UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



CHARAKTERIZÁCIA KĽÚČOVÝCH FAKTOROV STRÁT UTILIZÁCIE VÝROBNÝCH ZARIADENÍ: PRIEREZ ODVETVIAMI PRIEMYSLU V SR

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2022 Richard SOKOL

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

CHARAKTERIZÁCIA KĽÚČOVÝCH FAKTOROV STRÁT UTILIZÁCIE VÝROBNÝCH ZARIADENÍ: PRIEREZ ODVETVIAMI PRIEMYSLU V SR

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program:	Ekonomická matematika a modelovanie
Študijný odbor:	1114 Aplikovaná matematika
Školiace pracovisko:	Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky
Vedúci práce:	Mgr. Ing. Boris Fačkovec, PhD.

Bratislava 2022 **Richard SOKOL**





Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Richard Sokol
Študijný program: ekonomicko-finančná matematika a modelovanie (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: matematika
Typ záverečnej práce: diplomová
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Charakterizácia kľúčových faktorov strát utilizácie výrobných zariadení: prierez odvetviami priemyslu v SR
Characterizing key factors of OEE losses across Slovak industry segments

Anotácia: Slovenské hospodárstvo je životne závislé od spracovateľského priemyslu, ktorý je z prevažnej väčšiny tvorený závodmi s nižšou pridanou hodnotou a relatívne nízkymi maržami. Zvyšovanie využitia výrobných zariadení môže byť v tejto situácii silným nástrojom rastu ekonomiky. V tejto práci prepojíme údaje z rôznych verejných a platených databáz vhodnými štatistickými metódami, aby sme odhadli potenciál rastu HDP Slovenska dosiahnuteľný zvýšením utilizácie výrobných zariadení pomocou digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti. Pri modelovaní využijeme rôzne business case metodológie, strojové učenie na klasifikáciu dát a maximum likelihood estimatory na štatistické odhady.

Vedúci: Ing. Mgr. Boris Fačkovec, PhD.
Katedra: FMFI.KAMŠ - Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky
Vedúci katedry: prof. RNDr. Marek Fila, DrSc.

Dátum zadania: 14.01.2021

Dátum schválenia: 17.01.2021 prof. RNDr. Daniel Ševčovič, DrSc.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Poďakovanie: Ďakujem svojmu školiteľovi Ing. Mgr. Borisovi Fačkovcovi, PhD. za ochotu, pomoc, cenné rady, rovnako aj všetkým, ktorí ma počas štúdia podporovali. Zároveň by som sa chcel poďakovať spoločnosti Finstat s.r.o. za poskytnutie údajov využitých v tejto práci.

Abstrakt v štátnom jazyku

SOKOL, Richard: Charakterizácia kľúčových strát utilizácie výrobných zariadení: prierez odvetviami priemyslu v SR [Diplomová práca], Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky; školiteľ: Ing. Mgr. Boris Fačkovec, PhD., Bratislava, 2022, 86s.

Cieľom tejto diplomovej práce je odhadnutie potenciálu rastu HDP Slovenska zvýšením utilizácie výrobných zariadení implementáciou digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti. Tieto potenciálne pozitívne dopady odhadujeme pomocou vhodne zvolených modelov syntézou: 1) finančných výkazov pokrývajúcich viac ako 85% pridanej hodnoty slovenského priemyslu z databázy Finstat, 2) expertných a referenčných hodnôt súkromnej spoločnosti Inovec Technology s.r.o. (InovecTech) pokrývajúcich informácie pre stovky zariadení naprieč desiatkami slovenských priemyselných podnikov, 3) odpovedí z dotazníkov zozbieraných pre 44 spoločností v priemysle. Využívajúc upravené metódy klastrovej analýzy (k-medoids) radíme spoločnosti do divízií a klastrov na základe ich finančných aj nefinančných podobností. Následne v rámci každého klastru vykonáme detailnú analýzu tých reprezentantov, o ktorých údajmi disponujeme. V ďalšom kroku tieto hodnoty extrapolujeme na celý klaster. Nadobudnuté výsledky pre celý priemysel tvoria súčty hodnôt naprieč klastrami. Táto diplomová práca predstavuje ucelený pohľad na priemysel a jeho aktuálnu, ako aj potenciálnu úroveň utilizácie výrobných zariadení a môže slúžiť ako zdroj referenčných hodnôt pre individuálne potreby priemyslu.

Kľúčové slová: utilizácia výrobných zariadení, digitálne riadenie výkonnosti, HDP, bottom-up odhad trhu

Abstract

SOKOL, Richard: Characterizing key factors of OEE losses: across Slovak industry segments [Diploma thesis], Comenius University in Bratislava, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Department of Applied Mathematics and Statistics; Supervisor: Ing. Mgr. Boris Fačkovec, PhD., Bratislava, 2022, 86s.

The objective of this diploma thesis is to estimate the growth potential of Slovak GDP by utilising production capacities through implementation of digital tools for data collection and performance management. The positive impact is estimated by using: 1) financial statements covering more than 85% of value added of the Slovak manufacturing industry covered by Finstat database, 2) experts' estimates and reference values from Technology limited (InovecTech) covering hundreds of devices througout many Slovak manufacturing industry companies, and 3) survey findings of 44 manufacturing industry companies. By using adjusted methods of cluster analysis (k-medoids), the companies were divided into divisions and clusters based on their financial and non-financial similarities. Subsequently, within each cluster, we perform a detailed analysis of those companies for which we have data. In the next step, we extrapolate these values to the entire cluster. The results obtained for the whole industry are the sums of the values across the clusters. This diploma thesis presents a comprehensive view of the industry and its current as well as potential level of utilisation of production equipment and can serve as a source of reference for individual needs of the industry.

Keywords: utilisation of production equipment, digital performance management, GDP, bottom-up market estimation

Obsah

Úvod **9**

1 Teoretický úvod **11**

1.1 Pridaná hodnota 11

1.2 ROA - návratnosť aktív 13

1.3 OEE - overall equipment effectiveness 14

1.4 Digital Performance Management 18

2 Použité údaje **20**

2.1 Údaje spoločnosti Finstat 20

2.1.1 Doplnenie údajov 22

2.2 Formulár 24

2.3 InovecTech 26

3 Segmentácia priemyslu **28**

3.1 Dôvody návrhu upravenej segmentácie 28

3.2 Metodológia 29

3.2.1 Zhluková analýza 30

3.2.2 Využité premenné a matica vzdialenosti 32

3.3 Výsledky 34

4 Priemyselná výroba na Slovensku **37**

4.1 Priemyselná výroba ako základ slovenskej ekonomiky 38

4.2 Historický vývoj priemyslu v porovnaní s ostatnými sekciami 40

4.3 Pohľad na priemysel v roku 2019 42

4.4 Priemysel očami klastrov 45

4.5 Respondenti formulára ako reprezentanti priemyslu 47

4.5.1 Miera automatizácie a jej implikácie 49

5 Skutočná trhová hodnota výrobných zariadení **53**

5.1 Dôvody a účel tohto modelu 53

5.2 Model 56

5.2.1 Formulár 56
5.2.2 Kumulatívne hodnoty zariadení 58
5.3 Distribúcia hodnoty strojov v slovenskom priemysle 60
5.4 Aktuálna ročná návratnosť aktív - ROA 61

6 Potenciál rastu HDP a ROA pri zlepšení OEE **65**
6.1 Aktuálne OEE na základe formulára 65
6.1.1 Údaje o OEE od InovecTech 68
6.2 Odhad potenciálu zvýšenia OEE 68
6.2.1 Aktuálne hodnoty OEE a potenciály zvýšenia OEE 70
6.3 Model nárastu produkcie 70
6.4 Ako sa zvýši HDP? 73
6.5 Ako by sa mohla zvýšiť ROA? 76

Záver **78**

Zoznam použitej literatúry **80**

Úvod

Výzva vyrábať viac tovarov z obmedzených a vyčerpávajúcich sa prírodných zdrojov je diskutovaná už od čias prvej priemyselnej revolúcie. V snahe uspokojiť stále rastúci dopyt po spotrebe, je táto požiadavka aj relevantným objektom výskumu vedeckej sféry. Už počiatky genézy industralizácie smerovali technologické skoky k zmenám paradigiem, v súčasnosti nazývaným „priemyselné revolúcie“: v oblasti mechanizácie (tzv. 1. priemyselná revolúcia), intenzívneho využívania elektrickej energie (tzv. 2. priemyselná revolúcia) a rozsiahlej digitalizácie (tzv. 3. priemyselná revolúcia). Začiatkom druhej dekády 21. storočia sa etablovala štvrtá priemyselná revolúcia a digitálna transformácia podnikateľského sveta označovaná aj ako Priemysel 4.0 [41].

Pred finančnou krízou bolo Slovensko do veľkej miery aj vďaka priemyslu považované za ekonomického tigra Európy [47]. Toto vnímanie sa však v posledných rokoch zmenilo a Slovensko dosahuje len priemerné ekonomické výsledky [18]. Tento vývoj donútil zamyslieť sa odbornú i laickú verejnosť nad ďalším smerovaním nášho hospodárstva. Slovenská ekonomika je životne závislá od spracovateľského priemyslu, ktorý tvorí takmer 20% slovenského HDP (hrubý domáci produkt) [61], avšak z prevažnej väčšiny je tvorený závodmi s nižšou pridanou hodnotou a relatívne nízkymi maržami. Práve zvyšovanie využitia výrobných zariadení - teda zvýšenie výrobnej produktivity, do veľkej miery umožnené implementáciou moderných technológií do procesu výroby, môže byť v tejto situácii silným nástrojom rastu ekonomiky.

Kľúčovým cieľom tejto diplomovej práce je odhad potenciálu rastu HDP Slovenska dosiahnuteľný zvýšením utilizácie výrobných zariadení pomocou digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti. K dosiahnutiu cieľa navrhneme spôsob výpočtu založený na kombinácii údajov nami navrhnutého formulára a interných údajov spoločností Inovec Technology s.r.o. o hodnotách utilizácie zariadení v priemysle, pomocou ktorých extrapolujeme získané hodnoty na všetky spoločnosti v slovenskej priemyselnej výrobe použitím údajov spoločnosti Finstat. Pri procese tvorby modelu by mohli byť zaujímavé aj čiastkové výsledky ako vývoj produktivity priemyslu v ostatných rokoch, identifikácia odvetví s vyššou produktivitou, identifikácia odvetví s relatívne vyšším potenciálom rastu alebo v neposlednom rade identifikácia spoločností s vyššou mierou implementácie moderných technológií. K dosiahnutiu vytýčených cieľov a ich následnej správnej interpretácii však

budeme musieť lepšie porozumieť rôznym charakteristikám priemyslu na Slovensku. Ukážeme, v ktorých odvetviach priemyslu je vytváraná pridaná hodnota, ako bola dosiahnutá jej zmena v ostatných rokoch alebo aká je koncentrácia výrobných zariadení v priemysle.

Teoreticko-metodologický základ diplomovej práce tvoria štúdie venované skúmaniu rôznych metrík utilizácie výrobných zariadení [11, 42, 46, 45, 37, 36], práce venujúce sa moderným technológiam a ich implementácií v priemyselnej výrobe [41, 59, 63], ale aj prípadové štúdie zaoberajúce sa analýzou vzťahu medzi zvyšovaním utilizácie zariadení a finančnými ukazovateľmi spoločností [63, 64, 25, 66].

V úvodnej kapitole tejto práce zhrnieme základné využívané metriky a pojmy (kapitola 1). V druhej kapitole predstavíme všetky používané zdroje údajov, ich úpravu resp. zber a odprezentujeme metodiku navrhnutého formulára (kapitola 2). V kapitole 3 odprezentujeme výhrady voči využívanej klasifikácii SK Nace Rev.2 a navrhneme vlastnú segmentáciu pomocou rôznych kľúčových finačných aj nefinančných charakteristík spoločností. V kapitole 4 zhodnotíme aktuálny stav a vývoj tvorby pridanej hodnoty v priemysle v ostatných rokoch a zasadíme daný vývoj do kontextu celej ekonomiky. Zároveň v tejto kapitole porovnáme reprezentatívnosť respondentov nášho formulára so skutočným obrazom priemyslu na základe údajov spoločnosti Finstat. V ďalšej kapitole (kapitola 5) kvantifikujeme vzťah medzi skutočnou a účtovnou hodnotovou zariadení pomocou jednoduchého modelu a následne zanalyzujeme koncentráciu a aktuálnu návratnosť výrobných zariadení v jednotlivých divíziách a skupinách priemyslu. Na záver v kapitole 6 odhadneme potenciálnu úroveň zvýšenia utilizácie výrobných zariadení pomocou digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti a pokúsime sa kvantifikovať vplyv tohto zvýšenia na rast pridanej hodnoty priemyselnej výroby, celkového HDP Slovenska a rast návratnosti aktív spoločností v priemysle.

Aktuálnosť predkladaného výskumu je opodstatnená nízkou mierou zastúpenia vedeckých prác zaoberajúcich sa utilizáciou výrobných zariadení, berúc do úvahy celý priemysel a vplyvom moderných technológií na jej zvýšenie.

Okrem významu kvantifikácie potenciálu zvýšenia pridanej hodnoty pre priemysel, táto diplomová práca vďaka využitým údajom prezentuje mimoriadne ucelený pohľad na priemysel a jeho aktuálnu utilizáciu zariadení aj v medzinárodnom meradle.

1 Teoretický úvod

Táto kapitola poskytuje stručný popis dôležitých metrík a použitých pojmov, ktorým sa budeme v práci dôsledne venovať a využívať ich pri analýzach. Týmto teoretickým úvodom by sme chceli zjednodušiť orientáciu v práci a zlepšiť porozumenie čitateľa. Základným prvkom práce je zadefinovanie si vhodných metrík, ktoré nám umožnia dosiahnuť vytýčené ciele. Medzi tieto metriky sme zaradili pridanú hodnotu, ROA (Return on Assets) a OEE (Overall Equipment Effectiveness). Dôvodom výberu týchto metrík je snaha o naplnenie cieľa práce, teda kvantifikovať vplyv potenciálneho zvýšenia utilizácie výrobných zariadení (OEE) na možný nárast tvorby pridanej hodnoty spoločností (dopad na HDP) a zároveň identifikovať jeho dopad na zvýšenie výkonnosti a návratnosti spoločností pre ich majiteľov - ROA.

1.1 Pridaná hodnota

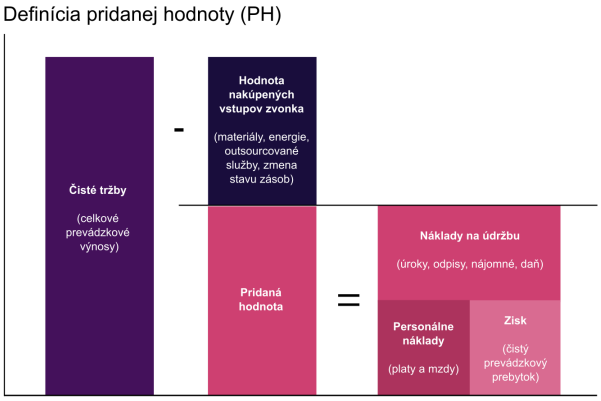
Pojem pridaná hodnota (PH) popisuje zvýšenie ekonomickej hodnoty, ktorú spoločnosť dokáže vytvoriť z nakúpených vstupov (medzispotreba). Pridaná hodnota do istej miery pomáha vysvetliť, prečo môžu spoločnosti predávať svoje výrobky za vyššiu sumu ako je cena ich výroby. Pridávanie hodnoty produktom a službám je kľúčovým stimulom pre spotrebiteľov nakupovať, čo následne zvyšuje príjem či už jednotlivej spoločnosti, alebo ekonomiky ako celku. Podľa [49] sa dá pridaná hodnota definovať ako hodnoty výstupov, od ktorých sa odpočíta medzispotreba. Táto hodnota meria príspevok jednotlivej organizácie, sekcie alebo dívizie na celkový HDP (hrubý domáci produkt) ekonomiky [49, 55]. Vzorec pre výpočet pridanej hodnoty na základe údajov v databáze je:

$$PH = OM + TVS - MS \tag{1}$$

kde PH je pridaná hodnota, OM je obchodná marža, TVS sú tržby z vlastných výrobkov a služieb a MS je medzispotreba, medzi ktorú zaraďujeme spotrebu materiálov, energie a služieb.

Pre lepšie pochopenie uveďme ako príklad firmu, ktorá z plechu vyrába konzervy. Pridaná hodnota tejto spoločnosti je rozdiel medzi predajnou cenou konzervy a súčtom cien výrobného procesu a plechov potrebných na jej výrobu. To znamená, že výrobca pridá

hodnotu plechom pomocou ľudskej aj kapitálovej práce (stroje, haly, atď). Na druhej strane pridaná hodnota môže vzniknúť aj v prípade, ak firma vezme produkt veľmi podobný ako ten, čo má konkurencia a poskytne zákazníkom pri predaji nejakú funkciu alebo doplnok, ktorý dodá zákazníkovi vyššiu užitočnosť. Napríklad pridanie známej značky k totožnému produktu môže byť častokrát ohodnotené rovnako ako výroba niečoho nového alebo výroba úplne novým efektívnejším spôsobom. Schématické zobrazenie výpočtu pridanej hodnoty na modelovej výrobnej spoločnosti je zobrazený na **Obr. 1**.



Obr. 1: Pridaná hodnota: Modelový príklad výpočtu pridanej hodnoty pre výrobnú spoločnosť

Zdroj: Vlastná kalkulácia, [55]

Aby sme v práci dostatočne správne zachytili trendy v zmysle rastov alebo poklesov PH niektorých spoločností, divízií alebo sekcií, je omnoho rozumnejšie používať priemerný rast za dlhšie obdobie, teda za viacero rokov. Obyčajný priemer zmien po jednotlivých rokoch počíta s lineárnym rastom medzi rokmi, avšak rast PH je vo svojej podstate zloženým úročením. V prípade ak použijeme CAGR (Compond Annual Growth Rate), získame reprezentatívne číslo, ktoré zobrazuje to, aký priemerný percentuálny ročný rast by musela vybraná entita dosahovať, aby sa dostala na úroveň ostatného roku sledovaného obdobia. Táto metóda je omnoho lepším spôsobom pre porovnávanie, keďže na rozdiel od obyčajného priemeru berie CAGR do úvahy zložené úročenie. Vzorec pre jeho výpočet je nasledovný:

$$CAGR = \left(\frac{K}{Z}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \tag{2}$$

kde:

$CAGR$ = ročná miera rastu v %

K = hodnota na konci obdobia

Z = hodnota na začiatku obdobia

n = počet časových období medzi začiatkom a koncom sledovaného obdobia

Pre zjednodušenie značenia v práci zadefinujeme ešte maržu pridanej hodnoty (Marža PH), ktorá je daná ako pomer pridanej hodnoty k tržbám spoločnosti. Ako sme už naznačili, v tejto práci budeme pracovať s pridanou hodnotou v rôznych formách - pomer k tržbám, pridaná hodnota na zamestnanca.

1.2 ROA - návratnosť aktív

Štúdie [8, 28, 12, 48] predstavujú mnoho finančných metrík na meranie ziskovosti firiem pre účely riadenia alebo manažovania výroby v priemysle. Štúdia [28] skúma dopad efektivity priemyselného dizajnu na finančný úspech spoločnosti. V tejto práci sú používané metriky ziskovosti rozdelené do štyroch skupín, pričom jednou z nich je skupina, ktorá sa vzťahuje na hodnotu aktív. V rámci tejto skupiny autori využívajú okrem iných aj finančný ukazovateľ ROA . Na základe výsledkov ich práce sa ukázalo, že práve tento ukazovateľ popisoval takmer najvýraznejšie rozdiel medzi spoločnosťami s efektívnejším priemyselným dizajnom a tými s menej efektívnym. Systematický prehľad literatúry k téme vzťahu medzi štíhlou výrobou (ang. lean manufacturing) a finančným úspechom firiem [12] predstavuje najpoužívanejšie metriky v štúdiách zaoberajúcich sa práve implementáciou štíhlej výroby. Najpoužívanejším ukazovateľom ziskovosti je ROI (Return on Investments), avšak druhým najpoužívanejším je ukazovateľ ROA. Autori práce [8] využívajú ukazovatele ROA a ROE (Return on Equity) na meranie vzťahu medzi riadením spoločnosti a jej finančným operačným výkonom, pričom výskum potvrdil existenciu vzťahu ako pri ROA, tak aj pri ROE. V našej práci sme na základe kombinácie spomínaných zdrojov zvolili ukazovateľ ROA ako kľúčový ukazovateľ ziskovosti firiem.

ROA môžeme zadefinovať ako indikátor ziskovosti spoločnosti v pomere k jej majetku. Tento ukazovateľ sa častokrát využíva na určenie efektívnosti využívania majetku na tvorbu zisku. Zároveň dokáže majiteľovi spoločnosti alebo potenciálnemu investorovi naznačiť, ako spoločnosť dokáže premeniť investované peniaze do zaistenia výroby na zisk

[32]. Za limitáciu tohto ukazovateľa je často považovaná odlišnosť účtovnej hodnoty aktív od ich skutočnej trhovej hodnoty, avšak tejto problematike sa bližšie budeme venovať v kapitole 3. Na druhej strane vyvstáva otázka, ako správne zadefinovať mieru ziskovosti pre investora resp. majiteľa spoločnosti, keďže v odbornej literatúre neexistuje jasná zhoda na jednej univerzálnej metrike. Štúdia [4] porovnáva 8 rôznych finančných metrík výkonu spoločností pre 12 000 firiem z takmer 30-tich krajín, z čoho viac ako polovica spoločností je zo sektora spracovateľskej výroby. Výsledky ukazujú, že najrelevantnejšími ukazovateľmi výkonu spoločností sú metriky EBITDA (angl. Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization), výsledok hospodárenia z hospodárskej činnosti pred zdanením alebo celkový zisk pred zdanením. Na základe tejto práce budeme na zachytenie ziskovosti využívať ukazovateľ EBITDA. Vzorec pre výpočet ROA je teda nasledovný:

$$ROA = \frac{EBITDA}{TA} \times 100 \tag{3}$$

kde:

ROA = ročná miera návratnosti majetku v %
$EBITDA$ = ročný výsledok z hospodárenia pred zaplatením úrokov, daní a odpisov v EUR
TA = hodnota aktív (ang. Total Assets) v EUR

Pre lepšie zachytenie návratnosti výrobných zariadení vo vzorci 3 namiesto celkovej hodnoty aktív budeme využívať odhad hodnoty výrobných strojov a zariadení na základe modelu z kapitoly 5 založenom na účtovnej hodnote samostatných hnuteľných veci a súborov hnuteľných vecí, v sústave účtovníctva vedeným pod účtom 022 v triede 0 [50].

1.3 OEE - overall equipment effectiveness

Koncept TPM (total productivity maintenance) bol predstavený v roku 1988 v práci [46]. V rámci tohto konceptu autor Nakajima predstavil kvantitatívnu metriku na meranie efektivity resp. produktivity výrobných zariadení vo fabrike. Táto metrika bola nazvaná OEE - overall equipment effectiveness. OEE je definované ako pomer toho, čo sa skutočne vyrobilo voči tomu, čo by sa v ideálnom svete mohlo vyrobiť. Na základe štúdie [11] je tento indikátor široko využívaný na monitorovanie výkonnosti výrobných zariadení najmä, ale nielen pri implementácií metód tzv. štíhlej výroby.

Autor metriky v práci [46] zadefinoval konkrétnych 6 strát, ktoré znižujú utilizáciu výrobných zariadení, a teda prispievajú k nevyužitiu ich plného potenciálu. Tieto straty sú:

1. poruchy zariadení
2. nastavenia a prestavby zariadení
3. znížená rýchlosť zariadení
4. voľnobeh a krátke zastavenia zariadení
5. nedostatočná kvalita výstupov
6. oprava chýb

Nakajima spojil spomínaných 6 základných strát do 3 faktorov - dostupnosť (A - availability), rýchlosť (P - performance) a kvalita (Q - quality). V práci [13] autor popisuje tieto faktory nasledovne - miera dostupnosti (0 - 100%) predstavuje vzťah medzi časom, ktorý zariadenie mohlo pracovať a časom, kedy zariadenie skutočne produkovalo výstup. Klasické straty miery dostupnosti sú napríklad mechanické poruchy strojov, čakanie na zadefinovanie nových požiadaviek alebo nastavenie a zmeny nastavení medzi výrobou jednotlivých typov produktov. Miera rýchlosti (0 - 100%) je definovaná ako pomer toho, čo bolo vyrobené, voči tomu, čo mohlo byť vyrobené, ak by zariadenie po celý čas skutočnej výroby išlo svojou plnou rýchlosťou. Straty tohto faktoru predstavujú voľnobeh zariadení alebo zníženie rýchlosti zariadení z rôznych dôvodov. Príkladom môže byť zníženie rýchlosti výroby operátorom pre nadmerné vibrácie zariadenia pri maximálnej stanovenej rýchlosti. Posledným faktorom straty utilizácie je kvalita, ktorá je definovaná ako podiel výrobkov, ktoré splňajú špecifikáciu k všetkým vyrobeným výrobkom.

Metrika OEE je definovaná ako funkcia týchto troch faktorov:

$$OEE = A \times P \times Q \tag{4}$$

kde:

A = miera dostupnosti

P = miera rýchlosti

Q = miera kvality

Podľa práce [45] spočíva sila OEE práve v tom, ako implementuje rôzne aspekty výroby do jedinej metriky - do jediného čísla. Táto hodnota opisuje účinnosť údržby, efektivitu produkcie a zároveň aj efektivitu kvality. Ďalšou výhodou OEE je jej univerzálnosť a možnosť využitia na akékoľvek procesy resp. zariadenia. To je dané aj tým, že sa dá vypočítať na základe štandardnej doby cyklu (angl. standard cycle time) výroby bez znalosti jednotlivých strát. Zároveň táto metrika rešpektuje rôznu pracnosť produktov pre jednotlivé produkty v rámci produktového mixu. Pomocou štandardnej doby cyklu môžeme OEE zadefinovať ako:

$$OEE = \frac{\sum_i n_i * t_{sct_i}}{\tau} \tag{5}$$

kde:

t_{sct_i} = štandardná doba cyklu pre produkt i

n_i = počet vyrobených produktov i

τ = plánovaný čas výroby (napr. smena = 480 min.)

Pre svoju robustnosť, jednoduchosť, užitočnosť pri ostraňovaní strát utilizácie zariadení a relatívne priame napojenie na výkaz ziskov a strát spoločností a návratnosť aktív [25] sa OEE stala centrálnou prevádzkovou metrikou v diskrétnej výrobe.

