

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ METOD ŠTÍHLÉ VÝROBY V PROCESU DIGITÁLNÍ TRANSFORMACE

Ing. Kristýna Buglová
ITT Holdings Czech Republic, s.r.o.
E-mail: K.Buglova@seznam.cz

Prof. Ing. Darja Noskievičová, CSc.
Katedra managementu kvality FMT, VŠB-TU Ostrava
E-mail: darja.noskievicova@vsb.cz

Abstrakt

Článek analyzuje možnosti využití metod štihlé výroby v procesu digitální transformace, definuje možné integrace konkrétních metod štihlé výroby a technologií Průmyslu 4.0 a prezentuje výsledky dotazníkového průzkumu, který se orientoval na to, zda české organizace již začaly budovat štihlé a digitalizované výrobní systémy a zda existuje spojitost mezi zvolenými aspekty organizací a úrovní implementace metod štihlé výroby a technologií Průmyslu 4.0.

Abstract

The article analyses the possibilities of using lean manufacturing methods in the digital transformation proces, defines possible integrations of specific lean manufacturing methods and technologies of Industry 4.0 and presents findings of a questionnaire survey focused on finings whether Czech organizations have already started to build lean and digitized manufacturing systems and whether there is a link between selected aspects of organizations and level of implementation of lean manufacturing methods and Industry 4.0 technologies.

1. Úvod

Štihlá výroba je obecně považována za metodiku vhodnou ke zvýšení produktivity a snížení nákladů především ve výrobních organizacích. Současně si tato metodika klade za cíl optimalizovat procesy prostřednictvím eliminace plýtvání. Úspěšná implementace štihlé výroby vyžaduje důsledné a vědomé úsilí organizace. Samotný úspěch této metodiky však znamená, že další vylepšení jsou čím dál víc těžší k dosažení. Naproti tomu stále zůstává zachována potřeba dosahovat konkurenceschopnosti v dnešním podnikatelském prostředí, což

vyžaduje nepřetržité zvyšování produktivity, flexibility a především kvality poskytovaných produktů a služeb. Řešení tohoto problému se může skrývat v konceptu zvaném Průmysl 4.0. Tento koncept stojí na budování chytrých výrobních systémů prostřednictvím využívání pokročilých technologií a propojených informačních a komunikačních systémů. Takovýto proces lze nazvat jako digitální transformace stávajících výrobních systémů. Nyní nastává otázka, jak mohou tyto dva přístupy (štíhlá výroba a Průmysl 4.0) „existovat“ společně a navzájem se podporovat. Cílem tohoto článku je tedy zasvětit čtenáře do dané problematiky.

2. Analýza možností integrace štíhlé výroby a Průmyslu 4.0

Mnoho z principů a technologií Průmyslu 4.0 má příznivý vliv na eliminaci plýtvání, což je jedním z cílů metodiky štíhlé výroby. Přehled o působení principů a technologií Průmyslu 4.0 na eliminaci plýtvání poskytuje tabulka 1. Kladný vliv konkrétního řešení Průmyslu 4.0 na snížení některé z formy plýtvání je v tabulce 1 zakreslen symbolem ✓.

Tab. 1: Vliv principů a technologií Průmyslu 4.0 na redukci plýtvání [1]

Principy a technologie Průmyslu 4.0	Aditivní výroba	Rozšířená realita (AR)	Simulace	Autonomní robotika	Internet věcí (IoT)	Analýza dat	Cloud computing
Přeprava		✓	✓	✓		✓	
Pohyb		✓		✓			✓
Čekání	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Zásoby	✓				✓	✓	
Chyby ve výrobě	✓		✓	✓			✓
Nadprodukce	✓				✓	✓	
Vady	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Aditivní výroba usnadňuje výrobu produktů přizpůsobených dle požadavků zákazníků. Ovládá především schopnost vyrobit různá konstrukční řešení od jednoduchých po složitě v potřebném množství dle nastavených parametrů. [3] Proto má pozitivní vliv na zkrácení

doby výroby a na eliminaci zbytečného čekání, zásob, nadprodukce, chyb ve výrobě a výskytu vad.

