing (Cloudová výpočtová technika)

V predchádzajúcich deleniach prvkov priemyslu 4.0 sme spomenuli kľúčový koncept IoT a nevyhnutnú požiadavku inteligentných zariadení CPS, ktoré by boli schopné prepojiť fyzický kapitál výrobných procesov s virtuálnym riadiacim centrom podniku. Pre 4. priemyselnú revolúciu vo výrobe je však príznačné používanie spomenutej virtuálnej stránky riadenia, ktoré spracúva nesmierne množstvo konštantne zaznamenávaných, archivovaných, analyzovaných a používaných dát, ktoré si vyžaduje istú mieru výpočtovej kapacity. Nakoľko sme si naznačili, že sa značne decentralizuje organizačná štruktúra výroby, dalo by sa očakávať, že každá výrobná jednotka bude za vlastné dáta a s nimi spojenými aktivitami zodpovedná sama. Takéto rozhodnutie by však bolo nákladovo a materiálne neefektívne. Pozorujeme vznik novej technológie, alebo skôr metodiky využívania známych technológií, využívanie cloudu a outsourcingu výpočtovej kapacity. To umožňuje ukladanie, spracovanie a analýzu veľkého množstva údajov na vzdialenom mieste, ktoré je prispôsobené kapacitou a rozhraním pre pokročilé analýzy a algoritmy strojového učenia sa na optimalizáciu výrobných procesov a rozhodovanie v reálnom čase, pričom sa do zariadenia priamo na mieste premietnu len finálne výstupy rozhodovania. Konkrétne cloud computing teda predstavuje poskytovanie počítačových služieb vrátane serverov, úložísk, databáz, sietí, softvéru, analýzy a umelej inteligencie prostredníctvom dostupného vzdialeného miesta prepojeného cez internet (cloud). Cieľom je poskytnúť službu zo špecializovaného miesta, kvalita ktorej môže byť niekoľko-násobne vyššia ako v každom individuálnom zariadení, ktoré tieto informácie prijíma. Outsourcuje teda „ťažkú robotu“ a zariadenia, ktoré jej výhody prijímajú, fungujú len ako ich premietacie a môžu sa špecializovať na vlastnú činnosť.

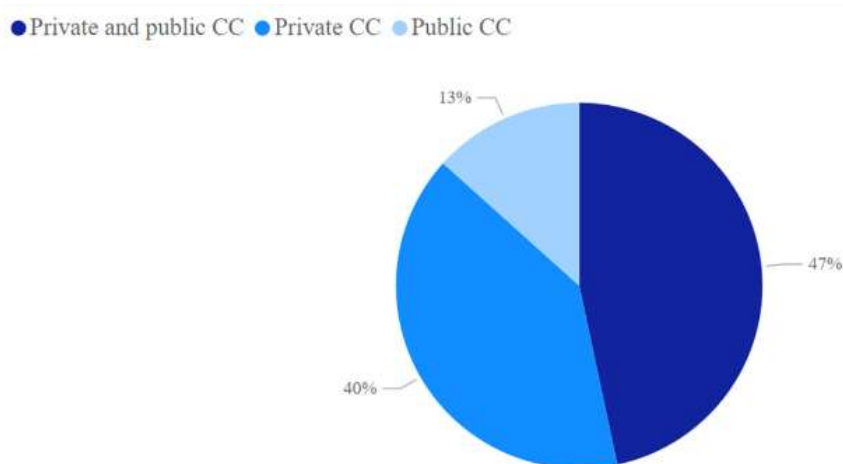
Firdhouse, Ghazali a Hassan (2012) cloudovú technológiu definujú ako systémový softvér a aplikácie dodané ako služby cez internet, pričom ich architektúra sa skladá z fyzického hardvéru, virtuálneho hardvéru a cloudových vrstiev obchodovania, ktoré reprezentujú jeho tri hlavné kategórie:¹⁴

¹⁴FIRDHOUS, Mohamed – GHAZALI, Osman – HASSAN, Suhaidi. *A memoryless trust computing mechanism for cloud computing*. Berlin: NDT. 2012. 293 s. ISBN 978-3-642-30506-1

- Infraštruktúra ako služba (IaaS)
- Platforma ako služba (PaaS)
- Softvér ako služba (SaaS)

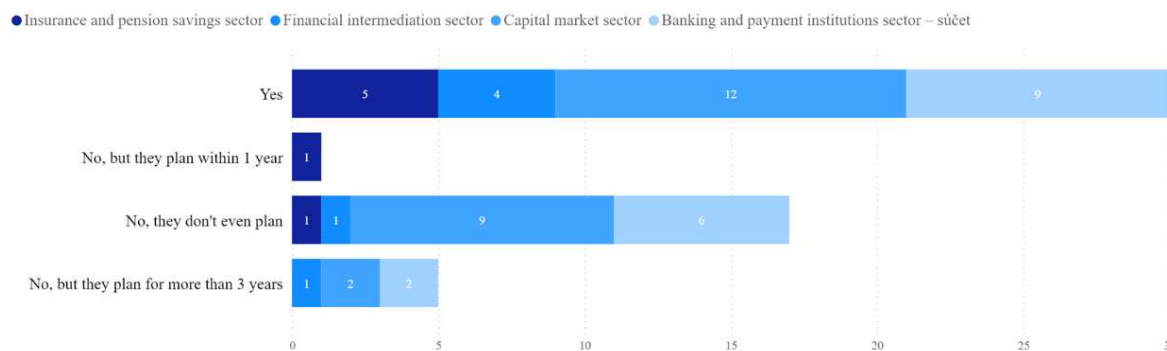
Je to model, ktorý umožňuje všadeprítomný a pohodlný sieťový prístup na požiadanie k zdieľanej sade konfigurovateľných výpočtových zdrojov, ktoré možno zabezpečiť a uvoľniť s minimálnym úsilím správy alebo poskytovateľa služieb¹⁵.

Graf č. 2: Používanie rôznych druhov Cloud Computing na Slovensku v roku 2021



Zdroj: Cloud Computing as Digital Technology- Definition, Models and Use in Enterprises

Graf č. 3: Používanie Cloud Computing na Slovensku rozdelené podľa plánov jednotlivých finančných inštitúcií zahrnutých do prieskumu NBS v roku 2020



Zdroj: Cloud Computing as Digital Technology- Definition, Models and Use in Enterprises

¹⁵ GUPTA, S. – MOTLAGH, M. – RHYNER,, J. *The Digitalization Sustainability Matrix: A Participatory Research Tool for Investigating Digitainability*, [elektronický zdroj.] Bonn. 2020. online, s 12-21.

Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/su12219283>

1.1.4 Artificial intelligence (Umelá inteligencia)

Umelú inteligenciu v stručnosti možno definovať ako sadu výpočtových technológií, ktoré sa snažia rozšíriť a presiahnuť ľudskú inteligenciu. Prípadne je možné o nej uvažovať ako o takej technológii, pri ktorej používanie vytvorenej umelej inteligencie (jej softvéru ale aj hardvéru) je využité pre tvorbu takých inteligentných strojov, ktoré môžu vykonávať alebo tvoriť rozhodnutia, ktoré zvyčajne vyžadujú organickú inteligenciu¹⁶. Každopádne jej cieľom, ako produktu, je istým spôsobom opakovať ľudské správanie v špecifických prípadoch, s cieľom dosiahnutia takých výsledkov, aké by volil človek. Vo všeobecnosti dnešná aplikácia umelej inteligencie zahŕňa technológie ako strojové učenie, spracovanie prirodzeného jazyka a počítačové videnie, ktoré sa používajú na analýzu údajov a predpovede alebo rozhodnutia. V praxi sa jedná najmä o pokročilú analýzu dát, alebo o tvorenie neurónových sietí v softvérovom rozhraní.

Nakoľko je cieľom umelej inteligencie nahradenie človeka v istých aktivitách, existujú tu isté riziká v oblasti zodpovednosti za jej konanie a v oblasti kontroly jej aktivity, rovnako ako sa prináleží človeku. Vzhľadom na transformačné výhody AI popri jej rizikách sa dostáva do popredia aj politických celkov a ekonomického plánovania jednotlivých krajín. Mnohé z nich už vypracovali stratégie pre AI, v ktorých je považovaná za motor rastu a blahobytu. Ich cieľom je vzdelávania a nábor novej generácie výskumníkov, ktoré budú môcť zvažovať a korigovať jej výhody v spojitosti s minimálnymi rizikami. Medzi vplyvné zainteresované strany napr. patrí G7, G20, OECD, Európska komisia alebo aj Organizácia Spojených Národov. Tie vydávajú rôzne stanoviská a plánovania v jej ohľade, napr. „Zásady umelej inteligencie“ OECD z roku 2019, ktoré predstavujú prvé definovanie medzinárodných štandardov pre AI.¹⁷

Potenciál takejto technológie sa odráža na predikcii veľkosti jej trhu. Aktuálne sa odhaduje na približnú hodnotu 196 miliárd \$, avšak do roku 2030 sa očakáva nárast o 37,3% ročne, pričom čisté príjmy v roku 2030 sú odhadované na 1,8 trilióna \$ (Statista).

¹⁶ GUPTA, S. – MOTLAGH, M. – RHYNER, J. *The Digitalization Sustainability Matrix: A Participatory Research Tool for Investigating Digitainability*, . [elektronický zdroj.] Bonn. 2020. online, s 12-21. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/su12219283>

¹⁷ *Artificial Intelligence in Society*. Paris: OECD, 2019, 148 s. ISBN 978-92-64-58254-5.

1.1.5 Additive manufacturing (Dodatková výroba - 3D tlačiarne)

Dodatková, alebo aditívna, výroba predstavuje proces, pri ktorom sú objekty postavené postupným vrstvením hmoty, na rozdiel od štandardného zlievania, spájania, alebo inej úpravy materiálov. Počiatok vzniku aditívnej výroby možno datovať do 19. storočia, keď sa táto technika začala využívať pre replikáciu vzorov topografického reliéfu na mapách, pričom sa dovtedy známe 2D mapy pokúšali pomocou vrstvenia materiálov opakovat' 3D obraz z ozajstného sveta. Tiež jej počiatky možno pozorovať v rovnakom období v oblasti foto-sochárstva, ktorého snahou bolo vytvoriť trojrozmerné modely akéhokoľvek objektu.¹⁸ Pokrokom doby sa tieto techniky začali prejavovať v iných disciplínach. Modernú verziu možno datovať do neskorých 60-tych rokov minulého storočia, k použitiu laserov pre tvorenie pevných objektov z polymérov¹⁹. V roku 1987 sa začalo jej prvé komerčné používanie. Od tejto doby jej vývoj závisel od tempa výskumu zopár firiem, ktoré vytvorili malý oligopol.²⁰ Ten bol obmedzovaný vysokou cenou prístrojov, ktorá siahala až po 500 000\$ za model, ktoré však stále disponovali len prototypovými možnosťami. To presahovalo schopnosť dopytu spotrebiteľských domácností²¹. V dnešnej dobe sa 3D tlačiarne dostali na vyššiu úroveň, pri ktorej sú schopné použiť rôzne techniky a predmety z viacerých kombinácií materiálov, napr. z plastu, skla, kovu, keramiky, či za použitia kvapalín, práškov a listov. Postupné rozšírenie konkurencie viedlo k vyššej inovatívnosti a znižovaniu cenovej politiky, vďaka čomu sa dokázali rozšíriť aj na bežný spotrebiteľský trh. V súčasnosti sa cena najlacnejšej 3D tlačiarne na trhu začína na 200\$, pričom len špičkové tovary stoja zopár tisíc \$.

¹⁸ BOURELL, David et al. A Brief History of Additive Manufacturing and the 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead. In. *US – TURKEY Workshop On Rapid Technologies*. [elektronický zdroj]. Texas. 2019. online. S. 24-25. Dostupné na:

<http://www.turkcadcam.net/haber/2009/rapidtech-workshop/presentations/Presentation04.pdf>

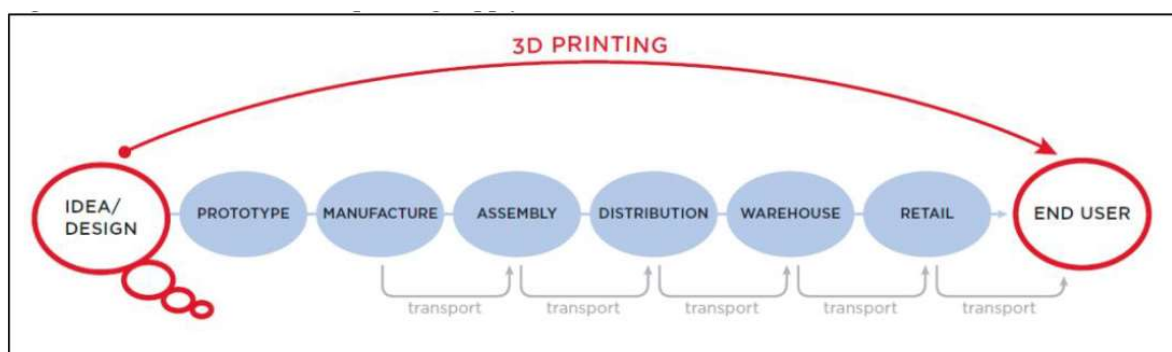
¹⁹ BABAK, Kianan. *Wohlers reports 2016*. Fort Collins: Wohlers Associates. 2016. 335 s. ISBN: 978-0-9913332-2-6

²⁰ ŠVARDOVÁ, Viktória. The Impacts of Additive Manufacturing on Supply Chains. *Economic and Social Policy: Proceedings of the International Scientific Conference, September 4-6, 2018, Čeladná, Czech Republic*. Ostrava: Vysoká škola sociálně správní, 2018, 375-384. ISSN 2571-1776

²¹ LAPLUME, Andre, et al. Global Value Chains from a 3D Printing Perspective. In. *Journal of International Business Studies* 47. [elektronický zdroj]. Michigan. 2017. online. s. 595-609. Dostupné na: <https://doi.org/10.1057/jibs.2015.47>

Prínosov takejto technológie je viacero. V rámci podnikateľského sektora môže ísť o extrémne zníženie závislosti na dodávateľských vzťahoch na trhu. To sa najmä týka podnikov s činnosťou, ktorá vyžaduje kreáciu neštandardných dielov alebo statkov, ktoré nie je ľahké nájsť na trhu. Schéma nižšie naznačuje, ako v prípade samo-výroby pomocou 3D tlačiarňí, do ktorej treba investovať len do kapacity tvoriť si vlastné idey a dizajny, a zamestnať ľudské zdroje, ktoré by boli kvalifikované na ich obsluhu, by podnik dokázal odstrániť viacero dodatočných a finančne náročných krokov v obstarávaní inputov.

Obrázok č. 4: Schéma tradičného obstarávania v rámci dodávateľských vzťahov verzus potenciálne skrátenie schémy v prípade použitia 3D tlačiarňí



Zdroj: The Impacts of Additive Manufacturing on Supply Chains

Vyradenie prebytočných krokov z takejto schémy sa prejaví aj v cenovom ohodnotení obstarávania, respektíve samo-výroby týchto produktov. Dodatočne sa z neho odstránia aj marketingové stratégie a cenové politiky dodávateľov, ktoré môžu dodávateľskú cenu ešte viac navýšiť. Pre znázornenie potenciálnych úspor uvádzame nasledujúcu tabuľku vychádzajúcu z porovnania v roku 2016.

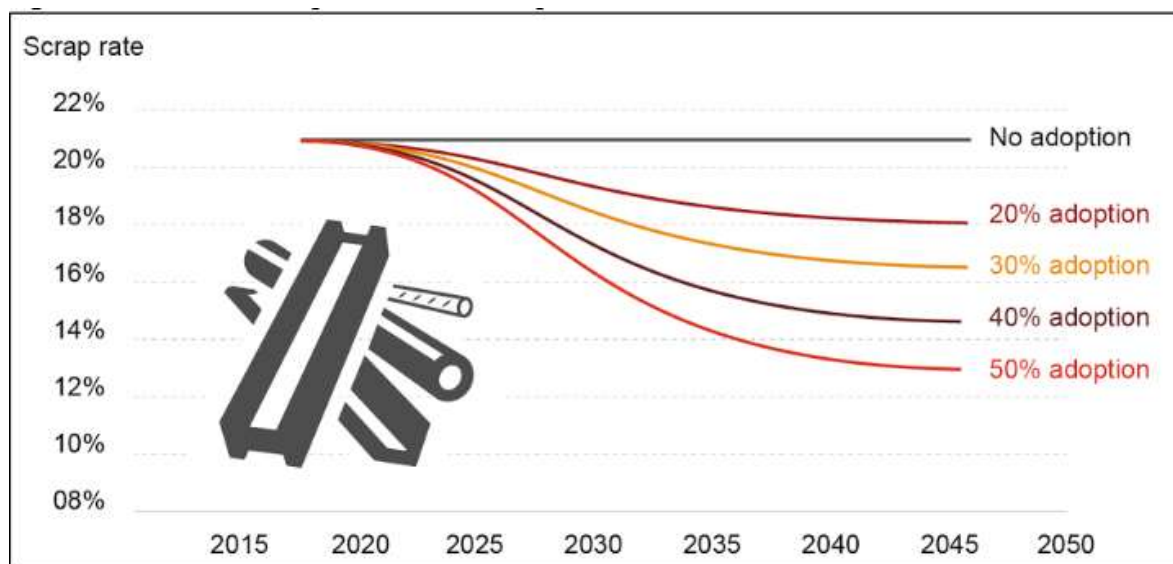
Tabuľka č. 2: Cenové rozdiely v dodaní alebo samo-produkcií vybraných vecí

Items	Retail Price Range	Cost to 3D Print
Shower Head	\$7,87 – \$437,22	\$2,53
Jewelry Organizer	\$9,00 - \$104,48	\$0,70
iPad Stand	\$82,84 - \$812,85	\$10,69

Zdroj: DHL Trend Research

Výhodou prechodu na samo-výrobu pomocou 3D tlačiarňí môže byť aj zníženie odpadu a negatívneho vplyvu na životné prostredie, ktoré si v dnešnej dobe kladie do cieľov „ESG“ (Environmental, social and governance) stále viac veľkých podnikov, pre zvýšenie kvality verejnej mienky o nich. Na nasledujúcom grafe naznačujeme výsledky analýzy spoločnosti PwC z roku 2017, podľa ktorej prechod na aditívnu výrobu umožňuje v stredno-dlhom až dlhom období znížiť produkciu odpadov vo veľkej miere, ktorej výška je ovplyvnená rozsahom adopcie 3D tlačiarňí v substitúcii dodávateľov.