Spomínaných 6 strát zďaleka nezahŕňa všetky možné straty utilizácie, ktoré pri výrobe môžu nastať. Ako príklad uveďme nedostatok vstupných materiálov, nedostatok pracovného kapitálu a i.. V dôsledku nezahrnutia rôznych špecifických strát a zároveň istému zovšeobecneniu, ktoré táto metrika ponúka, vzniklo v ostatných rokoch množstvo metrík odvodených od pôvodného OEE. Ich systematický prehľad ponúkajú práce [11, 45]. Podľa štúdie [36] je v dôsledku vzniku mnohých modifikácií pôvodnej verzie OEE, ale aj pre rozličnosť zariadení a ich technických detailov veľmi náročné hodnoty OEE medzi sebou porovnávať a referenčné hodnoty pre rôzne typy zariadení a spoločností si odborné a poradenské firmy strážia v interných - neverejných databázach. Napriek tomu sa niektoré štúdie pokúsili tieto hodnoty identifikovať. Pôvodný autor metriky v práci [46] navrhol svetovú hodnotu OEE na úrovni 85% pozostávajúcu z:

1. Miery dostupnosti - 90%

2. Miery rýchlosti - 95%

3. Miery kvality - 99%

V štúdii [42] autor zozbieral údaje z výrobného procesu v 18-tich spoločnostiach. Na základe prezentovaných výsledkov bola priemerná hodnota OEE v týchto spoločnostiach na úrovni 55%, pričom miera dostupnosti sa pohybovala od 40-100% s priemernou hodnotou 80%. Miera rýchlosti bola priemerne na úrovni 68%, čo je výrazne menej, ako bolo očakávané v práci [46]. Miera kvality korešpondovala s očakávaniami v danej práci, teda dosahovala úroveň 99%. Ďalšou štúdiou, v ktorej boli zbierané údaje o hodnotách OEE v priemysle, je práca [39]. Autor pomocou zariadení DPM (digital performance management) automaticky zozbieral hodnoty OEE pre švédske spoločnosti v štyroch divíziách priemyslu - potravinárstvo a nápoje, mechanické súčiastky, guma-plasty a ostatná automatizovaná diskrétna výroba. V **Tab. 1** ponúkame sumár výsledkov tejto práce:

Tabuľka 1: Priemerné hodnoty OEE publikované v práci [39], Zdroj: [39]

	Priemerné hodnoty			
Typ priemyslu	OEE	Dostupnosť	Rýchlosť	Kvalita
Potravinárstvo a výroba nápojov	49,9%	58,76%	82,60%	100%
Mechanické súčiastky	49,8%	55,98%	89%	100%
Polyméry (Plasty a guma)	38,70%	44,70%	89,70%	95,90%
Ostatné	43,30%	44,90%	96,20%	99,80%

Môžeme vidieť, že priemerné hodnoty sú omnoho nižšie, ako uvádzali autori v [42, 46] a zároveň napriek rôznorodosti typu priemyslu veľmi podobné. V zásade ukazujú, že najväčšie straty utilizácie výrobných zariadení vo švédskych firmách vznikajú buď nedostupnosťou stroja z dôvodu poruchy, alebo časom stráveným nastavovaním, alebo zmenami vyrábaných produktov. Jednou z ďalších prác zaoberajúcou sa analýzou automaticky zbieraných údajov OEE pre 23 spoločností je štúdia [27]. Priemerné OEE týchto spo-

ločností bolo vypočítané na úrovni 65%. Výsledky práce identifikovali podobne ako [**?**] mieru dostupnosti ako najvyššiu stratu utilizácie zariadení.

1.4 Digital Performance Management

Práca [59] popisuje riadenie výkonnosti v rámci organizácie ako strategický prístup riadenia, ktorý poskytuje manažérom, zamestnancom, ale aj iným zainteresovaným stranám v spoločnosti inštrument nevyhnutný k plánovaniu, neustálemu meraniu a hodnoteniu výkonu organizácie. Tento systém je kľúčovým faktorom úspechu pre všetky organizácie. V priemyselnej výrobe okrem riadenia zamestnancov je tento systém nevyhnutné aplikovať aj na výrobné zariadenia alebo procesy, čo spoločnostiam umožňuje lepšie merať a analyzovať metriky výkonnosti. Pomocou nich dokáže spoločnosť identifikovať spôsoby zvýšenia produktivity a ziskovosti [14]. Riadenie výkonnosti môže byť rozdelené do piatich komponentov: správne údaje, správny zdroj, správny čas a priestor, správna osoba a na záver správne rozhodnutia. Ak sa zamyslíme nad zložitosťou výrobných procesov, počtom zariadení a ďalších faktorov vstupujúcich do týchto komponentov správneho riadenia výkonnosti, komplexnosť tohto systému je omnoho zložitejšia, než by sa mohlo zdať. Podľa [14, 45] je preto štandardizácia a konzistentnosť vyhodnocovania získavaných údajov kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim úspešnosť riadenia výkonnosti. S cieľom eliminovať spomínané problémy a čo najviac zautomatizovať a zoštandardizovať tento proces využíva digitálne riadenie výkonnosti (DPM) technologický pokrok dosiahnutý v ostatných rokoch. Pomocou rôznych moderných technológií zabezpečuje digitalizáciu všetkých spomínaných komponentov riadenia výkonnosti, teda automatické (presné) merania KPI (ang. Key Performance Indicator), automatické vytváranie reportov alebo zbieranie údajov v reálnom čase spolu s okamžitým upozornením na možné problémy.

Štúdie [63, 64] pod DPM zaraďujú analytické platformy na optimalizáciu produkcie, digitálne dashbordy na monitorovanie OEE, monitorovanie a vizualizáciu výkonnosti zariadení v reálnom čase alebo monitorovanie KPI pomocou senzorov. Zároveň autori v týchto prácach predstavujú rôzne reálne prípadové štúdie implementácie DPM vo svetovom spracovateľskom priemysle. Po správnom aplikovaní DPM kvantifikujú dopad zavedenia týchto metód na zvýšenie OEE v škále od 3% až do 50% v závislosti od typu spoločností. Napríklad spoločnosť Rold po implementácii DPM zvýšila OEE o 11% čo jej

pomohlo zvýšiť tržby o viac ako 7%. Spoločnosť Siemens v Nemecku zvýšila pomocou aplikovania prediktívnej údržby pomocou údajov zbieraných IoT senzormi svoje OEE o 13%. Ďalším príkladom je Wistron v Číne, ktorý monitorovaním OEE pomocou digitálnych dashboardov zvýšil OEE o 5 %..

2 Použité údaje

Táto kapitola nám poskytne prehľad dostupných údajov v našej práci. Budeme sa venovať metodike nami vytvoreného formulára, databáze Finstatu a jej doplneniam resp. úpravám a opíšeme aj spôsob získavania interných údajov od spoločnosti InovecTech.

2.1 Údaje spoločnosti Finstat

Pre analýzy a model, ktorým sa budeme venovať neskôr, je kľúčovým zdrojom dát databáza spoločnosti Finstat, ktorá spracováva množstvo dátových zdrojov a vytvára tak obraz celého trhu. Medzi najdôležitejšie dátové zdroje, ktoré Finstat spracováva, patria Obchodný vestník, Obchodný register, Živnostenský register, Register účtovných závierok, Register úpadcov, zoznamy dlžníkov z poisťovní, zoznamy finančnej správy a súdne rozhodnutia. Škála a kvantita údajov o jednotlivých spoločnostiach, celých odvetviach a skupinách je neporovnateľná s dostupnými údajmi v iných krajinách [22].

V uvádzaných modeloch a analýzach budeme využívať najmä údaje o spoločnostiach v sekcii priemyselnej výroby za celé obdobie, ktoré je dostupné v databáze Finstatu. Pre potreby identifikácie spoločností prislúchajúcich do sekcie priemyselnej výroby využijeme asi najznámejšiu resp. na Slovensku najpoužívanejšiu segmentáciu ekonomických subjektov SK NACE Rev. 2 [62]. Táto klasifikácia je určená na kategorizáciu údajov, ktoré súvisia s ekonomickými subjektmi ako štatistickými jednotkami. Na základe tejto klasifikácie Štatistický úrad slovenskej republiky (ŠÚSR), ale aj mnoho iných organizácií vytvára rôzne agregátne štatistiky o výstupoch ekonomiky, procesoch v ekonomike alebo finančných transakciách ekonomických subjektov. Predmetom SK NACE Rev. 2 sú všetky pracovné činnosti vykonávané ekonomickými subjektami. Každý segment klasifikácie zahŕňa spoločnosti, ktoré vykonávajú do istej miery rovnorodú činnosť na príslušnom stupni triedenia. Táto klasifikácie je plne kompatibilná s európskou klasifikáciou NACE Revision 2 [16].

Štruktúra SK NACE Rev.2:

1. prvá úroveň tvoria - sekcie
2. druhá úroveň tvoria - divízie

3. tretia úroveň tvoria - skupiny

4. štvrtá úroveň tvoria - triedy

5. piata úroveň tvoria - podtriedy

V tejto práci sa budeme primárne venovať druhej resp. tretej úrovni, avšak obe mierne modifikujeme. Prvá úroveň, úroveň sekcie, je napríklad priemyselná výroba, stavebníctvo, doprava a skladovanie alebo ubytovacie a stravovacie služby. Pre nás je primárne zaujímavá sekcia priemyselnej výroby, preto sa pri nižších úrovniach budeme venovať práve tejto sekcii. Na základe klasifikácie SK NACE Rev.2 obsahuje priemyselná výroba až 23 divízií. Avšak niektoré divízie častokrát vykonávajú homogénne činnosti. Preto sme sa rozhodli využiť segmentáciu, ktorú ponúka Finstat vo svojej databáze a znížili tým počet divízií na 12. Pomocou tejto klasifikácie sme napríklad spojili divízie 24 (Výroba a spracovanie kovov) a 25(Výroba kovových konštrukcií) do jednej divízie - *Kovovýroba a hutníctvo*. Toto rozdelenie nám umožnilo klasifikovať výrobu na stále rozumné celky, ktoré sú omnoho jednoduchšie na interpretáciu a analýzy. Po komunikácii so ŠÚSR a po ich upozornení na viditeľné nedostatky v klasifikácii SK NACE Rev.2 najmä pre divíziu *automobilový priemysel*(AP) sme sa rozhodli pri najväčších spoločnostiach v sekcii priemyselnej výroby manuálne preskúmať správnosť zaradenia daných spoločností do príslušných divízií. Z dôvodu časovej náročnosti a nedostupnosti údajov pre menšie spoločnosti sme potvrdili alebo opravili klasifikáciu pre 300 najväčších spoločností podľa tržieb. Klasifikáciu sme opravili 25-tim podnikom, ostatným spoločnostiam sme klasifikáciu potvrdili ako správnu. Je nutné podotknúť, že 300 najväčších spoločností predstavuje takmer 65% tržieb celej priemyselnej výroby, a teda domnievame sa, že na základe tejto úpravy klasifikácie SK NACE sme výrazne vylepšili presnosť a realistickosť našich analýz. Modifikáciu tretej úrovne sme spracovali v kapitole 3.

Zo všetkých dostupných údajov sa v práci budeme prioritne venovať databáze finančných údajov, teda súvahe a výkazu ziskov a strát. Hoci táto databáza obsahuje informácie o všetkých slovenských spoločnostiach, ktoré uverejňujú účtovnú závierku, jej problémom je neúplnosť údajov, a preto sme niektoré spoločnosti vymazali z nášho datasetu, pričom sme postupovali nasledovne: odstránili sme spoločnosti, ktoré nemali uvedené údaje o

tržbách, pridanej hodnote alebo hodnote dlhodobého hmotného majetku. V prípade, ak tieto hodnoty chýbali len v niektorom z dostupných rokov, doplnili sme ich pomocou ich priemerného pomeru k tržbám v ostatných rokoch. Celkový počet spoločností (aj tých s neúplnými údajmi) v sekcii priemyselnej výroby je v roku 2019 viac ako 18 tisíc, avšak po identifikácii spoločností s neúplnými finančnými údajmi sme odstránili zhruba 40% z celkového počtu. Reálna strata informácie však napriek tomu predstavuje po roku 2016 v priemere menej ako 20% PH, čo je zanedbateľné a do vysokej miery to neovplyvní kvalitu nášho výstupu. Zároveň by sme chceli podotknúť, že databáza Finstatu neobsahuje SZČO a živnostníkov, ktorých je v priemyselnej výrobe celkovo viac ako 52 tisíc [61] a tých sme do straty informácie zarátali taktiež. Už pri samotnej úprave dát sme si teda mohli všimnúť, že väčšina spoločností, ktoré nemajú uvedený niektorý z týchto údajov, sú veľmi malé. (**Tab. 2**)

Tabuľka 2: Použité údaje: Kvalita údajov po výmaze spoločností v priemysle bez uvádzaných potrebných finančných ukazovateľov, Zdroj: Vlastná kalkulácia, [23], [61]

Rok	Počet firiem s NA	Počet firiem po výmaze NA	Strata spoločností (v %)	PH firiem po výmaze NA (v mil. EUR)	PH (ŠÚSR)	Strata PH po výmaze (v %)
2012	7302	5131	30	8126	13404	39
2013	12901	9693	25	10193	13008	22
2014	14219	10674	25	11312	14687	23
2015	14433	10803	25	12379	15560	20
2016	14991	11175	25	13396	15028	11
2017	16144	11665	28	14060	15175	7
2018	17332	12049	30	14840	16917	12
2019	18140	12035	34	14653	17028	14

2.1.1 Doplnenie údajov

Hoci databáza Finstatu disponuje rozsiahlym množstvom údajov, neobsahuje kvalitatívne informácie o spoločnostiach, ktoré by nám poskytli ešte detailnejší pohľad na priemysel. Medzi tieto údaje patrí napr. krajina štátnej príslušnosti majiteľa, typ výroby (diskrétna alebo plynulá) alebo trhová hodnota výrobných zariadení.

Krajina štátnej príslušnosti majiteľa spoločnosti nám pomôže identifikovať rozdiely medzi spoločnosťami na základe ich manažmentu a riadenia podobne ako v práci [53]. Pravdepodobne aj očakávania zahraničných majiteľov od svojich spoločností sa môžu lí-

šiť od očakávaní tuzemských majiteľov od svojich spoločností. Preto sme pomocou jazyka *Python* vytvorili program, ktorý priradí jednotlivým spoločnostiam štátnu príslušnosť ich spoločníka pomocou sťahovania údajov z webstránky [52]. Ak spoločnosť má viacero spoločníkov, tak program vyberá krajinu, ktorá má absolútne najväčšie zastúpenie. V prípade akciových spoločností je krajina určená podľa predsedu predstavenstva danej spoločnosti.

Cieľom klasifikácie výroby podľa typu je výber vhodných spoločností pre implementáciu OEE resp. využitie OEE na zvyšovanie utilizácie. Autori v práci [37] identifikujú ako spoločnosti profitujúce z implementácie tejto metriky najmä automatizované prevádzky s relatívne nízkou dobou cyklu výroby produktu. K určeniu typu výroby sme využili definíciu podľa miery plynulosti výrobného procesu. Na základe literatúry [40, 1, 43] rozlišujeme primárne dva typy výroby: plynulú (kontinuálnu, angl. process industries) a diskrétnu (prerušovanú, angl. discrete manufacturing). Diskrétnu výrobu môžeme charakterizovať ako výrobu v opakovateľných cykloch, ktoré sa dajú jasne zadefinovať. Takúto výrobu možno v ktorejkoľvek fáze procesu prerušiť a pokračovať inokedy. Diskrétna výroba je typická napr. pre strojárstvo alebo automobilový priemysel. Na druhej strane plynulá výroba prebieha takmer nepretržite a pri niektorých častiach výrobného procesu sa nedá prerušiť, resp. je to možné len s vysokými stratami. Medzi plynulú výrobu typicky zaraďujeme napríklad spracovanie ropy v rafinériách alebo výrobu surovej ocele. V štúdii [1] autori za plynulú výrobu považujú produkovanie materiálu (plyny, kvapaliny, prášky a i.) a nie jednotky produktu (ang. item), avšak dodávajú, že aj pri plynulej výrobe sa v istej fáze výroby vyprodukuje jednotka produktu, tak ako pri diskrétnej výrobe (napr. tabletky, fľaškované pivo, oceľové ingoty, zvitky a i.). Napriek tomu, že výroba samotného materiálu napr. ocele je jednoznačne plynulá výroba, úprava tohto materiálu v teplej valcovni, či už pri výrobe rúr alebo plechov, je diskrétna. Preto sme sa rozhodli vytvoriť aj tretiu skupinu, ktorú nazveme kombinovaná výroba. Do tejto výroby zaraďujeme práve také výrobné procesy, ktoré sú do istej miery plynulé a v istom bode procesu diskrétne. Pre zjednodušenie odhadov budeme výrobné procesy v týchto spoločnostiach arbitrárne považovať za 50% diskrétne a 50% plynulé. Na základe spomínanej literatúry sme navrhli klasifikáciu zobrazenú na **Tab. 3**. Skupiny, ktoré nie sú zobrazené sú klasifikované ako diskrétna výroba

Malo by byť zdôraznené, že táto klasifikácia je veľmi všeobecná a presná klasifikácia

Tabuľka 3: Klasifikácia typu výroby podľa kódu SK Nace

Kód skupiny	Typ výroby	Popis
10x*	plynulá	Výroba potravín
11x	plynulá	Výroba nápojov
131	plynulá	Príprava a spriadanie textilných vlákien
132	plynulá	Tkanie textilu
171	plynulá	Výroba celulózy, papiera a lepenky
172	kombinovaná	Výroba výrobkov z papiera a lepenky
18x	kombinovaná	Tlač a reprodukcia záznamových médií
19x	plynulá	Výroba koksu a rafinovaných ropných produktov
20x	plynulá	Výroba chemikálií a chemických produktov
21x	kombinovaná	Výroba základných farmaceutických výrobkov a farmaceutických prípravkov
23x	kombinovaná	Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov
24x	kombinovaná	Výroba surového železa a ferozliatín
31x	plynulá	Výroba nábytku
33x	plynulá	Oprava a inštalácia strojov a prístrojov

Zdroj: [62, 40, 1, ?],

Poznámka: *Skupiny 101 a 107 (Výroba mäsa a pekárne) sú diskrétna

Vlastná kalkulácia

je na základe dostupných údajov takmer nemožná. Vytvoriť špecifickejšiu klasifikáciu by bolo možné len po dôkladnej analýze každej spoločnosti samostatne na základe údajov o výrobnom procese v danej spoločnosti.

2.2 Formulár

Pre potreby tejto práce sme vytvorili štruktúrovaný formulár na základe prác [3, 6]. Cieľom formulára je získať kvalitatívne údaje o spoločnostiach, ktoré vo verejných databázach dostupné nie sú. Medzi tieto údaje môžeme zaradiť vnímanú úroveň automatizácie, typy využívaných výrobných zariadení alebo hodnoty OEE vo výrobách. Štruktúra formulára pozostávala z troch celkov:

1. Automatizácia
2. Výrobné zariadenia
3. OEE

Časť *automatizácia* je zameraná na úroveň automatizácie a adopciu moderných technológií v priemyselnej výrobe. Odpovede na tieto otázky by nám mali pomôcť zadefinovať fázu, v ktorej sa automatizácia v slovenskom priemysle nachádza a identifikovať finančné

údaje, pomocou ktorých môže byť automatizácia do istej miery vysvetlená. Zároveň nám to poskytne pohľad na to, v ktorých technológiách vidia spoločnosti hmatateľný potenciál a plánujú ich implementovať, ak ich ešte implementované nemajú. Takisto sa pýtame aj na mieru investícií do automatizácie, teda nepriamo na vnímanie dôležitosti moderných technológií v priemysle. Druhá časť formulára sa venuje výrobným zariadeniam. Konkrétne nás zaujíma primárny typ zariadenia vo fabrike (napr. vstrekolis, lis na tvarovanie kovov, NC obrábacie zariadenia a iné). V tejto časti sa zároveň pýtame spoločností na skutočnú trhovú hodnotu ich výrobných zariadení. Na základe týchto údajov by sme v kapitole 5 chceli porovnať účtovnú hodnotu zariadení s ich skutočnou hodnotou. Tretia časť sa zaoberá implementáciou OEE ako KPI (ang. key performance indicator) vo výrobe a zároveň hodnotami OEE v daných spoločnostiach. V prípade, že respondent odpovedal na využívanie metriky OEE kladne, pýtame sa na priemernú hodnotu pre typ zariadenia, ktorý bol zadefinovaný ako najcennejší vo výrobe. Zároveň sa pýtame aj na OEE úzkeho miesta (ang. bottleneck), keďže zvyčajne táto hodnota definuje OEE celej výroby. V prípade, ak spoločnosť nevyužíva OEE na meranie efektivity vo výrobe, pýtame sa otázky na všetky tri faktory strát utilizácie samostatne (viď 1.3). Na záver formulára je zaradená osobná identifikácia respondenta - pracovná pozícia, ktorú zastáva v spoločnosti a identifikácia spoločnosti - pomocou identifikačného čísla organizácie (IČO), mailovej adresy alebo názvu spoločnosti. Na základe identifikácie dokážeme v kombinácii s údajmi z databázy Finstatu prepojiť jednotlivé odpovede spoločností s ich finančnými údajmi. S cieľom zvýšenia miery odozvy bolo vo formulári maximálne 12 alebo menej otázok v závislosti od odpovedí respondenta.

Pomocou údajov Finstatu sme vybrali vzorku 1956 spoločností, ktorým bol tento formulár zaslaný. Výber spoločností prebiehal logickým procesom, pri ktorom sme dbali na vhodnosť a reprezentatívnosť respondenta. Týmto spôsobom boli vybrané len spoločnosti, ktoré mali medzi rokmi 2017-2019 tržby vyššie ako 1 mil. EUR a mali dostupné údaje o základných ekonomických ukazovateľoch a hodnotách. Vylúčili sme takisto spoločnosti, ktoré prejavovali známky chybných údajov. Touto selekciou nám ostalo z celkového počtu 12 035 firiem len 1956. Po odoslaní sa nám vrátilo 395 dotazníkov s tým, že emailová adresa, na ktorú sme formulár zasielali buď neexistuje ,alebo sa mail na ňu nedá doručiť. Spôsobené to môže byť do veľkej miery už zastaranou databázou emailových adries. Na-

priek tomu bol formulár spolu so sprievodným textom doručený celkovo 1561 firmám. Pri uzatváraní odpovedí bolo celkovo vyplnených presne 51 formulárov, pričom len 44 z nich bolo vyplnených korektne a môžeme ich použiť do ďalších analýz. Táto hodnota predstavuje mieru odozvy o málo vyššiu ako 2,8%, čo je menej ako sme očakávali. Do istej miery to môže byť spôsobené práve nutnosťou identifikácie spoločnosti, čo bola jediná povinná otázka v celom formulári. V prípade, ak by bol formulár anonymný, miera odozvy by bola pravdepodobne omnoho vyššia. Hoci sme získali zdroje údajov o jednotlivých spoločnostiach aj s identifikáciou, pomocou ktorej vieme získané údaje z formulára prepojiť s databázou Finstatu, môžeme ich publikovať len v agregovanej podobe (zachovaná anonymita). Nižšia miera odozvy môže byť spôsobená aj rôznymi inými faktormi, tak ako uvádzajú autori štúdie [5].

Týmto prístupom sme získali verejne nedostupné kvalitatívne údaje, pomocou ktorých vieme navrhnúť stratégie extrapolácie kľúčových hodnôt na celý slovenský priemysel.

2.3 InovecTech

Ďalším zdrojom údajov v tejto práci je interná databáza spoločnosti InovecTech, s.r.o.. Inovec Tech je česká spoločnosť vyvíjajúca softvérové riešenia DPM s využitím najmodernejších technológií na riešenie bežných problémov v diskrétnych výrobách a internej logistike. Využíva pritom technológie ako edge computing, strojové učenie, počítačové videnia alebo metódy dátovej analýzy s cieľom premeniť výstupy z kamier na zvýšenie utilizácie zariadení vo výrobe. Jedným z produktov, ktorý spoločnosť ponúka, je produkt **InOEE**.

InovecTech pre účely zlepšovania produktu InOEE rozvíja rozsiahlu internú databázu cyklových časov, OEE strát a potenciálov zníženia strát napočítaných až na úrovni ich frekvencií (MTBF) a dĺžok (MTTR) pre stovky strojov v desiatkach slovenských, českých a niekoľkých zahraničných firiem. Tieto referenčné údaje sú zozbierané z medzinárodných verejných databáz, od participujúcich užívateľov produktov InovecTech, business partnerov a sú dlhodobo udržiavané (aktualizované a spresňované) expertmi InovecTech, takže ich dôveryhodnosť je oveľa vyššia ako v prípade dotazníkových dát. Tieto dáta sú súčasťou intelektuálneho vlastníctva InovecTech, ale pre ochranu dôverných informácií zákazníkov nám boli dodané iba v agregovanej a úplne deanonymizovanej forme, podľa nasledovného

postupu:

1. InovecTech obdržal prehľad klastrov, pre každý klaster do 10 zástupcov

2. Pokiaľ má InovecTech dáta aspoň pre jedného zástupcu z daného klastru, celému klastru priradí priemernú hodnotu OEE a potenciál zvýšenia OEE pre túto firmu (škálované hodinovými sadzbami stroja podĺa InovecTech interného modelu alebo podľa odhadovanej súčasnej trhovej hodnoty stroja)

Najväčšou neistotou tohto prístupu je extrapolácia na zvyšných zástupcov v klastri. Neistota hodnôt, na základe odhadov InovecTech je OEE pre klastre je 5-10 p.b. a 2-5 p.b. pri potenciáli zvýšenia OEE. Postup, akým sme získali rozdelenie spoločností do spomínaných klastrov, je vysvetlený v kapitole 3.