Technologie zvaná rozšířená realita (dále AR) může pomoci eliminovat zbytečné pohyby i přepravu a z ní vzešlé defekty díky vizualizaci pracovních postupů a výrobních procesů doplněné o 3D virtuální objekty. [4]

Současně se objevuje paradigma Digital Twin, s nímž přichází možnost simulace výrobních systémů. [5] Prostřednictvím simulačních modelů lze redukovat zbytečnou přepravu, čekání, chyby ve výrobě a vady.

Autonomní robotika je velmi podstatná z hlediska přizpůsobení se dynamické výrobě. Zároveň je schopna odstranit či eliminovat několik zdrojů plýtvání, konkrétně zbytečnou přepravu, pohyby, čekání, chyby ve výrobě a vady.

Internet věcí (dále IoT) zlepšuje integraci fyzických systémů ve výrobním systému prostřednictvím senzorů a bezdrátových komunikačních technologií a sítí, což umožňuje pozitivně ovlivnit redukcii zbytečného čekání, zásob, nadprodukce a vad. [6]

Prediktivní analýza dat z výrobních systémů může účinně sloužit jako prevence před nežádoucími situacemi, do kterých lze zařadit i zbytečnou přepravu, čekání, zásoby, nadprodukcii a výskyt vad. [7]

Cloud computing jako poskytovatel služeb usnadňuje prostřednictvím IoT především sdílení a komunikaci dat mezi pracovníky navzájem, mezi pracovníky a výrobními systémy a mezi systémy samotnými. V případě jejich efektivního využívání lze do jisté míry redukovat zbytečný pohyb, čekání a chyby ve výrobě. [8]

Mimo to na základě dalších získaných poznatků a provedené analýze možných kombinací principů a technologií Průmyslu 4.0 s metodami štihlé výroby [2], byla sestavena tabulka 2, která poskytuje přehled o možných integracích Průmyslu 4.0 a štihlé výroby. Symbol x značí možnou integraci technologie Průmyslu 4.0 do metody štihlé výroby.

Tab. 2: Kombinace integrací Průmyslu 4.0 a štihlé výroby [2]

Technologie Průmyslu 4.0 Metoda štihlé výroby	Big Data a jejich analýza	Autonomní robotika	Simulace	IoT	CPS	Cloud computing	RFID	Aditivní výroba	VR / AR
JIT	x	x		x					
Pull systém	x						x		
Kanban	x		x				x		
Vizuální management				x			x		x
5S							x		x
VSM	x			x	x	x	x		
Jidoka				x			x		
Andon				x					
Poka-yoke							x		
Heijunka	x		x						
TPM	x			x	x				x
SMED					x		x	x	x

* JIT – Just in Time, TPM – komplexní produktivní údržba, VSM – mapování hodnotového toku, SMED – Single Minute Exchange of Die, CPS – kyberneticko-fyzikální systémy, RFID - identifikace na rádiové frekvenci, VR – virtuální realita

3. Analýza úrovně využívání metod štihlé výroby českými organizacemi v procesu digitální transformace

K analýze úrovně využívání metod štihlé výroby v procesu digitální transformace v organizacích na území České republiky bylo použito dotazníkové šetření. Distribuce dotazníků probíhala oslovením organizací prostřednictvím elektronické pošty, facebookové stránky katedry managementu kvality a sociální sítě LinkedIn. Těmito způsoby bylo osloveno zhruba 100 organizací, přičemž dotazníků bylo vyplněno 20.

Dotazník zpracovaný pro tuto analýzu se skládal ze čtyř oblastí. První část sloužila k získání obecných informací ohledně organizací. Druhá část se zaměřovala na zjištění úrovně implementace metod štihlé výroby do praxe a přínosů s tím spjatých. To, jestli organizace

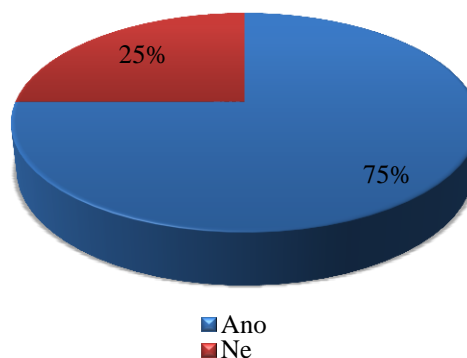
začaly již uplatňovat principy a technologie Průmyslu 4.0 a jaké, zkoumala třetí část. Otázky na posouzení zlepšení provozní výkonnosti tvořily čtvrtou část dotazníku.