Graf č. 4: Zníženie produkcie odpadových materiálov vďaka prechodu na 3D tlač

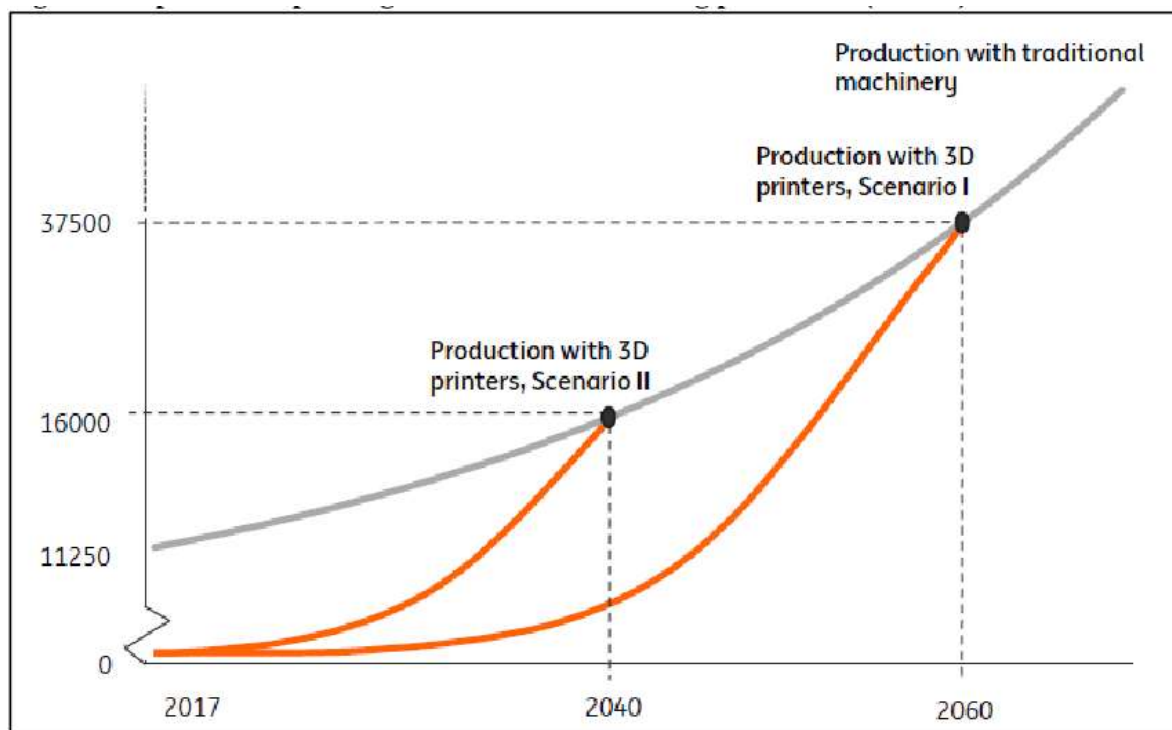


Zdroj: PwC (2017)

Podľa štúdie OECD z roku 2017 najväčšie environmentálne vplyvy pochádzajú z energie vynaloženej pri tlači a materiálu, ktorý sa v tej chvíli použil. Tie však závisia od typu tlačiarne, geometrických vlastností tvorených dielov, od miery využitia stroja, nastavenia tlače a vstupných materiálov. Preto síce je pravda, že aditívna výroba produkuje diely s menším dopadom na životné prostredie ako celý cyklus obstarávania, no v istých prípadoch môžu existovať výnimky, kedy by bolo lepšie centralizovať produkciu istých produktov a minimalizovať individuálnu 3D tlač.

Na základe analýzy spoločnosti ING z roku 2017, bola ročná miera rastu investícií do 3D tlačiarňí v predchádzajúcich 5 rokoch až 29%, pričom do tradičných nástrojoch len 9,7% (ING, 2017). To naznačuje, že význam 3D tlačiarňí vo výrobe vo svete napreduje rýchlejšie ako tradičné metódy. Na základe týchto údajov vytvorili štúdiu, v ktorej predikovali 2 scenáre vplyvu aditívnych technológií na svetovú výrobnú produkciu, ktoré znázorňujeme na grafe uvedenom nižšie.

Graf č. 5: Vplyv 3D tlačiarňí na svetovú výrobnú produkciu v miliardách \$



Zdroj: ING Economic and Financial Analysis (2017)

V prvom scenári sa uvažuje s pozorovaním priemerným 19% nárastom medziročným rastom investícií do technológie. V takom prípade by sa pomer technológie rovnal tradičným metódam (ich kapitálu) už v roku 2060. V druhom scenári však očakávajú potenciálne zrýchlenie miery investícií, podmienené tvorbou príjmov z užívania technológie, ktoré by sa reinvestovali do podnikov do rovnakej technológie vo väčšej miere. V takom prípade očakávajú vyrovnanie už v roku 2040.

1.1.6 Advanced robotics (Pokročilá robotika)

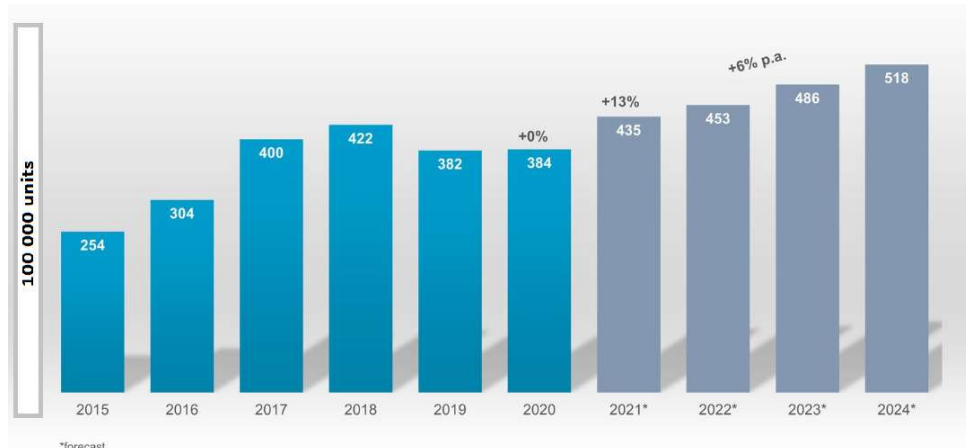
Pokročilá robotika sa zo stránky fyzického kapitálu značne podobá CPS z druhej časti delenia prvkov priemyslu 4.0. Avšak na rozdiel od nej, síce je spojená s virtuálnou časťou IoT, týka sa skôr zdokonaľovania fyzickej kvality kapitálu a jeho schopností narábať s okolitým prostredím, materiálmi a inými strojmi. Takéto pokročilé roboty často označujeme pojmom cobot-y, pričom sa toto slovo zachlára na slovách collaboration (z anglického slova pre spoluprácu) a robot. Kooperatívny robot je mechanické zariadenie v montážnych bunkách (hybridná montáž), ktoré manipuluje s predmetmi v priamej spolupráci s ľuďmi. Pomáha pri zložitých úlohách, ktoré sa nedajú plne automatizovať. Môžu napríklad dodávať komponenty pracovníkom, ktorí vykonávajú presnejšie činnosti súvisiace s montážou. Očakávanými výhodami používania cobotov sú zvýšená produktivita a lepšie podmienky na pracovisku z hľadiska ergonómie a bezpečnosti. V súčasnosti ich označujeme aj pojmom ergonomické kooperatívne roboty z dôvodu aplikovania ergonomických princípov na ich konštrukciu. Takéto zmeny v dizajne zabezpečujú to, že pri fyzickej interakcii s človekom nemôže dôjsť k žiadnemu ublíženiu na zdraví obsluhujúceho zamestnanca, a zároveň ani k poškodeniu robota. Existuje niekoľko spôsobov ako vytvoriť takéto coboty²²:

- Zmena konštrukčných prvkov – zaoblenie hrán, spojov, odstránenie priestorov ktoré sú rizikové voči zdraviu človeka, úprava upínacích bodov
- Kompenzácia gravitácie – servomotory uľahčujúce pohyb ramien robotov, umožňujúce fyzickú prácu odzrkadľujúcu prácu ľudských rúk, ktoré môžu nahradiť fyzický výkon človeka pri daných úkonoch
- Bezkontaktné ovládanie – robot sledujúci pohyb človeka môže podnikat' nadbytočné pohyby a kroky k cieľu, ktorý vie naplniť efektívnejšie v prípade bezdotykového ovládania na pokyn (napr. gestami k cieľenej akcii)

²² HERČKO, J. - FUSKO, M. - KOTOROVÁ SLUŠNÁ, L.: Concept of the Factories of the Future in Slovak industrial companies. In: *Mobility IoT 2018 – 5th EAI International Conference on Smart Cities within SmartCity360° Summit*, November 21-23, 2018 Guimarães, ISBN : 978-30-3030-337-2

V reporte Inštitúcie pre svetovú robotiku z roku 2021 sa opisuje skutočnosť, že je na svete aktuálne zapojených viac ako 3 milióny takýchto robotov. Predaj robotov nepoklesol ani kvôli vtedy aktuálne prebiehajúcej korona-kríze a na základe predpovedí modelu by ich počet mal stúpať minimálne o 6% ročne s výnimkou 2-násobného nárastu v roku 2021 po dočasnej reštrikcii dopytu z roku 2020, čo môžeme sledovať na grafe nižšie:

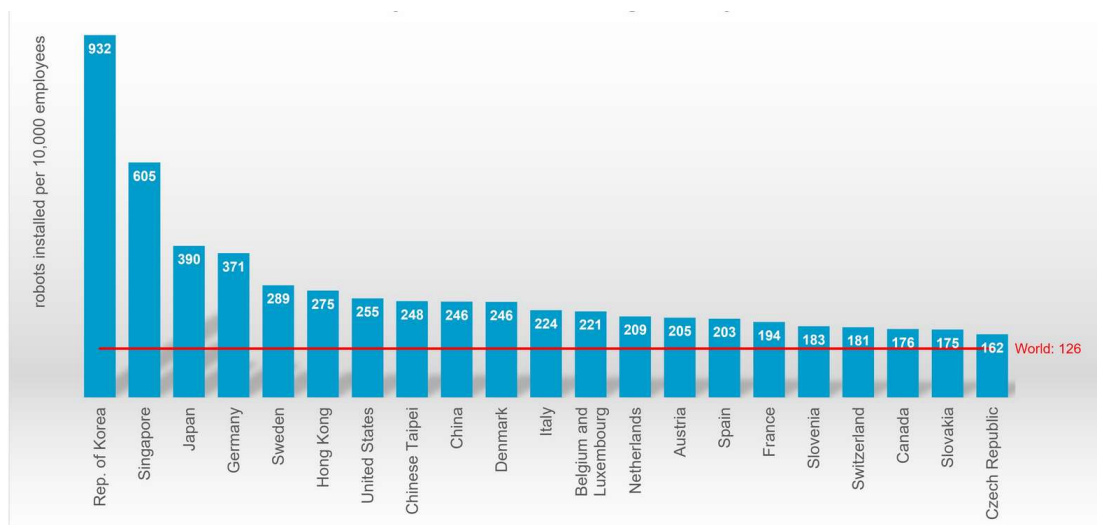
Graf č. 6 : Počet ročne nainštalovaných robotov medzi rokmi 2015-2020 a predpoveď



Zdroj: *World Robotics 2021*

Nakoľko tieto roboty majú byť určené na pomoc zamestnancom, je užitočné si porovnať pomer ich inštalácie k počtu zamestnancov v daných podnikoch:

Graf č. 7 : Počet inštalovaných robotov na 10 000 zamestnancov podľa krajiny



Zdroj: *World Robotics 2021*

1.1.7 Advanced Human-Machine Interface (Ľudsko-strojové rozhranie)

Ľudsko-strojové rozhranie poskytuje priamu spojitosť medzi ľuďmi a strojmi, za použitia senzorov a prvkov sprostredkovania informácií.²³ Vzťahuje sa na spôsoby interakcie ľudí a strojov vrátane dotykových obrazoviek, virtuálnej reality (VR) a rozšírenej reality (AR, z anglického augmented reality). Umožňujú ľuďom jednoduchšie narábanie s prístrojmi a vizuálne predstavovanie si dôsledkov rozhodnutí a činov. VR, je taká realita, v ktorej človek sleduje zjednodušené povedané počítačom vygenerovaný trojrozmerný obraz, v mnohých prípadoch ešte so zvukom.²⁴ Oproti nej vieme ešte rozlíšiť AR, ktorá predstavuje pomocou počítača rozšírenú skutočnosť o ďalšie informácie v reálnom čase. Dá sa povedať, že ide o rozhranie medzi reálnym a digitálnym svetom²⁵. Obidve majú potenciál v rôznych sférach ekonomického života. AR napríklad v návrhárskom priemysle umožňuje pracovníkom vidieť finálne dizajny ešte pred ich fyzickým vytvorením, resp. ich upraviť pred tým ako budú vytvorené v neoptimálnej forme. Alebo v maloobchodnom predaji, napr. pri výbere dizajnového nábytku, pričom AR vytvorí dojem jeho umiestnenia v domácnosti bez fyzického presunu. Škála potenciálneho použitia je ale oveľa menšia, aj keď sa zatiaľ neuviedla do praxe. VR na druhú stranu umožňuje ľuďom vstúpiť do simulovaného prostredia, v ktorom by sa mohli naučiť reagovať na kritické scenáre bez reálneho rizika, ktorým budú príznačné, avšak pri jeho stálom vnímaní. V bežnej praxi možno sledovať aplikáciu skôr AR. Napríklad v automobilových montážnych dielňach sa používa pri práci tak, že umožňuje pracovníkom zobrazenie komponentov, ktoré sú uložené na nedostupných alebo ťažko viditeľných miestach, v skutočnej mierke na ich budúcom mieste aplikácie.²⁶

²³ KIM, Ky. – SUH, Y. - KO, S. *Smart Stretchable Electronics for Advanced Human–Machine Interface*, [elektronický zdroj] 2020, online. Dostupné na: <https://doi.org/10.1002/aisy.202000157>

²⁴ MEIXNER, G. – SCHAFFER, P. Anwendungsfälle und Stand der Technik In *Elektroniknet* [elektronický zdroj]. 2019. online. Dostupné na: <https://www.elektroniknet.de/automotive/elektromobilitaet/anwendungsfaelle-und-stand-der-technik.144681.html>

²⁵ VOGEL, L. VR und AR als zuverlässige Helfer in der Industrie 4.0 In *Industry of Things*. [elektronický zdroj]. 2017. online. Dostupné na : <https://www.industry-of-things.de/vr-und-ar-als-zuverlaessige-helfer-in-der-industrie-40-a-600332/>

²⁶ LEWINSKI, F. 2017. Wie die Autoindustrie von Augmented reality profitiert In *Internetworld* [elektronický zdroj]. 2017. online. Dostupné na: <https://www.internetworld.de/sonstiges/expert-insights/autoindustrie-augmented-reality-profitiert-1195591.html>

1.2 Predpoklady pre vznik štvrtej priemyselnej revolúcie vo svete

Vyššie sme si opísali kľúčové koncepty nových technológií, ktoré vďaka ich potenciálu vo výrobe a užitočnosti spotrebiteľov považujeme za prelomové a patriace do konceptu 4. priemyselnej revolúcie. Ako sme si ale vyššie spomenuli, takáto revolúcia je charakteristická postupným prechodom. Inovácie sa implementujú postupne v určitých fázach a nie sú zavedené zo dňa na deň. Takýto prechod na globálnej úrovni potreboval mať zabezpečené isté predpoklady, ktoré by ho umožnili rozšíriť a aplikovať v odlišných prostrediach viacerých trhov a ekonomík. V roku 1996 Alvin Toffler tento prechod definoval v rámci viacerých bodov, ktorých naplnenie považoval za nevyhnutné pre budúcu transformáciu svetovej výrobnéj a trhovej infraštruktúry:²⁷

1. Prechod ekonomiky na znalostnú, ktorá by prinášala prakticky neobmedzenú zásobu výrobného faktora vedomostí, ktorého nositeľom je človek, pričom by mu umožňovala exponenciálne rozšíriť možnosti využitia fyzického kapitálu.
2. Prechod z homogénosti produkcie na výraznú heterogénnosť a celkovú rôznorodosť na trhoch, čo by si vyžiadalo väčší dôraz na výrobu takých produktov, ktoré by adresovali individuálne potreby viacerých spotrebiteľov, zatiaľ čo ich prienik by dokázal stále vytvoriť spoločný odbyt na tom istom trhu. Objavila by sa k týmto požiadavkám potreba adaptabilných výrobných systémov.
3. Prechod k pomerne častejšej veľkovýrobe, využívajúc úspory z rozsahu, v ktorej by sa centralizované riadenie mohlo úspešnejšie zamerať na zefektívnenie výroby zavádzaním automatizácie pracovných úkonov, vedúcich k neustále pokročilej robotizácii výroby s úzkou špecializáciou jej jednotlivých častí.
4. Rozvinutie priemyslov a heterogénnej výroby sa prejavilo v náročnejšej hospodárskej súťaži a pre úspech bolo potrebné sa od konkurencie odlíšiť, čím sa kládol dôraz na inovácie, ako na strane vyššej alebo adresnejšej užitočnosti produktov, tak aj na strane výroby.

²⁷ TOFFLER, H. A. et al. *Utváranie novej civilizácie*. Bratislava : Open Windows, 1996. 116 s. ISBN 80-85741-15-6.