3 Segmentácia priemyslu

Napriek tomu, že disponujeme rozsiahlou databázou spoločností, operačné údaje o výrobe, medzi ktoré zaraďujeme aj OEE, v nej dostupné nie sú. Cieľom tejto kapitoly je navrhnúť spôsob, akým prepojiť databázu InovecTech o konkrétnych spoločnostiach s ich hodnotami OEE a potenciálom OEE s databázou Finstatu. Vieme, že hodnoty OEE a takisto aj potenciál zvýšenia OEE sa budú na základe rôznych charakteristík medzi jednotlivými spoločnosťami líšiť, a preto navrhujeme spôsob rozdelenia spoločností do skupín tak, aby v rámci jednotlivých skupín boli čo najhomogénnejšie spoločnosti z rôznych uhlov pohľadu. Predpokladáme, že takto vybrané spoločnosti sa budú správať kvalitatívne veľmi podobne, teda pre vybraných zástupcov jednotlivých skupín sa pomocou postupu z časti 2.3 extrapolujú hodnoty týchto zástupcov na celú danú skupinu. Tieto skupiny sú medzi sebou nezávislé a agregátne tvoria 86% PH priemyslu (viď 2.1). Priemerná hodnota pre celý priemysel je daná ako súčet hodnôt po jednotlivých skupinách. Jediná extrapolácia teda vzniká v rámci týchto skupín, pričom tie tvoria kvalitatívne podobné spoločnosti. Segmentácia bola počas celého procesu konzultovaná so spoločnosťou InovecTech, aby výsledky okrem iného čo najviac reflektovali aktuálnu, ale aj potenciálnu úroveň OEE pre prislúchajúce spoločnosti.

V rámci tejto kapitoly predstavíme dôvody nevyužitia klasifikácie SK Nace Rev.2 a navrhneme segmentáciu s využitím klastrovej analýzy pomocou metódy *k-medoids*. Našim cieľom je modifikovať a vylepšiť klasifikáciu na úrovni skupín v SK Nace novou klasifikáciou, ktorá zachytí viacero dimenzií. Pomocou tejto segmentácie vytvoríme homogénnejšie skupiny firiem (z rôznych pohľadov - vysvetlené nižšie), čo nám následne v ďalšej časti pomôže správne identifikovať potenciálny vplyv zavedenia metód DPM.

3.1 Dôvody návrhu upravenej segmentácie

K správnemu pochopeniu dôvodov, kvôli ktorým sme sa rozhodli vytvoriť alternatívnu klasifikáciu na úrovni skupín SK Nace, je dobré si uvedomiť, ako je vytvorená klasifikácia SK Nace. Tak ako bolo spomenuté v časti 2 a metodológii Európskej Komisie [16], hlavným kritériom je čo najvyššia možná podobnosť z pohľadu vyrábaných produktov resp. z pohľadu procesu, ktorý k výrobe týchto produktov vedie. Zároveň je cieľom umožniť

štatistickým úradom využívať klasifikáciu na porovnávanie skupín medzi krajinami, teda klasifikácii chýba špecifickosť a prispôsobenie sa danému trhu. Treba si uvedomiť, že Slovensko je vo vysokej miere závislé od automobilového priemyslu (viac ako 40% PH z celého priemyslu - viď 4.3), pričom klasifikácia SK Nace zahŕňa v tejto divízii len 3 skupiny a naopak v potravinárstve je napriek relatívne malému zastúpeniu v priemysle počet skupín 9 a celkovo viac ako 100 skupín. Údaje InovecTech o hodnotách OEE sú tvorené prevažne spoločnosťami v Automobilovom priemysle, strojárstve alebo elektrotechnike. Využitím SK Nace by sme teda výrazne stratili presnosť, keďže o veľa skupinách by sme údaje nemali a naopak v niektorých skupinách sa hodnoty OEE môžu výrazne líšiť, čo by sa nám nepodarilo zachytiť. Ďalšou nevýhodou klasifikácie SK Nace Rev. 2 je to, že nezohľadňuje žiadne ďalšie kľúčové charakteristiky firiem, ktoré do istej miery môžu predstavovať rozdielnosť medzi spoločnosťami. Príkladom môže byť zaradenie spoločností Volkswagen Slovakia, a.s. a Ricor, s. r. o. do rovnakej skupiny, hoci automobilka Volkswagen je najväčšou slovenskou spoločnosťou s tržbami takmer 10 mld. EUR a Ricor má tržby nižšie ako 3 milióny EUR. Logicky sa domnievame, že celkové fungovanie spoločnosti, ale aj spôsob výroby hoci aj rovnakého produktu, budú v oboch týchto spoločnostiach zásadne rozličné vďaka rôznym faktorom - pozícia v hodnotovom reťazci, technológia, miera automatizácie, riadenie, škálovanie a iné. Navrhnutá segmentácia by sa mala pokúsiť na základe charakteristík, o ktorých máme údaje, čo najlepšie zachytiť a identifikovať podobné spoločnosti, nielen podľa vyrábaného produktu, ale aj podľa iných ukazovateľov.

3.2 Metodológia

Keďže v práci využívame prvé delenie spoločnosti do tzv. divízií, v tejto časti budeme rešpektovať túto úroveň, a teda spoločnosti nebudeme medzi jednotlivými divíziami miešať. To znamená, že navrhnutú segmentáciu budeme vytvárať pre každú divíziu samostatne.

Automobilový priemysel na Slovensku láka svojou veľkosťou rôzne záujmové skupiny, v čoho dôsledku vzniklo viacero analýz venujúcich sa tejto divíziiipriemyslu. Medzi nimi sú napríklad analýzy [54, 58], ktoré okrem iného predstavujú dodávateľskú štruktúru v automobilovom priemysle. Na základe týchto analýz sme sa rozhodli pre túto divíziu využiť pravdepodobne najpresnejšiu klasifikáciu a pomocou údajov z [54] sme manuálne spoločnosti rozdelili do skupín primárne na základe polohy v hodnotovom reťazci a ich

špecializácie. Vytvorené skupiny prezentuje **Tab. 4**.

Tabuľka 4: Segmentácia skupín v automobilovom priemysle, *Zdroj: [54], [62], Vlastná kalkulácia*

Skupiny v AP:			
P.č.	Tier	Skupina	Poznámka
1	OEM	OEM	VW, Kia, PSA, JLR
2	Tier 1	Mechanické - veľké	
3	Tier 1	Mechanické - malé	
4	Tier 1	Strojárenské	
5	Tier 1	Elektronika	
6	Tier 1	Výroba káblov, vodičov	
7	Tier 1	Výrobky z gumy	
8	Tier 2	Iné	
9	Tier 2	291	
10	Tier 2	292	
11	Tier 2	293	
Poznámka:			*

Pre ostatné divízie v rámci priemyselnej výroby podobné klasifikácie spracované nie sú ,resp. sa nám ich nepodarilo nájsť. Z tohto dôvodu sme sa pre ostatné divízie rozhodli použiť klastrovú analýzu.

3.2.1 Zhluková analýza

Pri návrhu modelu segmentácie budeme vychádzať predovšetkým z prác [26, 34, 38, 57]. Zhluková analýza je proces hľadania podobných zhlukov medzi objektami v dátach. Podľa práce [34] môžeme zhlukovú analýzu rozdeliť na dva hlavné prístupy - hierarchickú a nehierarchickú (partičnú). Výsledkom hierarchického prístupu je tzv. dendogram reprezentujúci strom podobností, kde sa podľa zvolenej metódy aglomeratívneho alebo divizívneho zhlukovania buď objekty spájajú, alebo rozdeľujú v jednotlivých úrovniach, až nakoniec tvoria samostatné objekty alebo jeden zhluk. Partičná analýza naopak neponúka dendogram a rozdeľuje objekty do zhlukov jednorazovo. Cieľom týchto algoritmov je to, aby objekty v jednom zhluku boli čo najviac podobné ostatným objektom v zhluku, no na druhej strane výrazne odlišné od objektov v ostatných zhlukoch. Inak povedané, cieľom je minimalizovať variabilitu objektov v rámci klastrov a maximalizovať variabilitu medzi klastrami. Pre potreby segmentácie spoločností do skupín budeme ďalej pracovať len s nehierarchickými metódami.

Medzi najznámejšie metódy partičnej zhlukovej analýzy patria metódy *k-means* a jej modifikácia *k-medoids* [26]. Základnou myšlienkou metódy *k-means* je pre daný počet zhlukov k minimalizovať vzdialenosti bodov v jednotlivých zhlukoch od prislúchajúceho centroidu. Nevýhodou tejto metódy je možnosť využívať len reálne číselné hodnoty. Tento problém, okrem iných, rieši modifikácia tohto algoritmu, a to metóda nazývaná *k-medoids*. Na rozdiel od metódy *k-means* využíva k výpočtu a minimalizácii vzdialeností maticu nepodobnosti (ang. dissimilarity matrix) každého objektu s každým. Matica nepodobnosti závisí priamo od potrieb algoritmu, teda užívateľ si ju môže zvoliť podľa vlastného výberu na základe preferencií resp. zvolených dát. Matici nepodobnosti sa teda budeme venovať až po zadefinovaní využitých premenných. Metóda *k-medoids* nevytvára centroidy ako nové hodnoty v priestore objektov datasetu, ale vyberie jeden objekt tzv. medoid (v našom prípade jednu spoločnosť) minimalizujúci priemernú nepodobnosť objektov v prislúchajúcom klastri. Výber konkrétneho reprezentanta zhluku pri tejto metóde môžeme využiť okrem iného aj na interpretáciu výsledkov. Nevýhodou metódy *k-means* je aj jej nedostatočná odolnosť voči outlierom, čo do istej miery *k-medoids* rieši pomocou využívania mediánu (medoid) a nie priemeru (centroid). Jedným z algoritmov na riešenie minimalizačnej úlohy *k-medoids* je algoritmus PAM [38], ktorý využijeme aj my pomocou balíka *cluster* v softvéri *R*.

Algoritmus predpokladá dopredu zvolený počet zhlukov k. Ten je a priori neznámy, preto sme na určenie k rozhodli využiť na základe práce [57] metriku kvality zhlukovania nazvanú *silhouette width*. Táto metrika hovorí o tom, o koľko lepšie zapadá objekt i do aktuálneho zhluku ako do okolitých zhlukov. Samozrejme množinu možností pre k, z ktorej si táto metóda môže vyberať, sme vhodne ohraničili, aby nenastala situácia, že bude vytvorených 20 klastrov v jednej divízii, čo by bolo priamo v rozpore so stanoveným cieľom segmentácie o kompromise medzi čo najvyššou granularitou pre klastre, o ktorých máme viac informácií, a naopak, čo najnižšou granularitou klastrov, o ktorej InovecTech disponuje menej údajmi.

Keďže sme výsledky zhlukovaní pomocou tejto metódy komunikovali so spoločnosťou InovecTech, niektoré segmentácie nie celkom korešpondovali s očakávanými alebo želanými segmentáciami. Hoci je metóda *k-medoids* tzv. metódou učenia bez učiteľa, pre niektoré divízie navrhujeme nový prístup, ktorý nám pomôže do istej miery zakomponovať nami

dopredu navrhnuté rozdelenie do jednotlivých klastrov v rámci divízií. Tento prístup by sa dal rozdeliť do niekoľkých krokov:

1. Vytvorili sme prvú „nástrelovú“ segmentáciu pomocou použitia klasickej metódy *k-medoids*.

2. Zoznam spoločností rozdelených do klastrov (pre každý klaster 10 zástupcov) sme poslali expertom InovecTech.

3. Tí manuálne upravili segmentáciu (zmenili klastre jednotlivým spoločnostiam), pričom bolo vymenených zhruba 25% spoločností.

4. Po manuálnej úprave sme pomocou metódy *k-medoids* pre každý klaster samostatne určili reprezentanta daného klastra (medoid).

5. Na záver sme spustili *k-medoids* pre všetky spoločnosti s tým, že sme zakázali metóde meniť medoidy pre dané klaster a využiť medoidy určené v kroku 4.

Týmto spôsobom metóda v poslednom kroku len priradí objekty v divízii k jednotlivým klastrom tak, aby minimalizovala celkový súčet nepodobností v rámci klastrov. Hoci sme nezabezpečili úplne to, že všetky manuálne vybrané spoločnosti budú vo vybranom klastri, metóda určí sama delenie okolo nami vybraných medoidov, a teda výsledná segmentácia pre dané divízie bude omnoho viac korešpondovať s našimi očakávaniami

3.2.2 Využité premenné a matica vzdialenosti

Pre naplnenie cieľov segmentácie, ktoré sme si zadefinovali v úvode tejto kapitoly, sme sa po iterovacom procese rozhodli využiť nasledujúce premenné:

1. Tržby

2. Počet zamestnancov

3. Typ výroby (kategorická premenná)

4. SK Nace - skupina (kategorická premenná)

5. Pridaná hodnota/ Počet zamestnancov

6. Osobné náklady/ Pridaná hodnota

7. Hodnota výrobných zariadení/ Tržby

8. Pridaná hodnota/ Tržby

9. Zisk/ Tržby

Prvé dve premenné zachytávajú veľkosť podniku. Obe premenné sú zlogaritmované, keďže rozdiel medzi firmou, ktorá má 500 alebo 600 zamestnancov môže byť relatívne zanedbateľný, avšak rozdiel medzi spoločnosťami s 50-timi a 150-timi zamestnancami môže byť relatívne markantný. Ďalšie dve premenné sú kategorické premenné zachytávajúce výrobný proces a vyrábaný produkt. Ostatných 5 premenných sú premenné charakterizujúce rôzne rozmery výroby. Pridaná hodnota na zamestnanca spolu s maržou PH nám môžu naznačovať, úroveň automatizácie výroby resp. produktivitu výroby. Podiel osobných nákladov v pomere k celkovej pridanej hodnote môže naznačovať, do akej miery je výrobná fabrika založená na manuálnej práci a do akej miery je výroba vykonávaná primárne strojmi. Rovnakú interpretáciu by mohla mať premenná pomeru hodnoty výrobných zariadení k ročným tržbám. Táto premenná takisto označuje istú mieru kapitálovej náročnosti spoločnosti.

Vybrané premenné sú kombináciou kvantitatívnych a kvalitatívnych premenných. Bežné metriky, ako sú euklidovská alebo manhatanská, fungovať nebudú. Na spracovanie takéhoto typu údajov preto využijeme tzv. *Gower's distance* odvodenú od *Gower's similarity* predstavenej v práci [24], ktorá umožňuje meranie vzdialeností pre kvantitatívne, ale aj kvalitatívne premenné. Pre každú premennú $k = 1, ..., p$ si zadefinujeme skóre $s_{ijk} \in [0, 1]$. Ak objekty x_i a x_j sú podľa premennej k blízko seba, tak skóre s_{ijk} je blízke jednej a naopak. Definovanie premennej s_{ijk} závisí od jej typu. Premenné pri výpočte *Gower's distance* vo všeobecnosti rozdeľujeme do troch kategórií, avšak na základe nami vybraných premenných využijeme tieto dva typy:

1. **Kvantitatívne:** $s_{ijk} = 1 - |x_{ik} - xjk| / R_k$, kde R_k je škála premennej k v celom datasete.

2. **Kvalitatívne:** $s_{ijk} = 1$ ak $x_{ik} = x_{jk}$, inak 0.

Následne je *Gower's distance* definovaná ako priemer skóre cez všetky premenné k:

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n} s_{ijk}\delta_{ijk}}{\sum_{k=1}^{n} \delta_{ijk}}, \tag{6}$$

kde δ_{ijk} je indikátor dostupnosti premennej k. V prípade, ak je premenné k pre obe pozorovania možné porovnať, tak $\delta_{ijk} = 1$. Ak to možné nie je (napr. z dôvodu chýbajúcej hodnoty), $\delta_{ijk} = 0$. Ako si môžeme všimnúť, *Gower's distance* je vypočítaná párovo pre všetky objekty v dátach, teda výsledkom je matica nepodobností D typu $n \times n$, ktorú využijeme pri segmentácii v časti 3.2.1.

3.3 Výsledky

Zdôrazňujeme, že jednotlivé zhlukové analýzy boli vykonávané na úrovni divízií, teda zhluky boli samostatne určované len pre spoločnosti v jednej divízii, ako napríklad *Strojárstvo* alebo *Potravinárstvo*. Týmto spôsobom sme už nemiešali jednotlivé divízie medzi sebou, ale zachovali primárne delenie podľa typu vyrábaného produktu. Na **Tab. 5** môžeme vidieť deskriptívnu štatistiku jednotlivých vytvorených zhlukov pre divízie priemyslu. Celkový počet vytvorených klastrov je 54, pričom 11 z nich je manuálne vytvorených v divízii automobilového priemyslu. Na základe modelu sme ostatné divízie rozdelili do celkovo 43-och klastrov, pričom v rámci jednej divízie počet fluktuoval od 2 (Zdravotníctvo) až po 6 (Kovovýroba a hutníctvo). V ďalšej časti práce budeme nazývať skupiny firiem vytvorené navrhnutou segmentáciou **klastrami**.

Tabuľka 5: Segmentácia: Deskriptívna štatistika - priemer pre všetky spoločnosti v klastri (SK Nace a Typ výroby - modus), 2019, *Zdroj : Vlastná kalkulácia*

Klaster	Počet firiem	Tržby(v mil.)[1]	Počet zam.[1]	PH(v % z tržieb)[1]	E[a,1]	SK Nace (skupina)[2]	Typ výroby[2]
Automobilový priemysel							
1	4	4859.9	5652	11	13	291	diskrétna
2	31	195.1	544	19	11	293	diskrétna
3	42	119.9	605	15	8	293	diskrétna
4	36	105.5	633	23	19	293	diskrétna
5	10	181.9	1254	23	14	274	diskrétna
6	14	64.4	699	21	8	293	diskrétna
7	10	60.0	617	29	16	221	diskrétna
8	28	32.9	239	21	18	222	diskrétna
9	36	3.4	33	36	68	291	diskrétna
10	22	5.4	45	17	14	292	diskrétna
11	108	9.0	100	21	19	293	diskrétna

Tabuľka 5: Segmentácia: Deskriptívna štatistika - priemer pre všetky spoločnosti v klastri (SK Nace a Typ výroby - modus), 2019 pokračovanie

Klaster	Počet firiem	Tržby(v mil.)[1]	Počet zam.[1]	PH(v % z tržieb)[1]	E[a,1]	SK Nace (skupina)[2]	Typ výroby[2]
Drevo a papier							
1	51	14.0	64	27	51	172	kombinovaná
2	311	2.7	35	27	13	310	plynulá
3	17	23.9	164	22	21	172	kombinovaná
4	903	1.0	11	22	23	162	diskrétna
Elektrotechnika							
1	119	45.2	214	15	5	271	diskrétna
2	197	1.3	15	29	10	261	diskrétna
3	252	2.4	25	26	7	279	diskrétna
4	132	0.5	4	27	6	331	plynulá
Chémia a plasty							
1	167	31.2	54	15	22	205	plynulá
2	63	11.1	72	20	14	222	diskrétna
3	418	3.1	36	27	17	222	diskrétna
4	22	10.7	127	38	25	212	kombinovaná
Kovovýroba a hutníctvo							
1	85	38.4	191	17	18	241	kombinovaná
2	212	13.4	113	24	13	251	diskrétna
3	594	1.1	10	26	13	259	diskrétna
4	530	0.8	10	35	17	256	diskrétna
5	565	1.2	10	22	14	251	diskrétna
6	574	0.6	7	32	21	256	diskrétna
Média, vydavateľstvá a kultúra							
1	105	2.8	34	28	21	181	kombinovaná
2	97	0.4	4	25	16	181	kombinovaná
3	159	0.2	2	21	48	181	kombinovaná
Odevy a obuv							
1	79	7.0	86	25	5	152	diskrétna
2	249	1.1	39	43	5	141	diskrétna
3	194	1.9	28	35	12	139	diskrétna
Potravinárstvo							
1	396	1.3	11	18	12	108	plynulá
2	70	31.0	177	20	18	105	plynulá
3	73	17.4	175	23	13	107	diskrétna
4	244	1.1	9	25	26	110	plynulá
5	351	0.9	14	23	13	107	diskrétna
Stavebníctvo							
1	37	23.7	139	30	29	236	kombinovaná
2	65	1.3	10	17	17	236	kombinovaná
3	73	1.0	12	29	21	236	kombinovaná
4	98	0.3	5	29	15	237	kombinovaná
Strojárstvo							
1	127	24.7	210	27	11	282	diskrétna
2	264	1.6	10	22	6	331	plynulá
3	191	4.0	30	27	5	332	plynulá

Tabuľka 5: Segmentácia: Deskriptívna štatistika - priemer pre všetky spoločnosti v klastri (SK Nace a Typ výroby - modus), 2019 pokračovanie

Klaster	Počet firiem	Tržby(v mil.)[1]	Počet zam.[1]	PH(v % z tržieb)[1]	E[a,1]	SK Nace (skupina)[2]	Typ výroby[2]
4	262	0.7	9	35	16	331	plynulá
5	400	1.3	12	26	10	282	diskrétna
Výroba - ostatné							
1	38	31.0	236	29	23	239	kombinovaná
2	204	1.5	15	24	13	329	diskrétna
3	100	1.2	8	19	29	231	kombinovaná
Zdravotníctvo							
1	11	18.8	223	33	19	325	diskrétna
2	71	0.8	6	23	14	325	diskrétna

Použitá štatistika:

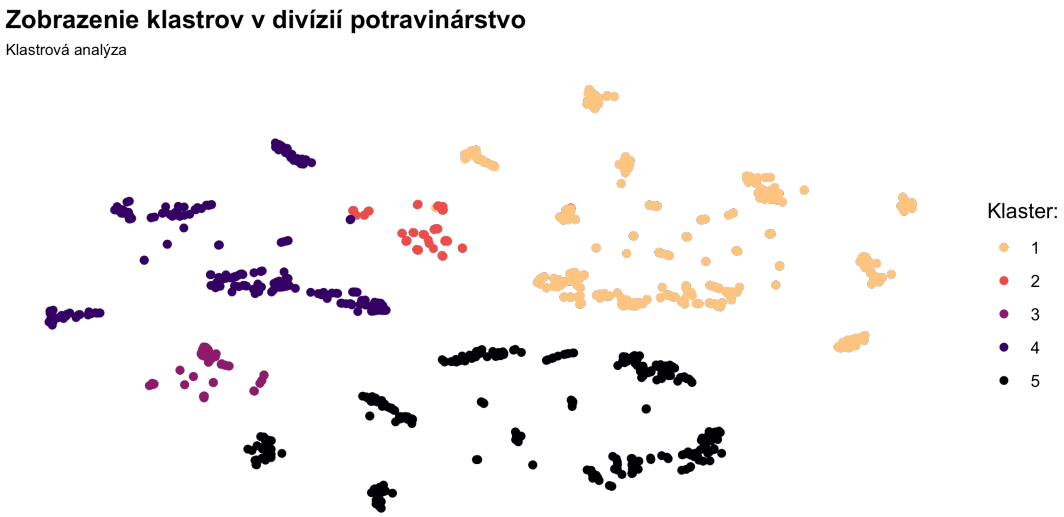
[1] Priemer pre všetky spoločností v klastri

[2] Modus pre všetky spoločností v klastri

Premenná:

[a] Účtovná hodnota zariadení v pomere k tržbám (v %)

Pre detailnejší pohľad na funkčnosť segmentácie sa pozrieme na jednu vybranú divíziu. Náhodne sme si zvolili *Potravinárstvo*. Môžeme vidieť, že podľa našej segmentácie je v divízii *Potravinárstvo* 5 klastrov. Na základe deskriptívnej štatistiky možno vyčítať istý vzťah medzi nimi. V klastroch 3 a 5 je rovnaká klasifikácia SK Nace. To znamená, že aj v treťom aj piatom klastri sú prevažne (medián) spoločnosti vyrábajúce rovnaké produkty, a to *Výroba chleba; výroba čerstvého pečiva a koláčov*. Rozdielom medzi týmito klastrami je primárne veľkosť spoločností. Zatiaľ čo v klastri 3 je spoločností výrazne menej (73) ako v klastri 5 (351), ich priemerné tržby sú omnoho vyššie - 17,4 mil. EUR vs 900 tisíc EUR. Rovnako to je aj pri počte zamestnancov. To znamená, že naša segmentácia dokázala oddeliť veľké pekárenské firmy od tých malých. Podobne to je aj v klastroch 2 a 4, ktoré vyrábajú nápoje (2 - mliekarne, 4- víno). Pomocou metódy *Rtsne* sme sa pokúsili vykresliť tento viacrozmerný priestor na 2D a vyznačiť jednotlivé klastre rozličnými farbami - **Obr. 2**



Obr. 2: Klastrová analýza: Klastrová analýza pre divíziu Potravinárstvo, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

4 Priemyselná výroba na Slovensku

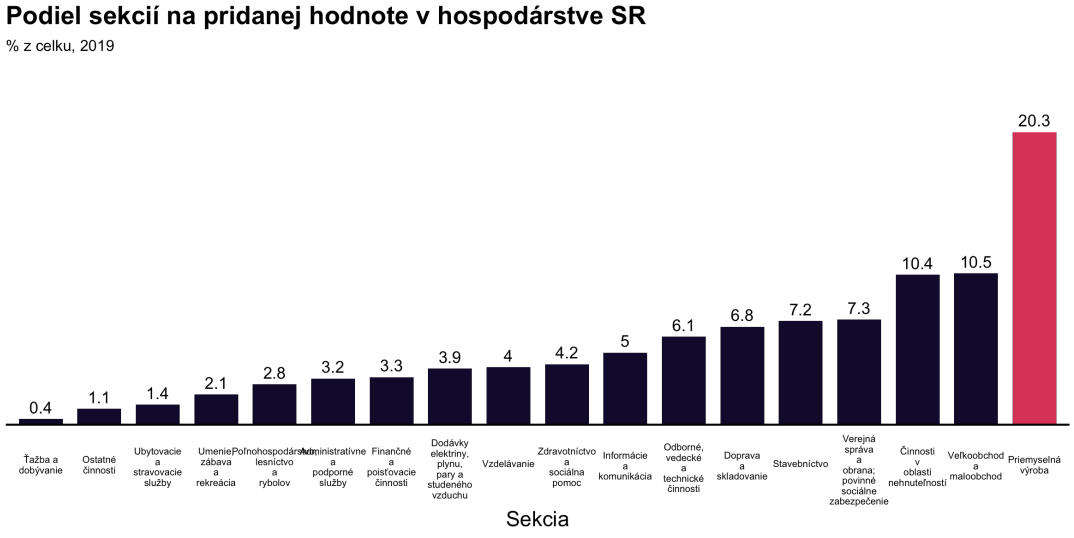
Kľúčové poznatky tejto kapitoly:

- Priemysel tvorí viac ako 20 % HDP Slovenska a zároveň zamestnáva 23% všetkých zamestnancov na Slovensku.
- Viac ako 40% pridanej hodnoty je tvorenej v automobilovom priemysle, pričom druhou najväčšou divíziou (podľa PH) je kovovýroba a hutníctvo s 12-timi percentami.
- Väčšina priemyslu na Slovensku (60% PH) je vlastnená zahraničnými spoločnosťami resp. investormi.
- Podniky s viac ako 1000 zamestnancami, ktorých je celkovo 51, tvoria agregátne až 43% PH priemyslu.
- Divíziou s najväčším pomerom PH na zamestnanca je automobilový priemysel a strojárstvo, naopak najmenej pridanej hodnoty na zamestnanca tvoria odevy a obuv.
- Respondenti vo formulári do vysokej miery reflektujú pomery v priemysle, teda výsledky formulára môžu byť považované za relevantné pre ďalšie analýzy

- Pridaná hodnota na zamestnanca môže byť považovaná do istej miery za ukazovateľ miery automatizácie spoločností. S rastúcou PH na zamestnanca rastie miera automatizácie.
- Klastre, ktoré vytvárajú vyššiu pridanú hodnotu na zamestnanca, teda sú viac automatizované, míňajú viac na platy svojich zamestnancov. Identifikovali sme pozitívny súvis medzi pridanou hodnotou a osobnými nákladmi na zamestnanca.