Na základě vyplněných dotazníků, bylo zjištěno, že více než půlka (65%) organizací, které vyplnily dotazník, zaměstnává více než 250 zaměstnanců. 30% organizací má 51 až 250 zaměstnanců a do 50 zaměstnanců zaměstnává pak zbylých 5% organizací.

System managementu kvality má certifikovaný dle normy ISO 9001:2015 nejvíce organizací, konkrétně 16 z 20 organizací účastnících se průzkumu, což je celých 80%. Certifikací systému environmentální managementu dle ISO 14001:2015 disponuje 12 z 20 organizací (60%) a systém managementu kvality v automobilovém průmyslu dle IATF 16949:2016 má certifikováno 11 z 20 organizací (55%). Systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dle BS OHSAS 18001:2007 má certifikováno 50% organizací. Průzkumu se také zúčastnily tři organizace, které jsou držitelem certifikátu dle normy ISO/TS 22163:2017, což je norma stanovující požadavky na systém řízení kvality v železničním průmyslu, dále dle ISO 13485:2016, která určuje požadavky pro oblast zdravotnických prostředků a dle normy ISO 50001:2011, která klade požadavky na systému managementu hospodaření s energií.

Kolik organizací má již implementované metody štihlé výroby, zobrazuje obrázek 1.

IMPLEMENTACE METOD ŠTIHLÉ VÝROBY DO PRAXE



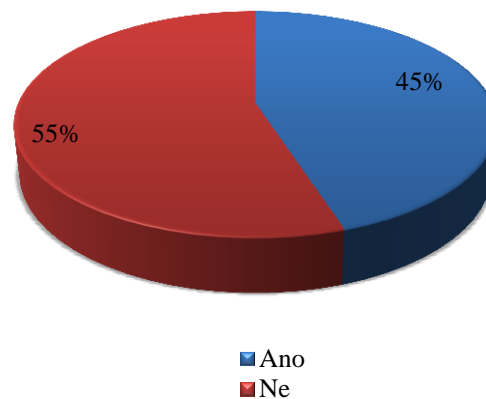
Obr. 1: Implementace metod štihlé výroby [2]

Metody štihlé výroby do praxe má zavedeno 75% organizací (15 z 20 organizací), které vyplnily dotazník. Zbylých 25% organizací zatím metody štihlé výroby neimplementovalo. Mezi organizacemi nejčastěji využívané metody štihlé výroby patří 5S, 5x proč, týmová práce, standardizace, Poka-yoke, Kaizen, Kanban, vizuální management, mapování hodnotového toku (VSM), Pull systém, SMED a komplexní produktivní údržba (dále TPM). Jako hlavní výhody štihlé výroby označily organizace produktivitu a efektivitu

práce, přehlednost a pořádek na pracovištích, zjednodušení a systematizování práce, časovou úsporu, zlepšení kvality, eliminaci chyb a snížení nákladů.

Kolik organizací již začalo implementovat principy a technologie Průmyslu 4.0, zobrazuje obrázek 2.

IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ PRŮMYSLU 4.0 DO PRAXE



Obr. 2: Implementace řešení Průmyslu 4.0 [2]

Přijímat a zavádět řešení a technologie Průmyslu 4.0 začalo 45% organizací, tedy téměř polovina (9 z 20 organizací). Mezi nejčastěji přijaté technologie patří aditivní výroba, cloud computing a simulační softwary.

4. Vyhodnocení dotazníkového šetření

Vyhodnocení bylo provedeno 2 způsoby: pomocí klasických metod (výsečové a pruhové grafy) a pomocí pokročilých metod (shluková analýza a analýza kontingenčních tabulek).

