

2021

ROČNÍK 12

ČÍSLO 3

# LOGOS POLYTECHNIKOS

V Š P

J

Vysoká škola  
polytechnická  
Jihlava

Vážené čtenářky, vážení čtenáři,

letošní třetí číslo časopisu Logos Polytechnikos obsahuje kromě již tradičních ekonomicko-matematických příspěvků i témata související s rozvojem informačních a komunikačních technologií (ICT). Ačkoli to většina příspěvků explicitně neuvádí, spojitost s některými aktuálními problémy či souvislost s vlivem pandemie COVID-19 na chod podniků a rozvoj ICT je více než zřejmá. Část příspěvků se tak věnuje finančnímu zdraví firem z oblastí ubytování, stravování či stavebnictví, tj. odvětvím, která byla krizí značně zasažena. Nechybí zde ani ekonometrický pohled na spotřebu a investice zemí V4. Zvýšený zájem o ICT je patrný jak z článků věnovaných problematice rozvoje mobilních aplikací či chytrých zařízení pro sport, tak i z oblastí zaměřených na výrobní logistiku či zvyšování konkurenceschopnosti firem prostřednictvím rozvoje ICT.

Věřím, že i v době, kdy pandemie a opatření s ní spojená ovlivňují veškeré dění, si najdete čas na přečtení a zamyšlení se nad uvedenými tématy. Doufám, že zde naleznete i pozitivní informace pro další rozvoj vědy a výzkumu.

**Ing. Martina Kuncová, Ph.D.**  
vedoucí Katedry ekonomických studií  
Vysoká škola polytechnická Jihlava

# OBSAH / CONTENTS

---

4

## **ŠANCE A RIZIKA FENOMÉNU BRAIN DRAIN**

CHANCES AND RISKS OF THE BRAIN DRAIN PHENOMENON

Eliška Nacházellová

16

## **POSOUZENÍ NEBEZPEČÍ ÚPADKU PODNIKU S VYUŽITÍM TESTŮ PŘEDLUŽENOSTI A BANKROTNÍCH MODELŮ**

FINANCIAL HEALTH OF CZECH ENTERPRISES WITH A FOCUS ON THE ACCOMMODATION, CATERING AND HOSPITALITY SECTOR

Lenka Lízalová, Petra Kozáková

34

## **HODNOCENÍ STAVEBNÍCH PODNIKŮ V OBDOBÍ KRIZE ČESKÉHO STAVEBNICTVÍ**

EVALUATION OF CONSTRUCTION COMPANIES IN THE PERIOD OF CRISIS IN THE CZECH CONSTRUCTION INDUSTRY

Jaroslav Jánský, Simona Činčalová

56

## **MILNÍKY TRHU CHYTRÝCH NOSITELNÝCH ZAŘÍZENÍ PRO SPORT**

MILESTONES OF THE MARKET FOR SPORT WEARABLES

Jakub Novotný

67

## **SPOTŘEBA A INVESTICE. PŘÍPADOVÁ STUDIE ZEMÍ V4.**

CONSUMPTION AND INVESTMENT. CASE OF V4.

Václava Pánková

80

## **FLOW SHOP SYSTÉMY AKO NÁSTROJ VÝROBNEJ LOGISTIKY**

FLOW SHOP SYSTEMS AS A TOOL OF PRODUCTION LOGISTICS

Ivan Brezina, Juraj Pekár

98

## **THE EFFECTS OF INFORMATION SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES AS A KEY FACTOR IN INCREASING THE COMPETITIVENESS OF COMPANIES**

EFEKTY INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ AKO KLÚČOVÝ FAKTOR ZVYŠOVANIA KONKURENCIESCHOPNOSTI PODNIKOV

Vladimír Bolek

116

## **INDOOR NAVIGATION MOBILE APPLICATION IN THE COLLEGE BUILDING**

MOBILNÍ APLIKACE PRO NAVIGACI V BUDOVĚ ŠKOLY

Marek Musil

# ŠANCE A RIZIKA FENOMÉNU BRAIN DRAIN

ELIŠKA NACHÁZELOVÁ  
UNIVERZITA JANA EVANGELISTY  
PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM



## ABSTRAKT

Fenomén brain drain se nyní řadí k aktuálním problémům v řadě zemí po celém světě. Přináší ztráty nejen ekonomické, ale i sociální, a to jak z pohledu celospolečenského, tak podnikového. Nabízíme vhled do této situace prostřednictvím přehledové studie, ve které shrnujeme možné šance a rizika mobility kvalifikovaných pracovníků a vysokoškolských studentů. V první části se zaměříme na aktuální situaci ve světě a jakých států se migrace týká z pohledu brain drain nebo brain gain. V druhé části poznamenáváme šance a rizika z obecného hlediska a zmiňujeme několik států, kde je tento fenomén na výrazném vzestupu nebo se s ním země už dlouhodobě potýkají. Ve studii se věnujeme i funkci migrace vzhledem k urbanizaci, sociálním, vědeckým a obchodním sítím. Diskuse obsahuje různé pohledy na danou problematiku, ale i na brain waist, který je patrný u pracovníků z východních zemí. Na závěr doporučujeme směr dalšího výzkumu.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

Brain drain, brain gain, migrace, pracovní mobilita, vysoce kvalifikovaní pracovníci

## ÚVOD

**M**ezi aktuální problémy, které řeší celá řada zemí, je odchod kvalifikovaných pracovníků do zahraničí. Tento fenomén bývá označován jako „brain drain“. Přináší ztráty nejen ekonomické, ale i sociální, a to jak z pohledu celospolečenského, tak podnikového. Tyto negativní dopady se týkají ale pouze trvalé migrace. V případě dočasné migrace je možné hovořit o opačném efektu („brain gain“/„brain circulation“), tj. pokud se kvalifikovaní pracovníci po určité době vrátí do své země původu, přináší zpravidla know how a získané zkušenosti. Dochází tak ke zhodnocení lidského kapitálu.

Boulding zformuloval tezi, ve které se budoucnost zakládá na růstu vědění, kde „základem velkého přechodu k postcivilizační společnosti je věda“ (Petrušek, 2006, s. 249). Teze je ale potvrzena pouze za předpokladu, že si budou všichni vědomi možných hrozeb, kterých se následně vyhnou. Hrozbou je zde myšlena hrozba technologická (bez stabilní vysoké životní úrovně) nebo například hrozba ve formě intelektuálního zaostávání, kde pracovníci nemají ve své zemi dostatečný stimul k inovacím nebo k vědecké tvořivosti.

Guellec a Cervantes (2002) použili termín „znalostní ekonomika“ či Daugélienė a Marcinkevičienė (2009) „éra znalostně založené ekonomiky“ pro trend, kdy ekonomika čím dál více závisí na vysoce kvalifikovaných lidech. Lidský kapitál je zásobou dovedností a talentů, která se projevuje na vzdělané a kvalifikované pracovní síle v daném regionu (Čuhlová a Potužáková, 2017).

## SITUACE BRAIN DRAIN VE SVĚTĚ

**N**a fenomén brain drain upozorňuje celá řada studií (Petroff, 2016; Bălan a Olteanu, 2017; Korobkov a Zaionchkovskaia, 2012; Muthanna a Sang, 2018). S kvalifikovanými pracovníky odchází do zahraničí i investice do jejich vzdělání (ekonomické ztráty země) a zároveň tito lidé odchází z místního trhu práce (ztráta pro zaměstnavatele). V některých zemích fenomén brain drain působí značné těžkosti, protože ze země odchází velký počet vzdělaných lidí. Největší podíl vzdělaných migrantů (42 %–55 %) tvoří podle nejnovějších dat lidé narození (vzestupně) v Rusku, na Ukrajině, zemích Beneluxu, VB, Norsku, na Islandu, ve Švédsku, Francii a v Bělorusku (d’Aiglepierre, 2020).