5. Nárast špecializácie práce pre naplnenie rôznorodých požiadaviek trhu dopytu a interných inovačných politík, ktoré sa prejavili na rozdiely v práci, kde väčšiu hodnotu začala nadobúdať „nepriama“ práca, ktorá nebola cielená na konkrétny účel v produkcii firmy, ale na jej celkovú operáciu.²⁸
6. Vznik maticových hierarchických štruktúr firiem, ktoré boli flexibilnejšie ako predchádzajúce odzrkadľujúce byrokratický charakter vlastníctva firiem.
7. Rozšírenie infraštruktúry pomocou nových komunikačných kanálov a metodík získavania, spracovania, analyzovania a použitia informácií.
8. Čas sa stal ekonomickou veličinou v rýchlo meniacom sa a vysoko-konkurenčnom, inovačnom prostredí. Klaus Schwab túto skutočnosť popísal na ekonomickom fóre v meste Davos v roku 2016: „*V novom svete už viac nie sú veľké ryby, ktoré žerú malé ryby, sú už len rýchle ryby, ktoré žerú pomalé ryby*“²⁹

V súlade s týmito princípmi sa svetová ekonomika postupnými krokmi rozvíjala, avšak kvôli novému charakteru jej evolúcie (nebola sústredená okolo objavenia novej komodity, ale na využívanie znalostí) nebola táto zmena súvisle pozorovaná ani všeobecne diskutovaná. Jednotlivé pokroky sa napriek ich prelomovému charakteru nebrali do úvahy ako ďalšia priemyselná revolúcia. Významným míľnikom, ktorý znamenal zmenu v jej pozorovaní a uvažovaní o nej, nastal až v roku 2011, keď sa v nemeckom meste Hannover konal vedecký veľtrh. V tej dobe verejne financovaný program Ministerstva vzdelávania a rozvoja (BMBF) spojil dokopy viacero vedeckých pracovníkov a profesionálov, s cieľom promovať praktické využitia a celkový potenciál nových technológií, na ktorých pracovali. Tento veľtrh a projekt nazvali zastrešujúcim pojmom: INDUSTRIE 4.0. Tento termín sa okamžite rozšíril ako v žurnalistike, tak aj v akademickej obci, pre opísanie všetkých technologických procesov a inovácií, súvisiacich s modernou transformáciou ekonomiky pri použití informácií a dát. Tento trh sa opakuje každý rok dodnes. Neskôr na MIT profesor David Hardt charakterizoval tento pojem svojou vlastnou definíciou, v ktorej ho definoval ako pokročilý stav, kedy organizácia zachytáva všetky dáta, ktoré sa jej priamo alebo nepriamo týkajú, analyzuje ich a hľadá pre ne optimálne využitie v rôznych formách.

²⁸ VOJTOVIČ, Sergej. *Koncepcie personálního řízení a řízení lidských zdrojů*. Praha : Grada Publishing a.s.. 2011. ISBN 978-80-247-3948-9.

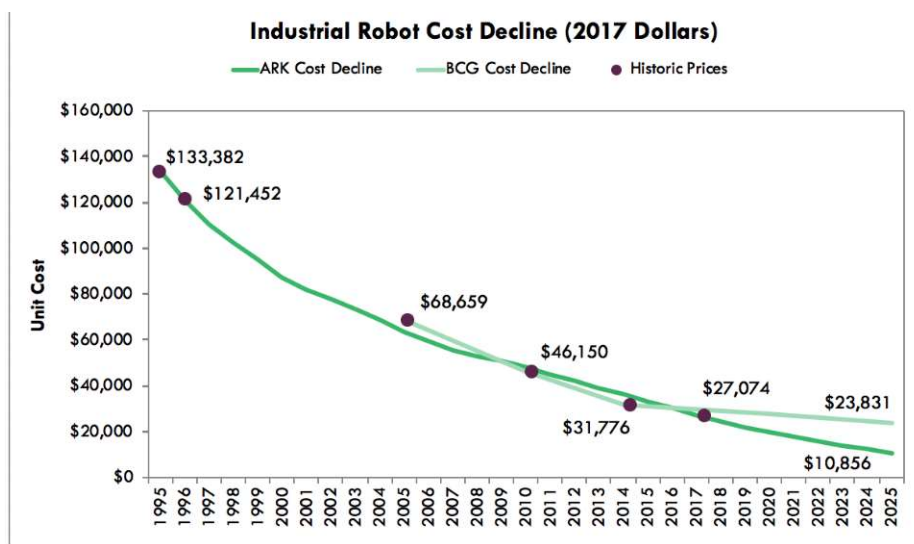
²⁹ SCHWAB, K. 2018. *The Fourth Industrial Revolution*. [elektronický zdroj] 2018. Online. Dostupné na: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>.

1.3 Naplnenie štvrtej priemyselnej revolúcie vo svete a jej datovanie

Na predchádzajúcich stranách sme definovali čo predstavuje koncept priemyslu 4.0. Poukázali sme na jeho predpoklady, základné charakteristické prvky a definovali sme niektoré konkrétne technológie a výdobytky doby, ktoré určujú jeho konkrétnu formu. Stále však ostáva otázkou, či sa jedná o tak prelomový bod vývinu priemyslu, že ho môžeme označiť za priemyselnú revolúciu. A ak áno, odkedy ho môžeme datovať? Nad touto témou uvažoval aj David Hardt. Poskytol zaujímavú úvahu, podľa ktorej netreba určovať prelom medzi priemyselnými revolúciami len objavením nových dostupných vzácných zdrojov a technológií, ale postačuje sa zameranie na to, akým spôsobom ich dokážeme využívať s novými znalosťami a technikami, a či sa prejavujú vo svetovej ekonomike v príznačne veľkom množstve, aby sme hovorili o transformačnom charaktere. Smeroval k tejto úvahe najmä preto, lebo výdobytky priemyslu 4.0, síce sú v trende a veľmi často diskutované, datujeme už mnoho rokov dozadu. Teraz len prichádza k ich výraznejšiemu umiestneniu na trhoch. Bezdrôtové siete (súčasť IoT) poznáme už od roku 1997. Verziu 3D tlačiarňí (aditívne technológie) použitých v stereo-litografií poznáme už od roku 1985. Koncept špecializovaných a sebestačných industriálnych robotov vznikol už v roku 1961 (Unimate) a tá najviac prelomová technológia so všetkých, o ktorej sa hovorí, že bude mať najväčší potenciál pre spoločnosť, teda umelá inteligencia, sa datuje už do roku 1943. Čiže poznáme tieto prvky už dlhšiu dobu, ako by sme radi prisúdili datovaniu 4. priemyselnej revolúcie.

Za kritérium potvrdenia domnienky, že sme v období plnej revolúcie a nie len v dobe bežného objavovania nových nástrojov, si zvolil meranie všeobecnej dostupnosti nových výdobytkov vedy a ich rozšírené uplatnenie v praxi. Pre potvrdenie sa zamerail na viacero prípadov, napríklad na vývoj priemyselných robotov. Vynájdené boli v roku 1961, avšak prakticky nedostupné (množstvo a cena za kus). Od 90-tych rokov minulého storočia však pozorujeme oživenie na trhu, keď sa pod vplyvom postupnej evolúcie počítačových technológií a strojového učenia stali lacnejšími, početnejšie vyrábanými a voľne dostupnými na trhu. Ich priemerná cena bola približne na hranici 133 000 USD za kus. Hardt ale pozoruje postupný pokles cien k 27 000 USD s výhľadom na 12 000 USD za kus. Vysvetľujúcim argumentom jeho analýzy je, že nové generácie týchto vynálezov prinášali tak prínosnú výhodu pre továrne, že sa rapídne rozšírili do celosvetovej ekonomiky a následne zlacneli pre vysoko-konkurenčné prostredie.

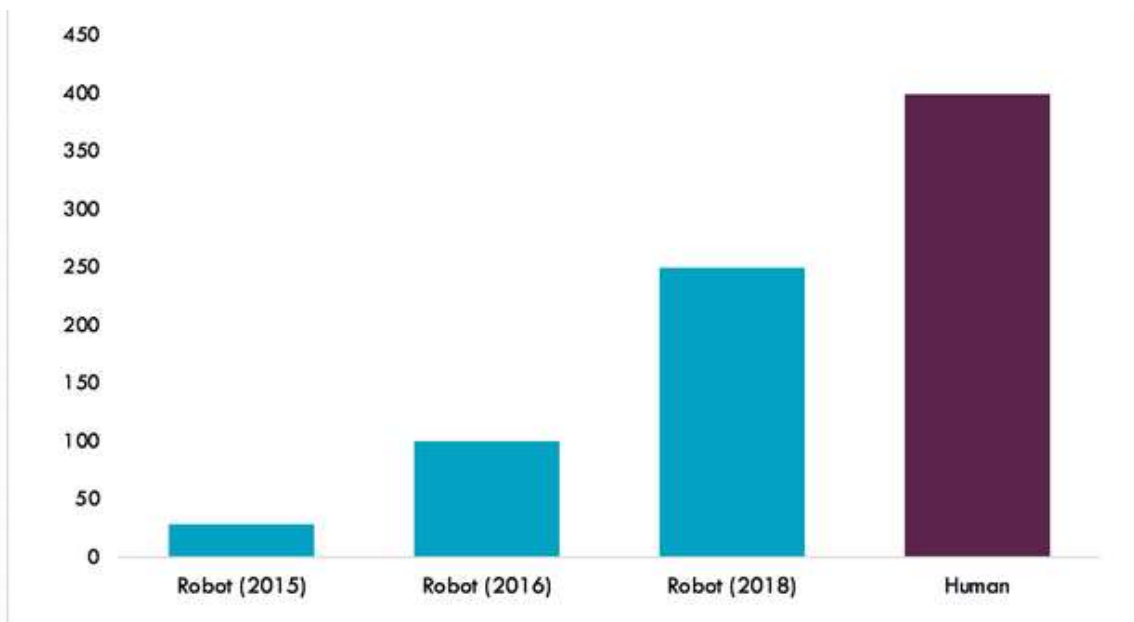
Graf č. 8 : Pokles cien priemyselných robotov vyjadrených v bázeckej cene \$ z 2017



Zdroj: „How robots will redefine competitiveness“, IFR 2015

Taktiež konštatoval, že ich výkonnosť stúpala rapídne popri poklese cien ich obstarania, čo naznačil na ďalšom grafe, ktorý sa týkal jeho posledného 3-ročného merania. Na ňom pozorujeme výrazný nárast produktivity robotov v každej novej generácii po uvedení na trh v nasledujúcom roku. Efektívnosť ich funkcionality sa podľa jeho merania rapídne začala približovať k ľudským výkonom.

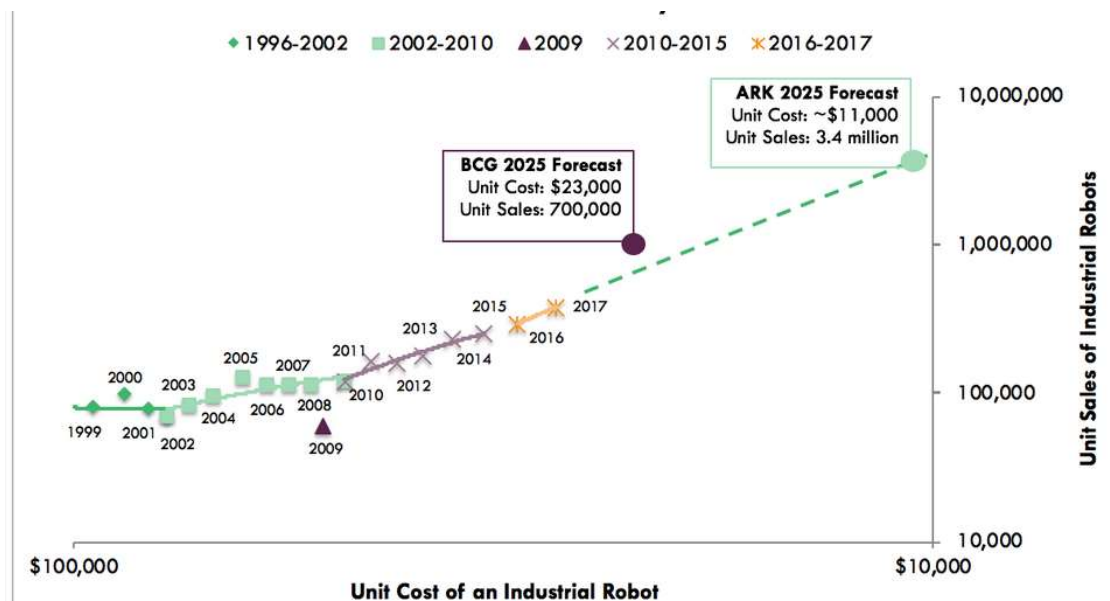
Graf č. 9 Rast jednotiek výkonov za hodinu práce v medziročnom sledovaní



Zdroj: “Exclusive: This is the most dexterous robot ever created“, MIT, 2018

To, že sa jedná o široko rozšírenú technológiu, o ktorej možno uvažovať ako o prelomovej pre podmienku definície revolúcie, sa snažil vyjadriť aj analýzou rastúcej elasticity dopytu po týchto statkoch pri ich postupnom poklese obstarávacej ceny (a zvýšenej produktivite práce). To sledujeme na jeho nasledujúcom grafe.

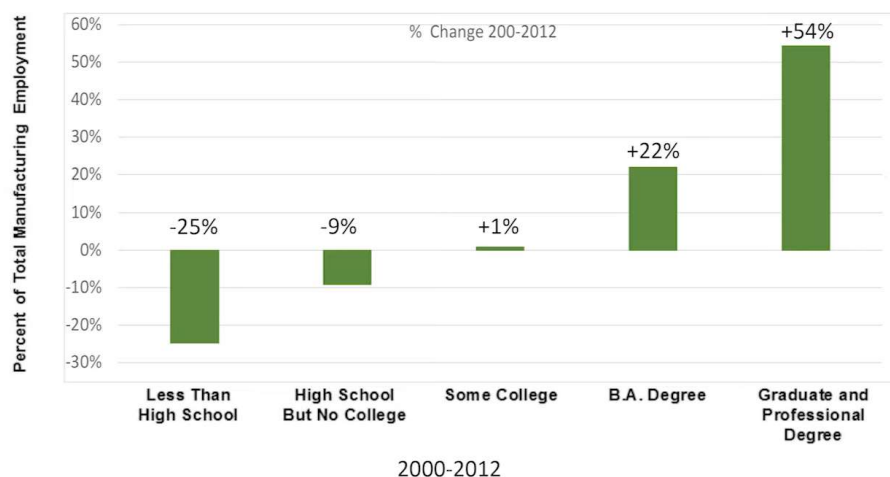
Graf č. 10 Cenová elasticita dopytu po priemyselných robotoch



Zdroj: "Exclusive: This is the most dexterous robot ever created", MIT, 2018

V závere jeho úvahy sa venoval ešte jednému potvrdzujúcemu pozorovaniu, konkrétne ohľadne kvalifikačných schopností pracovníkov v odvetví, kde sa tieto priemyselné roboty uplatnili. Ich postupný rozvoj a rozšírenie vo výrobe sa odzrkadlil aj na stavoch pracovníkov, ktorí ju obsluhujú. Za 12 sledovaných rokov v jeho pozorovaní (od roku 2000 do roku 2012) pozoroval výrazné rozdiely vo vzdelanostnej úrovni pracovníkov, ktoré podľa neho odzrkadľujú ako si nové technológie a vysoko-konkurenčné prostredie samo žiadalo prispôsobenie ľudského kapitálu novým informáciám a znalostiam, ako s nimi narábať. Počet zamestnancov s ukončeným vysokoškolským vzdelaním totižto narástol až o 54%, zatiaľ čo pomer zamestnancov s nižším ako ukončeným stredoškolským vzdelaním klesol o 25%, či pomer zamestnancov s už ukončeným stredoškolským vzdelaním tiež klesol a to o 9% v tomto sledovanom období.

Graf. č. 11: Vývoj počtu pracovníkov vo vzdelanostných triedach vo výrobe



Zdroj: U.S. Bureau of Labor statistics, MAPI, 2020

Na záver Hardt konštatoval, že výrobné technológie priemyslu 4.0, ktoré sledoval vo svojej analýze, mali výrazný dopad na spoločnosť a svetovú ekonomiku. Vytvorilo sa vysoko-konkurenčné prostredie ich produkcie, poklesla ich cenová náročnosť a zvýšila sa cenová elasticita dopytu po nich. Následne pozoroval, že s postupným zavádzaním týchto nových výdobytkov vedy na trh sa tomu výrazne prispôsobila rastúca úroveň vzdelanosti pracovníkov, ktorí s nimi narábali. Pozoroval, že sa teda nezvýšila len kvalita fyzického ale aj ľudského kapitálu v spoločnosti.

1.4 Vzťah priemyslu 4.0 k makroekonomickým veličinám

Globálnym cieľom ekonomického rozvoja je rast kvality života jej obyvateľov. Tá v rozhodujúcej miere závisí od výkonnosti ekonomiky, od celkovej úrovne hrubého domáceho produktu (HDP) a od ekonomického rastu. Ekonomický rast predstavuje také zmeny v hospodárstve, ktoré sa prejavujú v prírastku základných makroekonomických veličín v čase.³⁰ Je na mieste otázka, či a akým spôsobom sa priemyselné revolúcie dotýkajú tohto cieľa ekonomického rastu a rozvoja, a ak je tento vzťah pozitívny, je užitočné vytvoriť schému politického rámca pre jeho maximalizáciu.

³⁰ LISÝ, Ján et al. *Ekonomía. 1. vyd.* Praha : Wolters Kluwer, 2016, 621 s. ISBN 978-80-7552-275-7.