4.1 Vyhodnocení pomocí klasických metod

Na základě odpovědí respondentů bylo zjištěno, že:

- 4 z 20 organizací nevyužívá metody štihlé výroby ani technologie Průmyslu 4.0, což je 20% organizací, které se zúčastnily průzkumu;
- 7 z 20 organizací využívá pouze metody štihlé výroby, což je 35% ze zúčastněných organizací;
- 1 z 20 organizací využívá pouze technologie Průmyslu 4.0, což je 5% organizací ze všech zúčastněných;

- 8 z 20 organizací využívá metody štíhlé výroby i technologie Průmyslu 4.0, což tvoří 40% ze zapojených organizací.

Organizace, které implementovaly metody štíhlé výroby (7), hodnotily vliv štíhlé výroby na ukazatele provozní výkonnosti spíše kladně, jelikož u žádného z ukazatelů nedošlo ke zhoršení.

Organizace, které využívají metody štíhlé výroby i principy a technologie Průmyslu 4.0, se staly v rámci průzkumu nejčetnější skupinou. To znamená, že se technologie Průmyslu 4.0 už zcela běžně stávají součástí organizací. Ačkoliv většina organizací v této úrovni hodnotila vliv implementace štíhlé výroby a Průmyslu 4.0 na ukazatele provozní výkonnosti pozitivně, ve dvou případech došlo k jejich zhoršení. Důvodem může být nedostatečná integrace obou přístupů a tento fakt upevňuje vyhodnocení otázky č. 11 a 12 v dotazníku.

Cílem otázky č. 11 bylo pokusit se zjistit, které konkrétní technologie Průmyslu 4.0 považují za přínosné a které z jejich pohledu podporují některé z principů či metody štíhlé výroby. Pouze jediný respondent konstatoval, že se robotizace výrazně podílela na zvýšení úrovně standardizace jako metody štíhlé výroby. Další respondent na tuto otázku odpověděl „zatím žádné“. Zbylí respondenti s ochotou odpověděli, které technologie považují za přínosné pro jejich organizace. Bohužel už nedokázali určit, které metody štíhlé výroby tyto technologie podporují. To může působit dojmem, že organizace, které se zúčastnily průzkumu a využívají oba přístupy, zatím řešení Průmyslu 4.0 neintegrovaly do metod štíhlé výroby a naopak, ale využívají tyto přístupy současně. Vhodně navržená metodika integrace technologií a principů Průmyslu 4.0 do štíhlých výrobních systémů by případně mohla být řešením pro tento problém.

Otázka č. 12 se měla pokusit zjistit z pohledu praxe, které metody štíhlé výroby prochází nejmenšími či největšími změnami, pokud se snažíme o jejich integraci s řešeními Průmyslu 4.0. Z pohledu jedné organizace prošla zatím největší transformací standardizace (zapříčiněna robotizací) a nejmenší transformací vizuální management. Další uvádí, že nejmenší transformací prošla metoda TPM. Bohužel většina zbylých respondentů nedokázala na tuto otázku odpovědět. Organizace prozatím uplatňují metody štíhlé výroby a technologie Průmyslu 4.0 samostatně. Z čehož vyplývá a opět se potvrzuje, že vhodně navržená metodika integrace technologií a principů Průmyslu 4.0 do štíhlých výrobních systémů, může tuto integraci podpořit.

4.2 Pokročilá analýza výsledků dotazníkového průzkumu

Analýza dotazníkového průzkumu byla doplněna o pokročilou analýzu. Informace získané dotazníkem byly nejdříve roztrženy pomocí shlukové analýzy a následně vyhodnoceny pomocí kontingenčních tabulek, které analyzovaly význam vztahu mezi kombinacemi vytvořených shluků. Cílem této pokročilé analýzy bylo zjistit, zda u organizací zapojených do průzkumu existuje spojitost mezi provozní výkonností (velikostí organizace / počtem zavedených norem z těchto možných: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, IATF 16949:2016, ISO 50001:2011, ISO/TS 22163:2017, ISO 13485:2016 a implementačními úrovněmi obou přístupů – štíhlé výroby a Průmyslu 4.0).

4.2.1 Aplikace shlukové analýzy

Rozdělení organizací do 2 shluků dle úrovně implementace metod štíhlé výroby znázorňuje tabulka 3.