4.1 Priemyselná výroba ako základ slovenskej ekonomiky

Priemyselná výroba je dlhodobo považovaná za motor slovenskej ekonomiky. Jej podiel na tvorbe pridanej hodnoty s miernymi výkyvmi dlhodobo fluktuuje na úrovni 20%. Hoci slovenská ekonomika zaznamenala za posledných 30 rokov výrazný nárast (merané v HDP), kedy bola dokonca označovaná za ekonomického tigra, v ostatných rokoch jej rast mierne klesol. Podobne je to aj s priemyslom, ktorý do výraznej miery kopíruje rast ekonomiky.



Obr. 3: Porovnanie sekcií v hospodárstve SR: Podiel jednotlivých sekcií na pridanej hodnote hospodárstva SR v % v roku 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, ŠÚSR [61]

Na základe **Obr. 3** môžeme vidieť, že priemyselná výroba je podľa pridanej hodnoty v roku 2019 suverénne najsilnejšou sekciou, teda tvorí viac ako 20% pridanej hodnoty. Druhou najsilnejšou sekciou je veľkoobchod a maloobchod, pričom jej podiel na hospodárstve SR je oproti priemyslu polovičný. Sekcia informácií a komunikácií (ITC), ktorá

je často označovaná za budúcnosť slovenskej ekonomiky, tvorí v porovnaní s priemyslom len štvrtinu pridanej hodnoty, pričom veľká časť z toho je tvorená telekomunikačnými spoločnosťami.



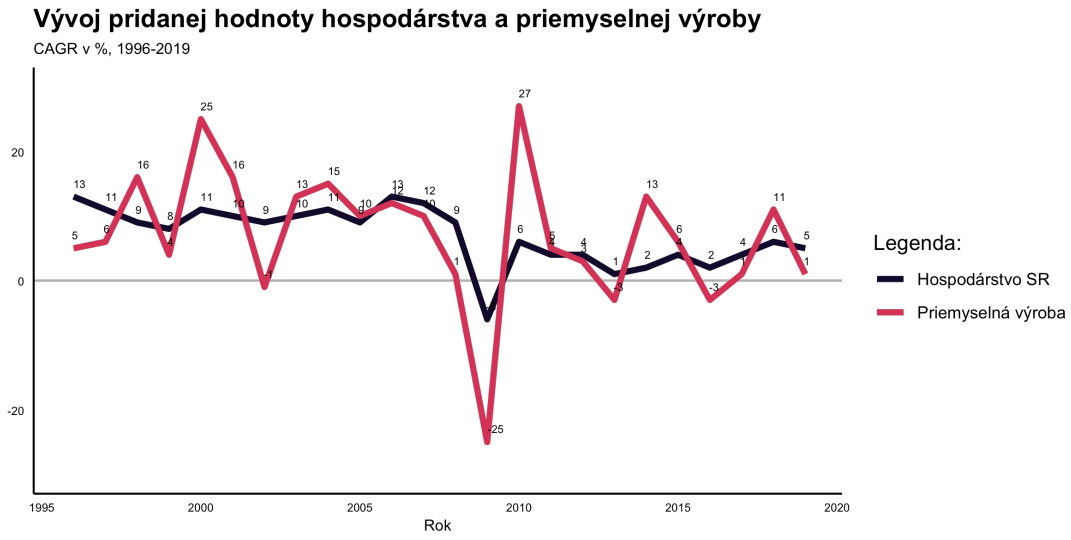
Obr. 4: Porovnanie sekcií v hospodárstve SR: Podiel jednotlivých sekcií na počte zamestnancov v hospodárstve SR v % v roku 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, ŠÚSR [61]

Priemyselná výroba je takisto najväčším zamestnávateľom spomedzi všetkých sekcií. Na **Obr. 4** je zobrazené porovnanie sekcií podľa podielu počtu ich zamestnancov na celom hospodárstve. Priemyselná výroba zamestnáva takmer dvojnásobok druhej najväčšej sekcie, ktorou je veľkoobchod resp. maloobchod. Môžeme si všimnúť, že podiel zamestnancov je pri priemysle vyšší ako podiel pridanej hodnoty. Môže to byť spôsobené aj relatívne nižšími platmi vo výrobe, napríklad v porovnaní s platmi v sekcii ITC, teda pridaná hodnota vyprodukovaná na zamestnanca je v priemysle nižšia ako spomínanom ITC alebo financiách. Na druhej strane to môže byť spôsobené aj vysokou úrovňou hodnoty majetku (siete) a s tým súvisiacimi vysokými odpismi. Príkladom môžu byť spoločnosti Slovak Telekom alebo Orange, ktorých ročné odpisy sú takmer 2 krát vyššie ako celkové ročné osobné náklady. Je to omnoho vyššia úroveň ako dosahujú spoločnosti v priemysle (napr. VW má odpisy takmer 2 krát nižšie ako osobné náklady).

4.2 Historický vývoj priemyslu v porovnaní s ostatnými sekciami

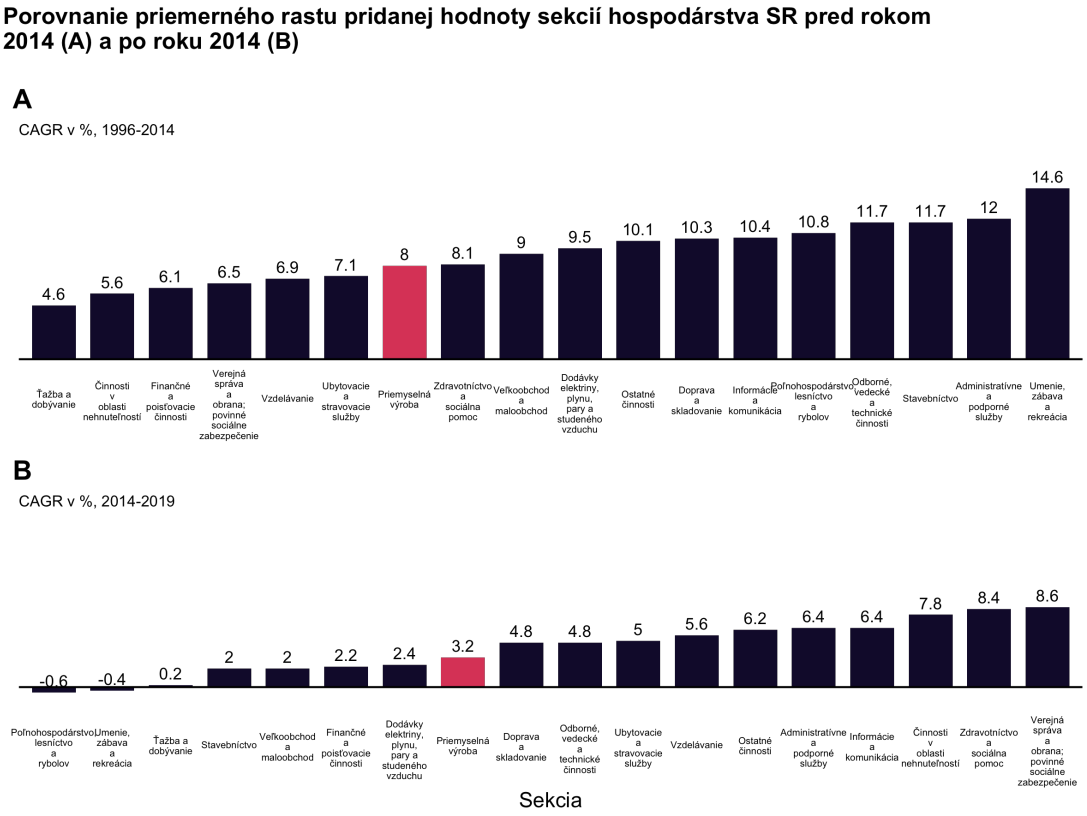
Keďže priemysel tvorí významnú časť slovenskej ekonomiky, nie je prekvapením, že vývoj pridanej hodnoty priemyslu je vo všeobecnosti veľmi podobný vývoju celej ekonomiky. Avšak, to nemusí platiť pre všetky divízie alebo samotné firmy v rámci priemyslu. V tejto časti práce sa preto pozrieme na vývoj tvorby pridanej hodnoty, ako na úrovní sekcií, tak aj na úrovni jednotlivých divízií.



Obr. 5: Vývoj rastu pridanej hodnoty: CAGR pridanej hodnoty medzi rokmi 1996-2019 (v %) - porovnanie - Priemyselná výroba vs. Hospodárstvo SR

Zdroj: Vlastná kalkulácia, ŠÚSR [61]

Na **Obr. 5** môžeme sledovať porovnanie vývoja pridanej hodnoty pre celé hospodárstvo a sekciu priemyselnej výroby. Do roku 2008 je vývoj hospodárstva a priemyselnej výroby približne rovnaký, avšak priemyselná výroba fluktuuje omnoho viac a na pohľad strieda jeden rok nad úrovňou rastu ekonomiky s druhým rokom pod úrovňou rastu ekonomiky. Po finančnej kríze ročné rasty výrazne klesli oproti predkrízovým časom, čo súvisí so spomalením celej slovenskej, ale aj európskej ekonomiky. Počas finančnej krízy (2008-2010) zaznamenal priemysel rovnako ako celá ekonomika ročný výrazný prepad, no následne aj relatívne rýchle prebudenie. Pri prepade aj oživení reagoval priemysel omnoho výraznejšie ako celá ekonomika.



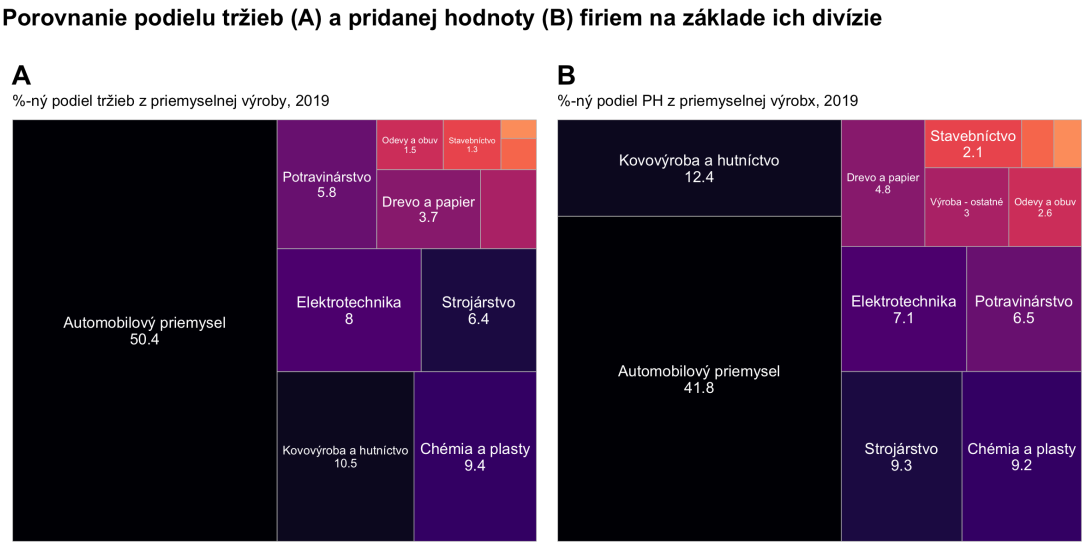
Obr. 6: Porovnanie priemerného rastu pridanej hodnoty sekcií hospodárstva pred rokom 2014 a po roku 2014: CAGR pridanej hodnoty sekcií hospodárstva v rokoch 1996-2014 (v %) vs. CAGR pridanej hodnoty sekcií hospodárstva v rokoch 2014-2019 (v %)

Zdroj: Vlastná kalkulácia, ŠÚSR [61]

Porovnaním priemerného vývoja pridanej hodnoty medzi rokmi 1996-2014 a 2014-2019 môžeme pozorovať výrazné rozdiely medzi jednotlivými sekciami. Napriek tomu, že priemysel si polepšil o jednu pozíciu v porovnaní s ostatnými, jeho rast pridanej hodnoty klesol o takmer 5 percentuálnych bodov (p.b.) z 8-ich % na 3,2 % (**Obr. 6**). Prepad všetkých sekcií narúša len zdravotníctvo, verejná správa a činnosti v oblasti nehnuteľností, ktoré sa udržali na hodnotách podobných ako v minulosti. Tento vývoj signalizuje zníženie rastu v celej ekonomike, ktorý by bol pravdepodobne ešte výraznejší keby nebol podporovaný štedrými štátnymi výdavkami (zdravotníctvo, verejná správa, sociálne zabezpečenie). Pre nás ústredná sekcia priemyselnej výroby zaznamenala v tomto období pokles 4,8% oproti obdobiu medzi rokmi 96-14, teda nachádzala sa takmer presne v pomyselnom strede medzi sekciami.

4.3 Pohľad na priemysel v roku 2019

Pri porovnaní podielu tržieb a pridanej hodnoty firiem na základe ich divízie v rámci priemyslu (**Obr. 7**), najzásadnejšou zmenou, ktorú si môžeme všimnúť, je relatívne výrazný rozdiel v oboch metrikách pri automobilovom priemysle. Hoci *Automobilový priemysel* tvorí viac ako 50% tržieb v pomere k celému priemyslu, jeho pridaná hodnota sa podieľa na celkovej pridanej hodnote „len“ 42-mi percentami. Takmer všetky ostatné divízie v tom istom porovnaní zaznamenávajú nárast v prospech pridanej hodnoty. Tento trend môže byť spôsobený viacerými faktormi. Jedným z nich môže byť nižšia maržovosť spoločností v automobilovom priemysle spojená s komplexnejším dodávateľským reťazcom a vertikálnou štruktúrou. Každá spoločnosť v tomto reťazci pridá istú hodnotu, avšak materiálové náklady sa ukážu viackrát. To spôsobí nižšiu maržovosť a vyššie tržby. Naopak spoločnosti v strojárstve, kde takýto dodávateľský reťazec nie je, tvoria všetko samy a materiálové náklady sa vykážu len raz.

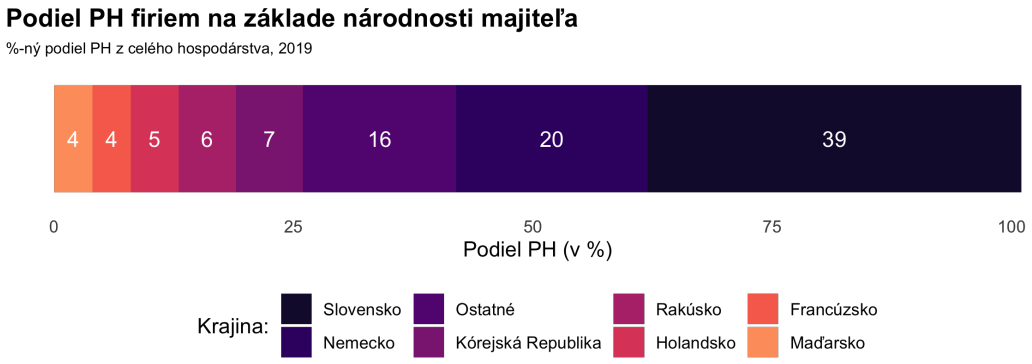


Obr. 7: Porovnanie tržieb a pridanej hodnoty jednotlivých divízií: Pomer tržieb jednotlivých divízií z tržieb priemyslu (v %) vs. pomer PH jednotlivých divízií z tržieb priemyslu (v %) pre rok 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23], ORSR [52]

Súčasná silná pozícia priemyslu ako základného piliera slovenskej ekonomiky vznikla

už v 90-tych rokoch a v prvom desaťročí 21. storočia, kedy lacná pracovná sila, relatívne dobrá lokácia a proeurópska orientácia lákala zahraničných investorov presunúť výrobu práve na Slovensko. Táto výrazná zastúpenosť zahraničných spoločností v slovenskej výrobe pretrvala dodnes. Svedčí o tom aj to, že viac ako 60% pridanej hodnoty priemyselnej výroby tvoria zahraničné spoločnosti (**Obr. 8**). Najvýraznejšie zastúpenie majú nemecké firmy, hoci je ich v súčte len 262 (z celkového počtu 12 035). Svoje dominantné postavenie medzi zahraničnými spoločnosťami získali do veľkej miery príchodom automobilky Volkswagen spolu s jej dodávateľmi. Volkswagen je najväčšou slovenskou súkromnou spoločnosťou, či už podľa tržieb, pridanej hodnoty alebo počtu zamestnancov. Druhou najzastúpenejšou krajinou medzi zahraničnými investormi je Kórejská republika. Vznik tohto zastúpenia má pravdepodobne veľmi podobný vývoj a súvisí s automobilkou Kia. Firmy spojených štátov amerických sú častokrát vlastnené dcérskymi spoločnosťami sídliacimi v Holandsku, a preto ich medzi najväčšími zahraničnými investormi budeme hľadať márne. Najlepším príkladom môže byť U.S.Steel Košice, ktorú vlastní americká spoločnosť sídliaca v Pittsburghu, avšak podľa [52] je spoločníkom holandská dcérska spoločnosť koncernu U.S.Steel. To spôsobuje, že v našich zoznamoch je táto spoločnosť vedená ako holandská.

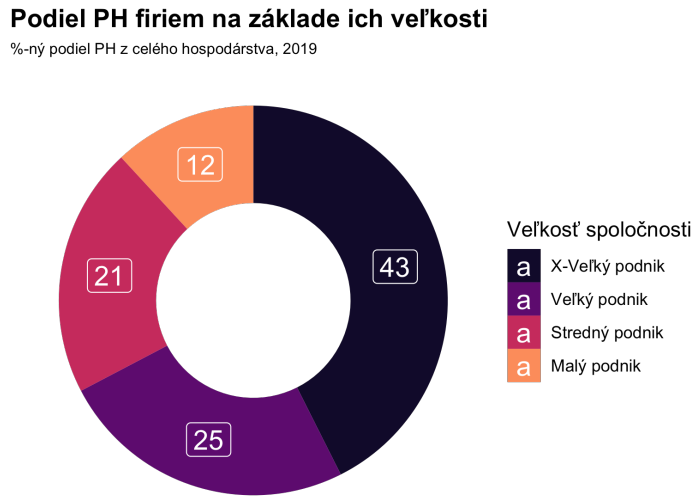


Obr. 8: Pridaná hodnota spoločností podľa krajín majiteľov: Pomer PH z celkovej priemyselnej výroby podľa krajiny majiteľa, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

Do kategórie X-Veľkých podnikov patrí len 51 spoločností, avšak spoločne tvoria až 43% pridanej hodnoty priemyslu. Z týchto spoločností je len 17 v slovenskom vlastníctve, čo môže do istej miery reflektovať postavenie zahraničných spoločností na Slovensku. Naopak, malé a stredné podniky, kde prevláda tuzemská vlastnícka štruktúra, tvoria len

štvrtinu priemyselnej PH - **Obr. 9**.

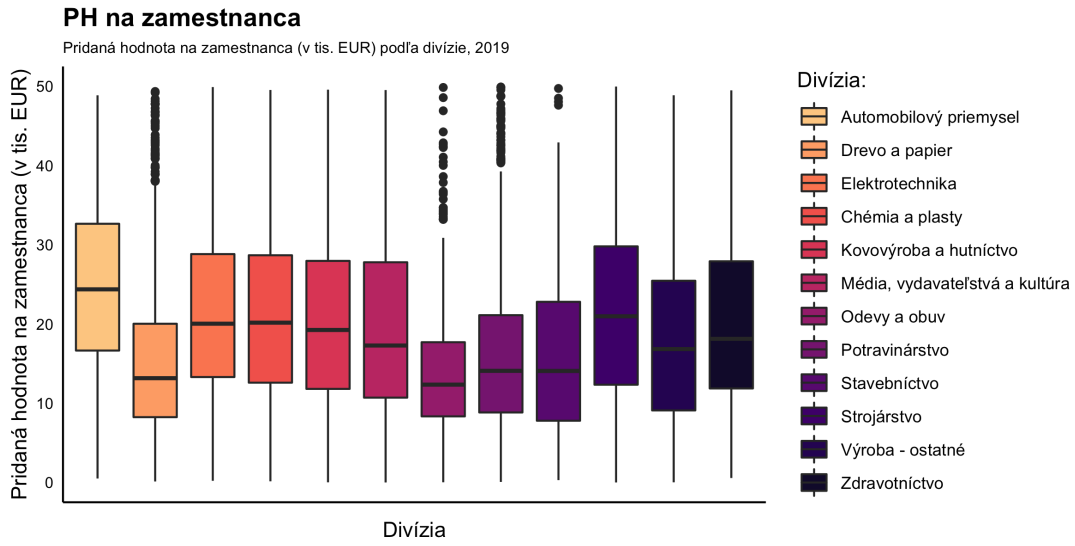


Obr. 9: Porovnanie firiem na základe ich veľkosti: Pomer PH z celkovej priemyselnej výroby na základe veľkosti spoločnosti (v %), 2019, X-Veľký podnik > 1000 zamestnancov, 250 < Veľký podnik < 1000 , 50 < Stredný podnik < 250 , Malý podnik < 50

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

Obr. 10 znázorňuje pridanú hodnotu na zamestnanca rozdelenú podľa divízií. Najvyššiu produkovanú PH na zamestnanca majú dívízie *automobilový priemysel* alebo *strojárstvo*. Naopak najnižšiu majú *drevo a papier* alebo *odevy a obuv*. Tento rozdiel môže byť spôsobený rôznymi faktormi. Niektorými z nich môže byť rôzna zastúpenosť strojov vo výrobe, odlišná miera automatizácie alebo aj rozdielnosť platov zamestnancov z dôvodu rozdielnej vyžadovanej kvalifikácie. Zatiaľ čo pri automatizovanej výrobe v strojárenstve je vykonávaná práca omnoho odbornejšia a kladie vyššie nároky na kvalifikáciu zamestnanca, pri divíziách ako odevy a obuv je výroba manuálna a nevyžaduje takú mieru profesných vedomostí a skúseností. Následkom je rozdiel v ocenení vykonávanej práce, čo sa zobrazí aj pri celkových výsledkoch za odvetvia. Zároveň to môže byť dané aj tým, že v divíziách s nízkou hodnotou strojov môže byť práve tlak na znižovanie miezd jedným zo spôsobov zvyšovania zisku spoločností. Práve automobilový priemysel zamestnáva najviac ľudí zo všetkých divízií priemyselnej výroby. V absolútnych hodnotách to je viac ako 135 tisíc osôb z celkového počtu 395 tisíc v celom priemysle. Na druhej strane pomerovo je to

omnoho menej ako je podiel PH automobilového priemyslu. Táto divízia je preto schopná vytvoriť vyššiu pridanú hodnotu na zamestnanca ako ostatné divízie.



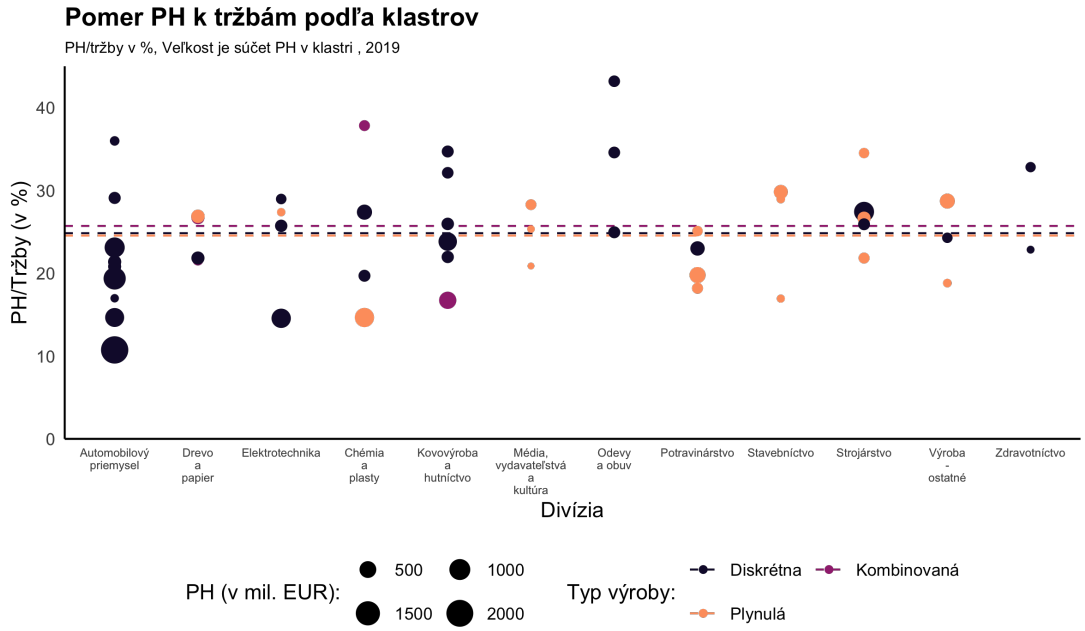
Obr. 10: Porovnanie produktivity práce podľa divízie: PH na zamestnanca (v tis. EUR) podľa divízie, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

4.4 Priemysel očami klastrov

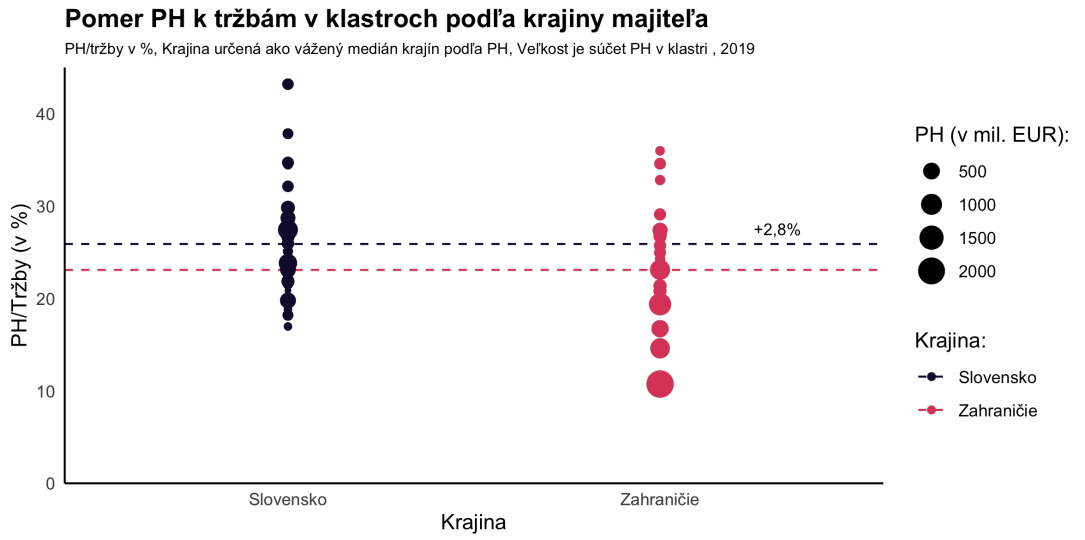
Odlišnosť jednotlivých klastrov v rámci divízií demonštruje **Obr. 11**. Na grafe je znázornený pomer celkovej pridanej hodnoty spoločností v jednotlivých klastroch k ich tržbám tzv. marža PH. Priemerná marža PH sa pre jednotlivé typy výroby pohybuje medzi 25 a 27%. Graf naznačuje, že väčšie klastre (súčet PH klastra) majú zvyčajne maržu PH nižšiu ako menšie klastre. Zaujímavým pohľadom je porovnanie pridanej hodnoty na zamestnanca a pridanej hodnoty v pomere k tržbám pre divíziu *Odevy a obuv*. Hoci je produktivita práce tejto divízie najnižšia zo všetkých divízií, jej tvorba pridanej hodnoty na tržbách je najvyššia, čo môže ukazovať vysokú zamestnanosť v tejto divízii alebo aj nízku pridanú hodnotu tvorenú pomocou strojov a zariadení.