1.4.1 Produkt ekonomiky

Pokiaľ je ekonomický rast spojený s rastom celkového produktu ekonomiky, tak súvisí aj s nárastom potenciálneho produktu, ktorý by hospodárstvo dosiahlo pri dokonalom optimalizovaní alokácie a distribúcie vzácnych zdrojov a ich transformácie na užitočné statky. Veľkosť potenciálneho produktu je pritom ovplyvnená dostupným kapitálom v ekonomike a schopnosťou hospodárstva ho využiť. Takýto vzťah môžeme definovať ako produktivitu práce pri používaní istého kapitálu. V spojitosti s priemyslom 4.0 ide o to, že kľúčovým prvkom týchto technológií je schopnosť narábať s obrovským množstvom informácií, vyhodnocovať ich a opakovane prijímať inteligentné rozhodnutia s cieľom šetriť zdroje a náklady, a zvyšovať finálny úžitok a tržby. Podobný koncept narábania s informáciami vo výrobe objasňujeme aj v ekonomickej teórii pri Cobbovej-Douglasovej produkčnej funkcii, ktorá síce primárne vyjadruje substitučný vzťah výrobných faktorov fyzického a ľudského kapitálu s istými koeficientami elasticity a konštantou, avšak jej rozšírenie definuje exponenciálny vplyv na fyzický kapitál vďaka efektívnejšiemu využitiu nových znalostí a technológií v budúcom čase. Konkrétne naznačuje, že objem produkcie (Y) je definovaný konštantou a substitučným vzťahom využitia kapitálu vo výrobe (x_1) v pomere k ľudskej práci (x_2), pričom koeficienty elasticity objemom na vzájomný pomer sú prezentované mocninami a_1 s doplnkom celkovej množiny v tvare $1-a_1$. V dlhom období však pridáva aspekt technologického rozvoja v čase, ako nasledujúcu mocninu ľudského kapitálu (ako jeho nositeľa), ktorý hovorí o exponenciálnom raste potenciálneho produktu pri rastúcej úrovni technológií a spôsobov využitia kapitálu.

$$Y = \gamma x_1^{a_1} x_2^{1-a_1} e^{\lambda t}$$

Priemysel 4.0 svojím vymedzením má potenciál byť schopnou naplniť tento koeficient a umožňovať lepšie využívanie kapitálu vo výrobe. O dôležitosti výpočtových technológií sa môžeme oprieť aj o citát Foray-a (2004): „Rapidna tvorba nových vedomostí a zlepšenie prístupu k takto vytvorenej znalostnej báze všetkými možnými spôsobmi (vzdelávanie, odborná príprava, transfer technologických znalostí, šírenie inovácií) sú faktormi zvyšujúcimi ekonomickú efektívnosť, inovácie, kvalitu tovarov a služieb, rovnosť

medzi jednotlivcami, sociálnymi kategóriami a generáciami“.³¹ Podobné vyjadrenie môžeme nájsť v správach OECD z roku 1996: „Znalosti sú teraz považované za hnaciu silu ekonomického rastu, čo vedie k novému zameraniu sa na úlohu informácií, technológií a vzdelávania v produktivite a ekonomickej výnosnosti“.³²

A nakoľko priemyselné revolúcie predstavujú technologický pokrok, uplatnený v efektívnejšom využívaní kapitálu a rozširovaní jeho zásoby, tak majú aj vplyv na rast potenciálneho produktu a vzniká možnosť podporiť ekonomický rast. S touto úvahou súhlasí aj slovenský ekonóm Štefan Kassay, ktorý uvádza, že „najväčší kapitál je v ľuďoch, ich myslení, spôsobe uvažovania. Ak sú na svojich miestach múdri a kvalifikovaní ľudia, nájdu spôsob, ako získať potrebný kapitál. Vzdelanie, nové poznatky a neustále učenie sa považujeme v podniku za veľmi významné. Všetko spočíva na ľuďoch, na ich schopnostiach a ochote participovať na spoločnom snažení. Schopnosti a vysoká realizačná spôsobilosť ľudí na každej úrovni riadenia sú predpokladom napredovania a stávajú sa zdrojom konkurenčnej výhody. Znalosti pokladá Kassay za prostriedok konkurencieschopnosti podniku. Sú významným výrobným faktorom a konkurenčnou výhodou. Tvrdí, že „komunikácia s vedeckými a univerzitnými pracoviskami s možnosťou vychovávať osobnosti s vodcovskými schopnosťami vedú k násobkom výkonnosti.“³³

Ľudský kapitál je teda nositeľom technologického rozvoja a s exponenciálnym potenciálom pre využitie a zveľadenie fyzického kapitálu. Čím efektívnejšia priemyselná revolúcia je v zefektívnení produkčnej funkcie, tým silnejší je jej efekt k zvýšeniu potenciálneho produktu a ku ekonomickému rastu.

1.4.2 Zamestnanosť

Substitučný vzťah medzi ľudským a fyzickým kapitálom v produkčnej rovnici so sebou však prináša aj isté rizko. Na rozdiel od prechádzajúcich revolúcií, v priemysle 4.0 jej predmetom nie je len použitie nových foriem kapitálu (stroje, technológie), ktoré človeku umožňujú efektívnejšie vynaložiť vlastnú prácu, odmenou za ktorú sa živí, ale

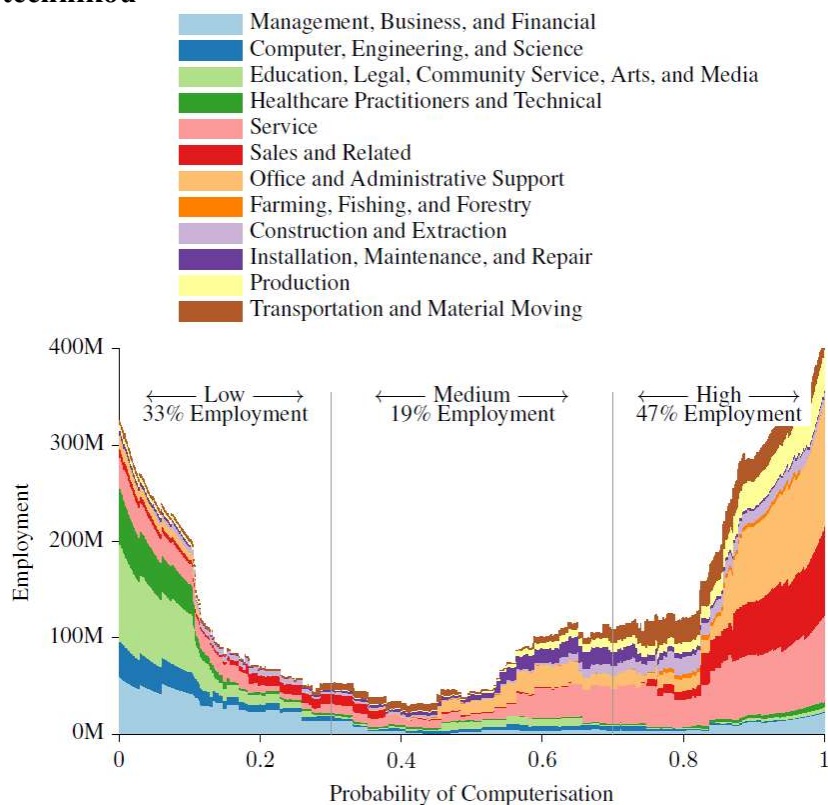
³¹FORRAY, Dominique. *Economics of knowledge*. Massachusetts : MIT press. 2004. 287 s. ISBN: 978-02-625-6223-2

³² OECD. 1996. *The Knowledge-based Economy*. OECD, OCDE/GD (96)102.

³³ KASSAY, Štefan – et al. *Podnik a podnikanie*. In: *Učenie a rast : Rozvoj adaptačných schopností v komplexnom a turbulentnom prostredí*. Bratislava. 2014. s. 18. ISBN: 978-80-224-1368-8

klúčovým prvkom je práveže také zdokonalenie výrobných procesov a také nové metódy využívania kapitálu, že ľudský zásah sa stáva úplne nepotrebným. Cieľom je teda istá úroveň autonómnosti fyzického kapitálu. Dobrým príkladom sú inteligentné továrne za použitia konceptu IoT, CPS systémov, pokročilej robotiky a umelej inteligencie, ktoré sa dokážu takmer samé regulovať a prispôbovať zmeneným podmienkam v reálnom čase. V tom prípade by neprišlo k posilneniu pozície človeka vo výrobe, ale takmer k jeho absencii vo výrobe. Preto je dôležitá otázka, či Priemysel 4.0 nepredstavuje riziko pre ľudí na trhu práce? Viacero akademikov si kladlo túto otázku už dávnejšie, najmä v teoretickej úvahe o budúcom rozvoji spoločnosti. J. M. Keynes sa v roku 1933 vyjadril nasledovne: „Kvôli objaveniu prostriedkov šetrenia používania práce predstihneme tempo, pri ktorom budeme schopní nájsť nové použitie práce.“ Dnes sa tejto téme venujú C. B. Frey a M. A. Osborne a vypracovali komplexnú analýzu vplyvu automatizácie na 702 druhov pracovných pozícií v USA (sumarizovaný pohľad na profesie) a následne ohodnotili ich charakter podľa viacerých kategórií, ktoré ohodnotili na číselnej stupnici a prisúdili im istý level rizika automatizácie, za použitia Gaussiánskej metodiky. Výsledkom bol tento graf:

Graf č. 12 : Pracovné pozície, ich obsadenosť a pravdepodobnosť nahradenia výpočtovou technikou



Zdroj: *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation 2013*

Tento graf znázorňuje pomer ľudí zamestnaných v sledovaných profesiách (počet odzrkadľuje trh práce v USA v roku 2010) voči pravdepodobnosti ich nahradenia novou technológiou. Usudzujú, až 47% z celkovej pracovnej sily USA sa nachádza v pásme vysokého rizika nahradenia a dodatočných 19% v pásme miernej pravdepodobnosti. Taktiež je možné o vytvorenom obraze uvažovať ako o časovej škále, kde pravdepodobnosť nahradenia odzrkadľuje odhadovanú dobu, pokým sa vyvinie technológia nahrádzajúca pracovné procesy danej profesie. Pričom vyššia hodnota pravdepodobnosti znamená relatívne kratší čas ako na opačnej strane grafu.

Štatistickú distribúciu z ich modelu (medián a štandardná odchýlka) pre hodnoty každej vysvetľujúcej premennej, ktoré boli prisúdené sledovaným profesiám, a ich výsledné hodnoty pravdepodobnosti automatizácie vidno v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka č. 3 Atribúty pracovných pozícií a pravdepodobnosť ich nahradenia výpočtovou technológiou

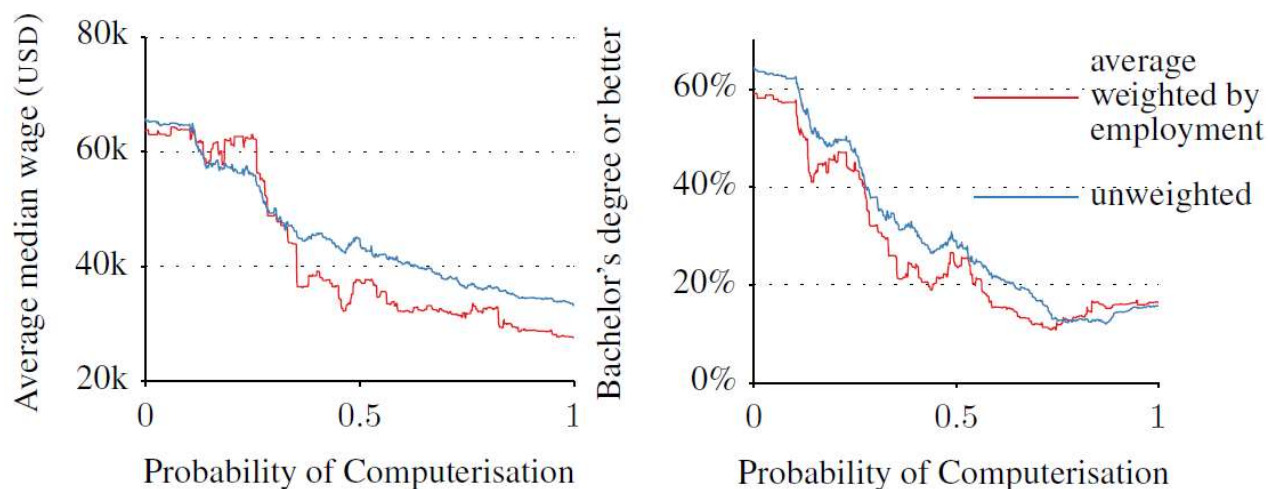
Premenná	Pravdepodobnosť nahradenia technológiou výpočtovou		
	Nízka	Stredná	Vysoká
Pomoc a starostlivosť o druhých	48+/-20	41+/-17	34+/-10
Presviedčanie	48+/-7,1	35+/-9,8	32+/-7,8
Vyjednávanie	44+/-7,6	33+/-9,3	30+/-8,9
Sociálna vnímavosť	51+/-7,9	41+/-7,4	37+/-5,5
Výtvarné umenia	12+/-20	3,5+/-12	1,3+/-5,5
Originalita	51+/-6,5	35+/-12	32+/-5,6
Manuálna obratnosť	22+/-18	34+/-15	36+/-14
Obratnosť prstov	36+/-10	39+/-10	40+/-10
Stiesnený pracovný priestor	19+/-15	37+/-26	31+/-20

Zdroj: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation 2013³⁴

³⁴ FREY, Carl Benedikt - OSBORNE, Michael A. The future of employment : How susceptible are jobs to computerisation?. [elektronický zdroj] Oxford: University of Oxford, 2013, online. 79 s. Dostupné na: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-ofemployment.pdf>

Nasledujúce grafy zobrazujú pomer pravdepodobnosti nahradenia k 2 premenným. V prvom grafe naľavo k ročnému mediánu mzdy danej profesie a v druhom grafe napravo k vzdelanostnej úrovni (vysoko-školské vzdelanie alebo nižšia úroveň vzdelania):

Graf č. 13: Pravdepodobnosť nahradenia pracovných pozícií vo vzťahu ku mzde a znalostnej úrovni na daných obsadených pozíciách



Zdroj: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation 2013

Na základe výsledkov ich práce môžeme konštatovať, že existujú vybrané profesie s vysokým rizikom nahraditeľnosti novými technológiami. Podobný vzťah platí pre profesie na základe ich mzdového ohodnotenia, čím sú pozície menej platené, tým sú rizikovejšie v oblasti nahradenia automatizáciou. Obdobný vzťah platí aj pre pozície, ktoré požadujú rozdielne úrovne vzdelávania. Čím je táto požiadavka nižšia, tým je práca viac riziková. Za najviac rizikové povolanie sa považujú povolanie v oblasti dopravy a logistiky, spolu s rôznymi prienikmi profesií vykonávaných v kancelárskom prostredí v oblasti podporných činností. Tieto uzávery sú konzistentné s inými literárnymi zdrojmi. Najprekvapivejším pozorovaním je však to, že najviac náchylné sú práve profesie, ktoré zaznamenali najvyšší rast zamestnanosti v posledných dekádach³⁵. Aby sa pracovníci vyhli nahradeniu, musia sa orientovať na rekvalifikáciu do takých profesií, ktoré mali najmenšiu hladinu pravdepodobnosti nahradenia, ktoré boli charakteristické kreatívnymi prvkami (výtvarné umenia), a tzv. „soft-skills“ presviedčania a vyjednávanie.

³⁵ AUTOR, David. DORN, David. The growth of low skill service jobs and the polarization of the US labor market. In: *American Economic Review*, [elektronický zdroj], 2013, online. Dostupné na: https://kooperationen.zew.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/DFGFLEX/ws09_Dorn.pdf

1.5 Porovnanie výkonnosti rôznych ekonomík v súvisi s priemyslom 4.0

V oblasti merania konkurencieschopnosti jednotlivých ekonomík sa od roku 2004 používa ako nástroj GCR (Global competitiveness report), ktorý zaviedlo Svetové [ekonomické](#) fórum. Jedným z cieľov tohto fóra je hľadať potenciálne spôsoby ekonomického rozvoja a celkového pokroku vo svete. Na základe ekonomických teórií má tento index pomôcť k odhaleniu vhodných podmienok pre inovatívne a pokrokové prostredie. Také, v akom by sa mohli ľahko šíriť technologické pokroky a tvoriť dodatočnú hodnotu, rovnako ako v prípade priemyslu 4.0. Najväčší ohľad je pritom braný na rozvoj kapitálu, fyzického ale aj ľudského, na tvorené inovácie, na pomer stability aj prispôsobivosti systému ako takého, a iných prvkov, ktoré považuje za kľúčové pre hospodársky úspech. Jeho hodnotenia by teda mali odzrkadľovať celkovú úroveň ferovej infraštruktúry, vývoja makroekonomického prostredia, zdravia a vzdelávania populácie, efektívnosť trhov (napr. práce) a ich rozvoj (napr. finančný trh), technológie a inovácie v krajine, podnikateľskú angažovanosť a výkonnosť. Následne sa tieto sledovania zhrnú do porovnateľných výsledkov a vytvorí sa 7-škálová stupnica pre porovnanie jednotlivých krajín, pričom vyššie číslo znamená lepšie hodnotenie. (Schwab, 2018).

Ďalším použiteľným indexom, odzrkadľujúcim ako sú jednotlivé ekonomiky rozvojovo orientované a teda aj smerom k priemyslu 4.0, je Global Innovation Index GII, ktorý sa už ale viac špecificky zameriava na inovácie a nástroje, ktoré ich existenciu ovplyvňujú. Do týchto sa radia napr. rôzne verejné politiky a schémy financovania, ktoré sú priamo adresné alebo nepriamo ovplyvňujú dlhodobý rast produkcie, jej efektívnosť a zároveň nárast zamestnanosti podmienený kvalifikáciou ľudského kapitálu. Delí sa na 2 časti : pod-index inovovaných vstupov a pod-index výstupu inovácií. 5 vstupných pilierov odzrkadľuje prvky ekonomiky, ktoré umožňujú inovatívne prvky, ktorými sú : inštitúcie, infraštruktúra, ľudský kapitál a výskum, podniková sofistikovanosť a následne tvorivé vstupy. Na opačnej strane, výstupné piliere odzrkadľujú vývoj inovatívnych výstupov v oblasti : poznatkov a technológií, a tvorivých výstupov. Meranie je zložitejšie a skladá sa z ďalších častí pod zastrešujúcimi kategóriami, meraných cez rôzne ukazovatele. Avšak na záver sa vytvorí sumarizačná stupnica, ktorá hodnotí krajiny od 0 do 100 bodov, pričom vyššie číslo znamená lepšie hodnotenie.

1.6 Politický rámec a porovnanie medzi jednotlivými krajinami

Na predchádzajúcich stranách sme charakterizovali, čo sa myslí pod pojmom Priemysel 4.0, čo všetko zahŕňa, akú časť dnešnej ekonomiky predstavuje a aký má potenciál do budúcnosti, pričom sme sa pokúsili obhájiť jeho právoplatné označenie za revolúciu, nakoľko jeho vplyv je doslova markantný a prelomový pre svetovú ekonomiku. Takáto udalosť samozrejme, neostáva bez povšimnutia na úrovni organizácie ekonomík a istým spôsobom sa predmetom politických agend jednotlivých politických útvarov. Jedným z charakterov tejto revolúcie je jej decentralizovanosť, ktorá umožňuje vzrast inovatívnosti v rôznych prostrediach. Pokiaľ by sa smerovanie priemyslu 4.0 istým spôsobom centralizovalo a spoločne plánovalo na výstupovej úrovni, protirečilo by to jeho charakteru a bola by táto misia neúspešná. Preto sa jednotlivé politické subjekty k tejto téme stavajú skôr dištančne s motivačným charakterom, nesnažia sa získať kontrolu nad jej rozvojom, ale podporiť ho a smerovať k žiadanému spoločenskému prínosu a jeho distribúcií do celej svetovej ekonomiky.

