



**SLOVENSKA TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
MATERIÁLOVOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA V TRNAVE**

**Ing. Samuel Janík**

Autoreferát dizertačnej práce

**Zefektívnenie vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby v  
kontexte požiadaviek Industry 4.0**

**Na získanie akademického titulu:** doktor (philosophiae doctor, v skratke PhD.)

**V doktorandskom študijnom programe:** priemyselné manažérstvo

**V študijnom odbore:** strojárstvo

**Forma štúdia:** denná forma

**Miesto a dátum:** v Trnave, dňa 31.5. 2024

**Dizertačná práca bola vypracovaná na:**

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave  
Slovenská technická univerzita v Bratislave

**Predkladateľ:**

**Ing. Samuel Janík**

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu  
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Jána Bottu 2781/25  
917 24 Trnava

**Školiteľ:**

**doc. Ing. Miroslava Mĺkva, PhD.**

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu  
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Jána Bottu 2781/25  
917 24 Trnava

**Konzultant:**

.....  
.....  
.....

**Autoreferát bol rozoslaný** .....

**Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa ..... o.....h na  
Materiálovotechnologickej fakulte so sídlom v Trnave, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave,  
Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava.**

.....  
prof. Ing. Miloš Čambál, CSc.  
Dekan MTF STU

## SÚHRN

JANÍK, Samuel, Ing.: *Zefektívnenie vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0* [Dizertačná práca] – Slovenská technická univerzita v Bratislave. Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave; Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu. - Školiteľka: doc. Ing. Miroslava Míkva, PhD.– Trnava: MTF STU, 2024. 156 s.

**Kľúčové slová:** Industry 4.0, Štíhla výroba, Big Data

Hlavným cieľom predkladanej dizertačnej práce je návrh metodiky zefektívnenia vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0. Vychádzajúc z hlavného cieľa majú priemyselné organizácie príležitosť efektívnejšie využívať dáta pri vykonávaní strategických rozhodnutí a riešení problémov. Obsah práce je rozdelený do šiestich kapitol. Prvá kapitola sa zaoberá analýzou teoretických východísk filozofie štíhlej výroby a Industry 4.0. V druhej kapitole je zadefinovaný cieľ, výskumné otázky a hypotézy dizertačnej práce. V tretej kapitole sú opísané metódy a metodika dizertačnej práce. Štvrtá kapitola obsahuje analýzu súčasného stavu východísk pre implementáciu vybranej metódy štíhlej výroby v priemyselných organizáciách v kontexte požiadaviek Industry 4.0. Piata kapitola sa zaoberá návrhom metodiky zefektívnenia vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0. Posledná kapitola sa zaoberá predpokladanými prínosmi dizertačnej práce.

Práca bola súčasťou projektu VEGA č. 1/0721/20 „Identifikácia priorít udržateľného riadenia ľudských zdrojov s ohľadom na znevýhodnených zamestnancov v kontexte Industry 4.0“.

## ABSTRACT

JANÍK, Samuel, Ing.: *Enhancing the efficiency of a selected conventional lean manufacturing method in the context of Industry 4.0 requirements* [Dissertation thesis] - Slovak University of Technology in Bratislava. Faculty of Materials Science and Technology in Trnava; Institute of Industrial Engineering and Management. - Supervisor. doc. Ing. Miroslava Mílkva, PhD.- Trnava: MTF STU, 2024. 156 p.

**Key words:** Industry 4.0, Lean Manufacturing, Big Data

The main objective of the present dissertation is to propose a methodology for making a selected conventional lean manufacturing method more efficient in the context of Industry 4.0 requirements. Based on the main objective, industrial organizations have the opportunity to use data more effectively in making strategic decisions and solving problems. The content of the thesis is divided into six chapters. The first chapter deals with the analysis of the theoretical background of lean manufacturing philosophy and Industry 4.0. The second chapter defines the aim, research questions and hypotheses of the dissertation. The third chapter describes the methods and methodology of the dissertation. The fourth chapter contains an analysis of the current state of the basis for the implementation of the selected lean manufacturing method in industrial organisations in the context of Industry 4.0 requirements. The fifth chapter covers the design of a methodology for enhancing the effectiveness of the selected conventional lean manufacturing method in the context of Industry 4.0 requirements. The last chapter addresses the expected contributions of the dissertation.

The thesis was part of the VEGA project No. 1/0721/20 "Identification of priorities for sustainable human resource management with regard to disadvantaged employees in the context of Industry 4.0".

## OBSAH

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÚVOD</b>                                                                     | <b>7</b>  |
| <b>1 ANALÝZA TEORETICKÝCH VÝCHODÍSK FILOZOFIE ŠTÍHLEJ VÝROBY A INDUSTRY 4.0</b> | <b>9</b>  |
| 1.1 Filozofia štíhlej výroby .....                                              | 9         |
| 1.2 Plytvanie .....                                                             | 9         |
| 1.3 Vybrané metódy štíhlej výroby .....                                         | 9         |
| 1.3.1 Just in Time .....                                                        | 9         |
| 1.3.2 Kanban .....                                                              | 9         |
| 1.3.3 Mapovanie toku hodnôt .....                                               | 9         |
| 1.3.4 Kaizen .....                                                              | 9         |
| 1.3.5 Totálne produktívna údržba .....                                          | 10        |
| 1.3.6 Shopfloor manažment .....                                                 | 10        |
| 1.4 Industry 4.0 .....                                                          | 10        |
| 1.4.1 Dátovo riadená inteligentná výroba .....                                  | 10        |
| 1.4.2 Kyber-fyzikálne systémy .....                                             | 11        |
| 1.4.3 Internet vecí .....                                                       | 11        |
| 1.4.4 Cloudové riešenia .....                                                   | 11        |
| 1.4.5 Big Data .....                                                            | 11        |
| 1.4.6 Digitálne dvojča .....                                                    | 11        |
| 1.4.7 Augmentovaná realita .....                                                | 11        |
| 1.4.8 Virtuálna realita .....                                                   | 11        |
| 1.4.9 Aditívna výroba .....                                                     | 12        |
| 1.5 Potenciálna synergia metód štíhlej výroby a Industry 4.0 .....              | 12        |
| 1.5.1 Just in Time v podmienkach Industry 4.0 .....                             | 12        |
| 1.5.2 Kanban v podmienkach Industry 4.0 .....                                   | 12        |
| 1.5.3 Mapovanie toku hodnôt v podmienkach Industry 4.0 .....                    | 12        |
| 1.5.4 Kaizen v podmienkach Industry 4.0 .....                                   | 12        |
| 1.5.5 Totálne produktívna údržba v podmienkach Industry 4.0 .....               | 12        |
| 1.5.6 Shopfloor manažment v podmienkach Industry 4.0 .....                      | 12        |
| 1.6 Podnikové systémy .....                                                     | 12        |
| 1.6.1 Podnikový systém – ERP .....                                              | 13        |
| 1.6.2 Podnikový systém – MES .....                                              | 13        |
| 1.7 Zhodnotenie teoretických východísk .....                                    | 13        |
| <b>2 CIELE, VÝSKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY DIZERTAČNEJ PRÁCE</b>                    | <b>13</b> |
| 2.1 Formulácia cieľov dizertačnej práce .....                                   | 13        |
| 2.2 Definovanie predmetu a objektu výskumu .....                                | 14        |
| 2.3 Výskumné otázky .....                                                       | 14        |
| 2.4 Výskumné hypotézy .....                                                     | 14        |
| 2.5 Zberný nástroj a zber dát .....                                             | 14        |
| <b>3 METÓDY A METODIKA SPRACOVANIA DIZERTAČNEJ PRÁCE</b>                        | <b>14</b> |
| 3.1 Metodický postup spracovania dizertačnej práce .....                        | 15        |
| 3.2 Metódy spracovania dizertačnej práce .....                                  | 15        |

|                                                                                                                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4 ANALÝZA VÝCHODÍSK PRE IMPLEMENTÁCIU VYBRANEJ METÓDY ŠTÍHLEJ VÝROBY V PRIEMYSELNÝCH ORGANIZÁCIACH V KONTEXTE POŽIADAVIEK INDUSTRY 4.0</b>                     | <b>15</b> |
| 4.1 Výsledky dotazníkového prieskumu .....                                                                                                                        | 15        |
| 4.2 Štruktúrované rozhovory .....                                                                                                                                 | 16        |
| 4.3 Vyhodnotenie výskumných otázok a hypotéz dizertačnej práce.....                                                                                               | 17        |
| 4.4 Závery z výsledkov analýzy východísk pre implementáciu vybranej metódy štíhlej výroby v priemyselných organizáciach v kontexte požiadaviek Industry 4.0 ..... | 18        |
| <b>5 NÁVRH METODIKY INTEGRÁCIE VYBRANEJ METÓDY ŠTÍHLEJ VÝROBY S TECHNOLOGIOU INDUSTRY 4.0 - BIG DATA</b>                                                          | <b>19</b> |
| 5.1 Požiadavky na zdroje.....                                                                                                                                     | 19        |
| 5.2 Návrh metodiky .....                                                                                                                                          | 19        |
| 5.2.1 Implementácia 1. úrovne „Oblasť Zdroje“ .....                                                                                                               | 20        |
| 5.2.2 Implementácia 2. úrovne „Oblasť Dáta“.....                                                                                                                  | 20        |
| 5.2.3 Implementácia 3. úrovne „Oblasť Industry 4.0“.....                                                                                                          | 20        |
| 5.2.4 Implementácia 4. úrovne „Oblasť Informácie“ .....                                                                                                           | 20        |
| 5.2.5 Implementácia 5. úrovne „Oblasť Vedomosti“.....                                                                                                             | 21        |
| 5.3 Zhodnotenie navrhovanej metodiky .....                                                                                                                        | 21        |
| 5.4 Verifikácia uplatnenia navrhovanej metodiky.....                                                                                                              | 21        |
| <b>6 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE</b>                                                                                                                                | <b>21</b> |
| <b>ZÁVER</b>                                                                                                                                                      | <b>23</b> |
| <b>ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV</b>                                                                                                                            | <b>25</b> |
| <b>ZOZNAM PUBLIKÁCIÍ K 31.05.2024</b>                                                                                                                             | <b>33</b> |

## ÚVOD

*Nie je možné dosiahnuť pokrok, ak sme spokojní so súčasnou situáciou.*

*Taiichi Ohno*

Vysoko dynamické konkurenčné prostredie vedie manažerov priemyselných organizácií k neustálemu prehodnocovaniu svojich procesov a stratégií. Globalizácia, silná konkurencia, rýchle zmeny preferencií spotrebiteľov, ako aj neustále sa vyvíjajúce trendy tlačia na organizácie, aby zvýšili svoju flexibilitu, aby bolo možné okamžite reagovať na súčasné trendy a rozvíjať schopnosť produkovať vysoko prispôsobené produkty spotrebiteľom.

Pokračujúca snaha o vyššiu efektivitu, flexibilitu je filozofiou štíhlej výroby. Metódy štíhlej výroby sú všeobecne uznávaným tradičným prístupom k eliminácii plytvania a zefektívneniu výrobných procesov. Filozofia štíhlej výroby je považovaná za jeden z najefektívnejších výrobných konceptov a našla rozsiahle uplatnenie v priemyselných organizáciách na celom svete. Jadrom koncepcie je zníženie plytvania v procesoch, čím sa zvyšuje efektivita a znižujú sa výrobné náklady (Erboz a kol., 2017). Filozofia štíhlej výroby sa používa niekoľko desaťročí a je to pravdepodobne jedna z najuznávanejších metodík pre zlepšenie produktivity a zníženie nákladov organizácie. Tento prístup podporuje organizácie v ich úsilí znížiť výrobné náklady, zlepšovať kvalitu, znižovať dodacie lehoty a zvyšovať flexibilitu organizácie prostredníctvom neustáleho zlepšovania, identifikácie a eliminácie plytvania.