Tab. 3: Četnost shluků LLP a HLP [2]

<i>Cluster</i>	<i>Members</i>	<i>Percent</i>
1	17	85,00
2	3	15,00

Organizace (v tabulce 3) tvořící skupinu 1 řadíme mezi organizace s nižší úrovní implementace štíhlé výroby – LLP (low level of lean production implementation), přičemž do ní bylo zařazeno 17 z 20 organizací. Obsazení skupiny 2 tvoří zbylé 3 organizace, které byly tak zařazeny mezi organizace s vyšší úrovní implementace štíhlé výroby – HLP (high level of lean production implementation).

Rozdělení organizací do 2 shluků dle úrovně přijetí technologií Průmyslu 4.0 znázorňuje tabulka 4.

Tab. 4: Četnost shluků LTC a HTC [2]

<i>Cluster</i>	<i>Members</i>	<i>Percent</i>
1	13	65,00
2	7	35,00

Organizace (v tabulce 4) tvořící skupinu 1 řadíme mezi organizace vykazující nižší úroveň přijetí technologií Průmyslu 4.0 – LTC (low level of Industry 4.0 technologies implementation). Do této skupiny bylo zařazeno 13 z 20 organizací. Zbylých 7 organizací

tvoří skupinu 2 a řadí se tak mezi organizace vykazující vyšší úroveň přijetí technologií Průmyslu 4.0 – HTC (high level of Industry 4.0 technologies implementation).

Rozdělení organizací do 2 shluků dle dosažené úrovně provozní výkonnosti znázorňuje tabulka 5.

Tab. 5: Četnost shluků LPI a HPI [2]

Cluster	Members	Percent
1	7	35,00
2	13	65,00

Organizace (v tabulce 5) tvořící skupinu 1 řadíme mezi organizace s nižší úrovní provozní výkonnosti – LPI (low level of performance improvement). Do této skupiny bylo zařazeno 7 z 20 organizací. Dalších 13 organizací tvoří skupinu 2 a řadí se tak mezi organizace s vyšší úrovní provozní výkonnosti – HPI (high level of performance improvement).

4.2.2 Zpracování a vyhodnocení kontingenčních tabulek

Kontingenční tabulky 6 až 8 zobrazují počty organizací s danou kombinací a hodnoty Adjusted residual pro příslušné kombinace. Například v kontingenční tabulce 6, v prvním řádku a prvním sloupci je uvedena hodnota 7. To znamená, že se ve shlucích LPI, LTC a LLP současně objevuje 7 organizací. O řádek níž ve stejném sloupci se nachází hodnota 1,38, což je hodnota Adjusted residual pro příslušnou kombinaci LPI-LTC-LLP. Pokud by tato hodnota byla vyšší než 2 nebo 3 v absolutní hodnotě znamená to, že je daná asociace mezi Průmyslem 4.0 a štíhlou výrobou významná z hlediska provozní výkonnosti.

Kontingenční tabulka (tabulka 6) byla sestavena pro kombinace a jejich četnosti dle provozní výkonnosti.

Tab. 6: Vliv štíhlé výroby a Průmyslu 4.0 na výkonnost [2]

	LLP	HLP	Row Total
LPI-LTC	7	0	7
Adjusted residual	1,38	-1,38	35,00%
HPI-LTC	6	0	6
Adjusted residual	1,23	-1,23	30,00%
HPI-HTC	4	3	7
Adjusted residual	-2,56	2,56	35,00%
Column Total	17	3	20
	85,00%	15,00%	100,00%

Hodnoty Adjusted residual z kontingenční tabulky 6 naznačují, že u organizací, které nezaznamenaly zlepšení provozní výkonnosti (LPI) a současně spadají pod LLP a LTC, není významná žádná asociace mezi Průmyslem 4.0 a štihlou výrobou. Totéž platí pro organizace s nízkou úrovní implementace štihlé výroby (LLP) a současně nízkou úrovní přijetí technologií Průmyslu 4.0 (LTC), ačkoliv zlepšení provozní výkonnosti zaznamenaly (HPI). První případ není nijak zvláště překvapující, jelikož nedostatečná či žádná implementace jak metod štihlé výroby, tak technologií Průmyslu 4.0 se jednoduše rovná nedostatečnému či žádnému vlivu na zlepšení provozní výkonnosti. V druhém případě může být výsledek odůvodněn správným pochopením a využíváním i pouze některých metod štihlé výroby či technologií Průmyslu 4.0. Například organizace „G“ využívá pouze metody Kaizen, Poka-yoke, 5x proč a 5S, díky kterým pocítila zlepšení v oblasti produktivity, kvality a dodavatelských služeb.