Při porovnání podílů těchto vzdělaných migrantů z let 2000/1 a 2015/16 zjišťujeme problém i u dalších zemí, kde se podíl za těchto 15 let zvýšil až dvojnásobně (tabulka 1). Ze zemí střední a východní Evropy se tento problém silněji dotýká např. Slovenska (Lipovská a Fischer, 2015) nebo Ukrajiny (Semiv a Hvozdoých, 2012). V jižní Evropě se odliv mozků týká i Itálie či Španělska (Bartolini, Gropas a Triandafyllidou, 2017).

**Tab. 1:** Evropské země s nejvyšším nárůstem vysoce vzdělaných migrantů mezi lety 2000/1–2015/16, seřazeno vzestupně

Země původu	Počet migrantů 15+, 2000/1 (mil.)	Z toho terciárně vzdělaných v letech 2000/1 (%)	Počet migrantů 15+, 2015/16 (mil.)	Z toho terciárně vzdělaných v letech 2015/16 (%)
Německo	3,1	28,3	3,5	41,3
Irsko	0,8	26,3	0,7	39,3
VB	3,2	34,7	3,7	47,7
Norsko	0,1	34,3	0,1	48,0
Itálie	2,7	11,4	2,3	25,5
Francie	1,1	33,8	1,6	50,5
Ukrajina	1	26,1	1,8	44,9
Slovensko	0,4	13,1	0,4	33,2
Španělsko	0,8	18,4	0,9	39,2
Bělorusko	0,2	26,3	0,3	54,1

Zdroj: vlastní zpracování dle OECD (n.d.) a d'Aiglepierre (2020)

Uvedme si opačný případ, a tím jsou nejčastější destinace pro tyto migranty v rámci zemí OECD. Uvedená data odpovídají celkovému počtu migrantů s terciárním vzděláním a jsou známa pro roky 2015/2016, tedy nejnovější dostupné údaje ve srovnání s roky 2000/1 (tabulka 2).

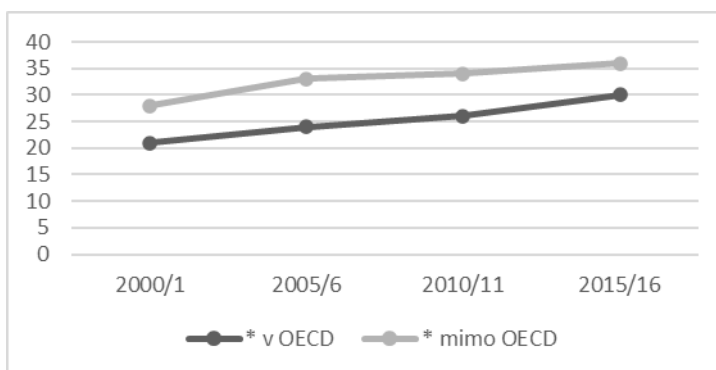
**Tab. 2:** Země s nejvyšším podílem vysoce kvalifikovaných imigrantů ve věku 15+ v zemích OECD, vývoj v letech 2000/1–2015/2016

Země pobytu	Počet imigrantů 15+, 2000/1 (mil.)	Terciárně vzdělaných v letech 2000/1 (%)	Počet imigrantů 15+, 2015/16 (mil.)	Terciárně vzdělaných v letech 2015/16 (%)
Kanada	5,4	38,0	7,7	59,5
Izrael	1,8	40,0	1,7	49,3
Austrálie	3,9	25,8	5,8	47,4
Lucembursko	0,1	21,7	0,2	45,8
Irsko	0,3	41,1	0,7	43,9
Spojené království	4,5	34,8	8,1	42,1

Zdroj: vlastní zpracování dle d'Aiglepierre (2020) a Arslan et al. (2014)

Podle vývoje z let 2000/1 až 2015/16 migrace vysoce vzdělaných migrantů stále roste, a to jak migrantů z OECD zemí, tak i mimo ně (obr. 1). Naproti tomu migrace lidí s nižším vzděláním klesá (d'Aiglepierre, 2020).

**Obr. 1:** Podíl vysoce vzdělaných migrantů v letech 2000/1–2015/16 (%)



Pozn.: \*=narození

Zdroj: vlastní zpracování dle d'Aiglepieire (2020, s. 21)

Z realizovaných výzkumů je zřejmé, že do určité míry se problematika brain drain týká značného počtu zemí. Limity této přehledové studie jsou v zabývání se pouze několika zeměmi a jejich konkrétními přístupy. Ne všechny přístupy jsou použitelné pro ostatní země, které mají specifické požadavky. Nicméně se domníváme, že použitý výčet možných přístupů je dobrým začátkem pro další země, které buďto tento fenomén ještě nezačali řešit nebo u nich dosavadní přístupy nefungují. Pro popis situace jsme zvolili studie ze zemí, které mají dlouhodobě problémy nebo se u nich v posledních letech migrace značně zvýšila.

## ŠANCE A RIZIKA MOBILITY

Oborníci se snaží zjistit jak pozitivní, tak negativní dopady fenoménu brain drain. Mezi významné autory, kteří přispěli k řešení problematiky se řadí například Eftimov a Ristovska (2019) a dále i Brzozowski (2008), který tvrdí, že migrace kvalifikovaných pracovníků nemusí být z dlouhodobého hlediska pro domácí zemi špatná. Taková migrace je dočasně považována za nejvýhodnější (Čuhlová a Potužáková, 2017). Pokud se kvalifikovaní migranti vracejí do domovské země a přenášejí své dodatečné znalosti, migrace neohrožuje růst rozvojových zemí a nenastává brain drain.

Obecně má imigrace podle Bălana a Olteana (2017), zejména týkající se populace v produktivním věku, příznivé účinky pro hostitelské země tím, že zvyšuje jejich potenciál pracovní síly, což do jisté míry kompenzuje nízkou účast domácího obyvatelstva na pracovním trhu. Země tím získá kvalifikovaného pracovníka bez nutnosti investice či úsilí do jeho vzdělání (Grecu a Titan, 2016). Na druhé straně nevýhodou imigrace podle Bălana a Olteana (2017) je skutečnost, že každý přistěhovalec vstupující do nové země je zároveň spotřebitelem a uživatelem všech druhů služeb a zboží. To má za následek vytvoření nové poptávky a případně i pracovních míst pro pracovníky, kteří v zemi chybí. Kromě toho je také v ohrožení kvalita vnitřní pracovní síly, která se v důsledku toho snižuje (Grecu a Titan, 2016).

Migrace má také vliv na urbanizaci. Tvar a rozloha města souvisí právě s demografickými změnami a vnitřním i vnějším pohybem migrantů (Viñuela a Fernández Vázquez, 2011). Při pozorování Španělska v letech 1988–2008 (Viñuela a Fernández Vázquez, 2011) migrace z periferií do center stále rostla. Výjimky se tvořily pouze po cca 5 letech, kdy migrace sice na chvíli poklesla, ale stále byla vyšší než migrace v opačném směru – z center na periferie. Ve městech jako je New York nebo Londýn představují imigranti přes třetinu obyvatelstva, v Bruselu přes polovinu (Bálan a Olteanu, 2017). Tak silné urbanizování způsobuje tlak mimo jiné na sociální strukturu města. Migrace se stává důležitějším faktorem pro populační růst a jeho struktury v městech než plodnost a úmrtnost (Bálan a Olteanu, 2017).

Z hlediska integrace a například i vzdělávacích příležitostí jsou neméně důležité sociální sítě (Bálan a Olteanu, 2017). Ty zesilují vazby jak mezi migranty samotnými, tak i mezi regiony či zeměmi, odkud pochází a kam se přestěhovali. V případě vytvoření vazeb se následně utvoří i kultura a sociální dynamika, díky které jsou migranti odolnější proti různým tlakům. V opačném případě by mohli migranti čelit překážkám jako je obtížné nalezení bydlení nebo možnost sociální podpory. Poté by byli vyloučeni ze společnosti a byli by zranitelnější. Takto mohou společně s rodnou zemí tvořit vědecké a obchodní sítě. Migrace může stimulovat obchod mezi vysílajícími a přijímajícími zeměmi, protože sítě přistěhovalců mají určité, pro ně známé, potraviny a kulturní produkty, díky kterým se zvyšuje dovoz z jejich domovské země (Čuhlová a Potužáková, 2017).