Pre vhodné smerovanie týchto politík sa jednotlivé inštitúcie rozhodli analyzovať oblasti, do ktorých táto revolúcia priamo, alebo nepriamo zasahuje, aké presne to prináša riziká a možnosti. Jednou z takýchto analýz je „[Industry](#) 4.0“ spracovaná pod programom oddelenia Európskej únie pre ekonomické a sociálne vedy. Zamerala sa na 5 hlavných častí:

- Ekonomické a monetárne záležitosti
- Zamestnanosť a sociálne záležitosti
- Životné prostredie, verejné zdravie a zabezpečenie stravovania
- Priemysel, výskum a energia
- Vnútrotrh a ochrana spotrebiteľa

Výsledky analýzy publikovali vo viacerých formátoch, no ten najjednoduchší s orientačným faktorom pre tvorbu politík cielené na optimalizáciu systému, sa prejavil v nasledujúcej SWOT analýze:

Tabuľka č. 4: SWOT Analýza potenciálu Priemyslu 4.0

STRENGTHS (Silné stránky) • Nárast produktivity práce, efektívnosti využívania zdrojov, vzrast globálnej hospodárskej súťaže a príjmov • Nárast vysoko-kvalifikovaných pozícií na trhu a lepšie platených profesií • Polepšenie spotrebiteľskej užitočnosti, tvorenie nových adresných trhov – nárast špecializácie produktov ich celkovej variabilnosti • Vyššia flexibilita a kontrola produktov	WEAKNESSES (Slabé stránky) • Vysoká závislosť na odolnosti technológií a sietí, pričom malé narušenia môžu mať veľmi vysoké negatívne dopady • Závislosť na škále faktorov úspešnosti, vrátane noriem, štandardov a súvislého rámca na trhu, na rastúcej ponuke pracovnej sily s primeranými zručnosťami, a na investíciách do výskumu a vývoja • Náklady na vývoj a zavádzanie technológií • Potenciálna strata kontroly nad podnikmi • Mierne kvalifikovaná nezamestnanosť • Potreba prílevu kvalifikovanej pracovnej sily s hromadnej integrácie komunity prisťahovalcov s kultúrnym odlišením
OPPORTUNITIES (Príležitosti) • Posilnenie európskeho postavenia na pozícií globálneho lídra vo výrobe (a v iných odvetviach) • Vytváranie nových trhov pre novovzniknuté tovary a služby • Boj proti negatívnym demografickým trendom v EÚ • Zníženie bariér vstupu pre niektorých Malých a Stredných podnikateľov v participácii na nových trhoch cez prepojenia na novú reťazovú ponuku	THREATS (Riziká) • Kybernetická bezpečnosť, problém duševného vlastníctva a ochrany súkromných údajov • Pracovníci, Malí a Strední podnikatelia, odvetvia a národné hospodárstva, ktoré nemajú dostatočné povedomie a/alebo prostriedky k prispôsobeniu sa Priemyslu 4.0 budú následne výrazne zaostávať • Zraniteľnosť a nestálosť globálnych reťazí pridanej hodnoty • Prijatie Priemyslu 4.0 zahraničnými konkurentami by mohlo neutralizovať iniciatívy EÚ

Zdroj: European Parliament : Policy department : Economics and Scientific Policy

Táto analýza stála za tvorením odporúčaní pri tvorbe politického rámca v krajinách EÚ tak, aby sa minimalizovalo riziko spojené s prechodom do tejto novej formy priemyslu. Pritom sa inšpirovala niektorými reálnymi príkladmi z tých členských štátov, ktoré už implementovali niektoré ochranné prvky, ako napr. Nemecko, Rakúsko, Španielsko a Francúzsko. Tieto odporúčania zhrnula nasledovne:

1.6.1 Prípadová štúdia EÚ 1 : Listina práv v priemysle 4.0?

Jedným z problémov nedostatočné prispôsobenie hmotnoprávných predpisov v oblasti vlastníctva digitálnych dát, autorského práva nad výkonmi vytvorenými za použitia nových samo-pracujúcich technológií a v oblasti duševného vlastníctva.

Za príklad použila prípad „inteligentnej rukavice“ vyvinutej v Nemecku, ktorá sa začala predávať veľkým výrobným továrňam. Je nositeľným nástrojom, ktorý obsahuje viacero senzorov pre zbieranie dát z pracovnej činnosti (napríklad skenovaním čiarových kódov z označených materiálov, s ktorými pracovníci narábajú) a zároveň má prvky, ktoré umožňujú tieto informácie zdieľať s ostatnými vzájomne prepojenými časťami továrne. Tieto informácie ponúkajú užitočné informácie využiteľné pre monitorovanie produkcie a pre logistické plánovanie so zásobami podniku. Vzniká tu ale etický problém, keď sa tieto dáta dajú použiť sledovanie takých aktivít zamestnanca, ktoré nesúvisia priamo s jeho dohodnutou pracovnou činnosťou, napríklad pre pozorovanie jeho voľného pohybu, životných návykov alebo aj dokonca sociálnych kruhov, v ktorých trávi svoj čas. Tieto dáta by mali patriť iba danému jednotlivcovi a nemali by byť v kapacite použitia niekoho iného. Takáto činnosť však nie je regulovaná a podniky môžu voľne zbierať a vzájomne si vymieňať dáta, ktoré profilujú ich zamestnancov. Princíp kontroly vlastných a osobných údajov možno považovať za odvodený od princípu informačného sebaurčenia. Preto je potrebné politický rámec orientovať tak, aby jasne rozlíšil, ktoré dáta súvisia s prácou a jej optimalizovaním, a ktoré patria výhradne človeku, ktorý má nárok na ich ochranu.

Jedným z už prijatých opatrení je prijatie Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady EÚ 2016/679 z 27. apríla 2016, o ochrane fyzických osôb pri spracúvaní osobných údajov a o voľnom pohybe takýchto údajov, verejne známe ako GDPR.

1.6.2 Prípadohá štúdia EÚ 2 : Krádež firemnej/obchodnej identity

Ministerstvo spravodlivosti v USA nedávno reportovalo fakt, že krádež identity sa stala najviac rozšírením zločinom s cieľom zisku v USA³⁶. Ku krádeži obchodnej identity prichádza vtedy, keď sa kriminálny subjekt vydáva za poškodený podnik, pričom zneužíva jeho kľúčové obchodné identifikátory a poverenia a môže prísť k manipuláciám alebo falšovaniu obchodných podaní na úkor poškodeného. S úspešnou krádežou identity môže okradnúť dodávateľov, veriteľov, finančné inštitúcie, vlastníkov a úradníkov podnikov, či dokonca samotných spotrebiteľov. Motívom môže byť finančný zisk alebo cieľ poškodenia mena firmy a vytvorenie dlhov, ovplyvňujúcich ich postavenie na trhu.

Oblasť korporačnej krádeže identity sa venuje priamo väčších organizácií ako sú okrem podnikov aj právne štruktúry, fondy, neziskové organizácie, samosprávy a vládne inštitúcie, či školské obvody, s cieľom vymáhať financie alebo údaje od prepojených subjektov.

Za príklad ponúkajú príklad zneužitia informácií v podnikoch, kde osoba poverená vydávaním firemných kreditných kariet zamestnancom, evidenciou ich výdavkov a následným vyrovnávaním týchto platieb, si otvorila na meno majiteľa firmy dodatočnú kreditnú kartu, pridala novú kartu, otvorila druhú firemnú kartu na vlastné meno a prepojila ju s tou firemnou na meno majiteľa firmy, čím si dokázala vytvoriť vlastný systém platieb platených firmou, ktorý sama kontrolovala a vyrovnávala, čím spreneverila peniaze v hodnote vyše 100 000 USD.

V prípade autonómnej firmy by rovnaké štrukturálne zlyhanie mohlo viesť v prípade krádeže identity k finančnej destabilizácii podniku, priam až bankrotu. Malé a stredné podniky by zrejme nedisponovali znalosťami a personálom na predchádzanie a riešenie takýchto hrozieb, ktoré by existovali v ich zakúpených autonómnych strojoch a systémoch. Preto by mala regulácia nie len smerovať podniky k používaniu nových technológií ale aj ponúkať konzultačné a bezpečnostné služby súvisiace s ich rizikami³⁷:

³⁶ Maximillian Schrems vs. Data Protection Commission C-362/14, ECLI:EU:C:2015:650, 2015.

³⁷ RÜBMAN, Michael et al. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, [elektronický zdroj] Boston : Boston Consulting Group. Online. 2014. Dostupné na: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries

- Bezpečnosť prostredníctvom dizajnu,
- Obmedzený prístup a obmedzená viditeľnosť,
- Rozpoznávanie vzorov,
- Šifrovanie,
- Bezpečnostná kultúra a bezpečnostné vzdelávanie.

1.6.3 Prípadová štúdia EÚ 3 : ESPRC výskumné programy

Rada pre výskum inžinierstva a fyzikálnych vied ([EPSRC](#)) financuje viacero rozvojových programov, pričom sa snaží nájsť demonštrátorov aplikácií Priemyslu 4.0 v prípade celosvetových korporácií a v spoločnej diskusii hľadá vhodné miesta implementácie nových technológií z akademického prostredia. Najvýznamnejšie sú:

1. Vyvíjateľné montážne systémy
2. Cloud-ová výroba

Prvý menovaný sa zameriava na oblasť kapitálovo náročných montážnych liniek inteligentných systémov, ktoré dokážu reagovať na externé a interné zmeny požiadaviek na produkty. Základnými výskumnými piliermi v tejto oblasti preto sú: evolúcia produktov a procesov, analýza údajov, znalostné modelovanie, núdzové inžinierstvo, a otvorené výrobné aktivity. Jej cieľom je nájsť spôsoby ich optimalizácie a úspora nákladov.

Druhá menovaná oblasť sa zameriava na digitálne technológie, výpočtové kapacity, „crowdsourcing“ (v zmysle decentralizovanej monetizácie systémov) a nájdenie náhrady za konvenčné vysoko-kapitálové priebežné výrobné služby. Cieľom je definovanie konceptu, vytváranie modelov a metód, ktoré umožnia efektívnejšie narábať s informáciami a nastaviť sebestačnú objemovú optimálnu výrobu, ktorá by netvorila prebytok zásob. Jedným z cieľov EÚ by malo byť financovanie takýchto a podobných programov.

1.6.4 Porovnanie programov a iniciatív na globálnej úrovni

Pre vhodné smerovanie politického rámca v EÚ je vhodné sledovať vývoj globálnej situácie, a hľadanie fungujúcich praktík v ostatných krajinách:

V prípade USA sledujeme podstatný vývin už teraz, najmä vo výraznom pohybe v priemysle smerom k integrácii výroby k najnovším vývojom v oblasti IT, strojárstva a internetu. Hlavnými identifikovateľnými inštitucionálnymi iniciatívami sú Aliancia

výrobcov pre produktivitu a inovácie (MAPI), či Koalícia lídrov v oblasti inteligentnej výroby (SMLC) a Priemyselné internetové konzorcium (IIC). Štúdia „America’s advanced industries : New trends“ konštatuje, že síce celkový počet pracovných miest v sektore zostal v rokoch 1980 až 2010 konštantný, produktivita na jedno pracovné miesto rástla ročne o 5,4%, čo je oveľa rýchlejšie, ako v iných sektoroch. Taktiež sú v tomto odvetví ponúkané viac kvalifikované a platené pracovné pozície v porovnaní s ostatnými. Naproti internému dobrému postaveniu tohto odvetvia, v medzinárodnom postavení je menej konkurenčné a čelí výzve v oblasti ponuky pracovnej sily a povolání, najmä kvôli faktu, že väčšina takýchto podnikov sa lokalizuje v rovnakých regiónoch, do ktorých musí pracovná sila postupne presúvať, čo nie je dlhodobý optimálny trend pre rastúci priemysel, kvôli rôznym sociálnym problémom súvisiacich s migráciou. Tieto regionálne disparity následne narúšajú schopnosť ostatných metropolitných oblastí vhodne podporovať vyspelé odvetvia a tvoria otázku ich dlhodobej životaschopnosti (obmedzené vstupy na strane pracovnej sily, hustoty dodávateľov a synergií na trhu).

Vhodné porovnanie rôznych štandardov medzi USA a Nemeckom, ako reprezentatívnou krajinou EÚ, vidno na nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka č. 5: Porovnanie vybraných programov v Nemecku a USA

Industrie 4.0	Industrial Internet Consortium
Autori programov	
pr. Nemecká federálna vláda, vládne investície	Veľké medzinárodné korporáty (GE, AT&T, Cisco, INTEL, IBM). Neziskové organizácie, akadémie a vláda
Zainteresované subjekty a vlastníci	
Ministerstvo vzdelávania a rozvoja, Ministerstvo ekonómie a technológií, Národná akadémia vied a inžinierstva, Nemecké výskumné centrum pre umelú inteligencia, a ostatné	Obchodní partneri s voľným členstvom vo fóre, spoplatneným na základe veľkosti firmy (približne 170 členov: Bosch, Siemens, SAP, Fraunhofer) a niektoré akademické inštitúcie (približne 20, aj zahraničné: Čína, India)

Platformy podpory	
"Konečným cieľom Industrie 4.0 je zabezpečiť trvalo udržateľnú konkurenčnú výhodu nemeckej výrobnéj základne... musíme vyškoliť nemecký priemysel, aby postavil a nainštaloval CPS, a...aby zostali celosvetovo konkurencieschopné."	Umožniť a urýchliť prijatie internetu v akomkoľvek druhu podnikového procesu. Prepojenie spoločností pre úžitok zo zdieľania osvedčených postupov a dôraz na interoperabilitu výrokov a technológií.
Cielené sektory	
Výroba (22% HDP) - cielenie zvýšenia najmä v oblasti produkcie hardvéru, softvéru a digitálnych technológií, ktoré sa aktuálne produkujú mimo krajiny.	Výroba, ale širší záber (65-70% HDP), vrátane poľnohospodárstva a infraštruktúry
Technologické zameranie	
Vstavané systémy, automatizácia, robotika, CPS, a IOT smerom k dodávateľom	Prepojenie všetkého cez internet, zbieranie dát, dátová spätná väzba a analýza, s cieľom zvýšiť efektívnosť procesov
Geografia	
Nemecko - financované nemeckými platiteľmi dane. Rozšírenie vplyvu do EÚ.	Celosvetové zameranie s cieľom zbierať a prepojiť dáta cez všetky odvetvia a firmy, pre čo najefektívnejšie zmeny procesov
Korporátne zameranie	
Zameranie najmä na malé a stredné podniky	Zamerané na veľké korporátne firmy, ale otvorenosť aj pre malé a stredné podniky
Optimalizácia	
CPS a efektívnosť výroby	Finančná návratnosť na trhu
Štandardizácia	
Vytvorenie regulácií štandardov je kľúčové ale pre nedostatok praxe nie je metodika	Iba orientačné a informatívne komunikovanie osvedčenej praxe
Ekonomický prístup	
Teoretické opisovanie potenciálneho vývinu, benefitov a rizík s ním spojených a vhodnej budúcej reakcie na novú situáciu	Silný zámer k práci v aktuálnom čase pri aktuálnych zdrojoch a znalostiach

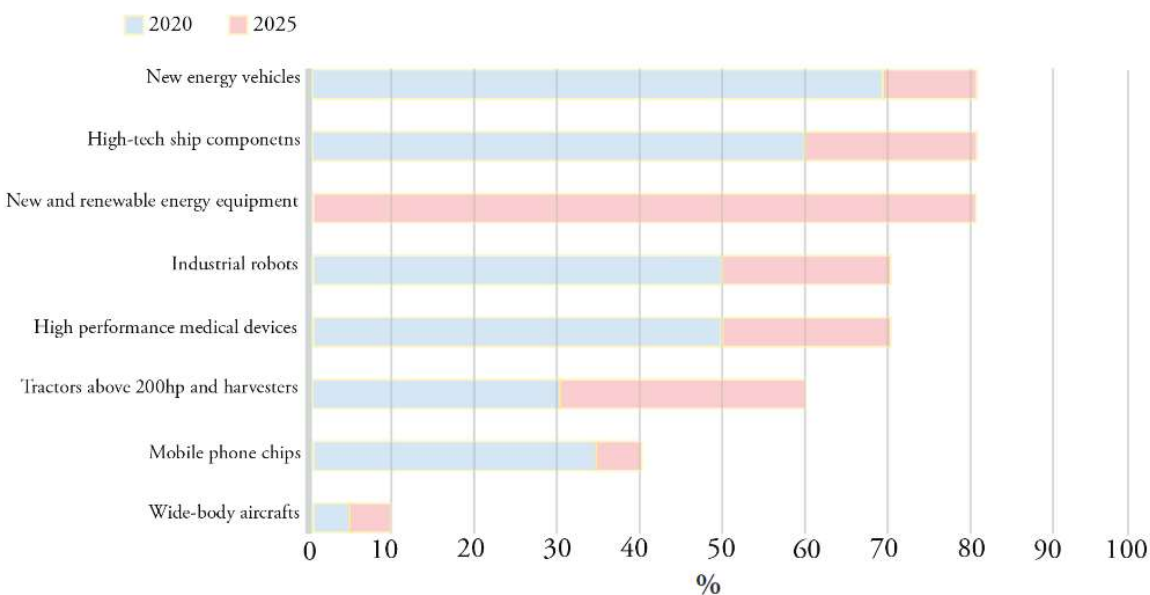
Zdroj: European Parliament : Policy department : Economics and Scientific Policy

Nakoľko sa jedná o globálnu transformáciu priemyslu, tak za spomenutie stoja aj niektoré programy iných krajín:

Čína :

„Made in China 2025“ je strategická komplexná iniciatíva spustená už v roku 2015 čínskou vládou s cieľom zmodernizovať a zväčšiť kapacitu čínskeho priemyslu, s desiatimi kľúčovými sektormi v oblasti energetiky, zdravotníctva a výroby. Bola priamo inšpirovaná nemeckým projektom „Industrie 4.0“. Medzi najvýznamnejšie ciele patrí plánovanie 15% obnoviteľných zdrojov na fronte energetiky, následne plánovaný rozvoj informačných technológií novej generácie (umelá inteligencia, kybernetika, sieťovanie a softvér) a v širšom poňatí všeobecný rozvoj výrobných tovární a ich prerod na autonómnu formu. Tieto ciele boli určené v roku 2015 a novelizované v roku 2020, s nasledovným grafickým zobrazením (% určuje podiel produktov domácej výroby na celkovej kapacite dostupnej v ekonomike):

Obrázok č. 5: Priemyselné ciele programu „Made in China 2025“



Zdroj: Institute for Security & Development Policy, 2018

Úspešnosť programu sa meria cez kľúčové ukazovatele výkonnosti zaznamenané v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka č. 6: Kvantitatívne vyjadrené ciele programu „Made in China 2025“

Kategória	Kľúčové ukazovatele	2015	2025
Inovácie & Schopnosti	Náklady na výskum a vývoj / príjmy (%)	0,95	1,68
	Patenty / miliardy Juanov v príjmoch (#)	0,44	1,10
Kvalita & Hodnota	Index konkurencieschopnosti výroby (index)	83,5	85,5
	Nárast pridanej hodnoty vo výrobe od roku 2015 (%)	-	4
	Priemerný ročný nárast produktivity práce (%)	-	6,5
IT & Priemyselná integrácia	Širokopásmová penetrácia (%)	50	82
	Digitálny rozvoj a dizajn nástrojov penetrácie (%)	58	84
	Miera riadenia kľúčových procesov (%)	33	64
Zelená ekonomika	$\frac{\text{Pokles spotreby energie od roku 2015}}{\text{Pridaná hodnota v priemysle}}$ (%)	-	34
	$\frac{\text{Pokles vylučovania CO}^2 \text{ od roku 2015}}{\text{Pridaná hodnota v priemysle}}$ (%)	-	40
	$\frac{\text{Pokles používania pitnej vody od roku 2015}}{\text{Pridaná hodnota v priemysle}}$ (%)	-	41
	Miera využitia pevného priemyselného odpadu (%)	65	79

Zdroj: Institute for Security & Development Policy, 2018

Japonsko :

V Japonskej vízií a v plánovaní implementácie technológií priemyslu 4.0 sa odráža ich unikátna kultúra a rozdiely vo vnímaní príležitostí a rizík. Síce sa Japonsko silne orientuje na inovácie už niekoľko desaťročí a všeobecne sa stalo predstaviteľom riadenia zmien v podniku zdola-nahor (ringi systém hľadania inovácií a individuálna kaizen filozofia), ich kultúra je silne orientovaná na jednotlivca a jeho spoločenské väzby k vlastnej rodine a zároveň k akémukoľvek staršiemu človeku. Japonsko veľmi dbá na sociálne cítenie a to sa odráža aj v ich postoji k novej priemyselnej revolúcii. Okrem analýzy príležitostí v oblasti ekonomického rastu sa vo svojej správe veľmi silno orientujú na dopad na spoločnosť. Preto nesie meno „Society 5.0“, teda „Spoločnosť 5.0“.