V posledných rokoch bola definovaná nová paradigma Industry 4.0, takzvaná štvrtá priemyselná revolúcia s potenciálom posunúť výrobné procesy na ďalšiu úroveň. Industry 4.0 ako protipól k zaužívaným metódam prináša nové technologické prístupy pre organizácie. Integráciou týchto dvoch filozofií najmä do výrobných organizácií je možné dosahovať strategické ciele, znižovať náklady a zvyšovať konkurencieschopnosť. Industry 4.0 umožňuje vytvárať inteligentné siete strojov, výrobkov, komponentov, vlastností a systémov v celom hodnotovom reťazci, čím formuje inteligentnú tovareň. Oba tieto prístupy majú za cieľ zvýšiť produktivitu a flexibilitu.

Autori Koçoğlu a Demirkol (2020) deklarujú, že priemyselné organizácie budúcnosti budú viac ako len systém, v ktorom je výroba so zdrojmi navzájom prepojená a vymieňa si informácie. Inteligentné priemyselné organizácie budú riadené plne integrovaným inteligentným systémom, ktorý dokáže riadiť celý výrobný systém, predvídať problémy predtým ako vzniknú, definovať spôsob a potrebný čas na ich vyriešenie. Priemyselné organizácie hľadajú účinné spôsoby pre efektívnu integráciu konceptov Industry 4.0 do existujúcich procesov. Práve tu nastáva komplexný problém, ktorý je treba analyzovať a porozumieť mu. Zásady štíhlej výroby sa pokúšajú obmedziť zložitosť, pričom Industry 4.0 zvyšuje komplexnosť. Na druhej strane Industry 4.0 je tiež možné

chápať ako podporujúci koncept štíhlej výroby, pretože rozvíjajúca sa transparentnosť v dôsledku zavedenia inteligentných sieťových systémov bude prínosom pre zásadný proces neustáleho zlepšovania.

V súčasnej dobe, kedy priemyselné organizácie nemali dostatok času nato, aby dokázali správne nastaviť svoje stratégie, sú ohrozované ďalšími faktormi ako vysoká inflácia, ktorú sa v súčasnosti centrálné banky snažia znížiť zvyšovaním úrokových sadzieb. Zvyšovanie úrokových sadzieb má v súčasnosti negatívny dopad na kúpnu silu fyzických, právnických osôb, čo priamo úmerne ovplyvňuje dopyt po produktoch priemyselných organizácií. **Organizácie sú nútené flexibilne prispôbovať svoje stratégie, vnútropodnikové procesy, a zakladat' svoje rozhodnutia na výstupoch relevantných dát, aby boli schopné konkurencieschopnosti.**

Dizertačná práca sa zameriava na širšie porozumenie vyššie uvedenej problematiky s cieľom návrhu metodiky zefektívnenia vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0.

# **1 ANALÝZA TEORETICKÝCH VÝCHODÍSK FILOZOFIE ŠTÍHLEJ VÝROBY A INDUSTRY 4.0**

Prvá kapitola dizertačnej práce sa zaoberá analýzou teoretických východísk filozofie štíhlej výroby a Industry 4.0.

## **1.1 Filozofia štíhlej výroby**

Cieľom štíhlej výroby je vyrábať viac s využitím menšieho množstva času, miesta, strojov, ľudskej námahy, materiálu, ale pritom byť zároveň schopný dodávať zákazníkovi to, čo vyžadujú. Základom štíhlej výroby je stabilita a štandardizácia (Dennis, 2015; Janík, 2020).

## **1.2 Plytvanie**

Plytvanie je akákoľvek činnosť alebo proces, ktorý nemá pridanú hodnotu pre zákazníka, zvyšuje náklady, znižuje hodnotu produktu a zákazník nie je za to ochotný platiť. Cieľom štíhlej výroby je odstrániť plytvanie v procesoch (Sharma a Khatri, 2021). Medzi plytvania zaraďujeme: *nadvýrobu, čakanie, presun, nadbytočné spracovanie, pohyb, zásoby, chyby, vedomosti a zručnosti*.

## **1.3 Vybrané metódy štíhlej výroby**

V nasledujúcich kapitolách si špecifikujeme vybrané metódy, ktorými je možné eliminovať plytvania v organizáciách.

### **1.3.1 Just in Time**

JIT výroba spočíva v uspokojovaní potrieb zákazníkov vyrábaním produktov práve včas, v správnom množstve a vo vopred dohodnutých a dodržiavaných termínoch - pull systém. Ideálnym stavom JIT je výroba bez zásob (García-Alcaraz a kol., 2017; Janík, 2020; Monden, 2012).

### **1.3.2 Kanban**

Ťahový systém tvorený dodávajúcim a odoberajúcim článkom, ktoré sú navzájom prepojené reťazcom. Odberateľ ani dodávateľ nevytvárajú žiadne zásoby. Metóda Kanban sa zameriava na vizualizáciu pracovného postupu, čím zjednodušuje pracovný postup pre členov tímu, podporuje transparentnosť (Taufiqurrachman, 2022).

### **1.3.3 Mapovanie toku hodnôt**

Mapa toku hodnôt sleduje všetky činnosti, ktoré pridávajú i nepridávajú hodnotu pre zákazníka. Mapovanie je založené na konzistentnej symbolike, ktorá musí byť jasne zrozumiteľná pre všetkých zamestnancov (Fekete, 2009; Janík, 2020).

### **1.3.4 Kaizen**

Kaizen sa sústreďuje na malé, ale časté zmeny, ktoré sa v priebehu času stanú veľkými. Ide o zapájanie všetkých zamestnancov do procesu zmeny (Hamel, 2010; Janík, 2020).

### 1.3.5 Totálne produktívna údržba

TPM je prístup, ktorého cieľom je zvýšiť efektivitu a životnosť zariadení a strojov. Je dôležitou súčasťou organizácie, zabezpečuje neprerušovaný materiálový tok v rámci výrobného procesu prostredníctvom preventívnej a prediktívnej údržby tak, aby boli vždy v stave, v ktorom je možné splňať požiadavky zákazníkov (Ortiz, 2015; Janík, 2020).

### 1.3.6 Shopfloor manažment

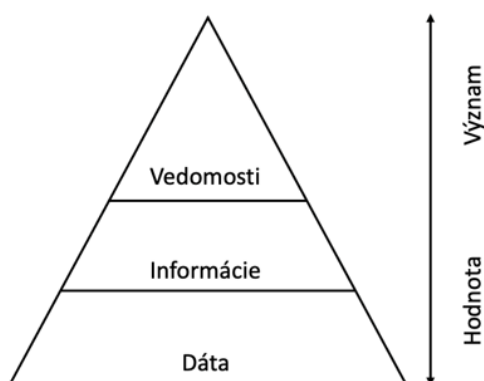
SFM opisuje postup identifikácie odchýlok od štandardu prostredníctvom kľúčových ukazovateľov výkonnosti (KPI) a iniciuje proces riešenia problémov, zlepšenia procesov. Kľúčovým prvkom SFM je SFM tabuľa, pri ktorej sa porady realizujú a na ktorej sú vizualizované dôležité informácie (KPI) (Müller a kol. 2021, Caglar, Jochem 2022).

## 1.4 Industry 4.0

Industry 4.0 sa orientuje na inteligentné procesy v rámci výrobného systému. Celý tento systém monitoringu procesov, zhromažďovania a spracovania dát prebieha hlavne pomocou internetu a prenosu týchto získaných dát na veľké úložiská (cloud) v rámci organizácie (Lukačevič a kol., 2022; Szabó a kol., 2023).

### 1.4.1 Dátovo riadená inteligentná výroba

Dáta je možné definovať ako súbor nespracovaných znakov, ktoré opisujú akýkoľvek stav, udalosť, objekt a uchovávajú ich hodnoty. Dáta je nutné transformovať na vedomosti tak, aby organizácie ich využitím boli schopné prijímať rozhodnutia, vypracovávať stratégie a predikovať budúce potreby organizácie (Xu a kol., 2020; Janík a kol., 2022). Prepojenie medzi dátami, informáciami a vedomosťami je znázornené na Obrázku 1. Význam a hodnota rastie smerom od dát k vedomostiam a klesá naopak (Koçoğlu a Demirkol, 2020).



Obrázok 1 Pyramída hierarchie vedomostí (Vlastné spracovanie podľa Chaffey, White, 2010)

Dáta z výrobných procesov na úrovni inteligentnej výroby organizácií sú získavané prienikom celého životného cyklu produktov (Xu a kol., 2020).

#### **1.4.2 Kyber-fyzikálne systémy**

Kyber-fyzikálny systém (CPS) spája informačné technológie s fyzickým (mechanickým, elektronickým) svetom (objektami). Komunikácia medzi nimi prebieha využitím dátovej infraštruktúry akou je napríklad internet (Wang a Wang, 2016; Janík a kol., 2022).

#### **1.4.3 Internet vecí**

Internet vecí (IoT) je možné charakterizovať ako výstup radikálneho vývoja internetu pripojeného do siete prepojených objektov, ktoré vytvárajú inteligentné prostredie. Využitím IoT sú priemyselné organizácie schopné sa stať inteligentnými na základe optimalizácie procesov, zdrojov a vytvárania autonómnych systémov (Mourtzis a kol., 2016; Janík a kol., 2022).

#### **1.4.4 Cloudové riešenia**

Cloudové technológie slúžia ako nástroje umožňujúce všadeprítomný prístup k dátam, informáciám (Mourtzis a kol., 2016). Zabezpečujú spoľahlivé ukladanie a manažovanie dát, čím poskytujú príležitosti pre využitie potenciálu, ktorý ponúka Internet vecí, Kyber-fyzikálne systémy a Big Data (Bartoloni a kol., 2022).

#### **1.4.5 Big Data**

Technológia Big Data je schopná analyzovať obrovské množstvo rôznych dát na pokročilej úrovni, ktoré prúdia v systéme veľkou rýchlosťou, a teda Big Data sú akýmsi pilierom koncepcie Industry 4.0. Jadrom Big Data je výber informácií z dát ako základ pre inteligentné služby a rozhodovanie systémov (Strandhagen a kol., 2017; Janík a kol., 2022).

#### **1.4.6 Digitálne dvojča**

Jedná sa o nasimulované dvojča k reálnemu pracovisku, reálnej výrobnéj linke alebo inému reálnemu fyzickému objektu. Digitálne dvojča poskytuje spôsob, akým je možné dosiahnuť integráciu informácií a presné virtuálne kópie strojov, zariadení alebo systémov (Wang a kol., 2022).

#### **1.4.7 Augmentovaná realita**

Reálne aj virtuálne objekty musia byť geometricky zosúladené v reálnom svete. Do reálneho sveta sú pridané umelo vytvorené objekty (Shah, 2019). Základnou myšlienkou AR je efektívne podávať potrebné informácie užívateľovi virtuálne bez toho, aby ho obmedzovali pri práci (Schwald a kol., 2003).

#### **1.4.8 Virtuálna realita**

Je forma technológie, pomocou ktorej sa vytvára počítačom generovaný svet alebo prostredie, ktoré následne môže užívateľ skúmať a vo väčšine prípadov s ním aj interagovať. VR je chápaná ako generovanie vizuálneho zážitku (Virtual Reality Society, 2017).

### **1.4.9 Aditívna výroba**

Aditívnu výrobu chápeme ako proces spájania materiálu s úmyslom vytvoriť objekt z dát 3D modelu. Zvyčajne tento proces prebieha technológiou vrstva po vrstve, čo je diametrálne odlišný proces oproti tradičným metódam výroby (Rogovská, 2015).

### **1.5 Potenciálna synergia metód štíhlej výroby a Industry 4.0**

Na využitie všetkých príležitostí, ktoré ponúka Industry 4.0 je nevyhnutné, aby boli rôzne systémy navzájom plne integrované (Manyika a kol., 2015).

#### **1.5.1 Just in Time v podmienkach Industry 4.0**

Najvyššia podpora technológií Industry 4.0 pre metódu JIT sa očakáva z integrácie veľkých dát, analýz dát a vertikálnej integrácie komunikácie stroja so strojom (Wagner a kol., 2017).

#### **1.5.2 Kanban v podmienkach Industry 4.0**

Medzi technológie, ktoré majú potenciál integrácie do metódy Kanban je možné zaradiť Big Data, AGV, VS. Kombináciou Kanbanu s technológiami Industry 4.0 je možné vyvinúť systém e-Kanban, ktorý nahradí konvenčné fyzické karty (Sanders a kol., 2017).