Na druhé straně, pro organizace vykazující zlepšení provozní výkonnosti (HPI) a vyšší úroveň přijetí technologií Průmyslu 4.0 (HTC), hodnoty ukazují významné spojení mezi využíváním technologií Průmyslu 4.0 a metod štihlé výroby v těchto organizacích. Organizace, které využívají principy a metody štihlé výroby (HLP), s větší pravděpodobností přijmou technologie Průmyslu 4.0 a jejich provozní výkonnost se zdá být pozitivně ovlivněna implementací obou přístupů.

Organizace, které dosahují nižší úrovně v oblasti štihlé výroby (LLP), ale přijaly technologie Průmyslu 4.0 (HTC), taktéž zaznamenaly zvýšení úrovně provozní výkonnosti (HPI) a hodnoty poukazují na významnou asociaci mezi štihlou výrobou a Průmyslem 4.0, což může znamenat, že technologie Průmyslu 4.0 doplňují štihlou výrobu a podporují eliminaci plýtvání v procesech.

Tabulka 7 zobrazuje výsledky kombinací implementačních úrovní Průmyslu 4.0 a štihlé výroby podle velikosti organizací.

Tab. 7: Vliv velikosti organizace na implementační úrovně [2]

	LLP	HLP	Row Total
SaM-LTC	6	0	6
	1,23	-1,23	30,00%
SaM-HTC	1	0	1
Adjusted residual	0,43	-0,43	5,00%
L-LTC	7	0	7
Adjusted residual	1,38	-1,38	35,00%
L-HTC	3	3	6
Adjusted residual	-2,87	2,87	30,00%
Column Total	17	3	20
Adjusted residual	85,00%	15,00%	100,00%

Hodnoty Adjusted residual ukazují, že asociace mezi Průmyslem 4.0 a štihlou výrobou je významná u organizací, které zaměstnávají nad 250 zaměstnanců (L) a široce využívají technologie Průmyslu 4.0 (HTC). Konkrétně výsledky uvádějí, že velké organizace (L), které využívají technologie Průmyslu 4.0 na vyšší úrovni (HTC), mají již zavedené metody štihlé výroby (LLP a HLP). Ovšem větší četnost velkých organizací (L) zatím nepřijalo technologie Průmyslu 4.0 dostatečně (LTC). Implementace Průmyslu 4.0 tak může i nemusí záviset na velikosti organizace, což by mohlo být předmětem dalšího zkoumání na větším „vzorku“. Co se týče implementace štihlé výroby, nemá na ni velikost organizace žádný vliv – dle výsledků kontingenční tabulky.

A konečně, pokud jde o kontextuální proměnnou „počet zavedených norem“, příslušné výsledky uvádí tabulka 8.

Tab. 8: Vliv zvolené proměnné na implementační úrovně [2]

	LLP	HLP	Row Total
<=2-LTC	7	0	7
Adjusted residual	1,38	-1,38	35,00%
<=2-HTC	2	0	2
Adjusted residual	0,63	-0,63	10,00%
>=3-LTC	6	0	6
Adjusted residual	1,23	-1,23	30,00%
>=3-HTC	2	3	5
Adjusted residual	-3,25	3,25	25,00%
Column Total	17	3	20
	85,00%	15,00%	100,00%

Pro organizace, které mají systém řízení certifikovaný dle 2 norem a méně, hodnoty nevyznačují významné spojení mezi Průmyslem 4.0 a štihlou výrobou. Obecně se totiž

předpokládá, že čím více norem organizace zavádí, tím má větší zkušenosti se zaváděním „něčeho nového“. Na základě toho by organizace měla mít už lepší schopnost pružněji reagovat na změny a učit se něčemu novému. Tento obecný předpoklad potvrzuje fakt, že u organizací, které mají systém řízení certifikovaný dle 3 norem a více (≥ 3) z těchto možných: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, IATF 16949:2016, ISO 50001:2011, ISO/TS 22163:2017 a ISO 13485:2016, hodnoty poukazují na významnou interakci mezi počtem zavedených norem a implementací Průmyslu 4.0 na vyšší úrovni (HTC).