Na druhej strane výrobný objem alebo špecifický tovar nemusia byť jediným zdrojom tohto rozdielu. Na **Obr. 12** je znázornenie porovnania klastrov, v ktorých prevládajú firmy so slovenskými spoločníkmi a klastrov, kde prevládajú zahraniční majitelia. Vidíme, že slovenské klastre sú podľa celkovej PH výrazne menšie, avšak ich marža PH je vyššia.



Obr. 11: Pomer PH k tržbám podľa divízie: PH/Tržby v %, Veľkosť je súčet PH daného klastra, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

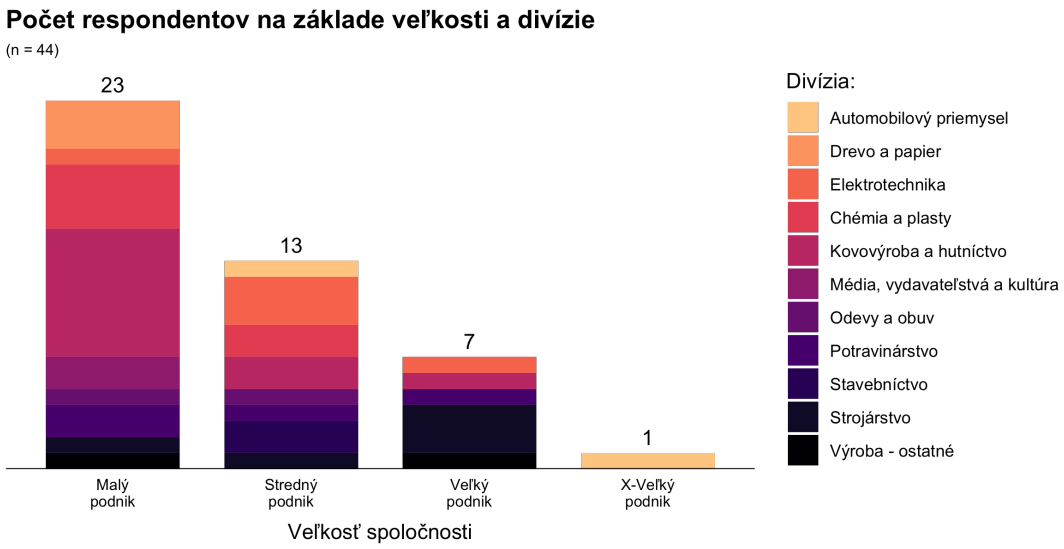


Obr. 12: Pomer PH k tržbám podľa krajiny majiteľa: PH/Tržby v %, Veľkosť je súčet PH daného klastra, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

4.5 Respondenti formulára ako reprezentanti priemyslu

Keďže v práci budeme prepájať databázu Finstatu spolu s údajmi získanými z dotazníka, je dôležité sa presvedčiť o relevantnosti zozbieraných údajov. Celkovo sme získali, ako už bolo spomínané, 44 odpovedí od spoločností v priemyselnej výrobe. Najpočetnejšie zastúpenie mali malé podniky s menej ako 50 zamestnancami, ktorých bolo celkovo 23, teda viac ako polovica. Naopak, odpovedí od veľkých a X-veľkých podnikov sme dokopy získali len 8. Tento nepomer však do istej miery kopíruje skutočný stav v priemysle popísaný v 4.3, keďže veľkých a X-veľkých podnikov je celkovo len 304 a malých spoločností je viac ako 10 tisíc. Kovovýroba a hutníctvo je najčastejšie vyskytujúcou sa divíziou. Na druhej strane, z automobilového priemyslu na formulár reagovali len dvaja respondenti - **Obr. 13**, čo je prekvapivé vzhľadom na veľkosť tejto divízie.

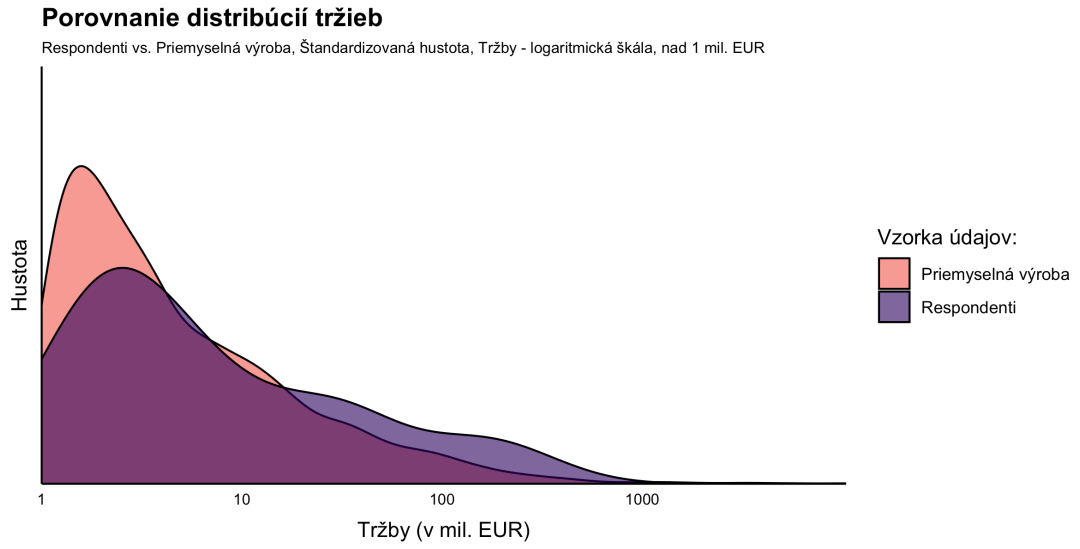


Obr. 13: Počet respondentov na základe veľkosti a príslušnosti k divízii: Počet spoločností podľa príslušnosti k divízii a na základe veľkosti (počet zamestnancov)

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár

Obr. 14 zobrazuje porovnanie hustoty tržieb pre celú priemyselnú výrobu a pre spoločnosti obsiahnuté v našom formulári. V oboch prípadoch má najviac spoločností tržby medzi jedným a 10-timi miliónmi eur. Pri formulári je ich menej, no na druhej strane máme vo formulári viacero spoločností s vyššími tržbami - medzi 50 až 500 miliónmi. Celkový počet veľkých a X-veľkých podnikov je len 8, ale v pomere k 35-tim malým a stredným je to relatívne veľa. Na základe toho môžeme povedať, že distribúcia tržieb

spoločností zahrnutých vo formulári do istej miery kopíruje priemyselnú výrobu, avšak zachytáva viac väčšie podniky. Čo môžeme pokladať za pozitívne, pretože väčšie podniky majú väčšiu váhu pri analyzovaní.



Obr. 14: Porovnanie distribúcií tržieb firiem vo formulári a celej priemyselnej výroby : Štandardizovaná hustota tržieb spoločností vo formulári vs. Štandardizovaná hustota tržieb spoločnosti v priemyselnej výrobe, Tržby sú uvedené v logaritmickej škále, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár

Pre potvrdenie relevantnosti zozbieraných údajov je potrebné identifikovať pracovnú pozíciu respondentov, ktorí odpovedali za oslovené spoločnosti. **Obr. 15** zobrazuje absolútny počet respondentov podľa ich pozície v spoločnosti. Najviac odpovedí sme získali od CEO resp. riaditeľov spoločností. Táto pozícia bola typická pre malé podniky. Až 13 z 22 respondentov pri malých podnikoch boli ich riaditelia. Pri veľkých a stredných podnikoch odpovedali v takmer polovici prípadov ich technickí/operační riaditelia alebo manažéri výroby. To dodáva dôveryhodnosť odpovediam.

Slovenské zastúpenie spoločností vo formulári je síce najvyššie v absolútnych hodnotách, avšak podľa tržieb tvoria slovenské podniky vo formulári len 26%. Naopak najvyšší podiel zastúpenia (v tržbách) majú rakúske spoločnosti s takmer polovicou. To je dané veľkosťou týchto piatich rakúskych firiem, ktoré sa zúčastnili formulára. Zaujímavým pohľadom je to, že odpoveď sme dostali len od jednej relatívne malej nemeckej spoločnosti. Na druhej strane, firemná kultúra nemeckých, rakúskych alebo aj švajčiarskych spoloč-



Obr. 15: Pracovná pozícia respondentov: Počet respondetov v závislosti od ich pracovnej pozície v spoločnosti za ktorú vyplnili formulár

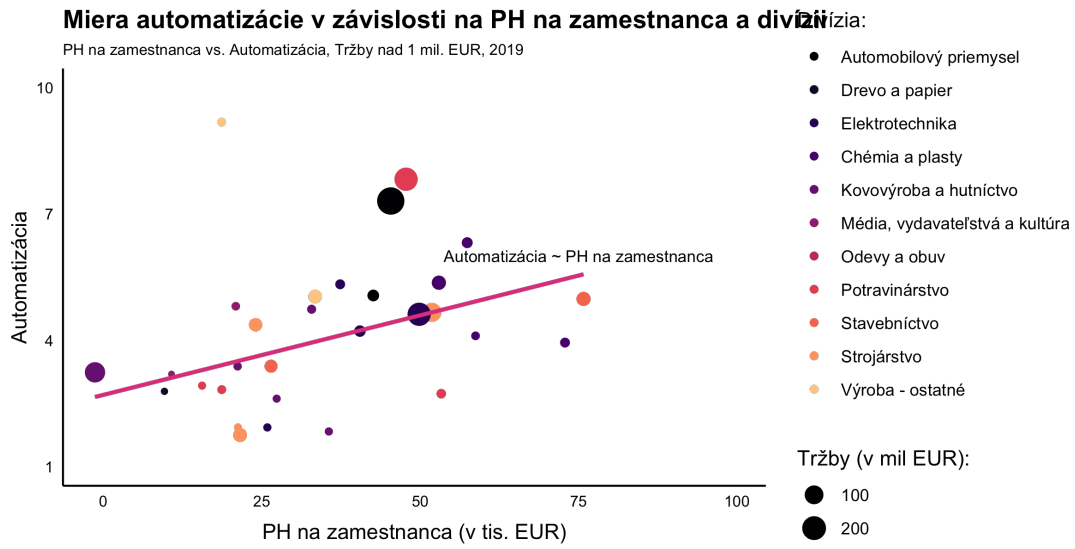
Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár

ností je veľmi podobná, teda aj tento pohľad na respondentov je v relatívnom súlade s celkovým obrazom priemyslu na Slovensku (viď 4.3).

4.5.1 Miera automatizácie a jej implikácie

S rastúcou absolútnou hodnotou pridanej hodnoty na zamestnanca by sme mohli očakávať, že spoločnosti sú technologicky vyspelejšie - viac automatizované. To dokazujú aj výsledky nášho formulára zobrazené na **Obr. 16**, ktorý aspoň na základe respondentov nášho formulára potvrdzuje našu hypotézu. Pearsonov koeficient korelácie medzi týmito dvoma premennými je $0,34$. Táto korelácia je signifikantná na hladine významnosti 5%, teda vzťah medzi automatizáciou a PH na zamestnanca môžeme považovať za existujúci. Zároveň si môžeme všimnúť, že väčšie spoločnosti (podľa tržieb) sú zvyčajne vyššie, teda sú podľa svojho vlastného presvedčenia viac automatizované.

Vystupujúcou otázkou by mohlo byť, či vyššia technologická vyspelosť implikuje potrebu zamestnávania viac kvalifikovaných pracovníkov, resp. či náklady na zamestnanca sú pri technologicky vyspelejších spoločnostiach vyššie. **Obr. 17** znázorňuje práve tento vzťah. Môžeme vidieť, že je tam jasne viditeľný kladný vzťah, a teda spoločnosti, ktoré vytvárajú vyššiu pridanú hodnotu na jedného zamestnanca, a teda sú podľa predchádza-



Obr. 16: Reportovaná miera automatizácie respondentov v závislosti od PH na zamestnanca: Respondenti formulára, PH/Zamestnanci (v tis. EUR), 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár ,Finstat [23]

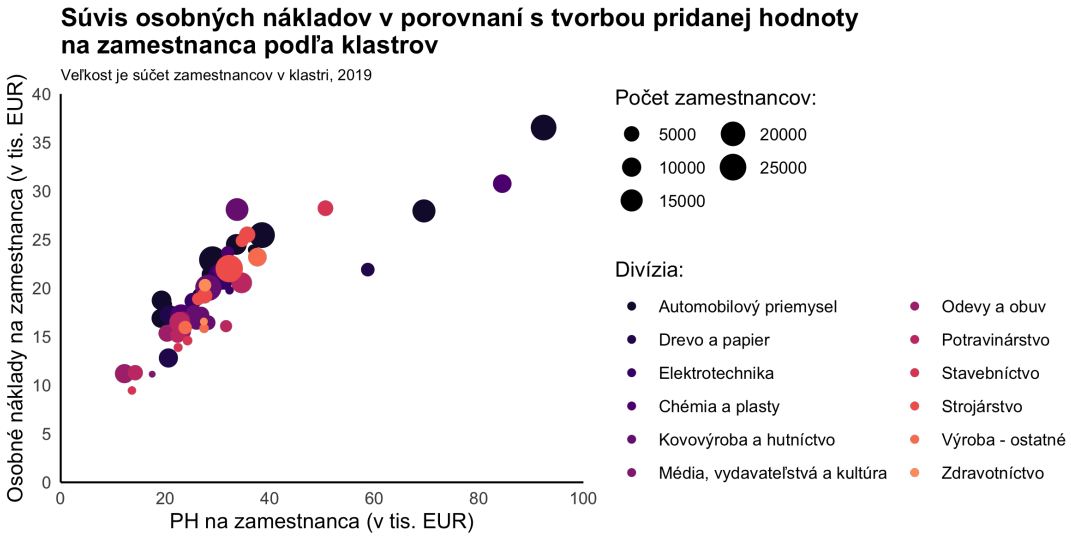
júcich zistení pravdepodobne viac automatizované, zároveň platia svojich ľudí priemerne lepšie. To by mohlo implikovať to, že takéto spoločnosti potrebujú pracovnú silu s vyššou kvalifikáciou. To potvrdzuje naše očakávania, že pri súčasnom trende automatizácie v priemysle bude vzdelávanie a kvalifikácia pracovnej sily zohrávať kľúčovú úlohu.

Pre overenie tejto hypotézy sme navrhli lineárnu regresiu, ktorá by mohla identifikovať vzťah medzi osobnými nákladmi na zamestnanca a tvorbou pridanej hodnoty na zamestnanca. Predpis tohto vzťahu vyzerá nasledovne:

$$ON_Zam_i = \beta_0 + \beta_1 PH_Zam_i + \epsilon_i, \tag{7}$$

kde ON_Zam_i je absolútna hodnota priemerných osobných nákladov na zamestnanca spoločnosti i a PH_Zam_i je vytvorená pridaná hodnota na jedného zamestnanca spoločnosti i. Výsledky regresie sú zobrazené na **Tab. 6**.

Výsledky potvrdzujú významný vzťah medzi týmito dvoma ukazovateľmi. Ak spoločnosť tvorí o euro pridanej hodnoty na zamestnanca viac, priemerné osobné náklady na zamestnanca sa zvýšia o 33 centov. Zvýšenie produktivity práce by na základe tohto vzťahu malo byť základným cieľom verejných aj podnikových politík, pretože to prináša rast pre spoločnosti, pre zamestnancov a v neposlednom rade aj pre štát vo forme vyššieho



Obr. 17: Vzťah osobných nákladov na zamestnanca v porovnaní s pridanou hodnotou na zamestnanca: Klastre, ktoré generujú vyššiu pridanú hodnotu sú míňajú viac na osobné ohodnotenie zamestnancov, Veľkosť je súčet zamestnancov daného klastra, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

Tabuľka 6: Výsledky regresie modelu pre porovnanie priemerných osobných nákladov na zamestnanca a celkovej pridanej hodnoty na zamestnanca , 2019, *Zdroj: Vlastná kalkulácia*

Závislá premenná: *Priemerné osobné náklady na zamestnanca*			
Premenná	Koeficient	std.Error	p-value
Intercept	6420^{***}	104.9	< 0.001
Priemerná PH na zamestnanca	0.3329^{***}	0.0046	< 0.001
Počet pozorovaní	8682		
R^2	0.3794		
Adjusted R^2	0.3793		
Residual Std. Error	5663 (df = 8681)		
Štatistika F	5307 (df = 1; 8681)		
p - hodnota	$< 0.001^{***}$		
Poznámka:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01		

výberu daní a odvodov.

5 Skutočná trhová hodnota výrobných zariadení

Kľúčové poznatky tejto kapitoly:

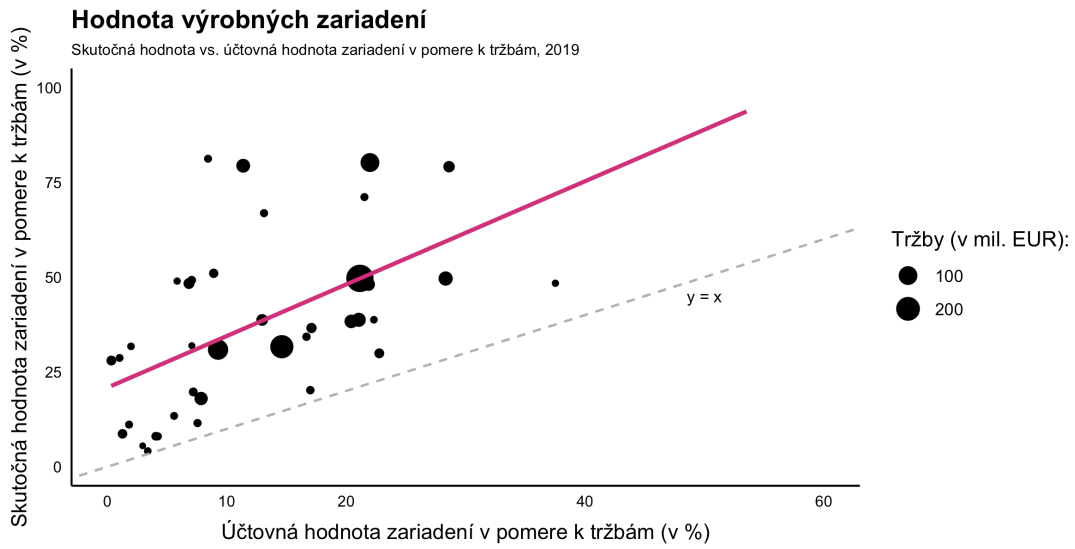
- Skutočná hodnota výrobných zariadení sa výrazne líši od účtovnej hodnoty zariadení uvádzanej v účtovných závierkach spoločností
- Podľa našich odhadov je celková skutočná hodnota výrobných zariadení v slovenskom priemysle takmer 3-násobne vyššia ako uvádzaná účtovná hodnota
- Návratnosť výrobných zariadení (ROA) v jednotlivých klastroch sa výrazne líši, pričom v automobilovom priemysle je závislá na polohe spoločnosti v dodávateľskom reťazci

V tejto kapitole nadväzujeme na časť 1.2, v ktorej sme zadefinovali návratnosť aktív ROA. Spomínali sme možnú odlišnosť medzi účtovnou a skutočnou trhovou hodnotou zariadení. Touto témou sa zaoberajú v mnohých oblastiach, no najmä v účtovníctve alebo v *Private Equity*, kde primárnou snahou je určiť trhovú hodnotu spoločnosti pri akvizíciách. V tejto časti sa pokúsime identifikovať rozdiely medzi účtovnou a trhovou hodnotou zariadení a následne na základe poznatkov vytvoriť jednoduchý model, ktorý by tento rozdiel dokázal zachytiť.

5.1 Dôvody a účel tohto modelu

Jednou z otázok vo formulári bola otázka: „Aká je skutočná trhová hodnota výrobných zariadení Vašej spoločnosti?“. Pýtali sme sa konkrétne na skutočnú hodnotu v pomere k tržbám. Na **Obr. 18** je voľným okom badateľný nesúlad medzi účtovnou a skutočnou hodnotou zariadení. Trhovú hodnotu nazývame skutočnou napriek tomu, že nebola ohodnotená trhom, ale je daná na základe vnímania hodnoty svojich zariadení priamo spoločnosťami, ktoré ich vlastnia. Na základe odpovedí respondentov je skutočná hodnota zariadení v priemere takmer trojnásobná voči jej účtovnej hodnote. Pripomíname, že pod pojmom účtovná hodnota zariadení - strojov je účet 022 v triede 0 - samostatne hnuteľné veci a súbory hnuteľných vecí (SHNV). Účtovnú hodnotu vnímame ako najlepšiu možnú aproximáciu pre skutočnú hodnotu zariadení, hoci niektoré zariadenia môžu byť

účtované pod účtom - Budovy a stavby. Na druhej strane, pod účtom SHNV sú zaradené aj počítače alebo osobné automobily spoločnosti. Predpokladáme, že oba efekty sa navzájom vyvažujú, a preto budeme SHNV považovať za výrobné zariadenia.



Obr. 18: Porovnanie respondentmi reportovanej skutočnej hodnoty a účtovnej hodnoty výrobných zariadení: Reportovaná skutočná hodnota zariadení v pomere k tržbám (v %) vs. Účtovná hodnota zariadení v pomere k tržbám (v %) v roku 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár, Finstat [23]

Pre pochopenie tohto relatívne výrazného rozdielu je dôležité si uvedomiť, ako je definovaná účtovná hodnota majetku. Metodika účtovania v podvojnom účtovníctve [50] a odpisových tried resp. ročnej miery odpisov [21] definuje účtovnú hodnotu ako zostatkovú hodnotu majetku. Táto hodnota vznikne postupným každoročným odpisovaním istej čiastky zo vstupnej ceny majetku. Vstupná cena je zvyčajne nákupná cena zariadenia. Ročná odpisovaná čiastka (odpis) je určená na základe zaradenia hmotného majetku do príslušnej odpisovej skupiny tak, aby po uplynutí doby odpisovania v príslušnej skupine bola zostatková hodnota majetku nulová. Odpisovanie je lineárne, teda každoročne sa odpíše zo zostatkovej hodnoty majetku rovnaká čiastka. Odpisové skupiny:

1. skupina - 4 roky - napr. počítače, stroje na výrobu nápojov, potravín a tabaku, stroje pre textilný, odevný a kožiarsky priemysel alebo osobné automobily a iné

2. skupina - 6 rokov - napr. zdvíhacie a manipulačné zariadenia, stroje na tvarovanie kovov a obrábanie, stroje na výrobu plastov, gumy, papiera alebo lepenky a iné

3. skupina - 8 rokov - napr. stroje pre metalurgiu, pece, turbíny, plynové generátory, destilačné a filtračné prístroje a iné

4. skupina - 12 rokov - napr. parné kotly, zbrane, lode, železničné lokomotívy, lietadlá a iné

5. skupina - 20 rokov - budovy

6. skupina - 40 rokov - bytové budovy, hotely, administratívne budovy a iné.

Presné vymedzenie majetku patriaceho do odpisových skupín podľa klasifikácie produkcie sa nachádza v zákone [65]. Podľa [50] by odpisovanie malo zohľadňovať opotrebenie a technický stav majetku, avšak motiváciou spoločností je odpisovať čo najrýchlejšie, pretože to znižuje spoločnostiam daňový základ, teda zaplatenú daň. Preto odpisovanie nemusí stále zohľadňovať životnosť zariadení. To potvrdzuje aj príklad osobného automobilu, ktorý má zostatkovú hodnotu v účtovníctve po štyroch rokoch nulovú, avšak odhadovaná skutočná hodnota je na takmer 60-tich percentách nákupnej ceny automobilu [33]. Pre výrobné zariadenia prezentuje odhadovaný životný cyklus štúdia [15]. Autor v práci odhaduje životnosť pre tri typy zariadení - transportné zariadenia, počítače (technologické zariadenia) a výrobné stroje pre jednotlivé divízie v holandskej priemyselnej výrobe. Na základe výsledkov životnosť strojov v priemyselnej výrobe priemerne fluktuuje medzi 26-imi až 34-mi rokmi. Najkratšiu životnosť majú výrobné stroje v odvetviach médií, vydavateľstiev, tlačiarní, výroby televízorov alebo rádií (13 až 20 rokov). Najdlhšiu životnosť majú podľa odhadov tejto práce výrobné stroje v elektrotechnike, rafinériách alebo hutníctve (okolo 50 rokov). Ak porovnáme očakávanú priemernú životnosť z tohto článku s odpisovými triedami, tak reálna životnosť zariadení môže byť aj viac ako trojnásobná oproti životnosti navrhnutej v odpisových triedach. Spoločnosti s tržbami nad 170 mil. EUR sú povinné účtovať podľa medzinárodných štandardov IFRS, kde takéto odpisové skupiny neexistujú a spoločnosti si dobu odpisovania majetku volia sami na základe vybraného modelu podľa očakávanej životnosti zariadenia [44]. V rámci týchto štandardov spoločnosti môžu uvádzať aj súčasnú odhadovanú hodnotu zariadení, avšak tú sme v účtovných závierkach niekoľkých vybraných spoločností nenašli.