#### **1.5.3 Mapovanie toku hodnôt v podmienkach Industry 4.0**

Využitím senzorov, robotov a inteligentých zariadení a produktov objekty v rámci VSM budú objekty, dáta a informácie automaticky sledované a zhromaždené čím sa vytvorí nový druh mapovania toku hodnôt VSM 4.0 (Akkari a Valamede, 2020).

#### **1.5.4 Kaizen v podmienkach Industry 4.0**

Zhromažďovanie dát z výrobných procesov, zariadení a strojov zdieľané v Cloudovom prostredí môžu byť analyzované pomocou Big Data a zamestnanci tak získavajú nový kritický pohľad na výrobné procesy (Akkari a Valamede, 2020).

#### **1.5.5 Totálne produktívna údržba v podmienkach Industry 4.0**

Aplikácia konceptov Industry 4.0 v korelácii s filozofiou TPM je možná prostredníctvom využívania autonómneho riadenia, vytvárania digitálnych obrazov a digitálnych dvojčiat zariadení a strojov, ktoré simulujú procesy, analyzujú vlastnosti a správanie strojov a zariadení počas ich celého životného cyklu (Azuma a kol., 2001).

#### **1.5.6 Shopfloor manažment v podmienkach Industry 4.0**

Využívanie konceptu digitálneho SFM pri vizualizácii dát (resp. KPI) poskytuje potrebné informácie presne tam, kde sa vytvára hodnota priemyselných organizácií, a to vo výrobe. Digitálny SFM môže slúžiť aj v procese riešenia problémov (Müller a kol. 2021).

### **1.6 Podnikové systémy**

Podnikové systémy predstavujú dôležitú súčasť priemyselných organizácií, zabezpečujúc efektívnu integráciu, riadenie širokého spektra podnikových procesov. Radíme sem napr. ERP, MES (Dias a kol. 2021; Benfriha a kol., 2021; Mantravadi a Møller, 2019; Santos a kol., 2023).

### **1.6.1 Podnikový systém – ERP**

Na základe dát zo systému ERP je možné efektívne rozvrhnúť výrobu a odstrániť nerovnomernosť výroby (mura), identifikovať plytvania, akými môžu byť nadvýroba, zásoby, pričom prostredníctvom technológií Industry 4.0 (Majstorovic a kol., 2020).

### **1.6.2 Podnikový systém – MES**

Podnikový systém MES je primárne zameraný na výrobné procesy, manažment ľudských zdrojov a kvalitu výroby (Dias a kol. 2021).

### **1.7 Zhodnotenie teoretických východísk**

Na základe analýzy teoretických východísk usudzujeme, že možná synergia medzi metódami štíhlej výroby a technológiami Industry 4.0 existuje. Na základe tvrdení autorov Mayr a kol. (2018), Akkari a Valamede (2020), Wagner a kol. (2017), Clausen (2023), Meissner a kol. (2018) a Müller a kol. (2021) sú metódami, ktoré disponujú najväčším potenciálom k integrácii Big Data: SFM, TPM, VSM a JIT.

## **2 CIELE, VÝSKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY DIZERTAČNEJ PRÁCE**

Kapitola je zameraná na definovanie hlavného a čiastkových cieľov dizertačnej práce. Ďalej sa bude kapitola zaoberať predmetom a objektom výskumu, formuláciou výskumných otázok, hypotéz, zberným nástrojom.

### **2.1 Formulácia cieľov dizertačnej práce**

**Hlavným cieľom** predkladanej dizertačnej práce je návrh metodiky zefektívnenia vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0. **Čiastkové ciele** sú nasledovné:

- analyzovať teoretické východiská problematiky, ktorou sa dizertačná práca zaoberá z pohľadu expertov v skúmanej oblasti a z hľadiska vedných disciplín,
- analyzovať možnosti synergie metód štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0,
- realizovať kvantitatívny a kvalitatívny prieskum v stredných a veľkých priemyselných organizáciách pôsobiach v Slovenskej republike so zameraním na identifikáciu úrovne aktívneho využívania metód štíhlej výroby a ich možného zefektívnenia prostredníctvom integrácie príležitostí Industry 4.0, špecificky Big Data,
- navrhnuť model integrácie vybraných metód štíhlej výroby s technológiou Industry 4.0 – Big Data,
- navrhnuť metodiku pre efektívnu integráciu vybranej metódy štíhlej výroby s technológiou Industry 4.0 – Big Data.
- verifikovať navrhnutú metodiku v podmienkach praxe,
- zhodnotiť prínosy výstupov dizertačnej práce v oblasti vzdelávania, vedy a praxe.

## 2.2 Definovanie predmetu a objektu výskumu

*Predmetom výskumu* predkladanej dizertačnej práce je návrh metodiky pre efektívnu integráciu vybranej metódy štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0 so zameraním na stredné a veľké priemyselné organizácie v Slovenskej republike. Za *objekt výskumu* sú v dizertačnej práci považované stredné a veľké priemyselné organizácie na území Slovenskej republiky. Spolu to je 1296 priemyselných organizácií (datacube, 2023).

## 2.3 Výskumné otázky

Výskumné otázky boli stanovené nasledovne:

**VO 1:** Ako vnímajú organizácie dôležitosť implementácie Industry 4.0?

**VO 2:** Ktoré konvenčné metódy štíhlej výroby majú najväčší potenciál pri integrácii s technológiou Industry 4.0 – Big Data?

**VO 3:** Ktoré z technológií Industry 4.0 zavádzajú priemyselné organizácie v Slovenskej republike najčastejšie?

**VO 4:** Za akým účelom využívajú priemyselné organizácie v Slovenskej republike dáta?

## 2.4 Výskumné hypotézy

Výskumné hypotézy boli sformulované nasledovne:

**H1:** Existuje závislosť medzi implementáciou technológií Industry 4.0 a veľkosťou organizácie.

**H2:** Existuje významný rozdiel vo využívaní dát medzi organizáciami rôznych priemyselných odvetví.

**H3:** Vo využívaní dát existuje významný rozdiel medzi priemyselnými organizáciami strednej a veľkej veľkosti.

## 2.5 Zberný nástroj a zber dát

Zberným nástrojom použitým pre účely dizertačnej práce bol dotazník, ktorý bol súčasťou projektu VEGA č. 1/0721/20 „*Identifikácia priorít udržateľného riadenia ľudských zdrojov s ohľadom na znevýhodnených zamestnancov v kontexte Industry 4.0*“. Zber dát sa uskutočnil v časovom období máj 2021 až február 2022. Pre účely štruktúrovaných rozhovorov bol zostrojený dotazník. Respondentmi štruktúrovaného rozhovoru boli experti v oblasti štíhlej výroby s dlhoročnými skúsenosťami. Zber dát prebiehal osobnými rozhovormi v sídlach organizácií v novembri 2022.

## 3 METÓDY A METODIKA SPRACOVANIA DIZERTAČNEJ PRÁCE

Tretia kapitola dizertačnej práce je zameraná na metodiku použítú pri písaní dizertačnej práce (postup realizácie výskumu) a vedecké metódy.

### 3.1 Metodický postup spracovania dizertačnej práce

Spracovanie metodického postupu písania dizertačnej práce je nasledovné:

1. *Štúdium odbornej literatúry, knižných publikácií a vedeckých článkov.*
2. *Spracovanie teoretických východísk.*
3. *Vymedzenie hlavného cieľa a podporných cieľov.*
4. *Vymedzenie predmetu a objektu výskumu.*
5. *Stanovenie výskumných otázok*
6. *Stanovenie výskumných hypotéz*
7. *Zvolenie metód a zberných nástrojov použitých pri výskume*
8. *Zostrojenie zberného nástroja*
9. *Zber, analýza a spracovanie údajov*
10. *Vyhodnotenie a interpretácia výsledkov.*
11. *Návrh metodiky integrácie vybranej metódy štíhlej výroby s technológiou Industry 4.0 - Big Data.*
12. *Verifikácia navrhnutej metodiky.*
13. *Zhodnotenie prínosov pre určené oblasti.*

### 3.2 Metódy spracovania dizertačnej práce

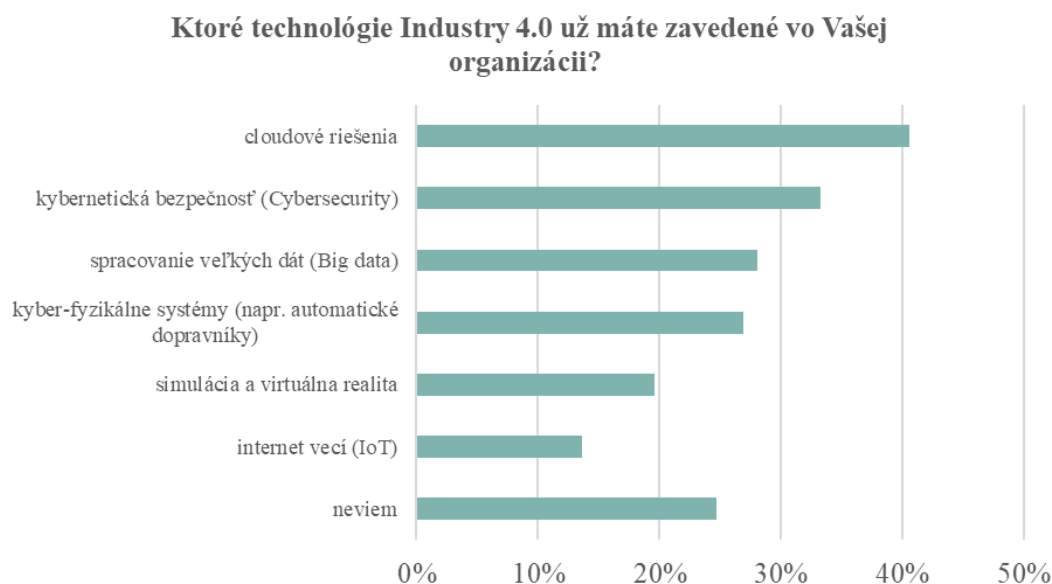
Pre potreby tejto dizertačnej práce boli využívané vedecké metódy (Cagánová a kol., 2016; Wyborn a kol., 2018; Miri a Shahrokh, 2019; Athanassopoulos a Voskoglou 2020): **analýza, syntéza, komparácia, indukcia, dedukcia, generalizácia, argumentácia, interpretácia, evalvácia, štatistické metódy, dotazník, rozhovor, expertné odhady.**

## 4 ANALÝZA VÝCHODÍSK PRE IMPLEMENTÁCIU VYBRANEJ METÓDY ŠTÍHLEJ VÝROBY V PRIEMYSELNÝCH ORGANIZÁCIACH V KONTEXTE POŽIADAVIEK INDUSTRY 4.0

Na spracovanie analýzy sme sa rozhodli realizovať prieskum prostredníctvom dotazníkovej metódy a následne štruktúrovaný rozhovor s expertami na štíhlu výrobu.