Korobkov a Zaionchkovskaia (2012) také zmiňují brain drain jako dobrý způsob navázání efektivních mezinárodních kontaktů a zároveň zapojení akademických pracovníků do intelektuálního trhu s vědou a znalostmi. Takový volný pohyb pracovníků lze považovat za důležitou dispozici pro rozvoj vědy. Pro rodnou zemi sice odchod pracovníků představuje riziko, ale zároveň i šanci na zajištění mezinárodních kontaktů mezi akademickou sférou bez finanční nebo organizační účasti vlády. Významným krokem je poté s těmito kontakty vytvořit mezinárodní akademické školy či pouze zařizování výměn studentů. Na globální úrovni vede vysoce kvalifikovaná migrace k vytvoření mezinárodních výzkumných a technologických uskupení, jako je například Silicon Valley nebo CERN (Čuhlová a Potužáková, 2017). Další výhodou pro rodnou zemi je i zajištění technologií a znalostí, které se vrací zpět společně s akademikem (Korobkov a Zaionchkovskaia, 2012). V případě, kdy pracovník zůstává trvale v cizí zemi nebo se vrátí až po dlouhé době, je často skutečnou výhodou zasílání remitencí svým rodinám.

## KVALIFIKOVANÍ PRACOVNÍCI

**D**ůležitou součástí pracovního migračního toku je podle Korobkova a Zaionchkovskoi (2012) intelektuální migrace ruských vědců. Ruská federace má širokou akademickou infrastrukturu – až 12 % výzkumných pracovníků na světě, a proto představuje ruský brain drain značný brain gain pro ostatní země.



U pracujících jedinců, kteří už založili rodinu dochází k nárůstu počtu bariér z pohledu „přesídlení“ celé rodiny a podřízení sociálního života podobě, kterou si vybral jeden člen rodiny. Takové závěry podporuje i studie (Reissová, Šimsová a Suchánková, 2019) provedená mezi českými studenty VŠ. Ti, co plánují rodinu během 3–5 let od dostudování, nejsou nakloněni stěhování jak do jiného kraje/regionu, tak ani do zahraničí.

Rozdílnosti panují i mezi dobou dojíždění. Jedná se o tzv. pendlery (přeshraniční pracovníky), kteří mají trvalé bydliště v jedné zemi, ale pracovní smlouvu mají v jiné zemi. Stejně tak mohou takoví pracovníci bydlet a pracovat v jedné zemi, avšak forma „pendlerství“ se u nich může objevit v rámci krajů, území jednoho státu. Takové rozhodnutí v rámci zemí může být pro rodnou zemi i přínosné, když se vezmou v úvahu jak ekonomické, tak sociální aspekty. Jedinec sice dostane mzdu za hranicemi, ale část výdělku může dostat i země, kde bydlí v podobě zajištění bydlení, nákupů, zábavy či útraty v restauračních zařízeních. Sociální aspekt může být například v podobě „svázání“ jedince s daným místem. Stěhování do jiné země pro něj nebylo do té doby východiskem a je šance, že se nebude jednat o trvalý brain drain.

## STUDENTI VYSOKÝCH ŠKOL

**E**U podporuje členské státy i takovými finančními výhodami, které neplynou pouze z evropských strukturálních nebo investičních fondů. Mobilitě totiž výrazně pomáhají tzv. komunitární programy, kde se EU podílí na spolufinancování mezi 40–75 % (Přichystal, 2008). Jde především o program Erasmus+, který spadá do této kategorie, a tím zlepšuje zaměstnatelnost prostřednictvím financování vzdělávání a odborné přípravy hlavně studentů. V roce 2019 poskytla EU celkem 3,4 miliardy EUR do celého programu (Přichystal, 2008). Většinou je to studium nebo praxe, co zvyšuje mobilitu mladých lidí.

Otázkou je, jak se změní financování v následujících letech vzhledem k pandemii. Už v letech 2018 a 2019 počet studentů vy/přijíždějících stagnoval. Čtvrtina výjezdů byla zrušena a více jak třetina studentů, kteří vyjeli, zaznamenali alespoň jeden velký problém vzhledem ke své mobilitě. Předpokládá se, že finance se budou snižovat, protože část mobility se mění na dálkovou formu, při které studenti neobdrží žádné granty z EU.

Kromě krátkodobého zahraničního pobytu skrze program Erasmus+, existuje i dočasná migrace studentů v podobě celého studia v zahraničí a získání mezinárodního diplomu. Ta představuje podle Grecu a Titana (2016) pro mladé lidi výhodu při ucházení se o práci v případě, že jsou porovnáváni s uchazečem, který nemá zahraniční pracovní nebo studijní zkušenosti. Obecně jsou vzdělaní migranti v cizí zemi odměňováni příležitostmi, které v jejich mateřské zemi nejsou k dispozici (Čuhlová a Potužáková, 2017).

Výzkum (Reissová, Šimsová a Suchánková, 2019) přiblížil situaci právě vysokoškolských studentů z Česka a Německa. Podle dat studenti nemají velký vztah ke svému městu či

kraji, ale naproti tomu mají vztah ke své vlasti. Mohlo by to tedy znamenat, že v případě odjezdu do zahraničí, je velká šance jejich návratu do vlasti. Překážkou pro ně není ani kulturní diverzita. Kulturních odlišností mezi Českem a jeho sousedy příliš není. Tudíž by se o tomto druhu bariéry dalo uvažovat spíše z pohledu vzdálenějšího přesunu či odlivu vzdělaných lidí, kdy se připojují i ekonomické a sociální bariéry.

Zmírnění zmiňovaných bariér by mohlo být možné prostřednictvím jevu anticipující socializace v rámci referenční společnosti (Petrušek, 2006). Ke společností jiné kultury se chtějí připojit lidé, kteří mají jasno v tom, že chtějí určitou dobu strávit v hostitelské zemi a vědí to již s předstihem. Země má svoje vzorce chování a normy, které by si měl migrant osvojit ještě před přestěhováním, tedy před tím, než se stane členem společnosti. Tato příprava neboli anticipující socializace může značně usnadnit proces samotné socializace v cizí zemi.

## POSTAVENÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Česká republika sice není jedna z těch zemí, která by zažívala prudký migrační nárůst ze země, ale s jejím 33% podílem vzdělaných lidí k celkovému počtu odcházejících lidí nepatří mezi země, které by tento problém nemusely řešit.

Na druhou stranu počet vysoce kvalifikovaných cizinců během posledních let v ČR výrazně vzrostl (ČSÚ, 2019), ačkoliv trend všech příjíždějících cizinců klesá. Je to výsledek pokračujícího zakládání poboček západních společností v České republice, které začaly již v 90. letech. Dalším dopadem je rostoucí atraktivita České republiky na základě rostoucí životní úrovně. V roce 2018 studovalo na českých vysokých školách celkem 44 846 cizinců převážně z EU (první tři země: Slovensko – 21 292, Německo – 829, Spojené království – 547). Mimo země EU studovalo v ČR nejvíce studentů z Ruské federace (5 782) a Ukrajiny (3 347).

Podíl vysoce kvalifikovaných osob stále zůstává menší než v případě místní pracovní síly (ČSÚ, 2019). Menší je i podíl absolventů VŠ cizího státního občanství (12,5 %) oproti celkovému počtu absolventů (68 550) vystudovalo na českých univerzitách 8 572 cizinců. Pokud chce Česká republika založit další ekonomický růst na znalostní ekonomice a inovacích, měla by se zaměřit na přilákání vzdělanějších cizinců nebo, v případě studentů, cizinců s touhou ke vzdělání na českých školách.

V případě Česka a Slovenska není pracovní migrace žádným problémem ve vztahu ke společné historii, sociálním a jazykovým podobnostem a také blízkosti obou zemí. Proto nemusí být problém ani vzdálenost od rodiny a migranti je mohou častěji navštěvovat (Lipovská a Fisher, 2015).