Jej cieľom je vytvoriť podmienky pre zachovanie alebo zlepšenie kvality ľudského života ako takého. Preto sa obsah správy orientuje na možnosti ako vyriešiť aktuálne sociálne problémy, a zároveň na to, ako predísť novým potenciálnym. Krajina aktuálne čelí viacerým problémom, ako je napríklad pokles populácie pri jej rýchlom starnutí, ktoré ohrozuje ako trh práce a funkčnosť niektorých odvetví, tak aj verejné financovanie nevyhnutné pre zdravotnú a sociálnu starostlivosť o seniorskú generáciu.

Ako prostriedok k jej dosiahnutiu si Japonsko zvolilo 2 cesty; cestu akumulácie všestranných dát z bežného života (napr. v oblasti zdravia, medicíny, sociálnych systémov, životného prostredia, dopravy, logistiky a alokácie ekonomických zdrojov v spoločnosti) a cestu technológií kultivovaných pod „monozukuri“, čo predstavuje koncept individuálnej excelencie v danej oblasti. Štátna oblasť má teda za úlohu zhromažďovať dáta o ľudskej spoločnosti a pomocou technologických výdobytkov priemyslu 4.0 aktuálne vyhľadávať ich optimálne (excelentné) využitie v praxi tak, aby napomohli spoločným cieľom sociálneho cítenia.

1.7 Príprava na dobu Priemyslu 4.0 v podmienkach Slovenskej republiky

Ohľadne zavedenia konceptu Priemyslu 4.0 vydalo na území Slovenskej republiky Ministerstvo hospodárstva v roku 2016 štátnu koncepciu, pomenovanú „*Koncepcia inteligentného priemyslu pre Slovensko*“, ktorá vychádza zo skúseností z Českej republiky a Rakúska, ktoré sa nachádzajú v podobných podmienkach v oblasti ekonomiky, kultúry a zahraničnej politiky. Jej hlavnou myšlienkou bola transformácia tradičného vnímania slovenského priemyslu smerom k modernému globálnemu ponímaniu v podmienkach digitalizácie, internetovej ekonomiky, robotizácie a prepojenia výroby s vedecko-výskumnými inštitúciami a vzdelávacími inštitúciami do jedného celku, ktorý by bol schopný fungovať v podmienkach Slovenskej republiky.³⁸ Poukazuje na dôležitosť aplikovaného výskumu a vývoja s priemyslom, zdôrazňuje význam implementovania nových technológií do podnikových procesov a naznačuje priblíženie možností koordinácie efektívneho financovania štrukturálnych fondov. Naznačuje schému s vertikálnou, horizontálnou a digitálnou úrovňou integrácie výrobných celkov. Takéto zmeny by mali v užšie prepojiť dodávateľov, výrobcov, distribučné kanály a spotrebiteľov.³⁹

Vláda Slovenskej republiky v roku 2018 schválila tzv. „Akčný plán inteligentného priemyslu pre Slovensko“ so strategickými cieľmi:⁴⁰

- Zvyšovať konkurencieschopnosť a ukotvenie kľúčových priemyselných odvetví v podmienkach umožňujúcich digitalizáciu
- Vytváranie priestoru a podmienok pre vývoj nových technológií, metód a ich aplikácií s podporou domácich odvetví a ich schopnosť exportu
- Prepájať nadnárodné spoločnosti s veľkými, strednými a malými podnikmi, vedeckými inštitúciami, vedeckými parkmi a univerzitnými inkubátormi na finančnej a mentorskej úrovni so zameraním na vzdelávanie absolventov pre zabezpečenie konkurencie-schopnosti na trhu práce

³⁸ BLOŽON, Branislav. Štátna koncepcia Priemysel 4.0 je na svete. In: *ATP Journal*. [elektronický zdroj] 2016. Online. Dostupné na: https://www.atpjournals.sk/novetrendy/statna-koncepcia-priemysel-4.0-je-na-svete.html?page_id=23116&from=rss

³⁹ HLUŠKOVÁ, Tatiana. Porovnanie stratégií Priemyslu 4.0 na Slovensku a vo vybraných krajinách. *Studia commercialia Bratislavensia: scientific journal of Faculty of Commerce, University of Economics in Bratislava*. Bratislava: Obchodná fakulta Ekonomickej univerzity v Bratislave, 2016, 9(35), 278-292. ISSN 1337-7493.

⁴⁰ FILUS, Ivan, *Vláda SR schválila akčný plán inteligentného priemyslu SR* [elektronický zdroj] 2018. online. Dostupné na: <https://innonews.blog/2018/10/11/vlada-sr-schvalila-akcny-plan-inteligentneho-priemyslu-sr/>

2 Cieľ práce

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce je objasnenie konceptu Priemyslu 4.0 pri charakterizácii jeho konkrétnych a špecifických znakov, na základe ktorých ho je možné považovať za ďalšiu priemyselnú revolúciu. Následne je cieľom vysvetliť, čo podmienilo jeho vznik a v akých častiach ekonomickej praxe ho možno pozorovať a analyzovať. Dodatočným cieľom tejto časti bude oboznámenie s konkrétnymi technológiami, ktoré ho tvoria a podmieňujú.

Za čiastkové ciele v rámci teórie možno teda považovať; prvotné oboznámenie s týmto konceptom a jeho potenciálom; následne uvedenie konkrétnych technológií, ktoré ho odlišujú od prechádzajúcich tradičných prvkov priemyslu, a aké sú ich reálne aplikácie a benefit ich využitia; určenie jeho predpokladov a datovanie v aktuálnej histórii; opis aktuálnych trendov v rámci jeho koordinácie alebo konvergenzie, uvedenie politických iniciatív, alebo regulácií, ktoré sa v rámci jeho podmienok vytvárajú. V záverečnej časti diplomovej práce sa pokúsime poukázať na merateľný vplyv týchto faktorov a poskytnúť interpretáciu toho, ako sa formovanie nového kapitálu spojeného s takýmito inováciami prejavilo v reálnych podmienkach. Pre naplnenie tohto cieľa je potrebné určiť konkrétny ekonomický subjekt, ktorý prešiel v poslednej dobe transformačnými zmenami vo svojej štruktúre alebo investícií do technológií. Jeho pozíciu v diplomovej práci bude treba obhájiť a zdôvodniť. Následne bude čiastkovým cieľom praktickej časti analyzovať špecifické údaje tohto podnikateľského subjektu, pričom bude zámerom nájsť pozitívne alebo negatívne účinky jeho inovačných aktivít. Na záver praktickej časti bude potrebné interpretovať ich vplyv na vývoj daného podniku.

3 Metodika práce a metódy skúmania

Hlavnou ideou nasledujúcej časti diplomovej práce je preukázanie toho, ako sú investície do nových technológií Priemyslu 4.0 užitočné na úrovni konkrétneho podniku. A to nie len v teoretickej rovine alebo v medzi-generačnom porovnaní schopností a kapacity jednotlivých strojov, zariadení, alebo inej formy fyzického kapitálu použitého vo výrobe. Pre naplnenie tohto cieľa v prvom rade vyberáme vhodný podnikateľský subjekt, o ktorom možno uvažovať ako o inovatívnom podniku na základe jeho historického vývoja, budúcej stratégie, investícií do nových technológií a praktík a podľa markantnosti vlastného vplyvu na svoj trh. Tieto atribúty obhájime syntézou rôznych slovných argumentov o jeho činnosti v kombinácii za použitia rôznych štandardných štatistík.

Po zdôvodnení výberu subjektu pre naplnenie cieľa diplomovej práce následne použijeme prvky finančnej analýzy, ktoré budú smerovať k hľadaniu zvýšenej produktivity práce po sledovaných prírastkoch investícií do nových technológií a zariadení v podniku, pričom by bolo pozitívnym javom, keby dokázali udržať rastúci trend produktivity práce aj pri rovnakom, alebo nižšom počte zamestnanej pracovnej sily. Takýmto preukázaním by sme dokázali, že v podmienkach vzťahu Cobbovej-Douglasovej produkčnej funkcie, kde výstup výroby podniku je založený na substitučnom vzťahu užívania fyzického a ľudského kapitálu, spolu s dodatočnými prvkami kvality užívania fyzického kapitálu (ako sme spomenuli v teoretickej časti), sa podnik dokázal na základe svojich inovatívnych investícií zaradiť k úspešným aplikantom konceptu Priemyslu 4.0.

V rámci finančnej analýzy budeme používať 2 metódy. Prvou budú grafické metódy naznačujúce historický vývoj daných ukazovateľov a sledovaných údajov v čase. Druhou metódou budú v špecifických prípadoch použité postupy analýzy štatistického modelu pomocou metódy najmenších štvorcov v programe GRET. Údaje pre tieto analýzy budeme čerpať z viacerých zdrojov. V prvom rade použijeme auditované dáta z účtovných závierok verejne dostupných v centrálnom registri účtovných závierok. Následne použijeme Výročné správy podniku, ktoré sú verejne dostupné na internete. Ostatné štandardné dáta pre definovanie postavenia podniku na trhu budeme čerpať zo zdrojov Slovenského Štatistického úradu a iných verejne dostupných zdrojov.

4 Výsledky práce a diskusia

Na základe požiadaviek vyplývajúcich zo zadania a cieľu práce je potrebné nielen teoreticky objasniť ekonomickú transformáciu, ktorú Priemysel 4.0 prináša, ale aj na konkrétnom príklade takéto úžitky uviesť a interpretovať ich vplyv na daný podnik, alebo odvetvie, v ktorom podniká. Prvkov, ktoré môžu spájať takýto pozorovaný subjekt je viacero. Z dôvodu enormnej významnosti na slovenskom trhu, vrátane celkovej výroby a prínosu pre ročný hrubý domáci produkt, tak aj výrazný vplyv na trhu zamestnanosti, sme sa rozhodli zamerať na podnik Volkswagen Slovakia a.s.. Ako vysvetlíme v nasledujúcej časti, jeho strategické cielenie a aktuálne aplikácie nových technológií spĺňajú podobné kritéria ako koncept Priemyslu 4.0 a preto je vhodným subjektom pre našu analýzu.

4.1 Charakteristika danej spoločnosti, jej sily na trhu, stratégie a inovatívnosti

Volkswagen Slovakia a.s. je akciovou spoločnosťou patriacej pod väčší koncern Volkswagen group. Ako podnik bol založený v roku 1937 v nemeckom meste Wolfsburg, pričom sa venovala prevažne dizajnu automobilových vozidiel, no kvôli politickým okolnostiam aj produkcií výzbroje pre nemecké ozbrojené zložky. Prvýkrát sa začala orientovať na medzinárodné trhy v roku 1952 založením zahraničných jednotiek a firiem. Táto spoločnosť sa v rámci rozširovania dostala aj na trh strednej a východnej Európy pomocou akvizície značky Škoda spolu s jej výrobným závodom v meste Bratislava v roku 1991. V dnešnej dobe sa zameriava na 2 hlavné podnikateľské činnosti, na produkciu automobilových vozidiel pod 12 rôznymi značkami (ako je napríklad rovnomerná Volkswagen, ale aj Scania, Audi, či Porsche) a následne na finančné služby pod 4 značkami (Scania, Man, Porsche, Volkswagen). Aktuálne sa tento podnik rozšíril do ďalších 2 slovenských miest, do Martina a Stupavy. Síce názov spoločnosti nesie značku Volkswagen, jej výrobné haly sú zamerané na produkciu automobilov alebo dielov do vozidiel viacerých značiek z celého koncernu, konkrétne pre dodatočné značky Audi, Porsche a Škoda. Za 30 rokov svojej existencie dokázali rozšíriť 1 prevádzku na 3, vrátane individuálnych rozšírení a počet zamestnancov z počiatočných 100 na aktuálne viac ako 11 500, čím sa z podniku stal najväčší zamestnávateľ na území Slovenskej republiky.

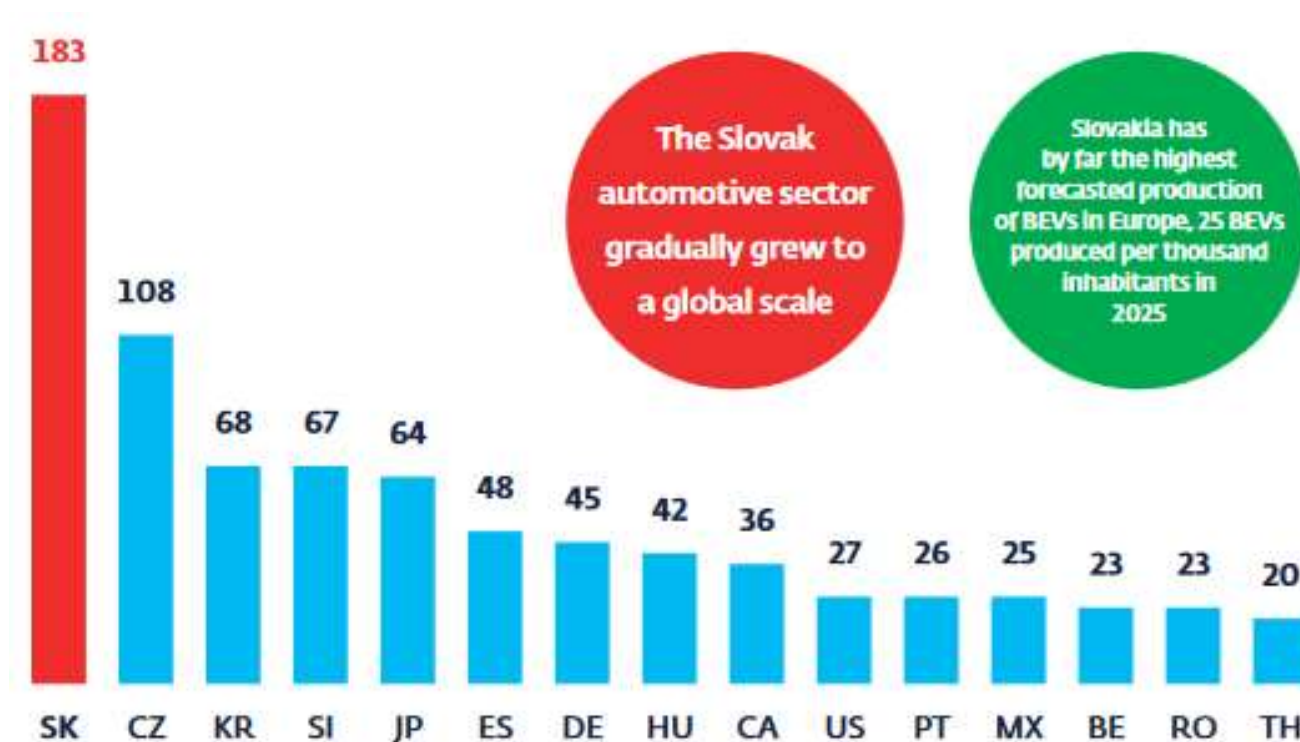
Prejavenie dôvery koncernu v ekonomiku a ponuku práce v podmienkach čerstvo založenej krajiny na trhu s nezmapovanou dodávateľsko-odberateľskou infraštruktúrou je možné považovať za riskantný krok. Avšak po rokoch úspechu priniesol zisk a niečo viac. Koncern Volkswagen nasledoval príchod na Slovensko aj ďalších automobiliek : PSA Peugeot Citroen (premenovaný na Stellantis Slovakia) v Trnave, Kia Motors v Žiline a Jaguar Land Rover v Nitre. To malo na slovenskú ekonomiku nesmierny vplyv, nakoľko s príchodom nových spoločností prišli aj špecializované dodávateľské podniky a vytvorila sa infraštruktúra pre vzájomnú spoluprácu v odvetví v rámci reťazovo prepojených firiem. Takúto schému delíme do 3 vrstiev:

- TIER 1 – dodávatelia prvej úrovne, ktorí dodávajú priamo do automobiliek alebo prostredníctvom väčších dodávateľov, pričom dodávajú najmä výrobné systémy a plošné moduly
- TIER 2 – dodávatelia druhej úrovne, s vlastnou montážou, dodávajú prevažne komponenty alebo moduly k nim určené
- TIER 3 – dodávatelia tretej úrovne, dodávajú základné výrobky ako dielce, komponenty alebo nespracovaný materiál, nie vždy priamo automobilkám ale aj firmám, ktorých činnosť od nich závisí

Vplyv vývoja automobilového odvetvia pozorujeme na viacerých agregovaných štatistikách. V prípade trhu práce sledujeme rastúci trend zamestnanosti v odvetví, pričom v roku 2021 sme pozorovali viac ako 164 000 zamestnaných priamo v týchto 4 automobilkách, alebo v podnikoch patriacich do TIER 1 dodávateľov, pričom pri zvážení podnikov aj TIER 2 a 3, pozorujeme až počet 245 000 ľudí zamestnaných v danom priemysle naprieč celou jeho infraštruktúrou. Podobný nesmierny vplyv badať aj na pomere automobilového priemyslu k celkovej vyprodukovanej pridanej hodnote celonárodného priemyslu v krajine, ktorý dosahuje až 48% v roku 2021. V prípade pomeru tejto časti priemyslu k celkovému hrubému domácomu produktu zas hovoríme o nesmiernych 12% (Sario, 2022).