### 4.1 Výsledky dotazníkového prieskumu

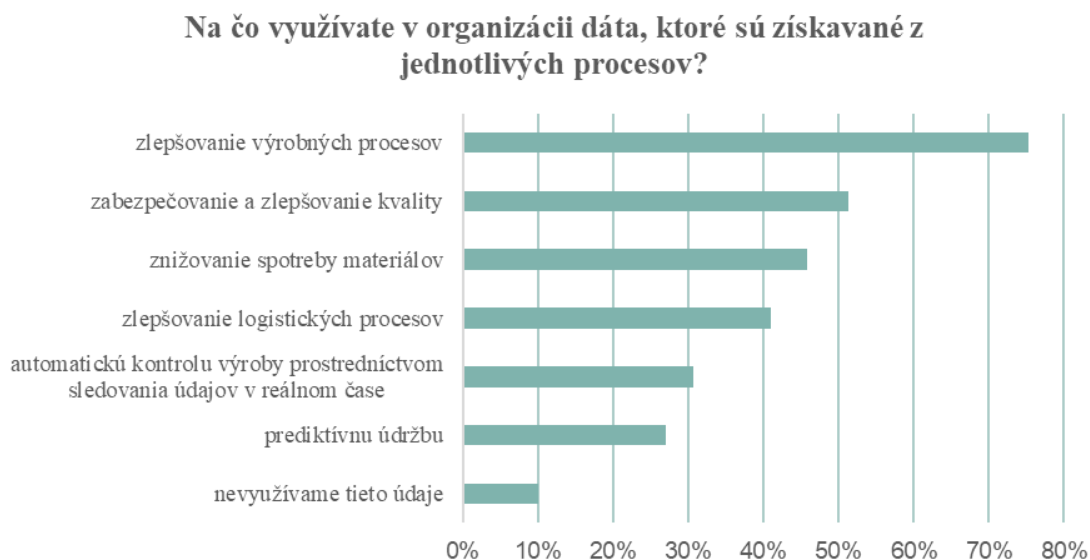
V rámci dizertačnej práce vychádzame z dotazníkového prieskumu, ktorý bol súčasťou projektu VEGA. Výberový súbor tvorí 338 respondentov z oblasti priemyselnej výroby. Na to, aby sme zistili, ktoré technológie majú organizácie zavedené slúžila nasledovná otázka z dotazníka (Obrázok 2).



Obrázok 2 Graf vyjadrujúci stav implementácie technológií Industry 4.0 v organizáciách  
(Vlastné spracovanie, 2023)

Technológiou s najväčším zastúpením v súčasnosti sú *cloudové riešenia*, ktoré zvolilo 110 respondentov, čo predstavuje 40,59 %. Možnosť *spracovanie veľkých dát (Big Data)* zvolilo 76 respondentov (28,04 %).

Dáta sú neodmysliteľnou súčasťou Industry 4.0. V rámci dotazníkového prieskumu identifikovať súčasné spôsoby využívania dát v organizáciách, znázornené na Obrázku 3.



Obrázok 3 Graf využívania dát v organizáciách (Vlastné spracovanie, 2023)

Najviac respondentov 204 (75,28 %) zvolilo možnosť *zlepšovanie výrobných procesov*.

## 4.2 Štruktúrované rozhovory

Štruktúrované rozhovory sa uskutočnili prezenčnou formou v novembri 2022. Boli zamerané na predstavenie respondenta a jeho skúsenosti s riešenou problematikou, identifikáciu

príležitostí prepojenia Big Data s konvenčnými metódami štihlej výroby a na súčasný zber, spracovanie, vizualizáciu dát, informácií, pochopenie, akým spôsobom organizácie pristupujú k prijímaniu dôležitých rozhodnutí. Rozhovor bol realizovaný s vedúcimi pracovníkmi stredných a veľkých priemyselných organizácií pôsobiach na území Slovenskej republiky z oddelenia výroby, inžinieringu, kvality a neustáleho zlepšovania, ktorí majú dlhoročné skúsenosti s filozofiou štihlej výroby. Pre zistenie, z čoho organizácie prijímajú rozhodnutia respondenti odpovedali napr.: *„Zmeny, ktoré by som uvítal do budúcnosti, využívanie pokročilých analytických nástrojov, ktoré budú priamo prepojené s dátami, ktoré sú generované v reálnom čase. Tak, aby sme boli schopní vidieť v aktuálnom čase čo sa nám na daných zónach deje a na základe toho mohli flexibilne reagovať na deviácie.“*

#### **4.3 Vyhodnotenie výskumných otázok a hypotéz dizertačnej práce**

##### *Vyhodnotenie výskumných otázok*

##### **VO1: Ako vnímajú organizácie dôležitosť implementácie Industry 4.0?**

57,80 % veľkých organizácií v Slovenskej republike považujú Industry 4.0 za *veľmi dôležitú pre ich budúcnosť*. Túto možnosť si pri stredných organizáciách zvolilo 50,94 %. Z prieskumu Industry4um vyplýva, že podiel organizácií, ktoré pokladajú aplikáciu Industry 4.0 za veľmi dôležitú v medzioročnom období 2022 – 2023 klesol z 58 % na 48 %.

##### **VO2: Ktoré konvenčné metódy štihlej výroby majú najväčší potenciál pri integrácii s technológiou Industry 4.0 – Big Data?**

Vychádzajúc z tvrdení autorov Mayr a kol. (2018), Akkari a Valamede (2020), Wagner a kol. (2017), Clausen (2023), Meissner a kol. (2018) a Müller a kol. (2021) sú to práve metódy SFM, TPM, VSM, JIT. Podľa štruktúrovaných rozhovorov sa respondenti jednohlasne zhodli na metóde SFM.

##### **VO3: Ktoré z technológií Industry 4.0 zavádzajú priemyselné organizácie v Slovenskej republike najčastejšie?**

49,08 % veľkých organizácií už *technológie Industry 4.0 dlhodobo implementuje a plánuje v tom pokračovať*. Pri stredných organizáciách túto možnosť označilo 26,42 % opýtaných respondentov. Organizácie v súčasnosti primárne implementujú technológie ako cloudové riešenia (40,59 %), kybernetickú bezpečnosť (33,21 %), spracovanie veľkého množstva dát (Big Data) – 28,04 % a kyber-fyzikálne systémy (26,94 %).

##### **VO4: Za akým účelom využívajú priemyselné organizácie v Slovenskej republike dáta?**

V súčasnosti organizácie prevažne využívajú dáta pri *zlepšovaní výrobných procesov* (75,28 %), ďalej pre *zabezpečovanie a zlepšovanie kvality* (51,29 %), *znižovanie spotreby materiálov* (45,76 %), *zlepšovanie logistických procesov* (40,96 %), *automatickú kontrolu výroby*

*prostredníctvom sledovania dát v reálnom čase (30,63%) a prediktívnu údržbu (26,94 %).* Z výsledkov taktiež vyplynulo, že 9,96 % respondentov nevyužíva dáta vôbec.

*Vyhodnotenie výskumných hypotéz*

**H1: Existuje závislosť medzi implementáciou technológií Industry 4.0 a veľkosťou organizácie.**

**H<sub>01</sub>** – Neexistuje závislosť medzi implementáciou Industry 4.0 a veľkosťou organizácie.

Na overenie hypotézy sme použili MS Excel a jeho funkciu Chí-kvadrát test. Hladinu významnosti  $\alpha$  sme stanovili na 5 %, tzn.  $\alpha=0,05$ . Výpočet hodnoty  $p=0,000129$ . Nakoľko  $p < \alpha$ , môžeme skonštatovať, že nulovú hypotézu zamietame a prijímame alternatívnu hypotézu. Na základe výsledkov štatistického testu potvrdzujeme, že *existuje závislosť medzi implementáciou technológií Industry 4.0 a veľkosťou organizácie.*

**H2: Existuje významný rozdiel vo využívaní dát medzi organizáciami rôznych priemyselných odvetví.**

**H<sub>02</sub>**: Neexistuje významný rozdiel (závislosť) medzi využívaním dát v organizácii a priemyselným odvetvím.

Hypotézu sme overovali pomocou testu ANOVA v MS Excel. Hladinu významnosti sme stanovili na 5 %, čiže  $\alpha=0,05$ . Realizáciou štatistického testu sme zistili, že hodnota pravdepodobnosti  $p = 1,52E-09$  je menšia ako  $\alpha$  a súčasne  $28,37064 (F) > 2,602987 (F_{crit})$ , preto  $H_0$  zamietame, čiže môžeme skonštatovať, že *existuje významný rozdiel vo využívaní dát medzi organizáciami rôznych priemyselných odvetví.*

**H3: Vo využívaní dát existuje významný rozdiel medzi priemyselnými organizáciami strednej a veľkej veľkosti.**

**H<sub>03</sub>**: Neexistuje významný rozdiel (závislosť) medzi využívaním dát v organizácii a veľkosťou organizácie.

Hypotézu sme overovali pomocou Chí-kvadrát testu pomocou MS Excel. Hladinu významnosti  $\alpha$  sme stanovili na 5 %, tzn.  $\alpha=0,05$ . Na základe výpočtu Chí-kvadrát testu bolo vypočítané  $p=0,93927$ . Nakoľko  $p > \alpha$ , môžeme skonštatovať, že  $H_0$  nezamietame, čiže môžeme skonštatovať, že *neexistuje významný rozdiel (závislosť) medzi využívaním dát v organizácii a veľkosťou organizácie.*

**4.4 Závery z výsledkov analýzy východísk pre implementáciu vybranej metódy štíhlej výroby v priemyselných organizáciách v kontexte požiadaviek Industry 4.0**

V súčasnosti organizácie získané dáta využívajú hlavne na zlepšovanie výrobných procesov, zabezpečovanie a zlepšovanie kvality, znižovanie spotreby materiálov a zlepšovanie logistických procesov. Pri otázke identifikovania vhodnej metódy štíhlej výroby k integrácii s veľkým množstvom dát (Big Data), respondenti vidia jednotne najväčší potenciál práve

s metódou SFM. Najväčší prínos v uplatňovaní veľkého množstva dát (Big Data) vidia respondenti pri vykonávaní správnych, dôležitých strategických rozhodnutí a pri riešení problémov.

## 5 NÁVRH METODIKY INTEGRÁCIE VYBRANEJ METÓDY ŠTÍHLEJ VÝROBY S TECHNOLOGIOU INDUSTRY 4.0 - BIG DATA

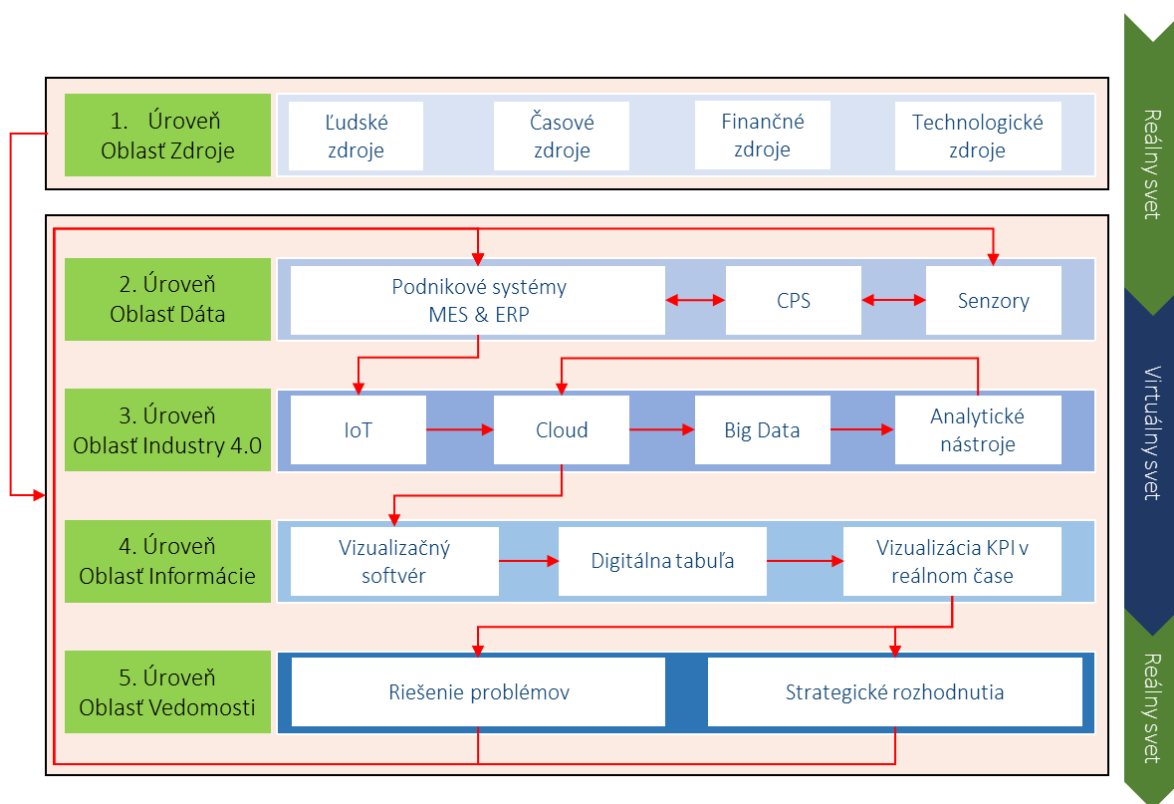
Piata kapitola dizertačnej práce je zameraná na návrh metodiky integrácie vybranej metódy štíhlej výroby s technológiou Industry 4.0 - Big Data.