## DISKUSE

**P**etruska (2006) přirovnává multikulturní společnost k ideálu, kde je společnost spojena s představou harmonického soužití rozmanitých kultur s rozdílnou etnickou bází. Ty se navzájem obohacují v dialogu. Podobně to vnímají nadnárodní společnosti, které sdružují specializovaný mezinárodní pracovní kapitál. Bălan a Olteanu (2017) připomínají výsledky z konce 20. století, kdy se vysoce kvalifikovaní imigranti v mezinárodních společnostech považovali za zásadní složku. Stejný princip je uveden i v modernizační teorii od Parsonsa (Petrušek, 2006), kde jako jedna z premis pojednává o dynamizujících silách proměny společnosti, které představují vlastní elity nebo právě získaný zahraniční kapitál. Další z premis k utvoření moderní či industriální společnosti je „překonání dualistické ekonomiky a dualistické společnosti“ (Petrušek, 2006, s. 111), jinými slovy je důležitá koexistence jak moderních forem, tak i těch tradičních.

Avšak brain drain negativně postihuje růstový potenciál země. Tato hrozba je větší u málo rozvinutých zemí, kde migrace převyšuje optimální míru (Bălan a Olteanu, 2017). Z pohledu daní je brain drain jasnou ztrátou, tím víc, když stát dotuje vzdělání někoho, kdo poté odejde za lepšími příležitostmi. Země není schopná se rozvíjet v řadě odvětví, když většina jejích odborníků odchází. Například může být znatelný rozdíl v technologiích, které země nemůže kvůli nedostatku IT odborníků přijmout. Naopak cílové země z tohoto přesunu odborníků těží.

Podobným negativním efektem, je efekt sociální, při kterém jsou následně zhoršené podmínky v sociální, školské nebo zdravotní oblasti, kdy nedostatek kvalifikovaných pracovníků ovlivňuje občany daných zemí (Bălan a Olteanu, 2017).

Přítomný je také jev, kdy sice první země přichází o kvalifikovaného pracovníka, ale hostitelská země ho „nevyužije“ v podobě brain gain. Podle Grecu a Titana (2016) se jedná o situaci, kdy člověk v rodné zemi pracuje na pozici vyžadující vysokoškolské vzdělání, ale v hostitelské zemi pracuje na pozici bez potřeby zmiňované kvalifikace. Semiv a Hvozdoých (2012) jev označili jako brain waist. Absolvent není schopen najít adekvátní pracovní pozici ve své zemi a nemůže tak využít získané znalosti a dovednosti. Je poté nucen odejít do jiného státu, kde ale neakceptují dosažené vzdělání a musí často vykonávat podřadnou práci. Často se ale stává, že tato práce je ohodnocena vyšší mzdou než v rodné zemi. Hrozí zde velké riziko zapomenutí či minimální rozvoj svých znalostí. V tomto případě se po návratu do rodné země nestávají takovou oporou pro stát, jak by se očekávalo.

Poslední hrozbou, kterou zde zmíníme, je zvyknutí si na příchod kvalifikovaných lidí z jednoho konkrétního státu do druhého. Právě dříve zmiňované Slovensko patří mezi 10 evropských zemí, které se potýkají se značným nárůstem migrace (tab. 1). V případě, kdy si ČR zvykne na tento brain gain a země, kterých se týká brain drain zasáhnou vhodným programem k přilákání své elity zpět, může postupem času vzniknout nedostatek těchto pracovníků, ale i snížení počtu studentů v zahraničí. S takovým programem v podobě

grantu přišlo Ministerstvo školství na Slovensku (Lipovská a Fisher, 2015). Nicméně autoři zdůrazňují, že použitý grantový program přilákal pouze třetinu oslovených studentů. Vláda tak musí zlepšit nejen finanční stránku, ale musí zvažovat i ostatní možné vlivy jako je například reforma školství. Významnou roli ale hraje i celková atraktivita země.

## ZÁVĚR

Základním materiálem této přehledové studie byly české i zahraniční studie s rozmanitou metodologií, které nám dokládají aktuálnost a naléhavost fenoménu brain drain. Propojení názorů a zkušeností vícero zemí je důležitým prvkem pro všechny aktéry společnosti, kteří se snaží pochopit tento fenomén a zvrátit ho do podoby brain gain nebo alespoň k udržení svých kvalifikovaných pracovníků.

Zmírněním situace brain drain dostává stát dobrou zpětnou vazbu nejen v podobě udržení si svého domácího lidského kapitálu, ale i přilákáním toho nového. Každá země musí najít správné přístupy k úspěchu akumulace vysoce kvalifikovaných lidí, které povedou k udržení, a především rozvoji éry ekonomiky založené na znalostech.

Pro každou zemi je nutné data sbírat a analyzovat je. Poté bude vláda a s ní i univerzity schopny vytvářet priority a směřovat zdroje do hlavních oblastí výzkumu. Nové programy financování a rozsáhlé vládní úsilí dobře zapadají do rostoucího zájmu mnoha lidí o návrat do zemí původu. S tím ale vzniká možný problém z hlediska favorizování těchto navrátilců nad pracovníky, kteří nevyjeli ze země a celý dosavadní život pracují pro rodnou zemi.

Fenoménu se nelze zcela vyhnout, nicméně existuje řada strategií, které mohou výrazně zemím pomoci v podobě prevence brain drain nebo, jak bylo zmíněno, přesvědčit migranty k návratu do své země. Můžeme se inspirovat v mnoha zemích, které mají zkušenost v těchto strategiích a liší se kontinent od kontinentu. Pro další výzkum by proto bylo vhodné rozpoznat tyto strategie a jejich výhody a nevýhody s postupem času a zároveň se zaměřit na push a pull faktory, které ovlivňují na jedné straně pracovníky a na druhé studenty.

## POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ARSLAN, C. et al., 2014. A new profile of migrants in the aftermath of the recent economic crisis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* [online]. 160 [cit. 2.11.2021]. DOI: 10.1787/5jxt2t3nnjr5-en
- [2] BĂLAN, M. a OLTEANU, C., 2017. Brain drain in the globalization era: the case of Romania. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Economy Series*. 3, 26-35. ISSN 1844-7007.
- [3] BARTOLINI, L., GROPAS, R. a TRIANDAFYLLIDOU, A., 2017. Drivers of highly skilled mobility from Southern Europe: escaping the crisis and emancipating oneself. *Journal of Ethnic and Migration Studies* [online]. 43(4), 652-673 [cit. 23.6.2020]. ISSN 1469-9451. DOI: 10.1080/1369183X.2016.1249048
- [4] BRZOWSKI, J., 2008. Brain drain or brain gain? The new economics of brain drain reconsidered. *SSRN Electronic Journal* [online]. 10, 1-24 [cit. 20.3.2020]. ISSN 1556-5068. DOI: 10.2139/ssrn.1288043
- [5] ČSÚ, 2019. *Cizinci v ČR – 2019* [online]. [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/4-vzdelavani-cizincu-00hvg097q7>
- [6] ČUHLOVÁ, R. a POTUŽÁKOVÁ, Z., 2017. Highly qualified in the Czech Republic. *Journal of International Studies* [online]. 10(1), 159-172 [cit. 20.2.2021]. ISSN 2306-3483. DOI: 10.14254/2071-8330.2017/10-1/11
- [7] D'AIGLEPIERRE, R. et al., 2020. A global profile of emigrants to OECD countries: Younger and more skilled migrants from more diverse countries. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* [online]. 239 [cit. 13.2.2021]. ISSN 1815-199X. DOI: 10.1787/0cb305d3-en
- [8] DAUGĖLIENĖ, R. a MARCINKEVIČIENĖ, R., 2009. Brain drain problem in Lithuania: possible actions for its' solution via brain gain. *European Integration Studies*. 1(3). ISSN 2335-8831.
- [9] EFTIMOV, L. a RISTOVSKA, A., 2019. The role of human resource management in retaining talent: empirical analysis of youth in the Republic of North Macedonia. *Dynamic Relationships Management Journal* [online]. 8(1), 29-39 [cit. 20.5.2020]. ISSN 2350-367X. DOI: 10.17708/drmj.2019.v08n01a03
- [10] GRECU, M. a TITAN, E., 2016. Brain drain-brain gain, evidence from the European Union. *Journal of Applied Quantitative Methods*. 11(3), 61-69. ISSN 1842-4562.
- [11] GUELLEC, D. a CERVANTES, M., 2002. International mobility of highly skilled workers: From statistical analysis to policy formulation. *International mobility of the highly skilled* [online]. 18, 71-98 [cit. 20.4.2021]. ISBN 978-92-64196-08-7. DOI: 10.1787/9789264196087
- [12] KOROBKOV, A., V. a ZAIONCHKOVSKAIA, Z., A., 2012. Russian brain drain: Myths v. reality. *Communist and Post-Communist Studies* [online]. 45(3-4), 327-341 [cit. 20.5.2020]. ISSN 0967-067X. DOI: 10.1016/j.postcomstud.2012.07.012
- [13] LIPOVSKÁ, H. a FISCHER, J., 2015. Brain drain - brain gain: Slovak students at Czech universities. *Journal in Efficiency and Responsibility in Education and Science* [online]. 8(3), 54-59 [cit. 14.3.2021]. ISSN 1803-1617. DOI: 10.7160/eriesj.2015.080301