Po rozvinutí tejto časti slovenského priemyslu pozorujeme v odvetví AUTOMOTIVE významné štatistiky i v celosvetovom meradle. V dnešnej dobe krajina dokáže vyprodukovať viac ako 1 000 000 vozidiel ročne, čím sa v prepočte na obyvateľa krajina so 183 automobilmi/rok stáva najväčším producentom automobilov per capita na celom svete. Nasledujúca krajina na druhej priečke v poradí pritom dokáže vyrobiť až o 41% menej, čím je vidno ako dominantné je toto odvetvie.

Graf. č. 14 :Počet vyrobených automobilov na obyvateľa vo vybraných krajinách



Zdroj : Sario Slovensko, 2021

Nakoľko je postavenie automobilového priemyslu vo veľmi silnej pozícii vo viacerých ohľadoch (podiel na HDP, podiel na celkovom priemysle, vplyv na trhu zamestnanosti) a sledovaný podnik Volkswagen Slovakia je jej najdlhšie fungujúcim a najvýznamnejším predstaviteľom, tak preň vyplývajú isté očakávania ako tvorcu trendov na trhu. Pre udržanie svojej pozície si podnik nemôže dovoliť meškať v aplikovaní inovatívnych riešení a prenechať priestor konkurencii.

Ako taký, má tento podnik jasne definované strategické ciele. Tie sa skladajú z opisu ideí činnosti podniku v budúcnosti. Tie môžu byť opísané vo viacerých iniciatívach, programoch alebo rebríčkoch hodnôt, na základe ktorých chce podnik korigovať svoju činnosť. Princípy, na základe ktorých chce spoločnosť podnikat' opísali v poslednej výročnej správe z roku 2021 a to sú:

- Princíp 1 (Stratégia) : Etika a compliance ako súčasť podnikovej stratégie
 - Štandardizácia metodík a pokynov so zahrnutím vytýčených hodnôt
- Princíp 2 (Risk Management) : Riziká v oblasti etiky a compliance sú identifikované, akceptované, kontrolované a zmierňované
 - Komunikačné a informačné kampane na zvýšenie povedomia o téme rizík a tiež o systéme oznamovania podnetov
- Princíp 3 (Kultúra Integrity) : Vedúci pracovníci na všetkých úrovniach riadenia spoločnosti utvárajú a udržiavajú kultúru integrity
 - Pravidelné povinné školenia pre vedúcich pracovníkov na všetkých úrovniach o pravidlách správania a „Code of conduct“
- Princíp 4 (Otvorená komunikácia) : Organizácia podporuje, chráni a váži si, keď sa objavia pochybnosti a nahlási sa podozrenie z nesprávneho konania
 - Podpora otvoreného dialógu o koncernových zásadách formou tímového dialógu a príkladov princípov v „role-model program“
- Princíp 5 (Dôsledná zodpovednosť): V prípade nesprávneho konania spoločnosť preberie zodpovednosť a prijme opatrenia
 - Jasné definovanie dôsledkov porušovania pravidiel a pravidelná výmena informácií o priestupkoch a prijaté opatrenia proti nim.

Na základe rešpektovania týchto hodnôt podnik vypracoval viaceré vízie a iniciatívne programy. Najvýznamnejšou je však zrejme „Way to Zero“, pri ktorej sa podnik zaviazal ku viacerým ESG (Environmental, Social, Governance) cieľom. Najvýznamnejším z nich je plán dekarbonizácie, teda prechodu na výrobu takých automobilových vozidiel, ktoré budú zanechávať nulovú uhlíkovú stopu v rámci znečisťovania ovzdušia emisiami.. Ako predbežný cieľ si zvolili 40% zníženie (na vozidlo) emisií do roku 2030.

K naplneniu má prísť prechodom zo spaľovacích motorov na elektro-mobily a systematickú recykláciu vysokonapäťových batérií zo starých elektromobilov. S environmentálnou stratégiou ZERO IMPACT FACTORY plánuje Volkswagen Slovakia do roku 2025 znížiť záťaž na životné prostredie o 59 % v porovnaní s rokom 2010. To je však len jeden z medzníkov na ceste vytúženému cieľu – stať sa spoločnosťou s neutrálnou uhlíkovou stopou. Pre plnenie a vyhodnotenie cieľa sleduje podnik päť základných ukazovateľov v celom výrobnom procese: spotrebu energie a vody, produkciu zneškodňovaných odpadov, emisií CO₂ a prchavých organických zlúčenín. Na základe posledných údajov z roku 2021 sa podniku podarilo načať cestu k znižovaniu emisií, aj keď naďalej produkuje vozidlá so spaľovacími motormi. Avšak z 308 990 vyprodukovaných vozidiel v uplynulom roku až 28% predstavovali vozidlá spadajúce pod tento ESG cieľ podniku o ochrane životného prostredia pomocou „zelených produktov“, čo predstavuje medziročnú zmenu o približne 5%.

Graf. č. 15 : Progres znižovania kľúčových ukazovateľov na vyrobené vozidlo



Zdroj: Výročná správa Volkswagen Slovakia 2021

Ďalším dôležitým aspektom strategickej analýzy spoločnosti je uvedenie si významu investície do vzdelávania budúcej pracovnej sily. Investície do nových technológií a smerovania firmy budú môcť priniesť úžitok iba v takom rozsahu, v akom ich ľudský kapitál v podniku bude schopný využiť. V tomto rámci založili viaceré strediská, duálnu Strednú odbornú školu automobilovú v Trnave, Nadpodnikové vzdelávacie centrum v Bratislave a zaviedli aj možnosť duálneho vzdelávania so Spojenou školou a Centrom odborného vzdelávania a prípravy v Martine.

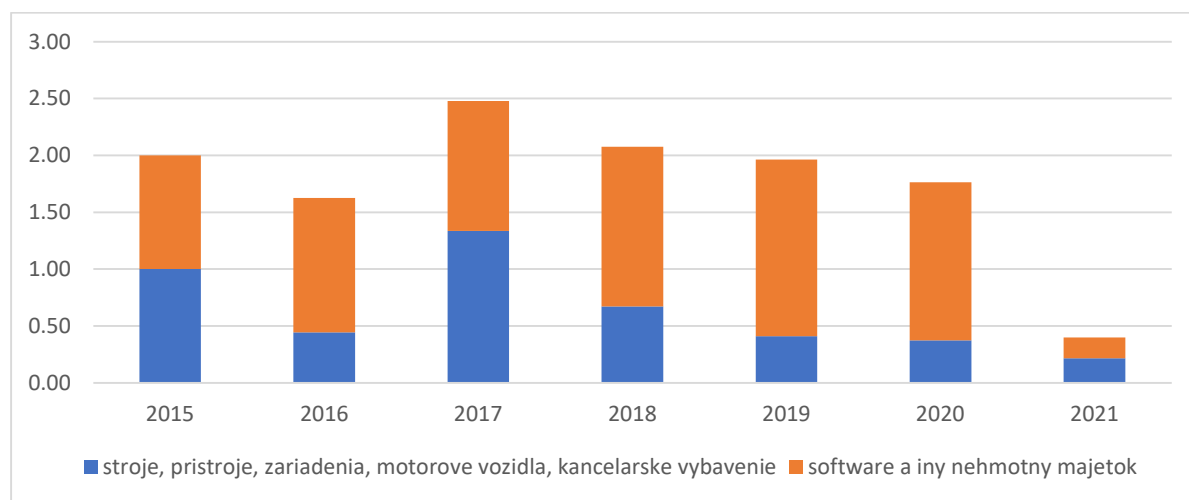
Takéto postupné prelomové kroky si vyžadujú investovanie do výskumu a vývoja nových technológií a ich rýchle testovanie a implementáciu. Nakoľko je Volkswagen Slovakia súčasťou nadnárodnej korporácie, tieto programy sa prevažne financujú a riadia centrálné, nie na úrovni konkrétnych výrobných hál, v ktorých sa implementujú. V tomto zámere koncern vytvoril vedecko-výskumné centrum s názvom „100%TechCo“, do ktorého investuje približne 1 miliardu €. Za viaceré výsledky toho centra dostal nadnárodný korporát Volkswagen Group prestížne ocenenie najinovatívnejšieho podniku v AUTOMOTIVE priemysle od spoločnosti PwC a Center of Automotive Management.

4.2 Analýza podnikových údajov v súvislosti s konceptom Priemyslu 4.0

Pre preukázanie vplyvu implementácie nových technológií do podniku budeme v nasledujúcej časti používať voľne dostupné dáta z účtovných závierok a výročných správ podniku. Konkrétne sa zameriame na údaje medzi rokmi 2015 a 2021, nakoľko v tých sme vedeli nájsť kompletne záznamy všetkých pozorovaných štatistík. V období pred rokom 2015 sa začali objavovať medzery v dátach, napr. v oblasti počtu pracovníkov zamestnaných v podniku.

Nakoľko za hlavný prínos technológií priemyslu 4.0 považujeme ich schopnosť efektívnejšie využívať dostupný kapitál vo výrobnom procese, podľa Cobbovej-Douglesovej funkcie opísanej v teórii, zameriame sa na také dáta, ktoré nám umožnia vypočítať približnú produktivitu práce v podniku a sledovať jej trend počas postupného investovania do dlhodobého hmotného majetku v prípade nových strojov, prístrojov a zariadení, a do dlhodobého nehmotného majetku v prípade nových softwarov a iného nehmotného majetku. Zamerali sme sa pritom len na medziročné prírastky bez odpisov z užívania starého majetku. Tempo v akom sa takéto investície vyvíjali môžeme sledovať na nasledujúcom grafe.

Graf. č. 16 : Tempo prírastkov v dlhodobom majetku – investície do technológií

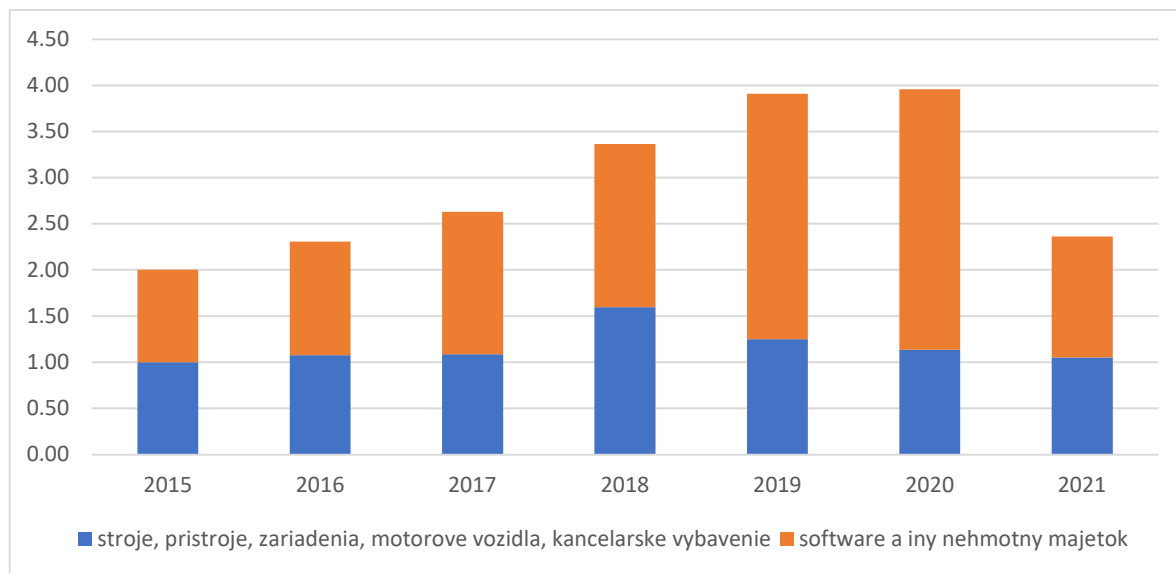


Zdroj: Vlastné spracovanie podľa účtovných závierok

Zaznamenaný pokles v roku 2021 výročná správa z daného roku obhaja preventívnymi opatreniami z dôvodov pandémie ochorenia covid-19 a negatívnych očakávaní v oblasti poklesu dopytu po predávaných produktoch a teda príjmu platieb.

Na nasledujúcom grafe sledujeme tempo v akom podnikateľský subjekt užíval už zavedený dlhodobý kapitál. Tieto údaje sú opäť zamerané iba na taký kapitál, ktorý sa priamo týka výrobných procesov a možno ho priradiť k produktivite montážnych liniek.

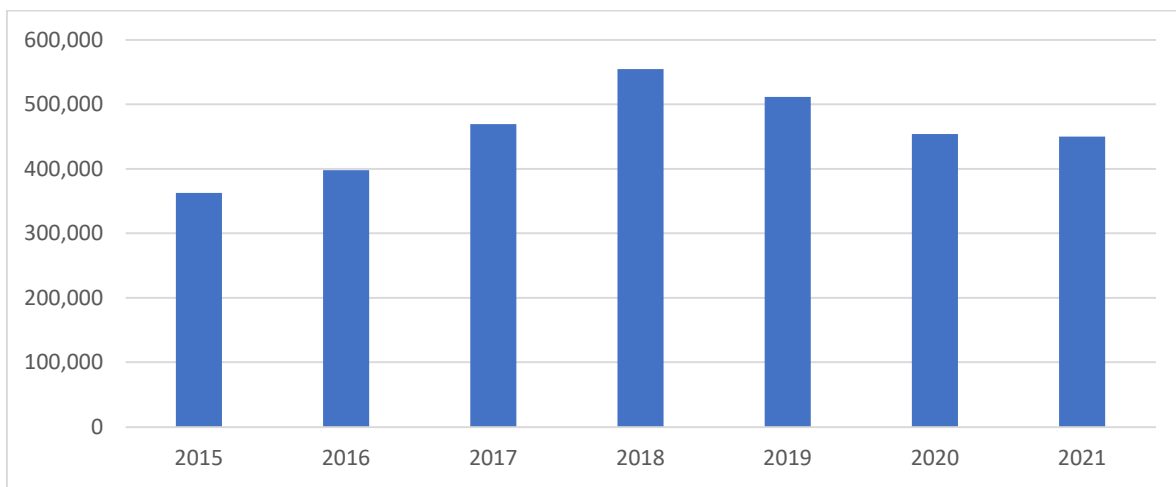
Graf. č. 17 : Tempo užívania dlhodobého majetku v rámci s výrobných technológií



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa účtovných závierok

Na druhú stranu musíme postaviť ľudský faktor a pre vyjadrenie objemu, ktorý z neho podnik využíva vo svojom výrobnom procese, sa zameriame na celkové náklady s ním spojené. Tie sa v účtovnej závierke nachádzajú pod kategóriou „Zamestnanecké pôžitky“. Podobne ako pri poklese investícií do kapitálu, aj tu sme očakávali reštriktívnu politiku podniku a istý pokles v rokoch pandémie ochorením covid-19, teda v 2020 a 2021, avšak tento pokles sme nezaznamenali. Vysvetľujeme ho kompenzačným charakterom štátnych dotácií pod kategóriou „ostatné výnosy“, ktorá sa objavila v účtovných závierkach len v týchto rokoch. No kvôli utajenému charakteru ich detailov a špecifických účelov jednotlivých položiek sme neboli schopní špecifikovať, aký podiel z nich patril na ochranu zamestnanosti v podniku v súvislosti so sociálnymi politikami prejavujúcimi sa v danom období. Preto zostávame len pri sledovaní celkových nákladov práce. Tie sa v rokoch 2015 až 2021 vyvíjali nasledovne.

Graf. č. 18 : Vývoj nákladov na ľudský kapitál spojený s výrobou (bez manažmentu a iných pozícií nesúvisiacich priamo s výrobou) v tis. €



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa účtových závierok

Nasledovne nás zaujíma otázka, či prírastky kapitálu z minulého obdobia, ktoré aktuálne sledujeme v užívaní existujúceho kapitálu vo výrobe, majú vplyv na celkové náklady podniku vynaloženého na ľudský kapitál, vo forme zamestnaneckých pôžitkov. Pre lepšie porovnanie sme si tieto premenné vyjadrili v pomere k tržbám zaznamenaným v danom období, aby sme nejakým spôsobom odzrkadlili celkové množstvo výroby, ktoré táto kombinácia výrobných faktorov dokázala vyprodukovať, v rámci dostupných dát. Prvým ukazovateľom bude teda CoEO (cost of employees over output) a druhým bude CoFCO (consumption of fixed capital over output), vypočítané nasledovne:

$$CoEO = \frac{\text{Zamestnanecké pôžitky}}{\text{Tržby}}$$

$$CoFCO = \frac{\text{Spotreba vybraného dlhodobého hmotného a nehmotného majetku}}{\text{Tržby}}$$

Dané ukazovatele sme si vypočítali a následne porovnali metódou najmenších štvorcov (odtiaľto skratka OLS, z anglického ordinary least squares). Kvôli problému s heteroskedasticitou sme použili riešenie cez robustné chyby. Autokorelácia s v modeli podľa Durbin-Watson testu nenechádzala (dL = 0.6996, dU = 1.3564). Následne môžeme konštatovať, že za prvé je taký model podľa F-štatistiky ako celok významný a je možné interpretovať jeho výsledky, a zároveň že výsledky jednotlivých parametrov sú taktiež štatisticky významné podľa výsledkov t-štatistiky.