### 5.1 Požiadavky na zdroje

Dôležitou súčasťou nami navrhovanej metodiky sú požiadavky - zdroje, ktoré musia byť naplnené, aby boli organizácie schopné prejsť úspešnou transformáciou z tradičnej organizácie na inteligentnú. Sú to zdroje: *ľudské, časové, finančné, technologické*.

### 5.2 Návrh metodiky

Metodika sa detailnejšie zaoberá prienikom troch hlavných oblastí (dátá, informácie, vedomosti) a využitím príležitosti Industry 4.0 – Big Data až po konečnú synergiu s metódou štíhlej výroby SFM. Znázornená je na Obrázku 4.



Obrázok 4 Návrh metodiky (Vlastné spracovanie, 2024)

Metodika sa skladá z piatich úrovní implementácie (oblastí): zdroje, dátá, Industry 4.0, informácie, vedomosti.

### 5.2.1 Implementácia 1. úrovne „Oblasť Zdroje“

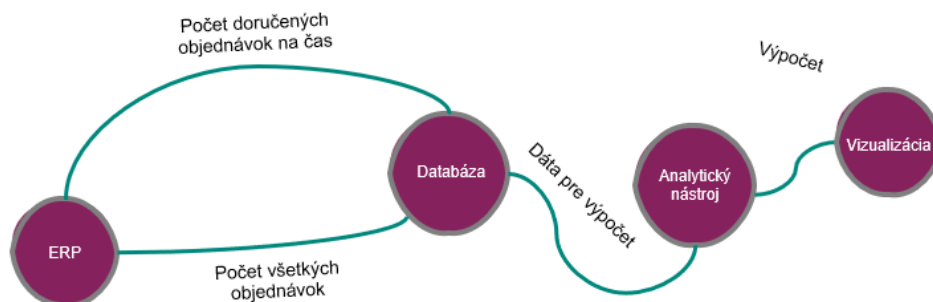
Kroky, ktoré opisuje vývojový diagram sú: *rozhodnutie o integrácii SFM s Big Data, identifikácia finančných a technologických zdrojov, predpokladaného rozsahu projektu, potrebných kompetencií realizačného tímu*. V nasledujúcom kroku je nutné, aby si organizácia položila otázku: *Sú dostupné potrebné ľudské zdroje?* Nasleduje zostavenie realizačného tímu, zabezpečenie školenia pre potrebné kompetencie, analýza stakeholderov, rizík a definovanie pilotnej zóny.

### 5.2.2 Implementácia 2. úrovne „Oblasť Dáta“

Vývojový diagram znázorňuje nasledovné kroky: *identifikácia kľúčových dát pre vybranú oblasť (pilot), zabezpečenie generovania dát*. Ďalej je nutné, aby si organizácia položila otázku: *Je podnikový systém MES schopný zbierať dáta?* Nasleduje zabezpečenie zberu dát, prepojenie senzorov, CPS, MES & ERP, zabezpečenie dát (bezpečnosť).

### 5.2.3 Implementácia 3. úrovne „Oblasť Industry 4.0“

Vývojový diagram pre Oblasť Industry 4.0 začína otázkou: *Disponuje organizácia cloudovým úložiskom?* Ďalej vytvorenie databázy prostredníctvom cloudového riešenia, vytvorenie priameho spojenia cloudovej databázy s podnikovými systémami MES & ERP, ukladanie Big Data v cloudovej databáze. Opäť nasleduje otázka: *Disponuje organizácia analytickým nástrojom?*, ktorá pokračuje krokom *definovanie modelov dátových tokov, vzorcov pre výpočet vybraných KPI*. V tomto kroku potrebuje realizačný tím vytvoriť modely dátových tokov a zdefinovať vzorce pre výpočet vybraných KPI.



Obrázok 3 Model dátového toku OTD (Vlastné spracovanie, 2024)

Príklad modelu dátového toku pre výpočet OTD je znázornený na Obrázku 3.

### 5.2.4 Implementácia 4. úrovne „Oblasť Informácie“

Kroky, ktoré opisuje vývojový diagram sú: *transformácia dát na informácie (KPI) prostredníctvom analytického nástroja, disponuje organizácia vizualizačným softvérom?*, vytvorenie digitálneho prostredia pre zobrazovanie KPI, zabezpečenie vhodného zobrazovacieho zariadenia pre užívateľsky prístup, vizualizácia informácií (KPI) v digitálnej podobe na shopfloore.

### 5.2.5 Implementácia 5. úrovne „Oblasť Vedomostí“

Táto oblasť do vysokej miery závisí od kultúry organizácie a spôsobu, akým je riadená, a to či má centralizovaný alebo decentralizovaný systém riadenia. Cieľom tejto oblasti, ktorá sa realizuje v reálnom svete, je zabezpečiť, že informácie (KPI), ktoré sú vizualizované, nie sú len pasívnym produktom, ale aktívnym nástrojom, ktorý sa využíva pri riešení problémov a pri strategických rozhodnutiach.

### 5.3 Zhodnotenie navrhovanej metodiky

Aplikáciou danej metodiky sa budú priemyselné organizácie na území Slovenskej republiky schopné transformovať na dátovo riadené a pridaná hodnota, ktorú vytvárajú pre zákazníkov bude produkovaná v inteligentnej výrobe. Úspešnou integráciu SFM s Big Data bude možné transformovať dáta na informácie a informácie na vedomosti, čo povedie k efektívnemu využívaniu dát. Vychádzajúc z vedomostí budú jednotliví stakeholderi v priemyselných organizáciách schopní prijímať rozhodnutia vychádzajúc z dát, faktov a nie neexaktných informácií a odhadov.

### 5.4 Verifikácia uplatnenia navrhovanej metodiky

Zavedenie nami navrhovanej metodiky v stredných a veľkých organizáciách na území Slovenskej republiky predstavuje proces, ktorý si žiada výrazne dlhšie obdobie pre jej efektívnu implementáciu. Pozitívne stanovisko s reálnou možnosťou implementácie k nami navrhovanej metodike vyjadrili zástupcovia organizácie MSM GROUP s.r.o., INALFA ROOF SYSTEMS SLOVAKIA s.r.o. a PROTHERM PRODUCTION s.r.o.

## 6 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

V rámci poslednej, šiestej kapitoly pristupujeme k prínosom dizertačnej práce, ktoré je možno definovať v troch rovinách, a to pre oblasť **vzdelávania, pre vedu a pre prax**.

Prínosy dizertačnej práce pre **oblasť vzdelávania a vedy** je možné definovať nasledovne:

- doplnenie, aktualizácia poznatkov vychádzajúc zo sumarizácie teoretických východísk filozofie štihlej výroby a technológií Industry 4.0 z odborných domácich a zahraničných zdrojov opísaných v rámci dizertačnej práce
- identifikácia súčasného stavu implementácie technológií Industry 4.0 v stredných a veľkých priemyselných organizáciách v Slovenskej republike,
- Vytvorenie modelu integrácie vybraných metód štihlej výroby s technológiou Industry 4.0 - Big Data, ktorý identifikuje konvenčné metódy štihlej výroby s potenciálom synergie s technológiou Industry 4.0 – Big Data. Aplikácia takéhoto modelu a vyplývajúcich benefitov z

takejto synergie v pedagogickom procese a jeho ďalšie rozvíjanie má potenciál posunúť vzdelávanie v tejto oblasti ďalej.

- Zvýšenie povedomia o možnostiach aplikácie metód štíhlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0.
- vytvorenie návrhu metodického postupu integrácie vybranej metódy štíhlej výroby (SFM) s technológiou Industry 4.0 - Big Data,
- východisko pre formulovanie rozvíjajúcich sa záverečných prác (bakalárske, diplomové a dizertačné práce) a ďalších výskumov.

Očakávané prínosy pre priemyselnú **prax**:

- praktický návod pre implementovanie návrhu metodického postupu integrácie vybranej metódy štíhlej výroby (SFM) s technológiou Industry 4.0 - Big Data,
- zefektívnenie využívania dát pri vykonávaní strategických rozhodnutí a riešení problémov,
- zvýšenie konkurencieschopnosti organizácií vychádzajúc z efektívneho využívania dát prierezom organizácie, ako súčasť holistického prístupu riadenia priemyselných organizácií v kontexte požiadaviek Industry 4.0,
- verifikácia možnosti aplikovania navrhovanej metodiky v priemyselných organizáciách na území Slovenskej republiky.

## ZÁVER

Priemyselné organizácie sú nútené hľadať spôsoby efektívnej integrácie konceptov Industry 4.0 do súčasných procesov, aby si zabezpečili konkurencieschopnosť v súčasnosti. Komplexný problém, ktorý je rozpracovaný v dizertačnej práci bol analyzovaný k pochopeniu požiadaviek takejto integrácie do vybranej konvenčnej metód štihlej výroby.

Môžeme tvrdiť, že práve dáta sú dôležitým zdrojom pre každú priemyselnú organizáciu. Dáta, ktoré sa zozbierajú je dôležité správne vyhodnotiť a spracovať do výsledných informácií, z ktorých budú inteligentné organizácie čerpať vedomosti, a teda pridanú hodnotu pri strategickom rozhodovaní a riešení problémov. Správne využívanie vysokokvalitných dát dokáže napomáhať organizáciám pri analýze, rozhodnutiach a predpovediach v rámci naplňovania strategických cieľov. Nekvalitné a nedostatočne spracované dáta prinášajú so sebou obavy o ich efektívne využívanie. Pre túto analýzu dát sú práve Big Data vnímané ako technológia Industry 4.0 dôsledného a inteligentného systému vyhodnocovania. V tomto systéme ide o nové náročnejšie zdroje dát, pomocou ktorých lepšie zistíme stav vo vnútri procesov a pochopíme hodnotu dát, ktorú vďaka Big Data technológii možno získať. Využívanie Big Data v tomto kontexte bude mať významný vplyv na vytváranie konkurenčnej výhody pre organizácie. Integráciou metódy štihlej výroby (SFM) s technológiou Industry 4.0 - Big Data je možné posunúť súčasnú paradigmu štihleho riadenia na novú úroveň, pri ktorej sa organizácie stanú dátovo riadenými.

Hlavným cieľom dizertačnej práce bolo navrhnúť metodiku zefektívnenia vybranej konvenčnej metódy štihlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0. Metodika vychádza z analytickej časti práce, ktorá reflektuje aktuálnu situáciu - požiadavky veľkých a stredných priemyselných organizáciách na území Slovenskej republiky.

Realizáciu hlavného cieľa práce podporili definované čiastkové ciele:

- analyzovať teoretické východiská problematiky, ktorou sa dizertačná práca zaoberá z pohľadu expertov v skúmanej oblasti a z hľadiska vedných disciplín,
- analyzovať možnosti synergie metód štihlej výroby v kontexte požiadaviek Industry 4.0,
- realizovať kvantitatívny a kvalitatívny prieskum v stredných a veľkých priemyselných organizáciách pôsobiach v Slovenskej republike so zameraním na identifikáciu úrovne aktívneho využívania metód štihlej výroby a ich možného zefektívnenia prostredníctvom integrácie príležitostí Industry 4.0, špecificky Big Data,
- navrhnúť model integrácie vybraných metód štihlej výroby s technológiou Industry 4.0 – Big Data,
- navrhnúť metodiku pre efektívnu integráciu vybranej metódy štihlej výroby s technológiou Industry 4.0 – Big Data.
- verifikovať navrhnutú metodiku v podmienkach praxe,

- zhodnotiť prínosy výstupov dizertačnej práce v oblasti vzdelávania a praxe.