5.2 Model

Na základe popísaných skutočností sme sa rozhodli odhadnúť skutočnú hodnotu zariadení. Cieľom modelu je odhadnúť pomer medzi skutočnou hodnotou zariadení a účtovnou hodnotou výrobných zariadení, teda koľkonásobne je skutočná hodnota zariadení vyššia resp. nižšia ako účtovná hodnota. Na odhad tohto pomeru využijeme dva zdroje údajov resp. metódy:

1. Údaje od respondentov z formulára.
2. Manuálne zozbierané kumulatívne hodnoty investícií do výrobných zariadení pre 100 spoločností.

5.2.1 Formulár

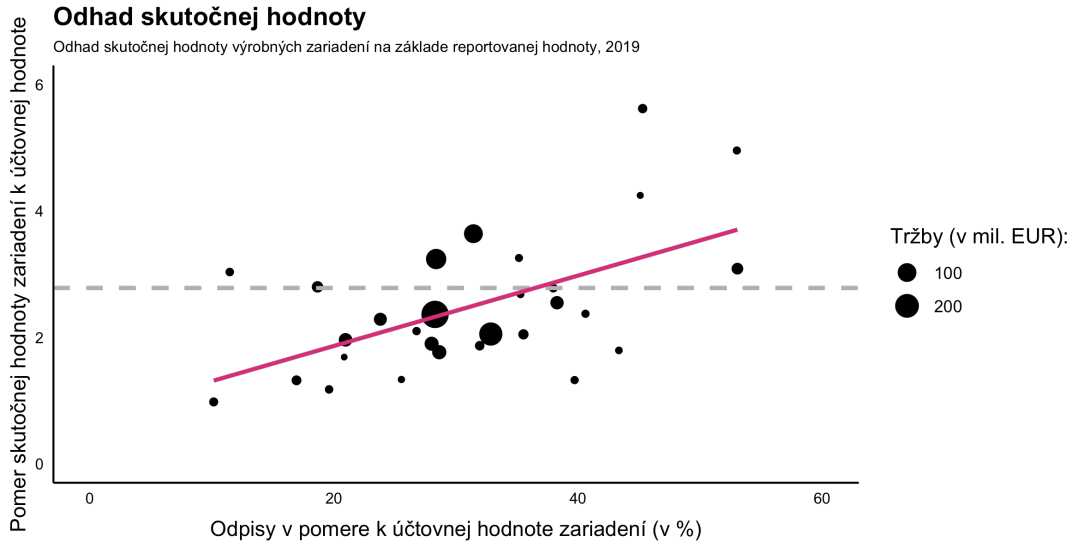
Na základe odpovedí respondentov o vnímanej skutočnej hodnote ich výrobných zariadení sme vytvorili jednoduchý model. K modelovaniu pomeru skutočnej k účtovnej hodnote zariadení využívame lineárnu regresiu, najmä z dôvodov malého počtu údajov. Celkovo po očistení o outlierov (pomocou IQR) disponujeme len 31- údajmi, na základe ktorých sa nám podarilo identifikovať jedinú premennú s korelačným koeficientom významným na hladine významnosti 5% k modelovanému pomeru a tou je ročná hodnota odpisov k účtovnej hodnote zariadení. Identifikovaný vzťah znázorňujeme na **Obr. 19**. Na základe neho by sa dalo povedať, že spoločnosti, ktoré viac investujú, majú skutočnú hodnotu zariadení v pomere k účtovnej vyššiu a zároveň, že priemerný pomer skutočnej a účtovnej hodnoty je na úrovni 2,8, teda skutočná hodnota je takmer trojnásobne vyššia ako účtovná hodnota zariadení.

Predpis nášho modelu teda vyzerá nasledovne:

$$ln(Pomer_i) = \beta_1 + \beta_2 Odpis_i + \epsilon_i, \tag{8}$$

kde $Pomer_i$ je pomer skutočnej a účtovnej hodnoty výrobných zariadení pre spoločnosť i a $Odpis_i$ je pomer ročnej hodnoty odpisov v pomere k účtovnej hodnote výrobných zariadení (v %) pre spoločnosť i.

Výsledky regresie sú zobrazené na **Tab. 7**. Vykonali sme Breusch-Paganov test na overenie prítomnosti heteroskedasticity, ktorú test zamietol. Model je teda interpretovateľný



Obr. 19: Porovnanie pomeru skutočnej k účtovnej hodnote výrobných zariadení a odpisov v pomere k hodnote zariadení: Skutočná hodnota zariadení v pomere k tržbám (v %) vs. Účtovná hodnota zariadení v pomere k tržbám (v %) v roku 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár, Finstat [23]

a korektný. Môžeme vidieť, že s rastúcou mierou odpisov v pomere k účtovnej hodnote výrobných zariadení rastie pomer skutočnej a účtovnej hodnoty. To môže byť dané tým, že spoločnosti s vysokou mierou odpisovania investujú viac do zariadení, teda ich odpisy sú pomerne vysoké.

Tabuľka 7: Výsledky regresie modelu pre odhad pomeru skutočnej hodnoty výrobných zariadení k účtovnej hodnote, 2019, *Zdroj: Vlastná kalkulácia*

Závislá premenná: *Pomer skutočnej a účtovnej hodnoty zariadení)*			
Premenná	Koeficient	std.Error	p-value
Intercept	0.73^{***}	0.73	< 0.001
Odpis (v %)	0.04579^{***}	0.02	< 0.001
Počet pozorovaní		80	
R^2		0.1066	
Adjusted R^2		0.1066	
Residual Std. Error		1.053 (df = 78)	
Štatistika F		19.58 (df = 1; 78)	
p - hodnota		0.038^{**}	
Poznámka:		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

5.2.2 Kumulatívne hodnoty zariadení

Na odhad hodnoty pomocou druhého spôsobu sme využili údaje o kumulatívnych investíciách (kumulatívna nominálna hodnota zariadení) spoločností do samostatne hnuteľných vecí a súborov. Pod pojmom nominálna kumulatívna hodnota alebo aj hodnota označovaná ako „Brutto hodnota majetku“ sa rozumie hodnota majetku neznížená o oprávky alebo opravné položky, inými slovami historická hodnota, ktorá reprezentuje obstarávaciu cenu pri nákupe alebo získaní zariadenia [51]. Tieto hodnoty nie sú k dispozícii v databáze Finstatu, preto boli manuálne zozbierané z účtovných závierok spoločností pre vybraných 100 firiem. Výber spoločností s ročnými tržbami nad 5 mil. EUR bol vykonaný pomocou klastrovej analýzy (*k-medoids*), aby sme do zberu zahrnuli heterogénnu - reprezentatívnu vzorku pre celý priemysel. Po očistení o outlierov máme k dispozícii údaje o 80-tich spoločnostiach. Kumulatívne hodnoty sme porovnali s účtovnými hodnotami zariadení, pričom priemerná hodnota tohto pomeru je na úrovni 3,7. Zároveň sa nám podarilo identifikovať vysvetľujúcu premennú, ktorá má korelačný koeficient významný na hladine významnosti 5%. Rovnako ako pri analýze odpovedí z formulára je to hodnota odpisov voči účtovnej hodnote výrobných zariadení. K modelovaniu pomeru kumulatívnej nominálnej hodnote k účtovnej hodnote zariadení využívame lineárnu regresiu. Výber metódy bol daný najmä potrebou čo najväčšej jednoduchosti z dôvodu relatívne malého počtu údajov. Očistenie údajov o outlierov sme spravili pomocou klasického IQR (angl. inter quantile range).

Predpis nášho modelu teda vyzerá nasledovne:

$$ln(Pomer_i) = \beta_1 + \beta_2 Odpis_i + \epsilon_i, \tag{9}$$

kde $Pomer_i$ je pomer nominálnej kumulatívnej a účtovnej hodnoty výrobných zariadení pre spoločnosť i a $Odpis_i$ je pomer ročnej hodnoty odpisov v pomere k účtovnej hodnote výrobných zariadení (v %) pre spoločnosť i.

Výsledky regresie sú zobrazené na **Tab. 8**. Vykonali sme Breusch-Paganov test na overenie prítomnosti heteroskedasticity, ktorú test zamietol (po logaritmizácii vysvetľovanej premennej).

Napriek tomu, že vysvetľovaná premenná sa v oboch prípadoch líši, výsledky sú konzistentné s modelom v časti 5.2.1. Tieto hodnoty sú na druhej strane mierne vyššie (priemerne 3,7 pre nominálnu vs. 2,8 pre skutočnú hodnotu zariadení v pomere k účtovnej),

Tabuľka 8: Výsledky regresie modelu pre odhad pomeru nominálnej hodnoty výrobných zariadení k účtovnej hodnote, 2019, *Zdroj: Vlastná kalkulácia*

Závislá premenná: *ln(Pomer nominálnej kumulatívnej hodnoty a účtovnej hodnoty zariadení)*			
Premenná	Koeficient	std.Error	p-value
Intercept	0.66^{***}	0.3297	< 0.001
Odpis (v %)	0.0144^{***}	0.0091	< 0.001
Počet pozorovaní		80	
R^2		0.2006	
Adjusted R^2		0.1904	
Residual Std. Error		1.053 (df = 78)	
Štatistika F		19.58 (df = 1; 78)	
p - hodnota		$<0.001^{***}$	
Poznámka:			*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

čo je dané najmä tým, že nominálna hodnota zariadení neklesá s vekom zariadenia, teda jeho opotrebením. Na jednej strane sa nám to môže zdať prehnaným, avšak pri nominálnej hodnote nie je zohľadnená inflácia alebo aktuálny dopyt po danom type zariadení. Zároveň zahraničný kapitál do slovenského priemyslu prišiel až v posledných 30-tich rokoch, teda výrobné zariadenia by mali byť výrazne novšie ako odhaduje článok [15], to znamená, že aj strata hodnoty zariadení nebude tak významná oproti jej nákupnej hodnote. Výsledky takisto môžu naznačovať, že tieto spoločnosti investujú dlhodobo, a preto kumulatívna nominálna hodnota zariadení je pomerne vyššia. Tento odhad napriek spomínaným skutočnostiam považujeme do veľkej miery za horný odhad hodnoty zariadení.

Zároveň sme kumulatívne nominálne hodnoty zozbierali aj pre spoločnostíiobsiahnuté vo formulári. Mediánova hodnota ich vnímanej hodnoty zariadení voči ich nominálnej hodnote je 75%. To znamená, že spoločnosti na základe odpovedí z formulára odhadli svoju hodnotu zariadení ako tri štvrtiny ich nominálnej ceny a ako 2,7 násobok ich účtovnej zostatkovej hodnoty.

Na základe týchto analýz budeme považovať model z časti 5.2.1 za relatívne presný a konzistentný s modelom 5.2.2, preto na odhad hodnoty zariadení pre celý priemysel budeme využívať práve model z časti 5.2.1.

5.3 Distribúcia hodnoty strojov v slovenskom priemysle

Po predikovaní hodnôt výrobných zariadení na základe popísaného modelu je celková hodnota strojov v priemyselnej výrobe 2,4 násobne vyššia ako celková účtovná hodnota. Takmer 45% hodnoty zariadení je v divízii *automobilový priemysel* (**Obr. 20**). Tento podiel kopíruje do istej miery pridanú hodnotu v jednotlivých divíziách (viď **Obr. 7**).



Obr. 20: Distribúcia výrobných zariadení podľa divízií: Podiel hodnoty výrobných zariadení divízie na celkovej hodnote zariadení v priemysle (v %), 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

Na **Tab. 9** je zobrazená distribúcia zariadení a PH podľa jednotlivého typu výroby. Vidíme, že prevažná časť výroby na Slovensku je diskrétna. Na druhej strane je hodnota zariadení spoločností s diskrétnou výrobou mierne nižšia ako je jej vytvorená PH. Celková hodnota výrobných zariadení je na základe nášho odhadu pre všetky spoločnosti v priemysle rovná 26,8 mld. EUR. Je to takmer dvojnásobok vytvorenej PH všetkými spoločnosťami za rok 2019. To znamená, že každé investované euro do výrobných zariadení prinesie celkovo ekonomike efekt na úrovni 50-tich centov vo forme PH. Tento pomer je mierne vyšší pri diskrétnej výrobe.

Tabuľka 9: Porovnanie hodnoty zariadení podľa typu výroby: Porovnanie tvorby PH a hodnoty zariadení podľa typu výroby, 2019, *Zdroj: Vlastná kalkulácia*

Typ výroby	Aktuálna PH (v mld. EUR)	Hodnota zariadení (v mld. EUR)	Podiel na celkovom PH (v %)	Podiel na celkovej hodnote zariadení (v %)
Diskrétna	10.7	18.2	73	68
Kombinovaná	1.7	3.5	12	13

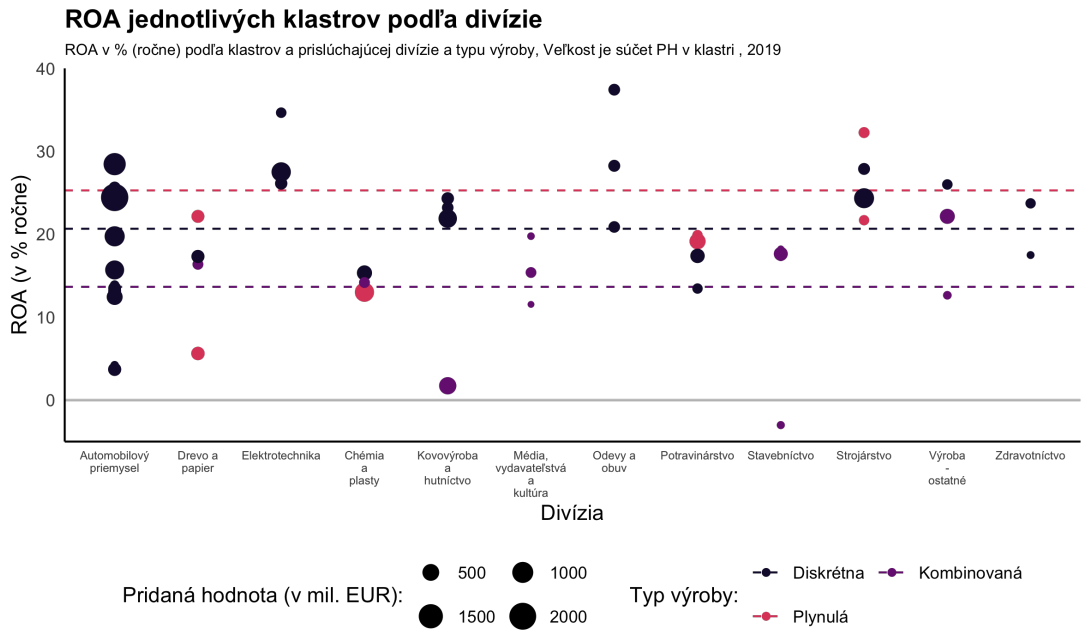
Tabuľka 9: Porovnanie hodnoty zariadení podľa typu výroby: Porovnanie tvorby PH a hodnoty zariadení podľa typu výroby, 2019 pokračovanie

Typ výroby	Aktuálna PH (v mld. EUR)	Hodnota zariadení (v mld. EUR)	Podiel na celkovom PH (v %)	Podiel na celkovej hodnote zariadení (v %)
Plynulá	2.2	5.2	15	19
Celkovo	**26.8**	**14.6**	**100**	**100**

5.4 Aktuálna ročná návratnosť aktív - ROA

V tejto časti zhodnotíme aktuálnu ročnú návratnosť výrobných zariadení - ROA v priemyselnej výrobe. **Obr. 21** zobrazuje ROA jednotlivých klastrov podľa divízií a typu výroby. Najzastúpenejšie typy - diskrétna a plynulá, majú obe priemerné ROA nad úrovňou 20-tich % ročne, zatiaľ čo kombinovaná výroba na úrovni len o niečo vyššej ako 14 percent. ROA kombinovanej úrovnie bolo do veľkej miery znížené prvým klastrom v *kovovýrobe a hutníctve*. V tomto klastri sú zaradené spoločnosti vyrábajúce oceľ, hliník a iné kovy ako napríklad U.S. Steel alebo Slovalco, ktorých finančný výsledok bol v roku 2019 negatívny. Podľa účtovnej závierky spoločnosti Slovalco [56] je tento výsledok daný nízkou cenou hliníka (podobne aj oceľ) na burze kovov, vyššou cenou vstupných surovín alebo aj nepriaznivými politickými rozhodnutiami. Tento vývoj bol podobný pri celom hutníckom priemysle. Podľa vývoja cien týchto komodít v roku 2020, resp. 2021 by bol tento klaster omnoho ziskovejší, keďže napríklad U.S. Steel zažíva najlepšie obdobie od príchodu na Slovensko. Najvyššiu návratnosť výrobných zariadení mali spoločnosti v strojárstve. Nad priemerom všetkých spoločností sú aj všetky klastre v elektrotechnike, v zdravotníctve alebo aj v odevoch a obuvi. Vyššie ROA v týchto divíziách môže byť dané pomerne nižšou hodnotou zariadení. To neplatí pre zdravotníctvo, kde to môže byť spôsobené výrobou vysoko špecializovaných produktov.

Keďže automobilový priemysel tvorí takmer 42% PH priemyslu, návratnosť hodnoty zariadení pre AP sme znázornili na samostatnom obrázku - **Obr. 22**. Jednotlivé klastre sú rozlíšené podľa pozície v dodávateľskom reťazci na základe 3. Priemerné ROA je zoradené podľa vzdialenosti od finálnych výrobcov automobilov (OEM). Najvyššie ROA majú OEM-ovia. Naopak najnižšiu návratnosť majú spoločnosti najďalej OEM-ov - Tier 2 dodávatelia. Môže to byť dané špecificitou vyrábaných produktov. Tier 1 dodávatelia



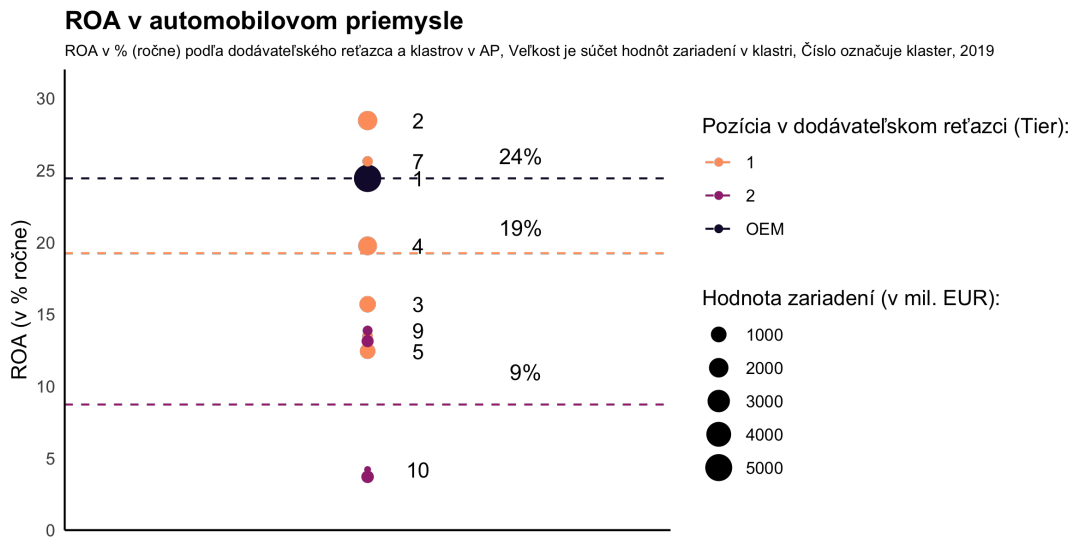
Obr. 21: Porovnanie ROA podľa jednotlivých klastrov: ROA (v %) jednotlivých klastrov podľa divízie a typu výroby, Veľkosť je súčet PH daného klastra, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

sú úzko prepojení s výrobcami (OEM) nielen dodávanými produktmi, ale aj výskumom a vývojom. Tier 2 sú na rozdiel od Tier 1 zvyčajne výrobcovia základných a bežných komponentov a súčiastok, čo implikuje relatívne ľahkú nahraditeľnosť týchto spoločností, a teda výrazne nižšie marže ziskovosti.

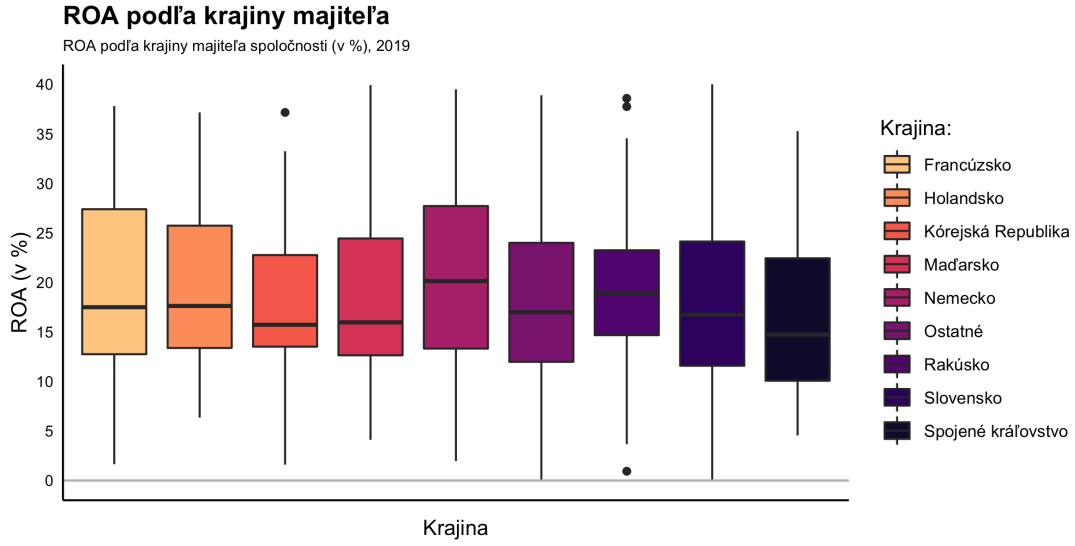
Ako sme spomínali v kapitole 2, rozdiel v utilizácii zariadení môže byť daný aj jej manažmentom. Jedinou pre nás dostupnou informáciou o manažmente spoločnosti je krajina, z ktorej pochádza majiteľ spoločnosti resp. predseda predstavenstva. Rozdiel v ROA podľa krajiny majiteľa je znázornený na **Obr. 23**. Najvyššiu návratnosť výrobných zariadení majú nemecké a holandské spoločnosti (USA viď kapitolu 2), ktorých ROA je o takmer 5 p.b. vyššia ako ROA slovenských spoločností.

Na **Obr. 24** porovnávame rôzne spôsoby metriky návratnosti výrobných zariadení. Divízia *odevy a obuv* má pomer PH k hodnote zariadení vyšší ako 100%, teda ročná pridaná hodnota tejto divízie prevyšuje hodnotu zariadení vo výrobe. Tento jav, podobne ako v divízii *elektrotechnika*, môže byť daný vysokou závislosťou od ľudskej práce, teda stroje pridávajú malú hodnotu do výroby.



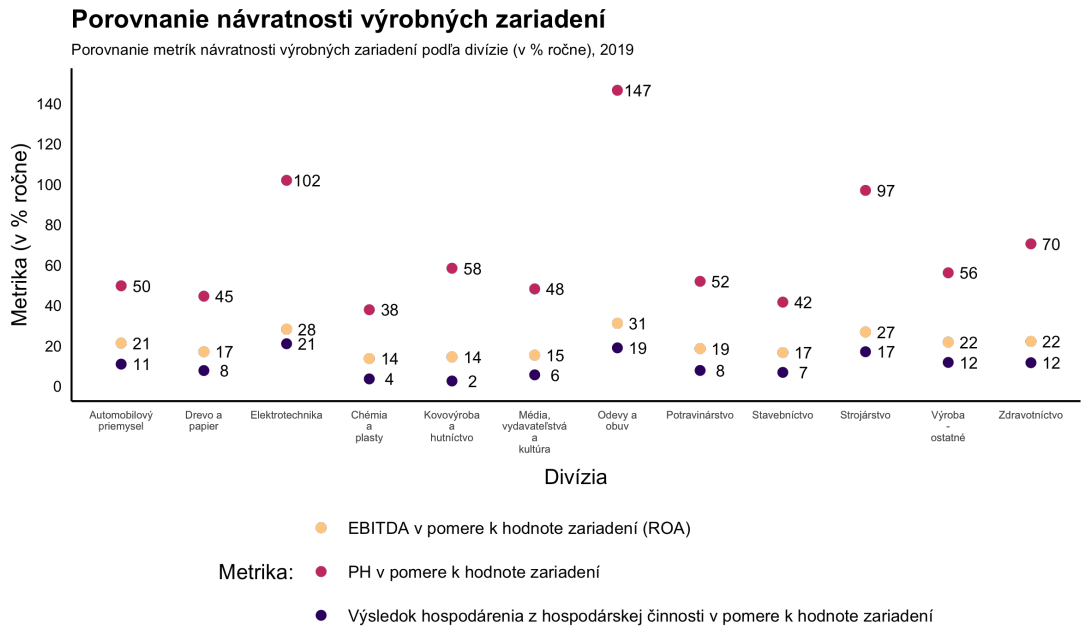
Obr. 22: ROA v automobilovom priemysle: ROA (v %) klastrov podľa pozície v dodávateľskom reťazci pre automobilový priemysel, Veľkosť je súčet hodnoty zariadení v klastri, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]



Obr. 23: Porovnanie ROA podľa krajiny majiteľa: ROA (v %) spoločností podľa štátnej príslušnosti majiteľa, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]



Obr. 24: Porovnanie metrík ročnej návratnosti výrobných zariadení: ROA (v %) vs. PH v pomere k hodnote výrobných zariadení (v %) vs. výsledok z hospodárskej činnosti v pomere k hodnote zariadení(v %), 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

6 Potenciál rastu HDP a ROA pri zlepšení OEE

Kľúčové poznatky tejto kapitoly. Za predpokladu úplného naplnenia potenciálu DPM pre priemyselnú výrobu:

- Pridaná hodnota priemyselnej výroby by mohla vzrásť o 1,13 mld. EUR na potenciálnych viac ako 18 mld. EUR (2019), čo predstavuje nárast o viac ako 6%. .
- Celkové HDP Slovenska by sa mohlo zvýšiť až o 2%.
- Priemerné ROA spoločností v priemyselnej výrobe by mohlo zaznamenať nárast o 3 p.b. na úroveň 22%.
- OEE z odhadovaných aktuálnych 68% by sa zvýšilo na možných 73%.
- Spoločnosti nemerajúce OEE si straty utilizácie svojich zariadení častokrát neuvedomujú, čo vytvára ďalší potenciál na rast produktivity výroby.