- [14] MUTHANNA, A. a SANG, G., 2018. Brain drain in higher education: critical voices on teacher education in Yemen. *London Review of Education* [online]. 16(2), 296-307 [cit. 14.3.2021]. ISSN 1474-8479. DOI: 10.18546/LRE.16.2.09
- [15] OECD, n.d. *Database on Immigrants in OECD and non-OECD Countries: DIOC: reference years 2000/01* [online]. [cit. 2.11.2021].  
Dostupné z: <https://www.oecd.org/els/mig/dioc.htm>
- [16] PETROFF, A., 2016. Reversing the brain drain: evidence from a Romanian brain networking organization. *International Migration* [online]. 54(5), 122-135 [cit. 20.5.2020].  
ISSN 1468-2435. DOI: 10.1111/imig.12268
- [17] PETRUSEK, M., 2006. *Společnost pozdní doby*. Praha: SLON. Knižnice Sociologické aktuality, 12. ISBN 978-80-86429-63-2.
- [18] PŘICHYSTAL, A., 2008. *Dotační management pro zastupitele obcí*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR. ISBN 978-80-87544-94-5
- [19] REISSOVÁ, A., ŠIMSOVÁ, J. a SUCHÁNKOVÁ, H., 2019. Brain drain – a threat or an opportunity? *Eurasian Studies in Business and Economics*. 15(2), 3-21. ISSN 0018-1560.
- [20] SEMIV, L. a HVOZDOVYCH, Y., 2012. The intellectual migration of the youth in Ukraine: the backgrounds for “brain circulation”. *Journal of International Studies*. 5(2), 72-81.  
ISSN 2306-3483.
- [21] VIÑUELA, A., a FERNÁNDEZ VÁZQUEZ, E., 2011. From the periphery to the core: direct and indirect effects of the migration of labour. *Springer* [online]. 32, 1-18 [cit. 15.4.2021].  
ISSN 0018-1560. DOI: 10.1007/s10037-011-0059-5

# CHANCES AND RISKS OF THE BRAIN DRAIN PHENOMENON



## ABSTRACT

The brain drain phenomenon belongs to current issues in a series of countries around the entire world. It causes not only economic losses, but also social, from both a society-wide and a business perspective. We provide insight into this matter through a research study, which summarizes possible chances and risks when it comes to the mobility of qualified workers and university students. In the first part, we focus on the current situation in the world and on the countries which are affected by migration in relation to brain drain or brain gain. In the second section, we note the chances and risks from a general point of view and we mention several countries, where this phenomenon is on the rise or countries that have been struggling with it for a long time. In the study, we also focus on the function of migration with regard to urbanization, social, scientific, and business networks. The discussion includes various views on the issue at hand, and simultaneously on brain waste, which is evident in workers from eastern countries. In conclusion, we suggest the direction of further research.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

Ing. Eliška Nacházelová  
Univerzita Jana Evangelisty Purkyně  
v Ústí nad Labem  
Fakulta sociálně ekonomická  
Moskevská 54  
400 96 Ústí nad Labem  
e-mail: eliska.nachazelova@gmail.com

## KEYWORDS:

Brain drain, brain gain, migration, labour mobility, highly qualified workers

# POSOUZENÍ NEBEZPEČÍ ÚPADKU PODNIKU S VYUŽITÍM TESTŮ PŘEDLUŽENOSTI A BANKROTNÍCH MODELŮ

LENKA LÍZALOVÁ  
VYSOKÁ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ  
JIHLAVA

PETRA KOZÁKOVÁ  
VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ  
V PRAZE

## ABSTRAKT

Článek pohlíží na test předluženosti a využití bankrotních modelů jako prostředky k posouzení finančního zdraví podniků a odhalení nebezpečí jejich úpadku. Oba nástroje představují souhrn znaků, které obvykle předznamenávají finanční potíže v podniku a které lze snadno vyčíst z údajů rozvahy. Údaje o více než sto tisících českých podniků za rok 2018 vychází z databáze Bisnode MagnusWeb, jsou podrobeny rozvahovým testům předluženosti a porovnány s klasifikačním výkonem čtyř bankrotních modelů. Výsledky v celém sledovaném souboru odhalily téměř pětinu podniků, které nesplnily ani jeden ze tří rozvahových testů předluženosti, a asi čtvrtinu podniků, které alespoň dva predikční modely hodnotí jako ohrožené bankrotem. Odvětvím, které vykazuje nejhorší výsledky v oblasti finančního zdraví, je Ubytování, stravování a pohostinství, ve kterém u téměř 2/3 podniků byly zaznamenány potíže. Ze všech výsledků lze shrnout, že na případném úpadku se podílí zejména vysoká zadluženost, nízká likvidita, to vše obvykle doprovázeno nízkou nebo zápornou rentabilitou celkového kapitálu.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

finanční zdraví, úpadek, insolvence, rozvahový test, bankrotní model



## ÚVOD

**1** . 1. 2021 vešla v účinnost nová úprava Zákona o obchodních korporacích (dále jen ZOK), která stanovuje zvláštní povinnosti členů statutárních orgánů. Ti musí v případě hrozícího úpadku konat příslušné kroky.

Podle § 68 ZOK může člen statutárního orgánu ručit za splnění povinností obchodní korporace v úpadku, pokud v rozporu s péčí řádného hospodáře neučinil za účelem odvrácení hrozícího úpadku vše potřebné a rozumně předpokládatelné, ačkoliv věděl nebo měl a mohl vědět, že obchodní korporace je v hrozícím úpadku. Obdobně se uplatní i na osobu v obdobném postavení člena statutárního orgánu i na vlivnou a ovládající osobu.

Insolvenční zákon zmiňuje povinnost člena statutárního orgánu dlužníka podat insolvenční návrh bez zbytečného odkladu poté, co se dozvěděl nebo při náležitě pečlivosti měl dozvědět o úpadku dlužníka.

Podle § 40 ZOK platí zákaz člena statutárního orgánu vyplatit zisk, nebo jiné prostředky z vlastních zdrojů, nebo na ně vyplácet zálohu, pokud by tím přivodil obchodní korporaci úpadek.

V § 62 ZOK nalezneme povinnost vydat prospěch ze smlouvy o výkonu funkce a jiný prospěch za období 2 let zpět před právní mocí rozhodnutí o úpadku.

V § 63 ZOK pojednává o vyloučení člena statutárního orgánu obchodní korporace, který byl ve funkci v době rozhodnutí o úpadku nebo po něm nebo jehož jednání k úpadku zřejmě přispělo, z výkonu funkce.