Postupným napĺňaním čiastkových cieľov práce sme boli schopní pochopiť riešenie problematiku dizertačnej práce, identifikovať súčasný stav využívania príležitostí Industry 4.0 v stredných a veľkých priemyselných organizáciách v Slovenskej republike a následne vytvorením modelu možnej integrácie vybraných metód štíhlej výroby s technológiou Big Data a selekciou metódy SFM na základe štruktúrovaných rozhovorov vytvoriť metodiku k riešenej problematike.

Uceleným spracovaním jednotlivých kapitol predkladanej práce a definovaním metodiky zefektívnenia vybranej konvenčnej metódy štíhlej výroby (SFM) v kontexte požiadaviek Industry 4.0 môžeme konštatovať, že hlavný cieľ dizertačnej práce bol naplnený.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

AKKARI, A., VALAMEDE, L.. 2020. Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. 5. doi: 851-868. 10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066 .

ATHANASSOPOULOS, E., VOSKOGLU, M. G. 2020. A Philosophical Treatise on the Connection of Scientific Reasoning with Fuzzy Logic. *Mathematics*, 8, 875. doi: <https://doi.org/10.3390/math8060875>

AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., MACLINTYRE, B. 2001. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 6, pp. 34-47, Nov.-Dec. 2001, doi: 10.1109/38.963459.

BARTOLONI, S., CALÒ, E., MARINELLI, L., PASCUCCI, F., DEZI L., CARAYANNIS, E., REVEL, G. M., GREGORI, G. L. 2020. Towards designing society 5.0 solutions: The new Quintuple Helix - Design Thinking approach to technology, *Technovation*, Volume 113, 102413, ISSN 0166-4972, doi: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102413>.

BATALHA, A. D. V. 2017. Industry 4.0 with a Lean perspective, Investigating IIoT platforms' possible influences on data driven Lean. [online]. [cit. 2021-10-10]. Dostupné na internete: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1118830&dsid=-3067>

BENFRIHA, K., ZANT, C., CHARRIER, Q., BOUZID, H., WARDLE, P., BELAIDI, I., LOUBERE, S., GHODSIAN, N., AOUSSAT, A. 2021. Development of an advanced MES for the simulation and optimization of industry 4.0 process. *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization* 12(23). doi: <http://dx.doi.org/10.1051/smdo/2021022>

BHAT, N. 2023. Optimizing Scrap Management in Production Planning Processes. *International Journal of Computer Trends and Technology*. 71. 48-52. doi: 10.14445/22312803/IJCTT-V71I5P108.

BOUSDEKIS, A., LEPENIOTI, K., APOSTOLOU, D., MENTZAS, G. 2021. A Review of Data-Driven Decision-Making Methods for Industry 4.0 Maintenance Applications. *Electronics*, 10, 828. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics10070828>

BRENNER, B., HUMMEL, V. 2017. Digital Twin as Enabler for an Innovative Digital Shopfloor Management System in the ESB Logistics Learning Factory at Reutlingen – University. *Procedia Manufacturing*, Volume 9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.039>.

CAGÁŇOVÁ, D., ŠUJANOVÁ, J., BEDNÁRIKOVÁ, M. 2016. Úvod do vedeckej práce. Základy metodológie vedy a tvorba odborného textu. Trnava: Totem, s.r.o. ISBN 978-80- 89708-06-2

CAGLAR, T., R., JOCHEM, R. 2022. A System Approach for Integration of Human-centered Smart Problem-solving Process in Digital Shop Floor Management. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 1124-1128. doi: 10.1109/IEEM55944.2022.9989943.

CLAUSEN, P. 2023. Towards the Industry 4.0 agenda: Practitioners' reasons why a digital transition of shop floor management visualization boards is warranted. *Digital Business*, Volume 3, Issue 2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2023.100063>.

- DENNIS, P., 2015. Lean production simplified. CRC Press. Boca Raton. Florida. ISBN 978-1-4987-0888-3
- DIAS, J., FILHO, F., ANDRADE, A., FACÓ, B., FRANCISCO, J. 2021. The Strategic Role of MES Systems in the Context of Industry 4.0. Proceedings of Ideas 2021 doi: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-55374-6\\_6](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-55374-6_6)
- DIÁZ-REZA, J.R., GARCÍA-ALCARAZ, J.L., MARTÍNEZ-LOYA, V. 2019. Impact Analysis of Total Productive Maintenance. In. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 346s. ISBN 978-3-030-01725-5
- DOGAN, O., GÜRCAN, Ö. F. 2018. Data Perspective of Lean Six Sigma in Industry 4.0 Era: A Guide to Improve Quality. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Paris, France, July 26-27. [online] [cit. 2022-3-15]. Dostupné na internete: <http://www.ieomsociety.org/paris2018/papers/170.pdf>
- DRAHOTSKÝ, I., ŘEZNÍČEK, B. 2003. Logistika – procesy a ich řízení. Computer Press, a.s., Brno. ISBN 80-7226-521-0
- DUAN, L., XU, L. D. 2021. Data Analytics in Industry 4.0: A Survey. Information Systems Frontiers. doi: <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10190-0>
- ERBOZ, G., SZEGEDI, Z., LISEC, A., NICK, G. A. 2017. Lean Management through Industry 4.0: Applicability to the Seven Types of Waste of the TPS System. The 22nd International Symposium on Logistics. ISBN-13 9780853583196
- EURÓPSKA KOMISIA. Príručka pre používateľov k definícii MSP. 2020. Luxemburg: Úrad pre vydávanie publikácií Európskej únie. ISBN 978-92-79-69889-7, 60s., doi:10.2873/62112
- FEKETE, M., 2009. Štíhly produkčný systém: Implementácia kontinuálneho toku vo výrobnom systéme. Kart Print. Bratislava. ISBN 978-80-88870-76-0
- GARCÍA-ALCARAZ J. L., OROPESA-VENTO M., MALDONADO-MÁCIAS A. A.. 2017. Kaizen Planning, Implementing and Controlling. Mexico city. Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-47746-6
- GĚRVALLA, M. TERNAI, M. 2019. The Impact of Industry 4.0 to the ERP Approach. 13. 56-62. SEFBIS Journal. [cit. 2022-7-12]. Dostupné na internete: (PDF) The Impact of Industry 4.0 to the ERP Approach ([researchgate.net](https://researchgate.net))
- GILCHRIST, A. 2016. Industry 4.0: The industrial tenternet of things. Berkley. Apress, ISBN 978-1-4842.
- GLAESSGEN, E. H., STARGEL, D., S., 2012: „The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles“ in 53rd Structures, Structural Dynamics and Materials Conference: Special Session on the Digistal Twin. [online] [cit. 2021-9-23]. Dostupné na internete: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120008178.pdf>
- GÖLZER, P., CATO, P., AMBERG, M. 2015. Data Processing Requirements of Industry 4.0 - Use Cases for Big Data Applications. ECIS 2015 Research-in-Progress Papers. Paper 61. ISBN 978-3-00-050284-2
- GÜRDÜR, D., EL-KHOURY, J., TÖRNGREN, M. 2019. Digitalizing Swedish industry: What is next? Data analytics readiness assessment of Swedish industry, according to survey results.

<http://www.ieomsociety.org/paris2018/papers/170.pdf>. Volume 105. 153-163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.011>

HALENÁR, I., JUHÁSOVÁ, B., JUHÁS M. 2018. Rozšírená realita ako nástroj výučby priemyselnej automatizácie. [cit. 2022-2-12]. Dostupné na internete: [https://www.atpjournals.sk/novetrendy/rozsirena-realita-akonastrojvyucby-priemyselnej-automatizacie-1.html?page\\_id=27134](https://www.atpjournals.sk/novetrendy/rozsirena-realita-akonastrojvyucby-priemyselnej-automatizacie-1.html?page_id=27134).

HAMEL. M.R., 2010. Kaizen Event Fieldbook. SME. Dearborn. ISBN 978-0-87263-863-1

HENDL, J., REMR, J. 2017. Metody výzkumu a evaluace. Praha: Portál. [online] [cit. 2021-12-9]. Dostupné na internete: <https://ojs.cuni.cz/pedagogika/article/view/1025>

CHAFFEY D., WHITE, G. 2010. Business information management: Improving performance using information systems. ISBN: 9780273711797

CHEN, M., MAO, S., LIU, Y. 2014. Big Data: A Survey. Mobile Networks and Applications, 19(2), 171-209. doi: <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>

CHOI, K., CHUNG, S-H. 2017. Enhanced time-slotted channel hopping scheduling with quick setup time for industrial Internet of Things networks. International Journal of Distributed Sensor Networks. doi: 10.1177/1550147717713629

IMAI, M., 2005. Gemba Kaizen. Computer press. Brno. ISBN 80-251-0850-3

INDUSTRY 4UM. 2023. Industry 4.0 sa v priemyselných podnikoch presadzuje pomaly, Kľúčové zistenia prieskumu 2023. [online]. [cit.2024-01-05]. Dostupné z: <https://industry4um.sk/industry-4-0-sa-v-priemyselných-podnikoch-presadzuje-pomaly/>

ISAKSSON, A.J., HARJUNKOSKI, I., SAND, G. 2018. The impact of digitalization on the future of control and operations, Comput. Chem. Eng. 114. 122-129, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.10.037>

JANÍK, S., 2020. Návrh uplatnenia metód štíhlej výroby v spoločnosti Lear Corporation Seating Slovakia s.r.o. [Diplomová práca] [cit. 2021-9-20]

JANÍK, S., SZABÓ, P., MLKVA, M., MAREČEK-KOLIBISKÝ, M. 2022. Effective Data Utilization in the Context of Industry 4.0 Technology Integration. In Applied Sciences. Vol. 12, iss. 20, s. 1-16. ISSN 2076-3417. doi: 10.3390/app122010517

KABUGO, J. C., JÄMSÄ-JOUNELA, S., SCHIEMANN, R., BINDER, C. 2019. Industry 4.0 based process data analytics platform: A waste-to-energy plant case study. Electrical Power and Energy Systems, Volume, 105508. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105508>

KAMALI, A., 2018. The way to optimize On-Time Delivery (OTD) in Logistics-Firms in Bahrain. CiiT International Journal of Biometrics and Bioinformatics. 10. 198-204. [online] [cit. 2023-12-29] Dostupné na internete: (PDF) The way to optimize On-Time Delivery (OTD) in Logistics-Firms in Bahrain (researchgate.net)

KHANZODE, A., SARMA, P., MANGLA, S., YUAN, H. 2021. Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises. Journal of Cleaner Production, Vol. 279(123489), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489>

- KING, P. L., KING, J. S. 2015. Value stream mapping for the process industries. CRC Press. Boca Raton Florida. ISBN 978-1-4822-4769-5
- KOÇOĞLU, M. Ö., DEMIRKOL, D. 2020. Data in the Context of Industry 4.0. Istanbul University Press. doi: 10.26650/B/ET06.2020.011
- KUČEROVÁ, M., FIDLEROVÁ, H. 2012. Štatistické metódy, AlumniPress Trnava. ISBN 978-80-8096-155-8.
- KUFNER, T., SCHONIG, S., JASINSKI, R., ERMER, A. 2021. Vertical data continuity with lean edge analytics for Industry 4.0 production. Computers in Industry. Volume 125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103389>
- KYSEL, M., 2011. Mapovanie toku hodnôt vo výrobe. IPA Slovakia. Žilina. ISBN 80- 89667-08-6
- LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H.G., FELD, T., HOFFMANN, M. 2014. Industrie 4.0. WIRTSCHAFTSINFORMATIK. Volume 56. 261-264.. doi: 10.1007/s11576-014-0424-4
- LEGASHEV, L. V., BOLODURINA, I.P. 2020. An Effective Scheduling Method in the Cloud System of Collective Access, for Virtual Working Environments. Acta Polytechnica Hungarica. Vol. 17, No. 8. doi: 10.12700/APH.17.8.2020.8.13
- LETCHUMANAN, S., TAN, T. H. H., GAN, Y. P., WONG, S. L., 2018. Adaptive test method on production system-level testing (SLT) to optimize test cost, resources and defect parts per million (DPPM). International Symposium on VLSI Design, Automation and Test (VLSI-DAT), Hsinchu, Taiwan, pp. 1-3, doi: 10.1109/VLSI-DAT.2018.8373239.
- LUKAČEVIĆ, F., ŠKEC, S., MARTINEC, T. 2022. Challenges of Utilizing Sensor Data Acquired by Smart Products in Product Development Activities. Acta Polytechnica Hungarica. Vol. 19, No. 4. doi: 10.12700/APH.19.4.2022.4.9
- MAJSTOROVIC, V., STOJADINOVIC, S., LALIC, B., MARJANOVIC, U. 2020. ERP in Industry 4.0 Context. Advances in Production Management Systems. The Path to Digital Transformation and Innovation of Production Management Systems (pp.287-294) Doi: 10.1007/978-3-030-57993-7\_33.
- MANTRAVADI. S., MØLLER, C. 2019. An Overview of Next-generation Manufacturing Execution Systems: How important is MES for Industry 4.0?. Procedia Manufacturing. 30. 588-595. doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.083.
- MANYIKA, J., CHUI, M., BISSON, P., WOETZEL, J., DOBBS, R., BUGHIN, J., AHARON, D. 2015, The internet of things: Mapping the value beyond the hype. McKinsey & Company, [online] [cit. 2022-3-14]. Dostupné na internete: [https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.pdf](https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.pdf)
- MARINHO, M., SONI, V. P., GARG, L., SAVAGLIO, C. 2021. Effective Cloud Resource Utilisation in Cloud ERP Decision-Making Process for Industry 4.0 in the United States. Electronics. 10. 959. doi: 10.3390/electronics10080959.