Na druhé straně, navzdory počtu zavedených norem (≥ 3), četnost organizací, které se stále potýkají s implementací technologií Průmyslu 4.0 (LTC), je vyšší než u předchozího případu (kombinace ≥ 3 a HTC). Výsledky se tedy sbíhají. Zda má kontextuální proměnná (počet zavedených norem) vliv na implementaci Průmyslu 4.0, by se muselo stát předmětem dalšího zkoumání na větším počtu organizací. Na implementaci štihlé výroby nemá počet zavedených norem vliv – dle výsledků kontingenční tabulky.

4.3 Porovnání výsledků klasické a pokročilé analýzy

V první řadě je nutné podotknout, že ačkoliv obě analýzy zpracovávaly stejnou problematiku, měly obě definovaný odlišný cíl.

Klasická analýza: Cílem této analýzy je zjistit úroveň využívání metod štihlé výroby v procesu digitální transformace v organizacích na území České republiky.

Pokročilá analýza: Cílem této analýzy je zjistit, zda u organizací zúčastněných výzkumu existuje spojitost mezi provozní výkonností / velikostí organizace / počtem zavedených norem (viz výše) a implementačními úrovněmi štihlé výroby a Průmyslu 4.0.

Porovnání výsledků klasické a pokročilé analýzy může však spočívat v potvrzení či doplnění nebo dokonce vyvrácení závěrů pokročilé analýzy analýzou klasickou pro daný vzorek (zúčastněné organizace). Na základě zpracování výsledků pokročilé analýzy byly získány závěry, které byly kontingenčními tabulkami vyhodnocené jako významné:

Závěr č. 1:

„Organizace, které využívají principy a metody štihlé výroby na vyšší úrovni, s větší pravděpodobností přijmou technologie Průmyslu 4.0 a jejich provozní výkonnost se zdá být pozitivně ovlivněna takovým sdružením.“

„Organizace, které dosahují nižší úrovně v oblasti štihlé výroby, ale přijaly technologie Průmyslu 4.0 na vyšší úrovni, taktéž zaznamenaly zvýšení úrovně provozní výkonnosti. To může znamenat, že technologie Průmyslu 4.0 doplňují štihlou výrobu a podporují eliminaci plýtvání v procesech.“

Klasická analýza: 75% organizací využívá různé metody štihlé výroby (15 z 20 organizací). 45% organizací taktéž přijalo již některé technologie Průmyslu 4.0 (9 z 20 organizací). Přičemž 8 z 20 organizací zároveň využívá metody štihlé výroby a technologie Průmyslu 4.0.

63% organizací z těchto 8 ohodnotilo produktivitu za zlepšenou a 13% organizací za výrazně zlepšenou. Zvýšení úrovně produktivity dohromady pocítilo celých 76% organizací. Úroveň dodavatelských služeb označilo 50% organizací z 8 za zlepšenou a 13% za výrazně zlepšenou. Zvýšení této úrovně zaznamenalo celkem 63% organizací. Úroveň zásob 13% organizací označilo za výrazně zlepšenou a dalších 38% organizací zaznamenalo její zlepšení. Zvýšení kvality produktů udává 75% organizací.

Na základě těchto získaných informací, lze konstatovat, že závěry klasické analýzy korespondují se závěry získanými pokročilou analýzou. Obecně v praxi tedy může platit, že implementace obou přístupů může mít pozitivní vliv na provozní výkonnost a zároveň mohou technologie Průmyslu 4.0 doplňovat či zvyšovat úroveň štihlé výroby.

Závěr č. 2:

„Implementace Průmyslu 4.0 může i nemusí záviset na velikosti organizace (nad 250 zaměstnanců), což by mohlo být předmětem dalšího zkoumání na větším počtu organizací.“

Klasická analýza: 65% organizací zaměstnává nad 250 zaměstnanců (velké), 30% organizací do 250 zaměstnanců (střední) a 5% organizací zaměstnává pouze do 50 zaměstnanců (malé). Střední a malé organizace tvoří dohromady 35%.