Cieľom tejto kapitoly je s využitím všetkých troch dostupných zdrojov údajov odhadnúť potenciál zvýšenia OEE pre spoločnosti v slovenskom priemysle. Následne využijúc odhadnuté potenciály zlepšenia sa pokúsime kvantifikovať možný vplyv tohto zvýšenia na rast HDP a rast ROA.

6.1 Aktuálne OEE na základe formulára

Samostatnou časťou formulára (viď kapitola 2.2) bola časť o hodnotách OEE. Spoločnosti odpovedali na otázky týkajúce sa využívania metriky OEE, aktuálnych hodnôt OEE, ale aj možného potenciálu zvýšenia, ktorý identifikujú vo výrobe. **Tab. 10** zobrazuje rozdelenie spoločností podľa tržieb a toho, či využívajú metriku OEE. Môžeme vidieť, že takmer všetky veľké spoločnosti s počtom zamestnancov nad 250 využívajú metriku OEE, zatiaľ čo menšie spoločnosti túto metriku nevyužívajú. Ak by sme extrapolovali tieto hodnoty pre celý priemysel, tak viac ako 60% PH by bolo vytvorenej v spoločnostiach so zavedenou metrikou OEE. V skutočnosti očakávame túto hodnotu omnoho nižšiu, keďže existuje predpoklad, že spoločnosti, ktoré odpovedali, sa chceli „pochváliť“.

Tabuľka 10: Porovnanie respondentov podľa veľkosti: porovnanie počtu spoločností v každej skupine na základe využívania metriky OEE, *Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár*

Veľkosť spoločnosti[1]	Počet spoločností nevyužívajúcich metriku OEE	Počet spoločností využívajúcich metriku OEE	Podiel spoločností využívajúcich OEE (v %)	Podiel tejto skupiny na PH v priemysle (v %)[2]
Malý podnik	22	1	4	12
Stredný podnik	7	6	46	21
Veľký podnik	1	6	86	23
X-Veľký podnik	1	0	0	43

Poznámky:

[1] Malý podnik < 50 zamestnancov, Stredný podnik od 50 do 250 zamestnancov, Veľký podnik od 250 do 1000 zamestnancov, X-Veľký podnik nad 1000 zamestnancov

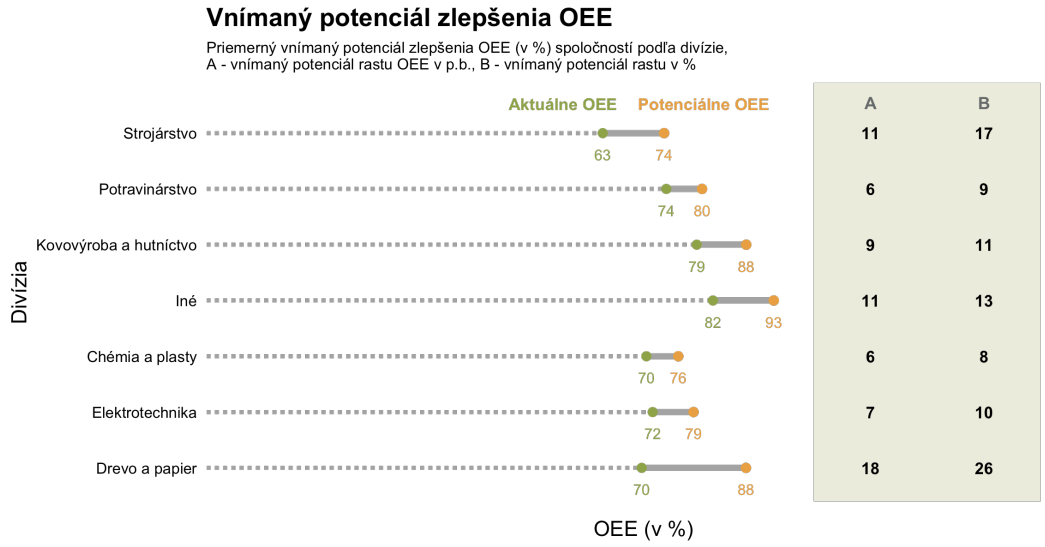
[2] PH tejto skupiny firiem na celom PH priemyslu - údaje Finstat

Na základe odpovedí z formulára využíva metriku OEE celkovo 13 spoločností zo 44. Porovnaním hodnôt podľa využívania metriky OEE sme dospeli k neočakávaným výsledkom, teda spoločnosti nezávisle od využívania metriky majú hodnotu OEE na podobnej úrovni. Poznamenávame, že spoločnosti nemerajúce OEE odpovedali na otázky ohľadom prestojov, rýchlosti zariadení alebo kvality vyrobených výrobkov, čím sme sa do istej miery snažili aproximovať jednotlivé komponenty metriky OEE. Na základe našich očakávaní by mal byť rozdiel medzi spoločnosťami využívajúcimi a nevyužívajúcimi metriku OEE omnoho väčší v prospech spoločností so zavedeným sledovaním tejto metriky. Vysoká hodnota OEE pre spoločnosti, ktoré OEE nevyužívajú, môže byť daná práve tým, že spoločnosti si tieto straty utilizácie - dĺžku prestojov, poruchy, nastavevanie výroby, spomalenie výroby, nutné opravy vyrobených produktov a i. neuvedomujú, resp. uvedomujú len minimálne. Zároveň si všimnime, že spoločnosti s implementovanou metrikou OEE si vedia predstaviť výrazne nižšie zvýšenie v percentuálnych bodoch (p.b.) OEE oproti spoločnostiam bez metriky OEE. To ešte viac podporuje to, že OEE pri týchto spoločnostiach by malo byť nižšie, ako im bolo na základe odpovedí o stratách utilizácie odhadnuté. PH na zamestnanca je v skupine firiem merajúcich OEE podstatne vyššia ako pri spoločnostiach nevyužívajúcich metriku OEE. To na jednej strane môže ukazovať technologickú vyspelosť spoločností, na strane druhej môže sa naskytnúť otázka, či to nie je dané len veľkosťou spoločností, keďže sme už skôr ukázali, že väčšie spoločnosti vytvárajú zvyčajne vyššiu pridanú hodnotu na zamestnanca ako menšie spoločnosti.

Tabuľka 11: Porovnanie repondentov podľa využívania metriky OEE: Pre spoločnosti, ktoré nevyužívajú metriku OEE sme ich OEE odhadli pomocou reportovaných strát utilizácie, *Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár*

Využíva spoločnosť metriku OEE?	Počet spoločností	Reportovaná hodnota OEE (v %)	Reportovaný potenciál zlepšenia OEE (v p.b.)	PH na zamestnanca (v tis. EUR)	Pomer PH k tržbám (v %)
Áno	13	75	6.7	41.1	29
Nie	31	74	10.3	31.2	34

Vnímanie potenciálneho rastu OEE sa líši aj v rámci jednotlivých divízií priemyslu. Na **Obr. 25** porovnávame aktuálnu hodnotu OEE ale aj potenciálne OEE po realizácii očakávaného zvýšenia spoločností. Výrazne vyšší vnímaný potenciál na zlepšenie je v divíziách *strojárstvo* a *drevo a papier*. V *strojárstve* je tento vnímaný potenciál zrozumiteľný, keďže aktuálne hodnoty OEE sú v porovnaní s ostatnými divíziami relatívne nízke. Divízia drevo a papier má aktuálne OEE podobné ako iné divízie a dôvody vysokého vnímaného potenciálneho OEE sú nejasné. Aktuálne hodnoty OEE v divíziách, pri ktorých disponujeme malým počtom odpovedí, sme spojili do skupiny *Iné*, ktorá má najvyššie aktuálne OEE spomedzi všetkých divízií.



Obr. 25: Potenciál zlepšenia OEE: Priemerné uvedené hodnoty OEE (v %) a priemerné zlepšenie OEE podľa divízií, Zmena je potenciál zlepšenia v percentuálnych bodoch OEE

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Formulár

6.1.1 Údaje o OEE od InovecTech

Náš primárny záujem je odhadnúť potenciál zvýšenia OEE pomocou metód DPM, čo nám samotné výstupy z formulára neumožnia. Avšak v kombinácii s hodnotami z internej databázy InovecTech (časť 2.3) nám môžu pomôcť identifikovať možný potenciál. Pripomíname, že databáza spoločností obsahuje citlivé informácie, a preto boli použité agregované (pomocou klastrov) a úplne anonymizované hodnoty OEE a potenciálne zvýšenia OEE pre tie klastre, o ktorých má spoločnosť InovecTech informácie. Pre klastre, o ktorých nedisponujeme priemerom OEE a potenciálom OEE, sme využili bežné hodnoty pre priemysel na základe už spomínanej literatúry [42] a upravili ich spolu s InovecTech tak, aby reflektovali pomery v slovenskom priemysle.

Pre potvrdenie relevantnosti a konzistentnosti údajov získaných z formulára a tejto databázy sme vykonali Wilcoxonov párový test, keďže o každej spoločnosti máme dva údaje - reportovanú hodnotu OEE a hodnotu OEE priradenú pomocou príslušnosti ku konkrétnemu klastru. Hypotézou H_0 pri oboch testoch je rovnosť ich priemerov. Samostatne sme sa rozhodli porovnať hodnoty pre spoločnosti merajúce OEE a spoločnosti nemerajúce OEE. Wilcoxonov test sme vybrali na základe nepotvrdenej hypotézy o normalite dát vykonanej pomocou Shapiro-Wilkovho testu normality pri oboch skupinách. P-hodnota Wilcoxonovho testu firiem merajúcich OEE je 0.4, teda hypotézu o rovnosti priemeru nezamietame a môžeme povedať, že hodnoty získané z formulára korešpondujú s hodnotami priradenými databázou InovecTech. Naopak p-hodnota pre firmy nevyužívajúce metriku OEE je 0.018, teda rozdiel medzi oboma hodnotami je štatisticky významný. Tento výsledok môže byť spôsobený práve dôvodmi, na ktoré sme upozorňovali skôr, a to nevedomosťou firiem o reálnych stratách utilizácie a rôznych spôsoboch merania týchto strát v prípade, ak spoločnosti nevyužívajú túto metriku.

6.2 Odhad potenciálu zvýšenia OEE

Cieľom navrhovaného modelu je pomocou empirických údajov z formulára upraviť náš odhad o možnom zvýšení OEE pre klastre, o ktorých nemáme expertíznu informáciu od InovecTech tak, aby výsledný odhad čo najviac reflektoval skutočnosť. Na základe literatúry [42, 39] a komunikácie s InovecTech by ostatné klastre mohli mať typický potenciál zlepšenia OEE pomocou metód DPM na úrovni 6 p.b. a samotnú hodnotu OEE na úrovni

60%. Jednou z metód, v ktorej sa na odhady skutočnosti môžu využívať dopredu získané vedomosti v danej oblasti a využíva málo dát, je Bayesovská štatistika. Pri popisovaní Bayesovskej štatistiky a návrhu modelu využijeme práce [7, 10, 35].

Jednou z najväčších výhod, konkrétne pre naše použitie, je využívanie tzv. apriórnej informácie, ktorú špecifikuje užívateľ. Táto apriórna informácia hovorí o pravdepodobnostnej hustote rozdelenia neznámeho parametra na základe našich očakávaní z externých zdrojov. Následne sa táto informácia o apriórnej hustote rozdelenie pomocou Bayesovej vety a pozorovaní z dát aktualizuje a získame tak aposteriórnu hustotu rozdelenia nášho neznámeho parametra. Pre prípad spojitých premenných (akou je aj odhad zlepšenia OEE v p.b.) vyzerá Bayesova veta nasledovne:

$$f(\mu|x) = \frac{f(x|\mu)f(\mu)}{f(x)} = \frac{f(x|\mu)f(\mu)}{\int f(x|\mu)f(\mu)d\mu}, \tag{10}$$

kde $f(\mu)$ je apriórna hustota rozdelenia, teda dopredu daná informácia o neznámom parametri μ, $f(x|\mu)$ je podmienená hustota rozdelenia a $f(\mu|x)$ je aposteriórna hustota rozdelenia, teda celková informácia založená na kombinácii apriórnej vedomosti a informácií z údajov. Premenná x označuje údaje v dátach. Slovne môžeme tento Bayesov vzorec charakterizovať ako mechanizmus učenia, teda postupnej aktualizácie našej dopredu odhadnutej informácie pomocou pozorovania z dát.

V našom prípade využijeme tento model na určenie priemerného zvýšenia utilizácie, teda nárastu OEE v p.b pre klastre bez expertízneho odhadu. Apriórna hustota je určená na základe približného očakávaného odhadu priemerného potenciálneho zvýšenia OEE, tak ako sme ho opísali v časti 6.1.1, teda neznámy parameter je pre nás priemer μ. Tento neznámy parameter apriórne pochádza z normálneho rozdelenia so strednou hodnotou $\theta = 6p.b$ a disperziou $\tau = 3$, kde τ symbolizuje mieru istoty, s ktorou očakávame, že skutočný priemer je θ. Výhodou výberu normálneho apriórneho rozdelenia je, že aj aposteriórne rozdelenie je normálne. Po zadefinovaní apriórneho rozdelenia „ukážeme“ tomuto modelu pozorovania z formulára o potenciálnom zlepšení spoločností, ktoré nie sú obsiahnuté v žiadnom z klastrov, o ktorých expertízny odhad máme, čo upraví aposteriórne rozdelenie. Následne ako priemer zvýšenia OEE pre tieto klastre použijeme medián aposteriórnej hustoty rozdelenia. V tejto časti prebehla extrapolácia týchto hodnôt pre všetky klastre, o ktorých nedisponujeme hodnotami z databázy InovecTech.

Pomocou tejto metódy sa náš pôvodný odhad pre tieto klastre zmenil po zahrnutí

hodnôt z formulára z pôvodných nami odhadnutých 6 p.b. na výsledných 5,5 p.b..

6.2.1 Aktuálne hodnoty OEE a potenciály zvýšenia OEE

Po úprave údajov od spoločnosti InovecTech modelom 6.2 zobrazujeme celkové hodnoty OEE aj ich potenciály na **Tab. 12**. Hodnoty pre jednotlivé divízie sú vážené hodnoty cez klastre prislúchajúce do tejto divízie. Váhou bola pridaná hodnota. Môžeme vidieť, že na základe kombinácie údajov InovecTech a formulára majú aktuálne najvyššie OEE divízie *Automobilový priemysel* a *Chémia*. Najnižšie hodnoty OEE majú naopak spoločnosti v divízií *Drevo a papier*, pričom potenciál rastu pomocou implementácie DPM nie je vysoký. Tieto hodnoty môžu slúžiť ako referenčné hodnoty pre slovenský priemysel, čo umožní spoločnostiam sa porovnávať a motivovať ich zvyšovať utilizáciu svojich zariadení.

Tabuľka 12: Aktuálne hodnoty OEE a potenciály zlepšenia: OEE a potenciálny rast podľa divízií, 2019, *Zdroj: Vlastná kalkulácia, InovecTech, Formulár*

Divízia	Podiel PH na celkovom PH (v %)	Aktuálne OEE (v %)	Potenciálne zvýšenia OEE (v p.b.)	Potenciálny nárast OEE (v %)
Automobilový priemysel	42	74	5.6	8
Drevo a papier	5	56	2.3	4
Elektrotechnika	7	71	5.8	8
Chémia a plasty	9	75	2.6	3
Kovovýroba a hutníctvo	12	64	5.5	9
Média, vydavateľstvá a kultúra	1	70	2.8	4
Odevy a obuv	3	60	5.2	9
Potravinárstvo	6	60	2.1	3
Stavebníctvo	2	60	2.8	5
Strojárstvo	9	60	5.6	9
Výroba - ostatné	3	60	3.7	6
Zdravotníctvo	1	60	5.6	9
Priemyselná výroba	**100**	**68**	**4.8**	**7**

6.3 Model nárastu produkcie

Keďže máme údaje o potenciálnom raste OEE pre všetky spoločnosti, v tejto časti navrhneme spôsob výpočtu efektu zvýšenia utilizácie na účtovnú závierku spoločností. Tento veľmi priamočiary výpočet založíme na prácach [66, 25]. Obe práce prezentujú relatívne jednoduchú prípadovú štúdiu modelovej spoločnosti a ukazujú teoretický vplyv zvýšenia OEE na jej účtovné ukazovatele. Práca [25] prezentuje dva scenáre vývoja spoločnosti po

zvýšení utilizácie zariadení:

1. zvýšením OEE sa zvýši produkcia

2. zvýšením OEE sa produkcia zachová, avšak zníži sa celkový potrebný čas výroby, teda redukujú sa náklady na obsluhu výrobných zariadení - práce, energie alebo opotrebenie strojov

Na základe verejných prípadových štúdií a zo skúseností spoločnosti InovecTech zvýšenie OEE sprevádza najčastejšie nárast produkcie [63, 64, 30]. V týchto prácach sú uvedené rôzne spoločnosti, ktoré po zvýšení utilizácie zariadení pozorovali nárast produkcie - tržieb. Zároveň firmy v slovenskom priemysle boli pred koronakrízou vysoko konkurencieschopné, mali dostatok objednávok a zvyčajným problémom pre zvýšenie výroby bola nedostatočná kapacita či už strojov alebo ľudí, keďže miera nezamestnanosti sa v poslednom období pohybovala relatívne nízko [61]. Na základe týchto prípadových štúdií budeme ďalej počítať práve s prvým scenárom o zvýšení produkcie.

To znamená, že celé zvýšenie utilizácie prenesieme do zvýšenia produkcie (viď 5) . Zložitejšie to je pri nákladoch. Dôležité je uvedomiť si, čo sú fixné náklady a čo sú variabilné, pretože zvýšenie produkcie pomocou zvýšenia utilizácie zvýši variabilné náklady, na druhej strane fixné náklady ostanú rovnaké. Podľa modelu prezentovaného v [25] zaraďujeme medzi variabilné náklady spotrebovaný materiál pri výrobe a zároveň aj priame náklady na operátorov výroby. Všetky ostatné náklady sú považované za fixné. Účtovné závierky, ktoré máme k dispozícii však nedisponujú tak detailnými údajmi. Napríklad v účtovnej závierke sa nerozlišuje medzi zamestnancami priamo súvisiacimi s výrobou a zamestnancami na iných pozíciách (všetko medzi osobnými nákladmi na zamestnancov), zároveň sa nerozlišuje medzi fixnými nákladmi na energie (kúrenie, svietenie) a nákladmi na energie priamo súvisiacimi s výrobou (všetko medzi spotrebou materiálu, energie a ostatných neskladovateľných dodávok). Týchto príkladov by sme dokázali nájsť veľa. Práca [2] odhaduje, že 40% osobných nákladov spoločností sú tvorené nákladmi na operátorov výroby. Na základe tohto odhadu zahrnieme 40% osobných nákladov do variabilných nákladov. Na strane druhej náklady, ktoré by mali byť zarátané za fixné, sú na základe účtovných závierok považované za variabilné a nemáme pre pomer medzi fixnými a variabilnými dostatočne relevantný odhad. Táto skutočnosť by mohla do istej miery vyvažovať

zvýšenie utilizácie a produkcie v pomere jedna k jednej, keďže na základe spomínaných prípadových štúdií tento vzťah nebol takto významný.

Týmto uvažovaním definujeme variabilné náklady ako náklady na spotrebovaný materiál, energie, ostatné neskladovateľné dodávky, služby a časť osobných nákladov. Za fixné náklady budeme považovať zvyšok osobných nákladov, odpisy strojov a budov, náklady na financovanie a iné nespomenuté náklady dostupné v účtovnej závierke.

Pomocou týchto úvah sme výpočet potenciálneho zvýšenia produkcie pomocou zlepšenia OEE pre každú spoločnosť i určili nasledovne:

$$pTVS_i = \frac{OEE_i + pOEE_i}{OEE_i} \times TVS_i \tag{11}$$

kde:

$pTVS_i$ = Potenciálne tržby za vlastné výrobky a služby

OEE_i = Aktuálne OEE

$pOEE_i$ = Potenciál zlepšenia OEE z častí 6.1.1 a 6.2 v p.b.

$PTVS$ = Aktuálne tržby za vlastné výrobky a služby

Treba si uvedomiť, že tržby spoločností nie sú tvorené len vlastnou výrobou, ale môžu byť dané aj tržbami za predaj dlhodobého hmotného majetku alebo obchodnou činnosťou resp. priamym nákupom a predajom tovarov. Tieto zdroje tržieb v našom výpočte zahrnuté nie sú.

Náklady po zvýšení produkcie môžeme pre spoločnosť i vypočítať nasledovne:

$$pVN_i = \frac{OEE_i + pOEE_i}{OEE_i} \times (M_i + S_i + 0.4 * ON_i) \tag{12}$$

kde:

pVN_i = Potenciálne variabilné náklady

M_i = Aktuálna spotreba materálu, energií a ostatných dodávok

S_i = Aktuálna výška služieb

ON_i = Aktuálne osobné náklady.

Fixné náklady ostávajú pre spoločnosť i nemenné.

V rámci výpočtov počítame zmenu produkcie a prislúchajúcich nákladov len pre podniky s diskrétnou a kombinovanou výrobou, keďže pri plynulej výrobe je efekt zavedenia metód DPM nejasný, resp. na základe skúseností spoločnosti InovecTech nekvantifikovateľný. Pre kombinovanú výrobu počítame len s 50%-ným zvýšením oproti celkovému potenciálnemu zlepšeniu $pOEE_i$ na základe predpokladu z časti 2.1.

6.4 Ako sa zvýši HDP?

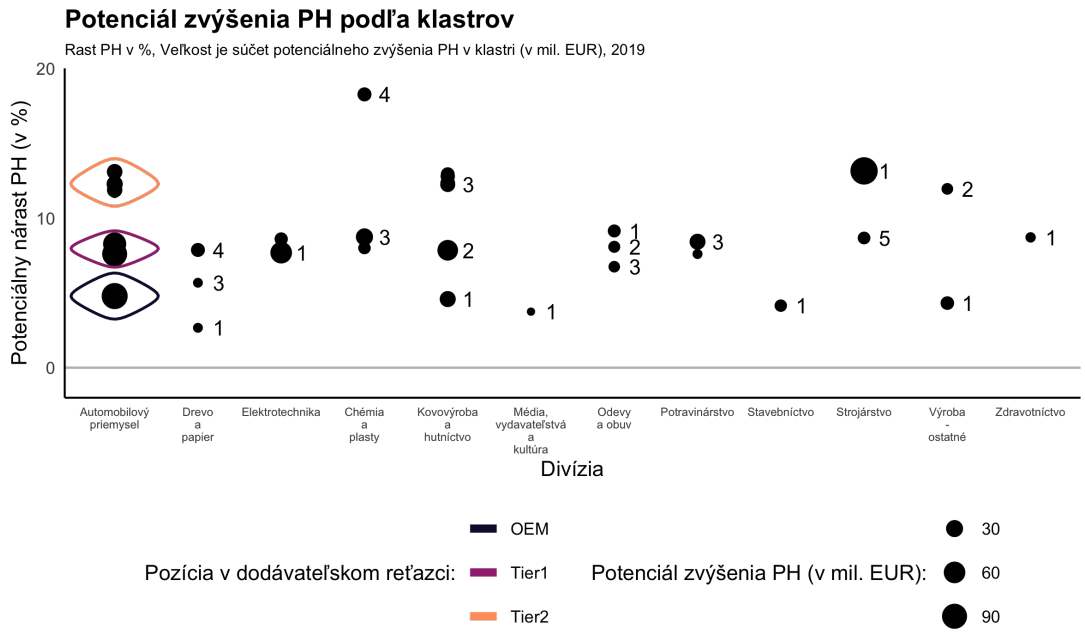
Pomocou nami navrhnutého zjednodušeného modelu pre vplyv zvýšenia OEE na produkciu a náklady sme vypočítali potenciál rastu PH pre všetky spoločnosti v sekcii priemyselnej výroby podľa časti 1. Celkový efekt zvýšenia OEE pre sekciu priemyselnej výroby by predstavoval zvýšenie PH tvorenej v tejto sekcii o 6,9%, čo v absolútnych hodnotách predstavuje zvýšenie PH sekcie o viac ako **1,16 mld. EUR** na celkovo potenciálnych 18,19 mld. EUR.

Tabuľka 13: Potenciál rastu PH: PH a jej potenciálny rast podľa divízií, 2019, *Zdroj: Vlastná kalkulácia, [23]*

Divízia	Aktuálna PH (v mil. EUR)	Potenciálna PH (v mil. EUR)	Potenciálne zvýšenia PH (v mil. EUR)	Potenciálny nárast PH (v %)	Podiel divízie na celkovom náraste PH (v %)
Automobilový priemysel	7116	7646	530	7.45	45.4
Kovovýroba a hutníctvo	2112	2288	176	8.36	15.1
Strojárstvo	1583	1728	145	9.18	12.4
Elektrotechnika	1206	1300	93	7.75	8
Chémia a plasty	1561	1629	68	4.34	5.8
Odevy a obuv	449	485	36	8	3.1
Potravinárstvo	1105	1140	35	3.13	3
Drevo a papier	823	854	30	3.7	2.6
Výroba - ostatné	505	533	28	5.57	2.4
Stavebníctvo	354	368	15	4.12	1.3
Zdravotníctvo	95	103	8	8.51	0.7
Média, vydavateľstvá a kultúra	118	122	4	3.64	0.3
Priemyselná výroba	**17027**	**18196**	**1168**	**6.86**	**100**

Na **Tab. 13** identifikujeme najväčší potenciál zvýšenia pri divízii *Automobilový priemysel* a to viac ako 45% celkového potenciálneho nárastu celej sekcie. Vysoké potenciály zlepšenia sú takisto v divíziách *Kovovýroba a hutníctvo* a *Strojárstvo*, pričom obe majú potenciál zlepšenia na úrovni 150 mil. EUR. *Strojárstvo* má zároveň najvyšší potenciálny percentuálny nárast. Ostatné divízie už výraznejšie zaostávajú. Najvyšší dopad implementácie DPM do procesu výroby na rast PH sme identifikovali pri týchto troch spomínaných odvetviach.