- MASOOD, T., EGGER, J. 2019. Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, pp.181-195, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.02.003>
- MAŠÍN, I. 2003. Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech. Institut průmyslového inženýrství. Liberec. ISBN 80-903533-1-2
- MATT, D.T., MODRÁK, V., ZSIFKOVITS, H. 2021. Implementing Industry 4.0 in SMEs, Concepts, Examples and Applications. Switzerland:Palgrave Macmillan, ISBN 978-3-030-70516-9
- MAYR, A., WEIGELT, M., KUHL, A., GRIMM, S., ERLI, A., POTZEL, M., FRANKE, J. 2018. Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622-628. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- MEIBNER, A., GRUNERT, F., METTERNICH, J., 2020. Digital shop floor management: A target state. *Procedia CIRP*. Volume 93 doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.083>.
- MEISSNER, A., MÜLLER, M., HERMANN, A., METTERNICH, J. 2018. Digitalization as a catalyst for lean production: A learning factory approach for digital shop floor management. *Procedia Manufacturing*, Volume 23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.165>.
- MEISTER, F., KHANAL, P., DAUB, R. 2023. Digital-supported problem solving for shopfloor steering using case-based reasoning and Bayesian networks. *Procedia CIRP*, Volume 119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.086>.
- MELANSON, T. 2018. What Industry 4.0 Means for Manufacturers. [online] [cit. 2020-11-11]. Dostupné na Internetu: <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/>
- MEZENTSEVA, E. Advantages and Barriers of Industry 4.0 2021. Concepts Implementation in Small and Medium Industrial Enterprises. SHS Web of Conferences, Vol.93(01007), <http://doi.org/10.1051/shsconf/20219301007>
- MIKAVICA, B., KOSTIĆ-LJUBISAVLJEVIĆ, A., ĐOGATOVIĆ, V. R. 2015. Big Data: Challenges And Opportunities In Logistics Systems. 2nd Logistics International Conference. Serbia. ISBN: 978-86-7395-339-7
- MIRI, S. M., SHAHROKH, Z. D. 2019. A Short Introduction to Comparative Research. Allameh Tabataba'i University. [online] [cit. 2021-3-15]. Dostupné na Internetu: [https://www.researchgate.net/publication/336278925\\_A\\_Short\\_Introduction\\_to\\_Comparative\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/336278925_A_Short_Introduction_to_Comparative_Research)
- MONDEN, Y., 2012. TOYOTA Production System. CRC Press. Boca Raton Florida. ISBN 978-1-4665-0451-6
- MOURTZIS, D., VLACHOU, E., MILAS, N. 2016. Industrial Big Data as a result of IoT adoption in Manufacturing. 5th CIRP Global Web Conference Research and Innovation for Future Production. *Procedia CIRP* 55 ( 2016 ) 290 – 295. doi: [10.1016/j.procir.2016.07.038](https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038)
- MÜLLER, M., ALEXANDI, E., METTERNICH, J. 2021. Digital shop floor management enhanced by natural language processing,. *Procedia CIRP*, Volume 96. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.046>.

MÜLLER, M., LONGARD, L., METTERNICH, J. 2022. Comparison of preprocessing approaches for text data in digital shop floor management systems. *Procedia CIR*, Volume 107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.030>.

NAUFAL, A., JAFFAR, A., YUSOFF, N., HAYATI, N. 2012. Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia—Case Study. *Procedia Engineering*, Volume 41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.374>.

OCHRANA, F. 2019. Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-4200-0.

ONOFREJOVÁ, D., ŠIMŠÍK, D. 2017. Výskumné aktivity zamerané na budovanie platformy pre Priemysel 4.0. *ATP Journal* 4/2017, ročník XXIV. ISSN 1335-2237

ORTIZ, C.A. 2015. The TPM Playbook: A Step-by-Step Guideline for the Lean Practitioner. CRC Press NW, 67p. ISBN 978-1-4987-8260-9.

PANETTO, H., IUNG, B., IVANOV, D., WEICHHART, G., WANG, X. 2019. Challenges for the cyber-physical manufacturing enterprises of the future. *Annu. Rev. Control*, 47, 200–213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.02.002>.

PARMENTER, D. 2010: Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs. Praha: Wiley ISBN 978-0470545157

PAVLOVIC, D., MILOSAVLJEVIC, P., MILADENOVIC, S. 2020. Synergy between Industry 4.0 and Lean Methodology. *Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology*, Vol. 5, No. 44, 17-20. [online] [cit. 2020-11-21]. Dostupné na Internetu: [https://www.researchgate.net/publication/348651146\\_Synergy\\_between\\_Industry\\_40\\_and\\_Lean\\_Methodology](https://www.researchgate.net/publication/348651146_Synergy_between_Industry_40_and_Lean_Methodology)

POWELL, D. J. 2018. Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, Volume 51, Issue 11, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>.

PRUŽINSKÝ, M., JELENOVA, I., MIHALČOVÁ, B. 2011. Veda, výskum, vedecké metódy a ich aplikácia. *Systémové prístupy* '11, 89-97s.

RAHAMAT, U., SIDDIQUE, I., MOLLA, SIDDIQUE, A., Optimizing Performance: A Deep Dive into Overall Equipment Effectiveness (OEE) for Operational Excellence. *Journal of Industrial Mechanics*. 8. 26-40. doi: 10.46610/JoIM.2023.v08i03.004.

RANA, A. K., SHARMA, S. 2020. Industry 4.0 Manufacturing Based on IoT, Cloud Computing, and Big Data: Manufacturing Purpose Scenario. *Advances in Communication and Computational Technology Select Proceedings of ICACCT 2019. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Volume 668. ISSN: 1876-1119 doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5341-7\\_84](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5341-7_84)

RAPTIS, T. P., PASSARELLA, A., CONTI, M. 2019. Data Management in Industry 4.0: State of the Art and Open Challenges. *IEEE Access*. vol. 7, pp. 97052-97093, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2929296.

ROGOVSKÁ, V., 2015. 3D tlač ako nová priemyselná revolúcia. [online][cit. 2021-09-23]. Dostupné na internete: [https://www.researchgate.net/profile/Vanda\\_Rogovska/publication/283566423\\_3D\\_TLAC\\_AK\\_O\\_NOVA\\_PRIEMYSELNA\\_REVOLUCIA\\_3D\\_PRINTING\\_AS\\_A\\_NEW\\_INDUSTRIAL\\_REVOLUTION/links/563f1a9008ae34e98c4e54de.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Vanda_Rogovska/publication/283566423_3D_TLAC_AK_O_NOVA_PRIEMYSELNA_REVOLUCIA_3D_PRINTING_AS_A_NEW_INDUSTRIAL_REVOLUTION/links/563f1a9008ae34e98c4e54de.pdf)

ROTHER, M., SHOOK, J. 2009. Umenie vidieť mapovanie toku hodnoty pre tvorbu pridanej hodnoty a odstránenie plytvania. Slovenské centrum produktivity. Žilina. ISBN 978-80-89333-12-7

RUDY, V., MALEGA, P., KOVÁČ, J., 2012. Výrobný manažment. Košice. TU – Strojnícka fakulta. ISBN 978-80-553-1265-1

RYBANSKÝ, R., VIDOVÁ, H., BOŽEK, P. 2006. Výrobná logistika. STU. Bratislava. ISBN 80-227-2463-7

RYBANSKÝ, R., VIDOVÁ, H., BOŽEK, P. 2006. Výrobná logistika. STU. Bratislava. ISBN 80-227-2463-7

SADIKU, M., ASHAOLU, T. J., AJAYI-MAJEI, A., MUSA, S. 2021. Big Data in Manufacturing. International Journal Of Scientific Advances. 2. doi: 10.51542/ijscia.v2i1.11.

SAHOO, S., YADAV S. 2020. Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers. Procedia Manufacturing, Volume 43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.111>.

SANDERS, A., SUBRAMANIAN, K.R., REDLICH, T., WULFSBERG, J.P. 2017. Industry 4.0 and Lean Management - Synergy or Contradiction? - A Systematic Interaction Approach to Determine the Compatibility of Industry 4.0 and Lean Management in Manufacturing Environment. APMS. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66926-7\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66926-7_39)

SANI A. A., ALLAHVERDIZADEH M. 2012. Target and Kaizen Costing. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical and Industrial Engineering Vol:6, No:2, 2012. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1076484>

SANTOS, D. M., SANT'ANNA, Â., PAIM, J. Proposal for productivity indicators through the Manufacturing Execution Systems. 28th IJCIEOM – International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management. doi: 10.14488/ijcieom2023\_full\_0038\_37810.

SANTOS, M.Y., OLIVEIRA E SÁ, J., COSTA, C., GALVAO, J., ANDRADE, C., MARTINHO, B., VALE LIMA, F., COSTA, E. 2017. A Big Analytics for Industry 4.0. Intelligent Systems and Computing. 570. doi: 10.1007/978-3-319-56538-5\_19

SAVKOVIĆ, M., MASUZIC, I. 2022. Integration of Lean and Industry 4.0 Supported by ERP System – A Review, International conference on applied internet and information technologiesAt: Zrenjanin. [online] [cit. 2023-7-13] Dostupné na internete: (PDF) Integration of Lean and Industry 4.0 Supported by ERP System – A Review (researchgate.net)

SAYEM, A., BISWAS, P.K., KHAN, M.M.A., ROMOLI, L., DALLE MURA, M. 2022. Critical Barriers to Industry 4.0 Adoption in Manufacturing Organizations and Their Mitigation Strategies. Journal of Manufacturing and Materials Processing, Vol. 6(6), <https://doi.org/10.3390/jmmp6060136>

SEO, Y., SHIN, D., KIM. 2012. Identification of Quality Improvement Strategies using COPQ in Software Industry. International Journal of Performability Engineering. 8. 679-688. [online] [cit. 2023-12-19] Dostupné na internete: (PDF) Identification of Quality Improvement Strategies using COPQ in Software Industry (researchgate.net)

SHABANA, M., SHARMA K. V. 2019. A study on big data advancement and big data analytics. JASC: Journal of Applied Science and Computations. Vol. VI, I. 1. ISSN NO: 1076-5131

SHAH, M. 2019. How Augmented Reality (AR) is Changing the Travel & Tourism Industry. [online]. [cit. 2021-09-22]. Dostupné na internete: <https://towardsdatascience.com/how-augmented-reality-ar-is-changing-the-travel-tourism-industry-239931f3120c>

SHARMA, S. S. , KHATRI, R. 2021, Introduction to Lean Waste and Lean Tools. in K. Pažek (ed.), Lean Manufacturing, IntechOpen, London. doi: 10.5772/intechopen.97573.