Velké organizace, kterých je 13 z 20, začaly v 54% přijímat a využívat technologie Průmyslu 4.0, tedy téměř každá druhá organizace. 46% zbylých zatím tyto technologie nepřijalo. Klasická analýza nenaznačuje nijak zvláštní závislost mezi velikostí organizace a přijetím technologií Průmyslu 4.0.

Závěr č. 3:

„Implementace Průmyslu 4.0 může i nemusí záviset na počtu zavedených norem v organizaci (více než 3), což by mohlo být předmětem dalšího zkoumání na větším počtu organizací.“

Klasická analýza: 45% organizací má svůj systém řízení certifikován dle 2 norem a méně. 55% organizací (11 z 20) má zavedené 3 normy a více.

Z těchto 11 organizací začalo 45% využívat technologie Průmyslu 4.0 a 55% organizací zatím tyto technologie nepřijalo. Klasická analýza nenaznačuje nijak zvláštní závislost mezi počtem zavedených norem v organizaci a přijetím technologií Průmyslu 4.0.

5. Závěr

Provedená analýza výsledků dotazníkového šetření přinesla některá zajímavá a podnětná zjištění. Z průzkumu vyplynulo, že 40% zúčastněných organizací již začalo přijímat koncept Průmyslu 4.0 za současného využívání metod štihlé výroby.

Pokročilejší analýzou se došlo k závěru, že organizace, které využívají metody štihlé výroby na vyšší úrovni, s větší pravděpodobností přijmou technologie Průmyslu 4.0. Zároveň je u těchto organizací zaznamenáno zvýšení provozní výkonnosti. Avšak ze získaných odpovědí taktéž byla vyvozena ta skutečnost, že většina zúčastněných organizací zatím technologie Průmyslu 4.0 plně neintegrovala do štihlých výrobních systémů.

Podrobné výsledky zmíněného průzkumu, jakož i návrh metodiky principů a technologií Průmyslu 4.0 do štihlých výrobních systémů přináší diplomová práce K. Buglové [2].

Poděkování

Tento článek byl zpracován v rámci projektu specifického výzkumu č. SP2019/62, řešeného na fakultě materiálově-technologické VŠB-TU Ostrava za podpory Ministerstva školství, mládeže a sportu České republiky.

6. Seznam použité literatury

- [1] USTUNDAG, A. a E. CEVIKCAN: *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. Cham: Springer, 2018. 286 s. ISBN-10: 9783319578699.
- [2] BUGLOVÁ, K.: *Analýza možností využití metod štihlé výroby v procesu digitální transformace*. [Diplomová práce]. Ostrava: VŠB-TUO, 2019. 112s.

- [3] VAIDYA, Saurabh, Prashant AMBAD a Santosh BHOSLE. Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing* [online]. 2018, 2018, **20**, 233-238 [cit. 2019-04-01]. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.034. ISSN 23519789. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978918300672>
- [4] CERUTI, Alessandro, Pier MARZOCCA, Alfredo LIVERANI a Cees BIL. Maintenance in Aeronautics in an Industry 4.0 Context: The Role of Augmented Reality and Additive Manufacturing. *Journal of Computational Design and Engineering* [online]. 2019, **101**(3), 1-12 [cit. 2019-04-01]. DOI: 10.1016/j.jcde.2019.02.001. ISSN 22884300. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2288430018302781>
- [5] RODIČ, Blaž. Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm. *Organizacija* [online]. 2017, **50**(3), 193-207 [cit. 2019-04-01]. DOI: 10.1515/orga-2017-0017. ISSN 1581-1832. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/orga/50/3/article-p193.xml>
- [6] *The Fourth Industrial Revolution* [online]. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.fr.sogeti.com/globalassets/global/downloads/reports/vint-research-3-the-fourth-industrial-revolution>
- [7] SU, Xiaomeng. *Introduction to Big Data* [online]. Institutt for informatikk og e-læring ved NTNU, 1-11 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.ntnu.no/iie/fag/big/lessons/lesson2.pdf>
- [8] KUMARI, Priti a Parmeet KAUR. A survey of fault tolerance in cloud computing. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* [online]. 2018 [cit. 2019-04-01]. DOI: 10.1016/j.jksuci.2018.09.021. ISSN 13191578. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1319157818306438>