Novela ZOK, která právě vešla v účinnost, tedy klade zvýšené požadavky na členy statutárního orgánu např. při rozhodování o provedení výplaty podílů na zisku. Současně podléhá rozhodování členů statutárního orgánu obecné povinnosti jednat s péčí řádného hospodáře a pravidlu podnikatelského úsudku, a to i v jiných situacích, které jsou pro další ekonomické fungování obchodní korporace neméně důležité.

Koncept základního kapitálu nezohledňuje, zda současný existující majetek je dostačující k pokrytí současných existujících dluhů obchodní korporace, a to bez ohledu na jejich splatnost. Testy insolvence tak představují jeden ze základních stavebních kamenů ochrany věřitelů společnosti a v konečném důsledku i jednotlivých akcionářů a členů statutárních orgánů korporace.

## TESTOVÁNÍ INSOLVENCE V PŘÍPADĚ HROZÍCÍHO ÚPADKU

**P**rzeczek (2020) k testům insolvence jako nástroji ochrany věřitelů uvádí: „Dá se tedy říci, že právě využívání testů insolvence představuje v současnosti nejvýznamnější alternativu a protiváhu systému základního kapitálu“, dále autor k insolvenčním testům vysvětluje: „Cílem tohoto nástroje je zaměřit se na stěžejní zájem z pohledu věřitelů obchodní korporace, tj. zda bude i po provedení výplaty prostředků svým společníkům nadále schopná uhradit jejich pohledávky ve lhůtě splatnosti a nedostane se do situace úpadku.“

Kislingerová (2013) zmiňuje, že úpadek je definován českou legislativou jako výsledek podnikatelského procesu, který zabraňuje efektivnímu chodu podniku. Příčinou takového stavu může být neschopnost hradit své krátkodobé závazky z důvodu nedostatečné likvidity nebo může jít o předlužení či obojí najednou. O insolvenční se hovoří jako o platební neschopnosti nebo v přímém spojení s insolvenčním řízením. Abhiman Das (2020) připomíná, že bankrotní zákony jsou nedílnou součástí kapitalistického systému.

Margret (2002) uvádí, že judikatura odkazuje na dva základní testy platební neschopnosti. Heaton (2019) doporučuje jednoduché zjišťování insolvence testem solventnosti, ve kterém vyžaduje pouze podmínku, že tržní hodnota aktiv se rovná součtu tržní hodnoty dluhu firmy plus tržní hodnoty vlastního kapitálu. Ram (2021) zdůrazňuje mezinárodní zkušenosti s uplatňováním obou testů v duchu efektivního řešení dluhů. Shpak (2019) poznamenává, že spolehlivost metod používaných při hodnocení pravděpodobnosti platební neschopnosti je klíčovým faktorem v efektivitě sledování finanční stability organizace. Finanční stabilitu, označující finanční rovnováhu, lze přitom vnímat schopnost podniku být solventní a plnit své finanční závazky řádně a včas (Kuběnka, 2015). Batrancea (2021) zmiňuje nutnost sledovat finanční rovnováhu v krátkodobém (ukazatele likvidity) i dlouhodobém (ukazatele solventnosti) horizontu.

Lukášová (2013) konstatuje: „Počátky blížící se krize by měl být management podniku schopen rozpoznat od nejnižších úrovní, tedy testem likvidity a testem předlužení.“

Český právní řád rozlišuje dvě základní formy úpadku, na které lze aplikovat dva testy insolvence:

- 1) Test likvidity (cash flow test) pro úpadek ve formě platební neschopnosti
- 2) Test rozvahový (balance sheet test) pro úpadek ve formě předlužení

## TEST LIKVIDITY

Z pohledu tohoto testu je klíčové, aby byla obchodní korporace schopná hradit své dluhy tak, jak postupně nastává jejich splatnost. Nejedná se přitom pouze o schopnost uhradit stávající dluhy k okamžiku provedení testu, ale o predikci, zda tomuto požadavku bude schopna dostát i v budoucnu.

Tato forma testu dokáže, na rozdíl od testu předluženosti, zohledňovat otázku splatnosti jednotlivých dluhů obchodní korporace a vychází zároveň z budoucího očekávaného cash flow, čímž je brána v úvahu také dostatečná likvidita majetku.

## TEST PŘEDLUŽENOSTI

Pro testování předluženosti se obvykle ověřují následující vztahy:

- Zda má podnik vlastní majetek vyšší hodnoty, než je celkový objem všech závazků (splatných i nesplatných).
- Zda je součet výsledků hospodaření v běžném období a v minulém období (jde o výsledek hospodaření minulých let) kladný nebo záporný.
- Zda má podnik vlastní kapitál vyšší než základní kapitál (toto kritérium se obvykle používá pro a. s., při rozhodování o výplatě zisku, jiných vlastních zdrojů nebo záloh na výplatu zisku, kterým by si společnost přivodila úpadek, tedy jako ochrana věřitelů na základní kapitál).

## CÍLE ZKOUMÁNÍ

Článek vnímá odhalení nebezpečí úpadku společnosti jako aktuální a nezbytnou součást finančního řízení právnických osob. Finanční potíže, vedoucí k úpadku společnosti, jsou obvykle signalizovány určitými znaky, potažmo údaji z rozvahy, které tvoří současně základ jak testu předluženosti, tak bankrotních modelů. Článek tedy hodnotí finanční zdraví a možnost odhalení nebezpečí podniků na základě těchto nástrojů.

Jak je vidět z výše uvedených podmínek, aplikace testu předluženosti vychází z dat rozvahy. Lze tedy pro tyto testy použít pracovní označení „rozvahové testy“.

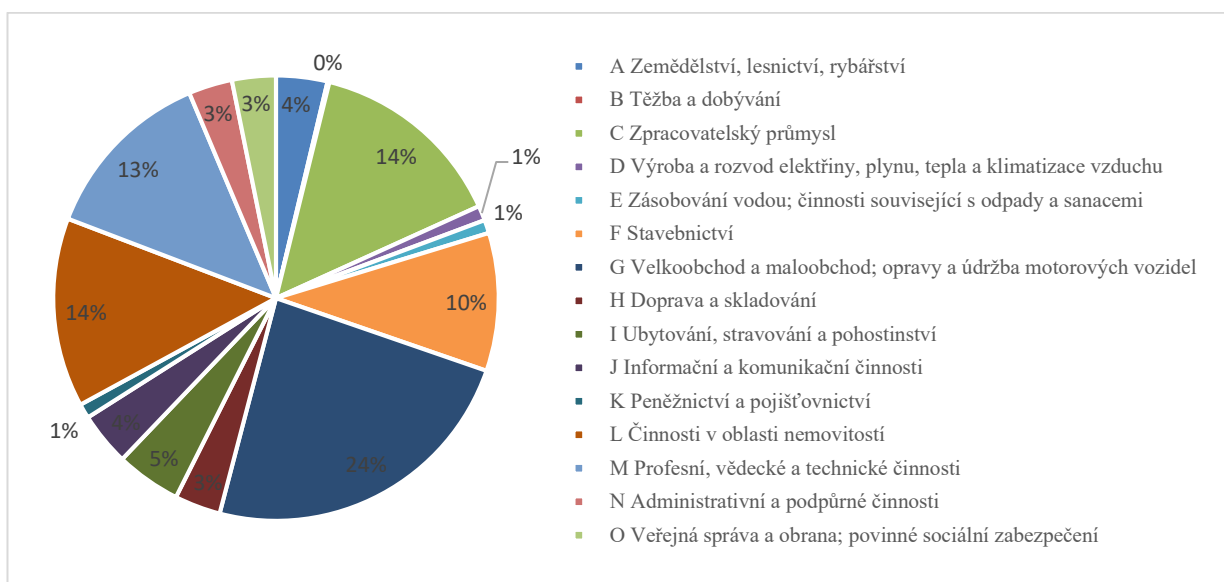
Zmapujeme finanční zdraví českých podniků, resp. nebezpečí jejich úpadku, na základě tří rozvahových testů a bankrotních modelů a vyhodnotíme četnost výskytu potíží u jednotlivých podniků. Pro účely takového hodnocení se jeví využití jednoho sledovaného období (2018) jako dostačující. Pro zkoumání finančního zdraví jsme vytyčily následující cíle:

- I. Použitím rozvahových testů ověříme finanční zdraví podniků.
- II. Stejný vzorek porovnáme s klasifikací čtyř bankrotních modelů.
- III. Srovnáme výsledky testů napříč odvětvími národního hospodářství.
- IV. Vytipujeme sektor s největšími problémy v oblasti finančního zdraví.