Ak sa pozrieme na klastre a ich príspevok k celkovému nárastu na **Obr. 26**, môžeme pozorovať výrazne vyššie nárasty PH pri niektorých klastroch ako sú priemerné hodnoty. Napríklad klaster 4 v divízii *Chémia a plasty* prislúcha primárne farmaceutickým spo-



Obr. 26: Potenciál nárastu PH podľa klastrov: Potenciálny nárast PH (v %), Celkový súčet potenciálu zvýšenia v klastri je zobrazený veľkosťou bodu, Označenie je číslo klastru, Farebne označené sú klastre označujúce pozíciu v dodávateľskom reťazci pre AP, 2019

Zdroj: Vlastná kalkulácia, Finstat [23]

ločnostiam, ktoré majú na základe údajov InovecTech naozaj významný potenciál rastu OEE. Ďalej si môžeme všimnúť vplyv klastru 1 v *Strojárstve*. Tento klaster má na základe údajov najväčší potenciál nárastu, čo by mohlo byť dané očakávanou nižšou úrovňou aktuálnej OEE. Celkovo môžeme usúdiť, že menšie klastre majú mierne vyšší percentuálny potenciál ako väčšie klastre, čo môže byť dané zložením spoločností v klastroch. Najlepším príkladom je *Automobilový priemysel*. Napríklad OEM-ovia, ktorý síce majú menší potenciál percentuálneho rastu, majú veľmi vysoký absolútny potenciál. Naopak, spoločnosti v Tier 2 by mohli mať relatívne vysoký percentuálny nárast PH, avšak to nespôsobí až tak signifikantné absolútne zvýšenie celkového PH.

Priemyselné spoločnosti slovenských majiteľov by mohli zvýšiť generovanú PH o viac ako 450 mil. EUR, čo by tvorilo až takmer 40% zvýšenia PH celej priemyselnej výroby. To do istej miery kopíruje aj aktuálny pomer PH medzi jednotlivými krajinami pôvodu majiteľov.

Zvýšenie pridanej hodnoty sekcie priemyselnej výroby o 1,16 mld. EUR predstavuje

možný nárast celkového HDP Slovenska o 1,2%. Tento nárast zahŕňa len priamy efekt nárastu PH v priemyselnej výrobe. V skutočnosti by efekt zvýšenia pridanej hodnoty v priemysle mohol výrazne pomôcť aj rôznym dodávateľským spoločnostiam napojených na priemysel a vytvoriť ďalšiu pridanú hodnotu aj v iných sekciách ekonomiky. Nezanedbateľný vplyv majú aj štátne výdavky. Ak by sme predpokladali, že spoločnosti v priemysle by zvýšením svojej pridanej hodnoty výrazne zvýšili zisky alebo platy svojich zamestnancov, štát by dokázal na daniach a odvodoch zvýšiť svoje príjmy a následne aj výdavky, čím by vytvoril ďalšiu pridanú hodnotu v ekonomike. Na základe aktuálneho podielu vládnych výdavkov na HDP Slovenska na úrovni 40,9% [19] by efekt zvýšenia PH v priemysle mohol implikovať nárast HDP Slovenska až **o viac ako 2% HDP**. Samozrejme pripomíname, že je to horný odhad, nezohľadňujúci možné zníženie transferových cien s cieľom vyhnúť sa zdaňovaniu alebo premietnutie zvýšenej produktivity výroby do platov zamestnancov s časovým oneskorením. Ďalším faktorom by mohlo byť zníženie cien produktov z dôvodu efektívnejšej výroby, avšak predpokladáme, že to by znížilo vstupné náklady iným subjektom v ekonomike, čo by takisto pozitívne ovplyvnilo rast. Takisto tento výpočet nezohľadňuje časový faktor, teda rýchlosť implementácie a predpokladá, že spoločnosti utilizáciu zariadení zvýšia okamžite. V skutočnosti to nie je úplne možné, hoci príklady z praxe potvrdzujú relatívne okamžité výsledky [30].

Celý tento potenciálny nárast sme vytvorili zvýšením produkcie. Na mieste je teda otázka, či by zvýšenie PH nebolo možné dosiahnuť aj rozširovaním výrobných kapacít a zvyšovaním úrovne produkcie cez škálovanie. Samozrejme možné by to bolo, avšak rozdiel oproti zvyšovaniu produkcie pomocou zvýšenia OEE by bol výrazný, pretože to nevyžaduje investície do nových výrobných hál, strojov a zariadení. Takéto investície sa zvyčajne nedajú urobiť z mesiaca na mesiac a častokrát spustenie prevádzky a nastavenie procesov môže trvať roky. Zároveň nové investície do rozširovania kapacít vyžadujú novú pracovnú silu, ktorá v dnešnom období relatívne nízkej miery nezamestnanosti (6,7% [61]) je buď úplne nedostupná, alebo priveľmi drahá. Na druhej strane z pohľadu podnikov je návratnosť aktív relatívne nízka, teda spoločnostiam sa neoplatí investovať do rozširovania výroby. Ak by pomocou zvýšenia utilizácie vzrástla návratnosť aktív, spoločnosti by boli ochotné skôr investovať do nových výrobných kapacít, a teda efekt zvýšenia utilizácie na celkovú produkciu by sa ešte znásobil.

6.5 Ako by sa mohla zvýšiť ROA?

Rovnako ako pri kvantifikácii efektu zvýšenia utilizácie na zvýšenie PH a HDP, výpočet zvýšenia ROA založíme na navrhnutom modeli 6.4. Hodnota výrobných zariadení zostáva rovnaká aj po aplikovaní DPM a zvýšení utilizácie aktuálnych zariadení. Naopak rastie EBITDA, keďže rastie výsledok hospodárenia z hospodárskej činnosti vytvorený zvýšením produkcie.

Tabuľka 14: Modelový príklad spoločnosti: vplyv zvýšenia OEE na ROA

Ukazovateľ	Aktuálna hodnota	Hodnota po zvýšení utilizácie	Nárast
OEE	70%	77%	10%
Tržby	10 mil. EUR	11 mil. EUR	10%
Náklady na materiály a služby	7 mil. EUR	7,7 mil. EUR	10%
Osobné náklady	2 mil. EUR	2,08 mil. EUR	4%
EBITDA	1 mil. EUR	1,22 mil. EUR	22%
Hodnota zariadení	5 mil. EUR	5 mil. EUR	0%
ROA	20%	24,4%	22%

Zdroj: Vlastná kalkulácia

Na **Tab. 14** sme ukázali modelovú spoločnosť, ktorej ROA vzrastie o 4,4 p.b., čo predstavuje nárast o 22%. Tento príklad je uvedený len na ilustráciu a hodnoty sú modelové.

Na základe nášho modelu sme vypočítali agregátnu ROA pred zvýšením a po potenciálnom zvýšení utilizácie pre všetky divízie v priemyselnej výrobe samostatne. Výsledky sú zobrazené na **Tab. 15**.

Tabuľka 15: Potenciál rastu ROA: ROA a jej potenciálny rast podľa divízií, 2019

Divízia	Aktuálne ROA (v %)	Potenciálne ROA (v %)	Nárast (v p.b.)	Zmena (v %)
Automobilový priemysel	21.3	24.1	2.8	13
Drevo a papier	16.7	17.9	1.2	7
Elektrotechnika	28.1	33.6	5.5	20
Chémia a plasty	13.4	14.5	1.1	8
Kovovýroba a hutníctvo	14.6	18.1	3.5	24
Média, vydavateľstvá a kultúra	15.2	16.4	1.2	8
Odevy a obuv	30.8	38.5	7.7	25
Potravinárstvo	18.2	19.2	1.0	5
Stavebníctvo	16.6	17.9	1.3	8
Strojárstvo	26.7	33.1	6.4	24
Výroba - ostatné	21.5	23.7	2.2	10
Zdravotníctvo	22.0	26.0	4.0	18

Tabuľka 15: Potenciál rastu ROA: ROA a jej potenciálny rast podľa divízií, 2019 pokračovanie

Divízia	Aktuálne ROA (v %)	Potenciálne ROA (v %)	Nárast (v p.b.)	Zmena (v %)

Najvýraznejší nárast by sa potenciálne mohol prejaviť v divíziách *Strojárstvo, Kovovýroba a hutníctvo* alebo *Odevy a obuv*. Relatívne nižšie zmeny sa prejavili v divíziách, kde je väčšie zastúpenie spoločností s plynulou alebo kombinovanou výrobou. Na druhej strane divízia *Kovovýroba a hutníctvo* napriek kombinovanej výrobe v klastri 1, má potenciál nárastu ROA až o 23%. To môže byť dané práve zlým rokom 2019 pre tento klaster, teda zvýšenie EBITDA spôsobí výrazný percentuálny nárast.

Na základe výsledkov môžeme zhodnotiť, že implementácia DPM nezvýši len tvorbu pridanej hodnoty, produktivitu a efektivitu výroby, ale môže mať relatívne zásadný vplyv aj na ziskovosť spoločností resp. na návratnosť investícií do zariadení. To by mohlo zároveň stimulovať majiteľov spoločností do ďalších investícií a nárast PH by mohol byť ešte významnejší. Nárast ROA môže takisto do výraznej miery zvýšiť trhové ohodnotenie spoločností a mať pozitívny vplyv na ich celkovú finančnú kondíciu.

Záver

Považujúc priemysel za jeden zo základných pilierov slovenskej ekonomiky, nastoľuje sa požiadavka venovať zvýšenú pozornosť jeho vývoju a hľadať odpoveď na otázku, akým spôsobom by bolo možné naplno využiť jeho potenciál. Práve zavedenie digitalizácie do výroby môže byť jednou z možností na zvýšenie produktivity priemyslu a následne aj celej ekonomiky.

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce je odhad potenciálu rastu HDP Slovenska dosiahnuteľný zvýšením utilizácie výrobných zariadení pomocou digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti. Výsledky na základe získaných údajov poukazujú na to, že pri úplnom naplnení potenciálu digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti by HDP Slovenska mohlo zaznamenať nárast o viac ako 2 percentuálne body. Tento rast by bol dôsledkom výrazného nárastu utilizácie výrobných zariadení sprevádzaný rastom produkcie najmä v automobilovom priemysle, kovovýrobe a hutníctve a strojárstve (kapitola 6). Zároveň sme ukázali, že implementácia digitálneho riadenia výkonnosti by priniesla efekt aj samotným spoločnostiam formou zvýšenej návratnosti výrobných zariadení (v priemere o viac ako 3p.b. ročne), čím by mohol vzniknúť nový impulz pre navýšenie investícií do ďalšej automatizácie výroby spoločností.

Na základe uvedených výsledkov možno konštatovať, že implementácia digitálnych nástrojov zberu dát a riadenia výkonnosti v rámci výroby umožňuje výrobným spoločnostiam bez potreby výrazných investícií zvýšiť produkciu. Ďalším benefitom, ktorý zatraktívňuje zavedenie moderných technológií do procesu výroby je zvýšenie návratnosti aktív, čo môže spôsobiť nárast trhového ohodnotenia spoločností a zároveň mať pozitívny vplyv na ich celkovú finančnú situáciu. Niet pochýb o tom, že technológie môžu výrazne prispieť k rastu produktivity a preto je dôležité, aby sa prepojil sektor informačných technológií so spracovateľským priemyslom. Veríme, že podpora doteraz neexistujúceho vzdelávania industriálneho inžinierstva by mohla stimulovať implementáciu digitálneho riadenia výkonnosti a dopomôcť realizácii nami odhadovaného zvýšenia produktivity.

Prvá, úvodná kapitola, je venovaná teoreticko-metodologickým otázkam spojeným s výkladom základných využívaných metrík a pojmov. V druhej kapitole sa zameriavame na prezentáciu a deskripciu využívaných zdrojov údajov a ich úpravu. V tejto časti práce sa sústred'ujeme aj na predstavenie metodiky navrhnutého formulára, ktorý bol zdro-

jom poskytnutých kvalitatívnych údajov o 44 spoločnostiach zo slovenského priemyslu. V ďalšej časti práce navrhujeme segmentáciu spoločností do jednotlivých skupín za pomoci využitia klastrovej analýzy. Jej cieľom je prepojenie internej databázy InovecTech s.r.o. o hodnotách OEE pre desiatky slovenských priemyselných spoločností s databázou spoločností od Finstatu, zahŕňajúcou viac ako 85% pridanej hodnoty tvorenej v priemysle. Nasledujúca kapitola popisuje aktuálny stav tvorby pridanej hodnoty v jednotlivých divíziách a klastroch priemyslu, pričom sa nám podarilo identifikovať pozitívny vzťah medzi vnímanou mierou automatizácie spoločností s tvorbou pridanej hodnoty na zamestnanca teda produktivitou. Tento poznatok je konzistentný s našimi celkovými výsledkami a prehĺbuje vnímanú potrebu ďalšej automatizácie výrobných spoločností s cieľom dosiahnutia vyššieho rastu v nasledujúcich rokoch. V piatej kapitole predstavujeme model odhadu skutočnej hodnoty výrobných zariadení pomocou dvoch rôznych prístupov, pričom oba prístupy dospeli k podobným výsledkom. Pomocou syntézy navrhnutých modelov sme následne odhadli skutočnú hodnotu zariadení pre celý priemysel a prezentovali ich distribúciu medzi jednotlivých divíziách priemyslu. Zároveň v tejto kapitole prezentujeme súčasnú úroveň miery návratností výrobných zariadení v priemysle na úrovni divízií aj klastrov. V záverečnej, šiestej kapitole prezentujeme model výpočtu zvýšenia utilizácie výrobných zariadení a jej vplyv na potenciálny rast HDP a návratnosť zariadení. Táto kapitola prezentuje aktuálnu úroveň OEE aj potenciály zvýšenia OEE v rámci jednotlivých divízií a klastrov. Výsledky takisto ukazujú, že spoločnosti nemerajúce OEE si pravdepobne neuvedomujú resp. uvedomujú skutočné straty ich výrobných zariadení len minimálne, čo umocňuje potrebu využívania metrík riadenia výroby.

Za hlavný prínos práce považujeme odhad potenciálu rastu HDP dosiahnutý implementáciou DPM. Vďaka prepojeniu dostupných zdrojov údajov a komplexnosti využívanej databázy je ďalším prínosom práce predstavený ucelený pohľad na aktuálnu utilizáciu výrobných zariadení v priemysle. Zároveň sa predkladaná práca ponúka aj ako východisko pre ďalšie klastrové analýzy s cieľom zahrnúť sofistikovanejšie metódy strojového učenia. Využívané údaje spoločnosti Finstat vhodne doplnené internými databázami spoločnosti InovecTech ponúkajú širokú škálu možných pohľadov. Možno konštatovať, že ide o pomerne unikátny súbor údajov, i v medzinárodnom meradle, ktorý by bolo vhodné využiť aj pre objavovanie ďalších vzťahov, napríklad pri odhadovaní hodnoty strojov.

Zoznam použitej literatúry

[1] Abdulmalek, F.A. et al.: *A Classification Scheme for the Process Industry to Guide the Implementation of Lean*, Engineering Management Journal 8 (2006), 15-25

[2] Anderson, J.: *Determining Manufacturing Costs*, CEP 1 (2009), 27-31

[3] Anderson, M., Sohal, A.: *A study of the relationship between quality management practices and performance in small businesses*,International Journal of Quality and Reliability Management 16 (1999), 859-877

[4] Barton, J., Hansen, T.B, Pownall, G.: *Which Performance Measures Do Investors Around the World Value the Most—and Why?*, The Accounting Review 85 (2010), 753–789

[5] Baruch, Y., Holtom, B.C.: *Survey response rate levels and trends in organizational research*, Human Relations 61 (2008), 1139–1160

[6] Batumalay, K., Santhapparaj, A. S.: *Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Total Productive Maintenance (TPM) practices — A study across the Malaysian industries*, International Conference for Technical Postgraduates, Malaysia, 2009 ,dostupné na internete (21.4.2022): `https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5412049`

[7] Bolstad, W. M.: *Introduction to Bayesian Statistics*, Second edition, John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2007

[8] Brown, L.D., Caylor, M.L.: *Corporate governance and firm operating performance*, Review of Quantitative Finance and Accounting 32 (2009), 129–144

[9] Chen Y., Ali A.I.: *DEA Malmquist productivity measure: New insights with an application to computer industry*, European Journal of Operational Research 159 (2004), 239-249

[10] Clyde, M., et al: *An Introduction to Bayesian Thinking: A Companion to the Statistics with R Course*, učebné texty, Coursera, 2021, dostupné na internete (21.4.2022): `https://statswithr.github.io/book/index.html`

[11] Corrales, L.C et al.: *Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches*, Applied Sciences 10 (2020), 6469-6489

[12] Dieste, M et al.: *A systematic literature review regarding the influence of lean manufacturing on firms' financial performance*, Journal of Manufacturing Technology Management 32 (2021), 101–121

[13] Dunn, T.: *Manufacturing Flexible Packaging*, Wiliam Andrew, Oxford, 2009

[14] Eloot, K, Wang, S.: *The digital difference in measuring production performance*, McKinsey & Company, Shanghai, 2019, dostupné na internete (21.4.2022): https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/the%20digital%20difference%20in%20measuring%20production%20performance/the-digital-difference-in-measuring-production.pdf?shouldIndex=false

[15] Erumban, A.A.: *LIFETIMES OF MACHINERY AND EQUIPMENT: EVIDENCE FROM DUTCH MANUFACTURING*, Review of Income and Wealth 54 (2008), 237–268

[16] European Commission: *Nace Rev. 2: Statistical classification of economic activites in the European Community*, dostupné na internete (13.4.2022): https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF

[17] Eurostat: *Čo je HDP?*, dostupné na internete (20.4.2022): https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Beginners:GDP_-_What_is_gross_domestic_product_(GDP)%3F/sk

[18] Eurostat: *Gross domestic product, volumes*, dostupné na internete (11.4.2022): https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/teina011/default/table?lang=en

[19] Eurostat: *Total general government expenditure*, dostupné na internete (20.4.2022): https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tec00023/default/table?lang=en

[20] Färe, R. et al.: *Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries*, American Economic Review 84 (1994), 66-83

[21] Finančná správa Slovenskej republiky: *Zaradenie hmotného majetku do odpisovej skupiny a ročný odpis*, dostupné na internete (13.4.2022): `https://podpora.financnasprava.sk/304540-Zaradenie-hmotn%C3%A9ho-majetku-do-odpisovej-skupiny-a-ro%C4%8Dn%C3%BD-odpis-`

[22] Finstat: *O projekte*, dostupné na internete (11.1.2022): `https://finstat.sk/o-finstate`

[23] Finstat: *Databáza finančných údajov*, dostupné na internete (11.1.2022): `https://finstat.sk/databaza-financnych-udajov`

[24] Gower, J.C.: *A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties*, Biometrics 27 (1971), 857-871

[25] Hansen, R.C.: *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits*, Industrial Press, Inc., New York, 2001

[26] Harman, R.: *Multivariate Statistical Analysis*, učebné texty, FMFI UK, Bratislava, 2021, dostupné na internete (11.4.2022): `http://www.iam.fmph.uniba.sk/ospm/Harman/VSAp.pdf`

[27] Hedman, R., Subramaniyan, M., Almstrom, P.: *Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE*, Procedia CIRP 57 (2016), 128-133

[28] Hertenstein, J.H et al: *The Impact of Industrial Design Effectiveness on Corporate Financial Performance* , Journal of Product Innovation Management 22 (2005), 3 - 21

[29] Hlaing, K.P, Pourjalali, H.: *Economic Reasons for Reporting Property, Plant, and Equipment at Fair Market Value by Foreign Cross-Listed Firms in the United States*, Journal of Accounting, Auditing & Finance 20 (2011), 1 - 20

[30] IHCI: *Digital Performance Management*, dostupné na internete (24.4.2022): `https://ihci.sbf.org.sg/self-help-portal/i4.0-application-guides/digital-performance-management/discover`

[31] Investopedia: *Compound Annual Growth Rate (CAGR)*, dostupné na internete (21.4.2022): `https://www.investopedia.com/terms/c/cagr.asp`

[32] Investopedia: *Return on Assets (ROA)*, dostupné na internete (21.4.2022): `https://www.investopedia.com/terms/r/returnonassets.asp`

[33] Inštitút finančnej politiky: *Kalkulačka hodnoty automobilov*, dostupné na internete (21.4.2022): `http://www.institutfinancnejpolitiky.sk/kalkulacky/aut/index.php`

[34] Jain, A.K., Murty, M.N., Flynn, P. J.: *Data Clustering: A Review*, ACM Computing Surveys 31 (1999), 264-323

[35] Janková, K., Pázman, A.: *Pravdepodobnosť a štatistika*, FMFI UK, Bratislava, 2011

[36] Jonnson, P., Lesshammar. M.: *Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE*, International Journal of Operations and Production Management 19 (1999), 55–78

[37] Jeong, K.Y., Phillips, D.: *Operational efficiency and effectiveness measurement*, International Journal of Operations & Production Management 21 (2001), 1404-1416

[38] Kaufman, L., Rousseeuw, P.J.: *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2009

[39] Keegan, M.Ch.: *Analysis of overall equipment effectiveness(OEE) within different sectors in different Swedish industries*, diplomová práca, Mälarden University Sweden, Eskilstuna, Sweden, 2014, dostupné na internete (21.4.2022): `http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:903747/FULLTEXT01.pdf`

[40] Keřkovský, M.: *Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vydání*, C. H. Beck, Praha, 2009

[41] Lasi, H., et al.: *Industry 4.0*, Business & Information Systems Engineering 6 (1998), 239–242

[42] Ljungberg, O.: *Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities*, International Journal of Operations and Production Management 18 (1998), 495-507

[43] Lyons A.Ch. et al.: *Developing an understanding of lean thinking in process industries*, Production Planning and Control 24 (2011), 1-20

[44] Matuský, T.: *Komparácia vykazovania dlhodobého hmotného majetku v účtovnej závierke zostavenej podľa jednotlivých nadnárodných úprav účtovníctva*, Ekonomika a informatika 17 (2019), 50-62

[45] Muchiri, P., Pintelon, L.: *Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion*, International Journal of Production Research 46 (2008), 3517-3535

[46] Nakajima, S.: *Introduction to TMP*, Productivity Press: Portaland, OR, USA, 1988

[47] Nič, M., Slobodník, M., Šimečka, M.: *Slovakia in the EU: An Unexpected Success Story?*, Komentár 6 (2014), Nemecká spoločnosť pre zahraničnú politiku, dostupné na internete (24.4.2022): `https://dgap.org/system/files/article_pdfs/2014_06_dgapanalyse_slovakia_www_final.pdf`

[48] OECD: *Glossary of Industrial Organisation Economics and Competition Law*, dostupné na internete (21.4.2022): `http://www.oecd.org/dataoecd/8/61/2376087.pdf`

[49] OECD: *Glossary of statistical terms*, dostupné na internete (13.4.2022): `https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2839`

[50] Opatrenie 23054/2002-92: *ÚPLNÉ ZNENIE OPATRENIA Ministerstva financií Slovenskej republiky zo 16. decembra 2002 č. 23054/2002-92, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o postupoch účtovania a rámcovej účtovej osnove pre podnikateľov účtujúcich v sústave podvojného účtovníctva*, Ministerstvo financií Slovenskej republiky, Bratislava, 2002

[51] Opatrenie MF/23377/2014-74: *OPATRENIE Ministerstva financií Slovenskej republiky z 3. decembra 2014 č. MF/23377/2014-74, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o individuálnej účtovnej závierke a rozsahu údajov určených z individuálnej účtovnej závierky na zverejnenie pre veľké účtovné jednotky a subjekty verejného záujmu*, Ministerstvo financií Slovenskej republiky, Bratislava, 2014

[52] ORSR: *Obchodný register*, dostupné na internete (13.1.2022): https://www.orsr.sk/

[53] Pedersen, T., Thomsen, S.: *European Patterns of Corporate Ownership: A Twelve-Country Study*,Journal of International Business Studies 28 (1997), 759–778

[54] Prepjak, P.: *Automobilový priemysel Slovenskej republiky a pohľad na čistú mobilitu*, prezentácia, Zväz automobilového priemyslu SR, Brno, 2018, dostupné na internete (13.4.2022): https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/OPZPUR-Prepiak-201812112.pdf 1338-6123

[55] Preťo, J.: *Pridaná hodnota, kde si?*, komentár, Ministerstvo Hospodárstva SR, Bratislava, 2019, dostupné na internete (13.4.2022): https://www.economy.gov.sk/uploads/files/6bv03TEM.pdf 1338-6123

[56] Register účtovných závierok: *Účtovná závierka spoločnosti Slovalco, a.s.*, dostupné na internete (11.4.2022): https://www.registeruz.sk/cruz-public/domain/financialreport/attachment/7661058

[57] Reynold, A.P. et al.: *Clustering Rules: A Comparison of Partitioning and Hierarchical Clustering Algorithms*, Journal of Mathematical Moddelling and Algorithms 5 (2006), 475-504

[58] Slovenská agentúra pre rozvoj investícií a obchodu: *Automobilový priemysel*, prezentácia , 2012, dostupné na internete (24.4.2021): https://www.sario.sk/sites/default/files/content/files/automobilovy_priemysel_0.pdf

[59] Striteska, M.: *Key Features of Strategic Performance Management Systems in Manufacturing Companies*, Procedia - Social and Behavioral Sciences 58 (2012), 1103 - 1110

[60] Swenson, D.L.: *Tax Reforms and Evidence of Transfer Pricing*, National Tax Journal 54 (2001), 7-25

[61] Štatistická databáza Štatistického úradu Slovenskej republiky: *Databáza DATACUBE*, dostupné na internete (11.4.2022): http://datacube.statistics.sk

[62] Štatistický úrad Slovenskej republiky: *Štatistická klasifikácia ekonomických činností SK NACE Rev. 2*, dostupné na internete (11.4.2022): https://data.gov.sk/dataset/5201

[63] World Economic Forum: *Fourth Industrial Revolution: Beacons of Technology and Innovation in Manufacturing*, White paper, 2019, dostupné na internete (14.4.2022): http://www3.weforum.org/docs/WEF_4IR_Beacons_of_Technology_and_Innovation_in_Manufacturing_report_2019.pdf

[64] World Economic Forum: *Global Lighthouse Network: Reimagining Operations for Growth*, White paper, 2021, dostupné na internete (21.4.2022): https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/the%20digital%20difference%20in%20measuring%20production%20performance/the-digital-difference-in-measuring-production.pdf?shouldIndex=false

[65] Zákon č. 595/2003 Z. z. o dani z príjmov

[66] Zuashkiani, A., Rahmandad, H., Jardine, A.K.: *Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management*, Journal of Quality in Maintenance Engineering 17 (2011), 74-92