SCHWALD, B., LAVAL, B., SA, T., GUYNEMER, R. 2003. An Augmented Reality System for Training and Assistance to Maintenance in the Industrial Context, J. WSCG , 11, 1–3. [online] [cit. 2021-1-24]. Dostupné na Internetu: [https://www.researchgate.net/publication/2481049\\_An\\_Augmented\\_Reality\\_System\\_for\\_Training\\_and\\_Assistance\\_to\\_Maintenance\\_in\\_the\\_Industrial\\_Context](https://www.researchgate.net/publication/2481049_An_Augmented_Reality_System_for_Training_and_Assistance_to_Maintenance_in_the_Industrial_Context)

SINDHWANI, R., VAIDZA, O. S., ANTONY, J., SHOKRI, A. 2023. Evaluating Performance of Projects Using Six Sigma Approach. IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 70, no. 10, pp. 3539-3552, doi: 10.1109/TEM.2021.3092885.

SINGH, J., SINGH, H., 2019. Strategic Implementation of Continuous Improvement Approach Improving the Performance of Small and Medium-Sized Enterprises. Springer. Cham. ISBN 978-3-319-93120-3

SINGH, R., GOHIL, A.M., SHAH, D.B., DESAI, S. 2013. Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study. Procedia Engineering, Volume 51, 592–599. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>.

SOLIMAN, M. H. A. 2016. Jidoka – The Missing Pillar! Engineering and Science Services, School of Continuing Education, The American University in Cairo, Egypt. doi: 10.13140/RG.2.2.10291.07204/1

STRANDHAGEN, J.O., VALLANDINGHAM, L.R., FRAGAPANE, G., STRANDHAGEN, J.W., STANGELAND, A.B.H., SHARMA, N. 2017. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. Adv. Manuf. 5, 359–369. doi: <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>

SZABÓ, P., MLKVA, M., MARKOVÁ, P., SAMÁKOVÁ, J., JANÍK, S. 2023. Change of Competences in the Context of Industry 4.0 Implementation. In Applied Sciences. Vol. 13, iss. 14, art. no. 8547, s. 1-18. ISSN 2076-3417. doi: 10.3390/app13148547

TAO, F., QI, Q., LIU, A., KUSIAK, A. 2018. Data-driven smart manufacturing, Journal of Manufacturing Systems, Volume 48, Part C, Pages 157-169, ISSN 0278-6125, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>.

TAUFIQURRACHMAN, A. G. 2022. Kanban and Critical Path Methodology Overview and Comparison [online]. [cit. 2022.4.19]. Dostupné na internete: [https://www.researchgate.net/publication/360129158\\_Kanban\\_and\\_Critical\\_Path\\_Methodology\\_Overview\\_and\\_Comparison](https://www.researchgate.net/publication/360129158_Kanban_and_Critical_Path_Methodology_Overview_and_Comparison)

VASILIS, S., NIKOS, N., KOSMAS, A. 2022. An Augmented Reality Framework for Visualization of Internet of Things Data for Process Supervision in Factory Shop-Floor. Procedia CIRP, Volume 107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.125>.

VEBER, J. 2018. Digitalizace ekonomiky a společnosti. Výhody, rizika, příležitosti. Praha: Management press, ISBN 97880-7261-554-4.

VELÁSQUEZ, N., ESTEVEZ, E., PESADO, P. 2018. Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures. *Journal of Computer Science & Technology*, vol. 18, no. 3, pp. 258-266. doi: 10.24215/16666038.18.e29

WAGNER, T., HERRMANN, C., THIEDE, S. 2017. Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia CIRP*, Volume 63, 125–131. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>.

WANG, J., ZHANG, L., LIN, K. Y., FENG, L., ZHANG, K. 2022. A digital twin modeling approach for smart manufacturing combined with the UNISON framework. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108262>.

WANG, J., XU, C., ZHONG, R. 2022. Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review. *Journal of Manufacturing Systems* 62 (2022) 738-752. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.005>

WANG, L., WANG, G. 2016. Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0, *International Journal of Engineering and Manufacturing(IJEM)*, Vol.6, No.4, pp.1-8. doi: 10.5815/ijem.2016.04.01

WESTER, L. C., HITKA, M. 2022. Shopfloor Management – A Tool of Lean Management. *Management Systems in Production Engineering*. 30. doi: 238-245. 10.2478/mspe-2022-0030.

WILSON, L., 2010. How to implement lean manufacturing. McGraw Hill. New York. ISBN: 978-0-07-162508-1

WITS, W.W., GARCÍA. J.R.R., JUAN M., BECKER, J. 2016. How Additive Manufacturing Enables more Sustainable End-user Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Strategies, *Procedia CIRP*, Volume 40, pp. 693-698, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.156>.

WYBORN, C., LOUDER, E., HARRISON J., MONTAMBAULT J., MONTANA J., RYAN, M., BEDNAREK, A., NESSHÖVER, C., PULLIN, A., REED, M., DELLECKER, E, KRAMER, J., BOYD, J., DELLECKER, A., HUTTON, J. 2018. Understanding the Impacts of Research Synthesis, *Environmental Science & Policy*, Volume 86, 72-84, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.013>

XU, K., LI, Y., LIU, C., HAO, J., MAROPOULOS, P. G. 2020. Advanced Data Collection and Analysis in Data-Driven Manufacturing Process. *Chin. J. Mech. Eng.* 33, 43 (2020). <https://doi.org/10.1186/s10033-020-00459-x>

ZHANG, J.H., ZHANG, Z., ZHAO, H. J., XU, Y. J. 2016. Big Data Technology, Logistics Engineering and General Education Courses. 2nd International Conference on Modern Education and Social Science (MESS 2016). ISBN: 978-1-60595-346-5

## **ZOZNAM PUBLIKÁCIÍ K 31.05.2024**

### **V2 Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka**

V2\_01 GRAJZOVÁ, Lucia - JANÍK, Samuel - ČAMBÁL, Miloš - MLKVA, Miroslava. Analysis of the current application of AR in the context of TPM in Slovakia organizations. In *Proceedings of the 32nd International DAAAM Virtual Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation"*. 1. vyd. Vienna : DAAAM International

- Vienna, 2021, S. 546-554. ISSN 1726-9679. ISBN 978-3-902734-33-4. V databáze: DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.079 ; SCOPUS: 2-s2.0-85123922790. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2\_02 GRAJZOVÁ, Lucia - JANÍK, Samuel - ČAMBÁL, Miloš - MLKVA, Miroslava. Identification of potential synergies between lean manufacturing tools and technologies of Industry 4.0. In *International Doctoral Seminar 2022* : 27. - 28. 04. 2022, Smolenice, SR. 1. vyd. Trnava : AlumniPress, 2022, S. 80-87. ISBN 978-80-8096-292-0. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2\_03 JANÍK, Samuel - MLKVA, Miroslava - SZABÓ, Peter. Digitization of standardized work instructions in context with Industry 4.0. In *InvEnt 2020: Industrial Engineering - Invention for Enterprise : Scientific International Conference, 16.9.2020, Žilina*. 1. vyd. Bielsko - Biala : Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humnistycznej w Bielsku-Bialej, 2020, S. 64-67. ISBN 978-83-66249-48-6. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2\_04 JANÍK, Samuel - MLKVA, Miroslava - GRAJZOVÁ, Lucia - SZABÓ, Peter. Use of AHP method in integration of selected lean manufacturing methods with Industry 4.0 - big data. In *InvEnt 2022. Invention for Enterprise : Scientific International Conference, 15. - 17.6.2022, Turčianske Teplice, SR*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita, 2022, S. 44-49. ISBN 978-80-970974-4-8. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2\_05 KUBIŠOVÁ, Eliška - JANÍK, Samuel - BABČANOVÁ, Dagmar - MLKVA, Miroslava - CAGÁŇOVÁ, Dagmar. Comparison of the current state of implementation of Industry 4.0 in Italy and Slovakia as part of the transformation to a digital factory. In *InvEnt 2022. Invention for Enterprise : Scientific International Conference, 15. - 17.6.2022, Turčianske Teplice, SR*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita, 2022, S. 62-67. ISBN 978-80-970974-4-8. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2\_06 MARKOVÁ, Petra - MLKVA, Miroslava - SZABÓ, Peter - KUBIŠOVÁ, Eliška - JANÍK, Samuel. The benefits of digitalization for the labour market. In *Výzvy, trendy a inšpirácie na trhu práce 2022 : zborník príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie, 10. - 11. novembra 2022, Trenčín, SR*. 1. vyd. Trenčín : Trenčianska

univerzita Alexandra Dubčeka, 2023, S. 156-165. ISBN 978-80-8075-985-8.  
Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD

- V2\_07 SZABÓ, Peter - VRAŇAKOVÁ, Natália - MLKVA, Miroslava - JANÍK, Samuel. Games learning as a support for university education. In *INTED 2023 : 17th International Technology, Education and Development Conference*. 1. vyd. Valencia : IATED Academy, 2023, S. 7942-7947. ISSN 2340-1079. ISBN 978-84-09-49026-4. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: AFC

### **V3 Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu**

- V3\_01 GRAJZOVÁ, Lucia - JANÍK, Samuel - MLKVA, Miroslava - SZABÓ, Peter. Identifikácia optimálnej metódy štíhlej výroby k integrácii s technológiou Big Data. In *Fórum manažéra*. Roč. 19, č. 1 (2022), s. 23-30. ISSN 1339-9403. Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3\_02 JANÍK, Samuel - SZABÓ, Peter - MLKVA, Miroslava - MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin. Effective Data Utilization in the Context of Industry 4.0 Technology Integration. In *Applied Sciences*. Vol. 12, iss. 20 (2022), s. 1-16. ISSN 2076-3417 (2022: 2.700 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.492 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/app122010517 ; SCOPUS: 2-s2.0-85141147489 ; WOS: 000872200700001 ; CC: 000872200700001. Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC
- V3\_03 MAREČEK-KOLIBISKÝ, Martin - JANÍK, Samuel - MLKVA, Miroslava - SZABÓ, Peter - CZIFRA, György. Human-Machine Co-Working for Socially Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. In *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 21, iss. 2 (2024), s. 33-53. ISSN 1785-8860 (2022: 1.700 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.353 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.12700/APH.21.2.2024.2.2 ; SCOPUS: 2-s2.0-85178347452. Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADM
- V3\_04 SZABÓ, Peter - MLKVA, Miroslava - MARKOVÁ, Petra - SAMÁKOVÁ, Jana - JANÍK, Samuel. Change of Competences in the Context of Industry 4.0 Implementation. In *Applied Sciences*. Vol. 13, iss. 14 (2023), art. no. 8547, s. 1-18. ISSN 2076-3417 (2022: 2.700 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.492 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/app13148547 ; SCOPUS: 2-s2.0-85166572689 ; WOS: 001037945700001 ; CC: 001037945700001. Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC

V3\_05 SZABÓ, Peter - JANÍK, Samuel - MĹKVA, Miroslava - CZIFRA, György. Waste Elimination in the Assembly Process using Lean Tools. In *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 21, iss. 4 (2024), s. 165-184. ISSN 1785-8860 (2022: 1.700 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.353 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.12700/APH.21.4.2024.4.9 ; SCOPUS: 2-s2.0-85181727759.

Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADM

## **O2 Odborný výstup publikačnej činnosti ako časť knižnej publikácie alebo zborníka**

O2\_01 JANÍK, Samuel - VAŇOVÁ, Jaromíra - MĹKVA, Miroslava. Potenciálne hrozby inflácie ako následok pandémie Covid-19. In *Manažérstvo životného prostredia : Recenzovaný zborník z XXI. medzinárodnej vedeckej konferencie, 15.06.2021, Bratislava* = Management of Environment. 1. vyd. Bratislava : Slovak Society of Environment, 2021, S. 120-132. ISBN 978-80-973844-1-8.

Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD

## **Štatistika: kategória publikačnej činnosti od 2022**

|              |                                                                                |           |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| V2           | Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka   | 7         |
| V3           | Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu                                 | 5         |
| O2           | Odborný výstup publikačnej činnosti ako časť knižnej publikácie alebo zborníka | 1         |
| <b>Súčet</b> |                                                                                | <b>13</b> |