## DATA

Zdrojem dat pro testování finančního zdraví českých podniků byla databáze Bisnode MagnusWeb, která čerpá informace z účetních závěrek podniků. Údaje o obchodních společnostech v jednotlivých sekcích odvětví (dle klasifikace NACE) za rok 2018 byly nejprve zpracovány v MS Excel, detailní statistická analýza byla provedena za pomoci statistického a analytického softwaru IBM SPSS. Celkem (po očištění) byly ve zkoumaném souboru k dispozici údaje o 102 993 podnicích ze všech sektorů národního hospodářství. Následující obrázek 1 představuje zastoupení jednotlivých sektorů ve zkoumaném souboru. Nejčetněji je zastoupeno odvětví G Velkoobchod a maloobchod (24 %), následně sektory L, M a F. Ostatní sektory P až U nejsou v souboru zastoupeny.

**Obrázek 1:** Sektory národního hospodářství ve zkoumaném souboru



Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb pomocí software SPSS

Použity byly pouze informace z podniků, u kterých byly k dispozici kompletní údaje potřebné k našemu testování.

## METODY

V rekognoscaci finančního zdraví podniků můžeme vycházet pouze z údajů účetních závěrek tak, jak jsou dostupné z veřejně dostupných zdrojů (tedy ve sbírce listin Obchodního rejstříku). Informace o splatnosti závazků nejsou veřejně k dispozici, proto regulérní test likvidity nelze na naší databázi aplikovat. Jak uvádí Pechmannova partners (2015): „...pro testování likvidity je potřeba ověřit, zda má podnik závazky po splatnosti 30 (popřípadě 90) dní, a pokud ano, zda je schopen je plnit...“. Údaje pro korektní test likvidity tedy nemůžeme získat náhledem do výkazů. S vědomím omezené vypovídací schopnosti lze, pro naše účely, použít ukazatel běžné likvidity, který bude jen hrubým sítem a odhalí nejproblematictější případy.

Za účelem ověření finančního zdraví podniků jsou zvoleny **tři rozvahové testy** (cíl I). Veškeré údaje pro testování předluženosti lze vyčíst z údajů účetních závěrek. Z dostupných dat byly stanoveny následující tři rozvahové testy:

**Test 1.** Zkoumání, zda majetek (A) dosahuje vyšší hodnoty, než je celkový objem všech závazků (Zav).

Nastavily jsme excelovský vzorec  $KDYŽ(A>Zav;"OK";"NOK")$

**Test 2.** Ověření, zda je součet výsledků hospodaření v běžném období (VHbezobd) s výsledky hospodaření minulých let (VHminobd) kladný.

Nastavily jsme excelovský vzorec  $KDYŽ(VHbezobd+VHminobd>0;"OK";"NOK")$

**Test 3.** Určení, zda má podnik vlastní kapitál (VK) vyšší než základní kapitál (ZK).

Nastavily jsme excelovský vzorec  $KDYŽ(VK>ZK;"OK";"NOK")$

Finanční zdraví, a současně nebezpečí úpadku, lze rovněž predikovat využitím bankrotních modelů, založených na soustavě poměrových ukazatelů, jimž je dána konkrétní váha. K posouzení rizika úpadku (cíl II) jsme využili čtyři **bankrotní modely**: Zmijewského model, Altmanův původní model Z' score a Altmanův revidovaný model Z'' score a pro české podmínky vytvořený model manželů Neumaierových IN05.

- Pro účely našeho zkoumání jsme použily následující formule. Altmanovo Z' score, upravené pro podmínky, kdy akcie nejsou kotované na kapitálovém trhu.

$$Z' = 0,717x_1 + 0,847x_2 + 3,107x_3 + 0,420x_4 + 0,998x_5$$

Platí, že:

$x_1$  = čistý pracovní kapitál/celková aktiva

$x_2$  = nerozdělený zisk/celková aktiva

$x_3$  = EBIT/celková aktiva

$x_4$  = vlastní kapitál/cizí kapitál

$x_5$  = tržby/celková aktiva

Je-li výsledné  $Z'$  score  $>$  nebo  $= 1,2$ , podniku nehrozí bankrot a je označen přívlastkem „OK“. Je-li výsledné score  $< 1,2$ , podniku hrozí bankrot a je označen „NOK“. Ve skupině podniků neohrožených bankrotem („OK“) se tak nachází i podniky, které spadají do tzv. šedé zóny, tzn., že jejich situace není přímo vyhraněná. Tento předpoklad platí i v dalších použitých bankrotních modelech.

- Altmanovo  $Z''$  score je doporučováno pro neamerické nevýrobní podniky. Od předchozího modelu  $Z'$  score se liší vahami dílčích poměrových ukazatelů a vyloučením ukazatele  $x_5$ .

$$Z' = 6,56x_1 + 3,26x_2 + 6,72x_3 + 1,05x_4$$

Je-li výsledné  $Z''$  score  $>$  nebo  $= 1,1$ , podnik je vnímán jako finančně zdravý ne s nevyhraněnou pozicí a je označen přívlastkem „OK“. Je-li výsledné score  $< 1,1$ , podniku hrozí bankrot a je označen „NOK“.

- Zmijewského model je založený na logitové regresi. Celkové skóre  $P$  pak udává pravděpodobnost, s jakou podniku hrozí bankrot.

$$P = 1 / (1 + e^{-X})$$

$$X = -4,803 - 3,599x_1 + 5,406x_2 - 0,1x_3$$

Platí, že:

$x_1$  = EAT/aktiva

$x_2$  = cizí zdroje/aktiva

$x_3$  = oběžná aktiva/krátkodobé cizí zdroje

Je-li výsledné skóre  $P > 0,5$ , podnik je považován za ohrožený bankrotem a je označen jako „NOK“, v opačném případě podniku hrozí menší než 50% pravděpodobnost úpadku a je označen jako „OK“. S rostoucím ukazatelem  $X$  roste celkové skóre  $P$ .

- Model IN05 je vnímán jako nejvhodnější pro podniky na území ČR.

$$IN05 = 0,13x_1 + 0,04x_2 + 3,97x_3 + 0,21x_4 + 0,09x_5$$

Platí, že:

$x_1$  = aktiva/cizí kapitál

$x_2$  = EBIT/nákladové úroky

$x_3$  = EBIT/aktiva

$x_4$  = výnosy/aktiva

$x_5$  = oběžná aktiva/krátkodobé závazky

V případě, že podnik nevykazuje nákladové úroky, je ukazatel  $x_2=9$ . Je-li výsledné skóre  $IN05 >$  nebo  $= 0,9$ , zdraví podniku je hodnoceno jako dobré nebo nevyhraněné a podnik je označen přívlastkem „OK“. Je-li výsledné skóre  $< 0,9$ , podniku hrozí bankrot a je označen „NOK“.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

**R**ozvahové testy (tj. testy předluženosti), stejně jako bankrotní modely, byly aplikovány na 102 993 podnicích všech odvětví národního hospodářství ČR. Připomeňme, že podniky, hodnocené jako úspěšné či bez nebezpečí bankrotu, jsou označeny zkratkou OK, zkratka NOK upozorňuje na problém v dané oblasti.

### FINANČNÍ ZDRAVÍ POHLEDEM ROZVAHOVÝCH TESTŮ

Rozvahové testy slouží k odhalení úpadku firmy ve formě předlužení. Tabulka 1 sumarizuje tyto rozvahové testy a vyhodnocuje absolutní a relativní počet podniků, které daná kritéria splňují (OK) či nesplňují (NOK).