Tabuľka č. 7: Štatistický model vzájomného vplyvu ukazovateľov CoEO a CoFCO

M1: OLS, using observations 2015-2021 (T = 7)				
Dependent variable: CoEO				
HAC standard errors, bandwidth 1 (Bartlett kernel)				
	coefficient	std. error	t-ratio	p-value
const	0.0210126	0.00617812	3.401	0.0192 **
CoFCO	-1.31544	0.299856	-4.387	0.0071 ***
Mean dependent var	0.051602	S.D. dependent var	0.005285	
Sum squared resid	0.000084	S.E. of regression	0.004090	
R-squared	0.500837	Adjusted R-squared	0.401005	
F(1, 5)	19.24492	P-value(F)	0.007108	
Log-likelihood	29.73908	Akaike criterion	-55.47817	
Schwarz criterion	-55.58635	Hannan-Quinn	-56.81525	
rho	-0.408164	Durbin-Watson	2.713663	

Zdroj : Vlastné spracovanie podľa údajov účtovnej závierky

Výsledok modelu môžeme zapísať funkciou: $COEO = 0.02101 - 1.3154 \cdot CoFCO$. Interpretujeme ju tak, že pokiaľ sa spotreba dlhodobého hmotného a nehmotného majetku zapojeného do výroby, vyjadrená ukazovateľom CoFCO, navýši o 1 jednotku, tak náklady na ľudský kapitál použitý na ten istý output, vyjadrené ukazovateľom CoEO, klesnú o 1,31544 jednotky. Koeficient determinácie R-squared nám hovorí o tom, že 50% z celkovej variability premennej CoEO je vysvetlenou pomocou nášho zápisu jej funkcie. Konštatujeme teda, že investície podniku do nového dlhodobého kapitálu viedli k znižovaniu použitia ľudského kapitálu vo výrobe. Takéto technológie spĺňajú charakter inovácií priemyslu 4.0.

Nasledovne sme sa zamerali na to, či okrem rastúcej efektivity fyzického kapitálu v pomere k ľudskému kapitálu rástla aj všeobecná produktivita práce. Tú si vyjadríme jednoducho ako pomer tržieb a počtu zamestnancov vo výrobe. Takýto ukazovateľ nazveme OPTE (Output over Production total employees).

$$OPTE = \frac{Tržby}{Počet\ zamestnancov}$$

Nakoľko sa snažíme zistiť, či produktivita práce rástla súbežne s rastúcou spotrebou fyzického kapitálu vo výrobe, porovnáme si ich vzťah v štatistickom modeli:

Tabuľka č. 8: Štatistický model vzájomného vplyvu ukazovateľov OPTE a CoFCO

M2: OLS, using observations 2015-2021 (T = 7)					
Dependent variable: OPTE					
HAC standard errors, bandwidth 1 (Bartlett kernel)					
	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	1536.04	162.551	9.450	0.0002	***
CoFCO	34885.0	7580.80	4.602	0.0058	***
Mean dependent var	724.8195	S.D. dependent var	122.0673		
Sum squared resid	30373.65	S.E. of regression	77.94056		
R-squared	0.660260	Adjusted R-squared	0.592312		
F(1, 5)	21.17609	P-value(F)	0.005831		
Log-likelihood	-39.24654	Akaike criterion	82.49308		
Schwarz criterion	82.38490	Hannan-Quinn	81.15600		
rho	0.086630	Durbin-Watson	1.790966		

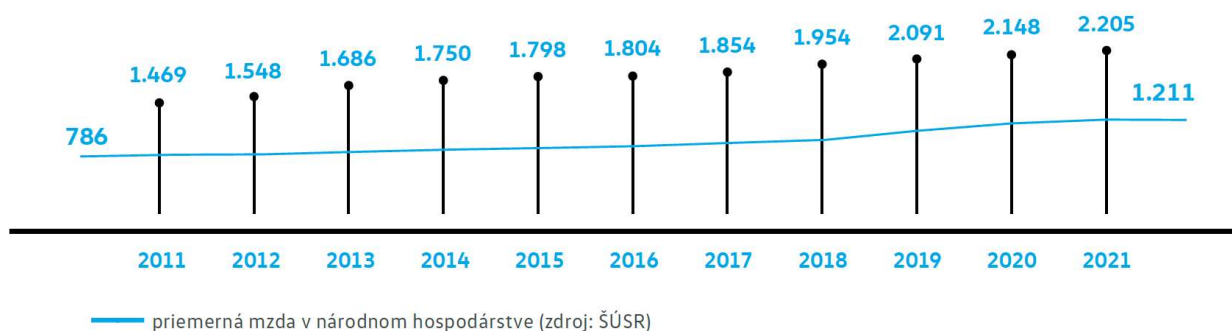
Zdroj : Vlastné spracovanie podľa údajov účtovnej závierky

Výsledok modelu môžeme zapísať funkciou: $OPTE = 1536.04 + 34\,885 \cdot CoFCO$. Interpretujeme ju tak, že pokiaľ sa ukazovateľ CoFCO navýšil o 1 jednotku, tak ukazovateľ produktivity práce OPTE narástol o 34 885 jednotiek. Koeficient determinácie R-squared nám hovorí o tom, že 66% z celkovej variability premennej OPTE je vysvetlenou pomocou nášho zápisu jej funkcie. Konštatujeme teda, že investície podniku do nového dlhodobého kapitálu viedli k postupnému zvyšovaniu produktivity práce.

Podotýkame, že dojmom vysoké číslo v parametri nezávislej premennej je dôsledkom merania produktivity práce ako tržieb, kde zapísané čísla sú v miliónoch jednotiek, pričom jednotka je v tisícoch, a zamestnancov, kde ide len o tisíce ozajstných jednotiek.

Za zaujímavé pozorovanie sme považovali aj to nasledujúce. Nakoľko je spoločnosť Volkswagen Slovakia a.s. najväčším zamestnávateľom na trhu, tak má aj silný vplyv na platovú politiku. Vo vzťahu k nej sa zamestnanci sústreďujú v jednotlivých odboroch, ktorých cieľom je pre nich vyjednať čo najlepšie podmienky s ohľadom na férovosť voči zamestnávateľovi, aby nemusel podnikateľ kroky k znižovaniu zamestnanosti. Vo svojej Výročnej správe z roku 2021 sa pýšia nasledujúcim grafom, na základe ktorého podnik ponúka nadpriemernú mzdu v podmienkach Slovenského hospodárstva s garanciou jej konštantného rastu:

Graf. č. 19: Vývoj priemernej mzdy zamestnanca firmy Volkswagen a priemernej mzdy v národnom hospodárstve



Zdroj : Výročná správa 2021

Z vyššie uvedených modelov vieme, že podnik dokázal realizovať navýšenie produktivity práce. V tomto pozorovaní nás zaujíma, či podniková politika orientovaná na konštantné zvyšovanie mzdy má nejaký vplyv na ich celkovú produktivitu práce. Preto definujeme nový ukazovateľ, ktorý nazveme CoEPTE (Cost of employees over Production total employees). Kalkulovaný bude nasledovne:

$$CoEPTE = \frac{\text{Zamestnanecké pôžitky}}{\text{Počet zamestnancov}}$$

Po výpočte tejto hodnoty sa pozrieme na jej výsledný štatistický vzťah voči celkovému outputu podniku (vo forme tržieb) v rokoch:

Tabuľka č. 8: Štatistický model vzájomného vplyvu ukazovateľov OPTE a CoEPTE

M3: OLS, using observations 2015–2021 (T = 7)					
Dependent variable: OPTE					
HAC standard errors, bandwidth 1 (Bartlett kernel)					
	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	-389.124	171.050	-2.275	0.0720	*
CoEPTE	30.1617	4.40562	6.846	0.0010	***
Mean dependent var	724.8195	S.D. dependent var	122.0673		
Sum squared resid	17367.07	S.E. of regression	58.93568		
R-squared	0.805743	Adjusted R-squared	0.766892		
F(1, 5)	46.87035	P-value(F)	0.001015		
Log-likelihood	-37.29004	Akaike criterion	78.58009		
Schwarz criterion	78.47191	Hannan-Quinn	77.24301		
rho	0.236414	Durbin-Watson	1.369499		

Zdroj : Vlastné spracovanie podľa údajov účtovnej závierky

Jeho výsledok môžeme zapísať ako funkciu, kde $OPTE = -389.123 + 30.1617 * CoEPTE$. Ten možno interpretovať tak, že pokiaľ sa v podniku navýši priemerný náklad na jedného zamestnanca, vyjadreného cez ukazovateľ CoEPTE, navýši o 1 jednotku, tak sa produktivita práce vyjadrená ukazovateľom OPTE navýši o 30,1617 jednotiek. V tom prípade negatívna konštanta hovorí o tom, že existuje pásmo hodnôt produktivity práce, ktoré sú záporné. Až pri dostatočnom navýšení ukazovateľa CoEPTE, podmienenom počtom zamestnancov väčším ako 0, prichádza k takým výsledkom, ktoré ukazujú pozitívnu produktivitu práce.

4.3 Dodatok

Chceli by sme k následným výsledkom práce dodať ešte osobitný komentár. Síce sa nám podarilo nájsť v štatistických modeloch relatívne vysoké čísla koeficientov determinácie, zdôrazňujúce ako vysokú časť celkovej variability sledovaných premenných svet vysvetlili, no stále v nich bolo veľa priestoru pre ďalšie variabilné. Napríklad pri sledovaní tržieb isto treba zvážiť aktuálnu situáciu na trhu a jeho kúpyschopnosť, na základe porovnania s konkurenciou. Tiež treba zvážiť marketingové stratégie a jednotlivé schémy odbytu tovarov. K týmto informáciám, a podobným pre každý ukazovateľ, sme nemali prístup nakoľko predstavujú citlivé dáta podniku a nie sú verejne uvedené v účtovných závierkach alebo správach audítorov.

Záver

Pri ukončení diplomovej práce konštatujeme, že sme naplnili ciele v nej stanovené. Teda sme oboznámili čitateľa s konceptom Priemyslu 4.0 a jeho aktuálnym rozvojom. Uviedli sme viaceré technológie, ktoré sú preň charakteristické. Definovali sme ich koncept a potenciálnu aplikáciu, vrátane príhodných štatistík o ich aktuálnom postavení vo svetovej ekonomike. Následne sme komentovali skutočnosť, že tieto technológie nevznikli vo veľmi nedávnej dobe, ale sú súčasťou ľudských znalostí už dlhšie. Preto sme sa venovali aj úvahe o tom, čo definuje priemyselnú revolúciu a či možno aktuálny technologický vývoj za takýto jav považovať. Po dokončení úvahy sme sa vyjadrili ku vzťahu zavádzania nových technológií do ekonomických procesov aj z hľadiska teórie a snažili sa načrtnúť konkrétne vo vzťahu k akým veličinám alebo procesom možno priradiť vývoj Priemyslu 4.0.

Po podaní týchto informácií sme sa venovali potenciálu a rizikám, ktoré môže nová priemyselná revolúcia, s charakterom ako má koncept Priemysel 4.0, priniesť pre svetovú ekonomiku. Zaoberali sme sa tým, ako sa k takýmto potenciálnym úžitkom a rizikám stavajú jednotlivé vládne úrovne a uviedli sme jednotlivé iniciatívy a analýzy, ktorými disponujú vládne inštitúcie a agentúry. Tieto znalosti sme uviedli ako v medzinárodnom meradle na úrovni rôznych zoskupení (ako je napr. EÚ) tak aj na príklade konkrétnych krajín (ako je napr. Slovensko).

V praktickej časti sme sa venovali konkrétnej aplikácii nových technológií a konceptu Priemyslu 4.0 do špecifického podniku. Najprv sme obhájili jeho postavenie v diplomovej práci ako vhodného subjektu analýzy, pričom sme čitateľa oboznámili s jeho činnosťou, históriou a kľúčovými prvkami jeho budúcich stratégií, a následne sme sa venovali štatistickej analýze údajov tohto podniku. Použili sme pri tom údaje z verejne dostupných zdrojov ako sú účtovné závierky a výročné správy podniku.

Na záver konštatujeme, že sme v naplnení cieľov uspeli a spoľahlivo uviedli všetky požadované informácie o vývoji Priemyslu 4.0, rovnako ako sme analyzovali aj konkrétny dopad implementácií jeho prvkov a technológií na úrovni jedného podnikateľského subjektu.

Zoznam použitej literatúry

1. MANKIW, Greg. Principles of Economics. 6. vyd. Boston : Cengage learning, 2012, 856 s., ISBN 978-08-1846-542-0.
2. HRNČIAR, Michal. *Zamestnanosť, nové výzvy a riešenia na slovenskom trhu práce v meniacich sa sociálno-ekonomických podmienkach: dizertačná práca*. Bratislava, 2022, 102 s. Národohospodárska fakulta EU. Školiteľ Eva Rievajová.
3. KORDOŠ, Marcel, ed. Výzvy, trendy a inšpirácie na trhu práce 2021: Challenges, Trends and Inspirations within the Labor Market 2021 In: *Zborník vedeckých príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie = Proceedings of Scientific Papers from the International Scientific Conference*. Trenčín: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka. Fakulta sociálno-ekonomických vzťahov, 2022, 527 s. ISBN 978-80-8075-967-4.
4. ZÁVADSKÁ, Zuzana a Ján ZÁVADSKÝ. *Industry 4.0 a inteligentné technológie v rozvoji manažmentu výroby podniku*. Banská Bystrica: Belianum, 2020, 157 s. Studia oeconomica, 69. ISBN 978-80-557-1732-6.
5. BALÁŽ, P. 2010. *Medzinárodné podnikanie. Na vlně globalizujúcej sa svetovej ekonomiky*. 5. vyd. Bratislava: Sprint. 564 s. ISBN 978-80-89393-18-3.
6. CHAJDIK, J., ARBE, T., NOVOTNÁ, E. 2011. *Konkurencieschopnosť inovácií*. Bratislava: STATIS. 154 s. ISBN 978-80-85659-66-5.
7. KIRSCHMAYER, J. 2015. Bariéry využívania cloudových služieb v malých a stredných podnikoch. In: *Ekonomika a financie manažmentu podniku – rok 2015: zborník vedeckých prác pri príležitosti 75. výročia založenia Ekonomickej univerzity v Bratislave*. Bratislava: Ekonóm, s. 1-9. ISBN 978-80-225-4280-7.
8. MASÁROVÁ, T., KORDOŠ, M., SOKOL, J. 2019. Vplyv konceptu Priemysel 4.0 na spoločnosť. In: *Vplyv Industry 4.0 na tvorbu pracovných miest. Zborník odborných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie 2018*. Trenčín: TnUAD FSEV. s. 155-161. ISBN 978-80-8075-837-0.
9. SCHWAB, K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. Redfern: Portfolio. 192 p. ISBN 978-1524758868.
10. KALETSKY, A. *Capitalism 4.0 : the birth of a new economy in the aftermath of crisis*. New York : PublicAffairs, 2010. 397 s. ISBN 978-1-58648-871-0.

11. LUŠKOVÁ, T. 2016. Porovnanie stratégií Priemyslu 4.0 na Slovensku a vo vybraných krajinách. In: *Studia commercialia Bratislavensia*. Roč. 9, č. 3, s. 278-292. ISSN 1337-7493.
12. PUHOVICHOVÁ, Diana. *Zmeny v uplatňovaní metód a techník pri realizácii manažérskych funkcií v kontexte vplyvu štvrtej priemyselnej revolúcie: dizertačná práca*. Bratislava, 2022, 223 s. Fakulta podnikového manažmentu EU. Školiteľ Nadežda Jankelová.
13. BEDNARČÍKOVÁ, Diana a Peter ZAHRADNÍK. Internet of Things and Its Use in Business Entities of the World. *EDAMBA 2021: International Scientific Conference for Doctoral Students and Post-Doctoral Scholars*. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2022, , 29-42. ISBN 978-80-225-4930-1.
14. ŠVARDOVÁ, Viktória. The Impacts of Additive Manufacturing on Supply Chains. *Economic and Social Policy: Proceedings of the International Scientific Conference, September 4-6, 2018, Čeladná, Czech Republic*. Ostrava: Vysoká škola sociálne správni, 2018, , 375-384. ISSN 2571-1776.
15. GREGOR, M., HERČKO, J., GRZNÁR, P.: The factory of the future production system research. In: *ICAC 2015 Proceedings of the 21-st International conference on automation and computing*. Glasgow, 2015. ISBN 978-0- 9926801-0-7.
16. MOZOL, Š., GREGOR, M., GRZNÁR, P., SCHICKERLE, M. Methodology for optimising of production lines, In: *Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch : zborník príspevkov*. - Košice: TUKE. 7s. ISBN 978-80-553-3210-9.
17. ŠEMINSKÝ, J.: The etymology of term the forth industrial revolution. In: *ITPB Journal*, No. 11, 2016, p. 324-326, ISSN 2344 – 2409, Dostupné: <http://www.itpb.eu/index.php/ct-menu-item-3/14-engineering/417-11-cislo-clanok-61>
18. CINGANO, F. Trends in Income inequality and its Impact on Economic Growth. In: *OECD Social, Employment and Migration Working Papers [online]*. Paríž: OECD, 2014, No. 163, 64 s. 1815199X, Dostupné na internete www.oecd.org/els/soc/trends-in-income-inequality-and-its-impact-on-economic-growth-SEM-WP163.pdf
19. PwC: *The future of spare parts is 3D. A look at the challenges and opportunities of 3D printing*. 2017. Dostupné na: <https://www.strategyand.pwc.com/reports/future-spare-parts-3d>
20. OECD *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*. OECD Publishing, Paris. 2017. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en>
21. ING Economic and Financial Analysis *3D Printing: a threat to global trade*. 2017. Dostupné na: <https://www.ingwb.com/media/2088633/3d-printing-report-031017.pdf>

22. PLINTA, D., KRAJČOVIČ, M.: Production system designing with the use of digital factory and augmented reality technologies. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 350, 2016, 187 s. ISSN 2194-5357. P
23. TOFFLER, H. A.. *Utváranie novej civilizácie*. Bratislava : Open Windows, 1996. ISBN 80-85741-15-6.

Ostatné online zdroje:

1. Centrálny register účtovných závierok : <https://www.registeruz.sk/>
2. Výročné správy podniku Volkswagen Slovakia
3. Štatistický úrad SR <https://slovak.statistics.sk/>
4. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570_007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570_007_EN.pdf)
5. <https://www.brookings.edu/research/americas-advanced-industries-new-trends/>
6. https://www.japan.go.jp/abenomics/userdata/abenomics/pdf/society_5.0.pdf
7. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/way-to-zero-volkswagen-presents-roadmap-for-climate-neutral-mobility-7081>
8. <https://sario.sk/sites/default/files/sario-automotive-sector-in-slovakia-2022-09-23.pdf>
9. <https://www.mercomindia.com/volkswagen-invest-1-billion-electric-vehicle-center-china>
10. <https://www.mojelektromobil.sk/rebricek-prinosu-inovacii-tento-rok-znovu-vyhral-volkswagen/>
11. https://www.volkswagenag.com/presence/nachhaltigkeit/documents/sustainability-report/2021/Nonfinancial_Report_2021_e.pdf
12. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/way-to-zero-volkswagen-presents-roadmap-for-climate-neutral-mobility-7081>
13. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again>