**Tabulka 1:** Výsledky rozvahových testů

	(A > Zav)		(VHbezobd + VHminobd > 0)		(VK > ZK)	
	Počet	Procenta	Počet	Procenta	Počet	Procenta
<b>OK</b>	83329	80,9	66174	64,3	72704	70,6
<b>NOK</b>	19664	19,1	36819	35,7	30289	29,4
<b>Total</b>	102993	100,0	102993	100,0	102993	100,0

Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb pomocí software SPSS

Nejlepší výsledky jsme zaznamenaly u testu 1, který zkoumal, zda má podnik majetek vyšší než závazky. Necelých 20 % podniků napříč všemi odvětvími vykazuje záporný

vlastní kapitál, což vyplývá z podstaty testu. Závazky mohou převýšit celkový majetek pouze za předpokladu, že záporné výsledky hospodaření běžného období i minulých let jsou již vyšší než ostatní vlastní kapitál.

Nejvíce problémů jsme zachytily u testu 2, který ověřuje kladné výsledky hospodaření v běžném období a v minulých letech. Více než třetina podniků tímto testem neprošla. V souvislosti s prvním testem lze říci, že více než polovina takto testovaných podniků již není schopna pokrýt celkový záporný výsledek hospodaření z ostatních vlastních zdrojů a činnost podniku tak financuje převážně zdroji cizími. Na druhou stranu téměř polovina sledovaných podniků v roce 2018 ještě vykazuje kladný vlastní kapitál. V tomto případě pouze dodejme, že kumulovaný záporný výsledek hospodaření v daném roce nemusí nutně předznamenávat finanční potíže podniku.

Výše provedené testy signalizují také počet negativních výsledků testu 3, který ověřoval, zda má podnik vlastní kapitál vyšší než základní kapitál. Z detailního pohledu do databáze je zřejmé, že záporné výsledky hospodaření spolu s minimálními tvořenými fondy, způsobují, že tímto testem neprošlo více než 29 % podniků. Skutečnost může být podpořena také eventuální tendencí společností s ručením omezeným vytvářet základní kapitál na nižších úrovních. V takovém případě není nemožné, že záporné výsledky hospodaření sníží úroveň vlastního kapitálu až pod úroveň kapitálu základního. Bez ohledu na úroveň zadluženosti těchto společností je zřejmé, že společníkům se ve 29 % sledovaných společností nevrátí vstupní vklad. Opět v souvislosti s prvním testem se ukazuje, že v 65 % takových podniků společníkům ani nestačí jejich základní kapitál a tvořené fondy na úhrady veškerých ztrát (tyto podniky vykazují záporný vlastní kapitál).

Dalším logickým krokem je zjištění četnosti výskytu potíží u jednotlivých pozorování. Pro tyto účely byly všechny tři rozvahové testy v aplikaci SPSS kódovány hodnotou 0 = OK a hodnotou 1 = NOK. Tak byla vytvořena nová proměnná *suma test*, která informuje o počtu negativních výsledků testování jednotlivých podniků. U bezproblémových podniků proměnná nabývá hodnoty 0 a v druhém extrému, s negativním výsledkem u všech tří testů, pak proměnná nabývá hodnotu 3. Výsledky tohoto pozorování uvádí tabulka 2.

**Tabulka 2:** Výsledky kategorie SUMA rozvahové testy

	Počet	Procenta
<b>0</b>	65571	63,7
<b>1</b>	7378	7,2
<b>2</b>	10738	10,4
<b>3</b>	19306	18,7
<b>Total</b>	102993	100,0

Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb



Četnosti výskytu potíží, určených na základě rozvahových testů, odhalují, že téměř 2/3 sledovaných podniků lze považovat za finančně zdravé. Při tomto typu testování předluženosti pak přibližně 7 % podniků nespĺňuje kritérium jednoho rozvahového testu. Lze předpokládat, že podniky vykazují zápornou sumu výsledků hospodaření v minulém a běžném období. Znovu podotkneme, že tato skutečnost nemusí nutně předznamenávat úpadek společnosti. Zejména, jde-li o situaci, kdy podniky začínají kladnými výsledky hospodaření snižovat ztrátu minulých let. Další přibližně 3 % z těchto podniků pak porušují další pravidlo, tj. dochází k situaci, kdy základní kapitál je vyšší než vlastní kapitál. Z celkového sledovaného vzorku pak téměř pětina podniků neprošla ani jedním ze tří rozvahových testů. Takovým podnikům lze pak přisoudit úpadek nebo nebezpečí úpadku.

## FINANČNÍ ZDRAVÍ POHLEDEM BANKROTNÍCH MODELŮ

**B**ankrotní modely jsou přímo vytvořeny pro potřebu rychlého odhadu finančních potíží a rizika bankrotu podniku. Tabulka 2 ukazuje, že měřítka většiny ze 4 zvolených modelů jsou přísnější, než tomu bylo u rozvahových testů. To je způsobeno skutečností, že bankrotní modely zahrnují působení více faktorů, resp. oblastí finančního hospodaření. S výjimkou Zmijewského modelu je přibližně 34 až 40 % podniků hodnoceno jako ohrožených bankrotem. To významně převyšuje procento podniků (necelých 19 %), které nespĺňují žádný ze tří rozvahových testů.

**Tabulka 3:** Výsledky bankrotních modelů

	Z'skóre		Z'skóre		Zmijewski		IN05	
	Počet	Procenta	Počet	Procenta	Počet	Procenta	Počet	Procenta
<b>OK</b>	67430	65,5	61770	60,0	96172	93,4	62719	60,9
<b>NOK</b>	35563	34,5	41223	40,0	6821	6,6	40274	39,1
<b>Total</b>	102993	100,0	102993	100,0	102993	100,0	102993	100,0

Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb pomocí software SPSS

Modely Z'skóre a IN05 označily nejvíce podniků jako podniky bankrotující. Podle nich přibližně 40 % podniků vykazuje potíže, které by mohly vést k bankrotu. Překvapivě málo citlivý na potíže se, s přihlédnutím k výsledku ostatních testů, jeví Zmijewského model. Podrobnější analýzy jednotlivých modelů dále ukazují, že v případě obou Altmanových modelů je tendence k bankrotu ovlivněna především špatnými výsledky poměru čistého pracovního kapitálu k celkovým aktivům. Podniky tendující k bankrotu dle indexu IN05 se vyznačují vysokou zadlužeností, resp. nízkým poměrem aktiv a cizích zdrojů. Na příliš vysokou zadluženost, jako zásadní potíže vedoucí k případnému bankrotu, ukazuje i Zmijewského model. Předpokládejme, že výsledná pravděpodobnost bankrotu je tím vyšší, čím vyšší je proměnná X, složená z konstanty a poměrových ukazatelů. Právě ona konstanta má rovněž významný vliv na celkovou proměnnou X a lze konstatovat, že díky tomu se výsledné procento podniků označených jako „NOK“ liší.

Vyjděme z výsledků tabulky 3 s omezením se pouze na skóre Z'', Zmijewski a IN05, jakožto modifikované zástupce tří doporučovaných modelů (Altman, Zmijewski, Index Neumaierových IN). Následující tabulka 4 ukazuje, že 54 % podniků je současně všemi aplikovanými bankrotními modely hodnoceno jako podniky finančně zdravé. Pro tyto účely byly výsledky bankrotních modelů v aplikaci SPSS kódovány hodnotou 0 = OK a hodnotou 1 = NOK. Takto byla vytvořena nová proměnná SUMA test, která informuje o počtu negativních výsledků testování jednotlivých podniků, kdy u bezproblémových podniků proměnná nabývá hodnoty 0 a v druhém extrému s negativním výsledkem u všech tří bankrotních modelů pak proměnná nabývá hodnotu 3. Dále vidíme, jak se postupně mění počet podniků, které jsou hodnoceny jedním až všemi třemi modely jako náchylné k bankrotu. Všechny modely se shodují v negativním hodnocení pouze u necelých 5 % podniků, což je způsobeno velmi kladným hodnocením podniků Zmijewského modelem. Vždy dva modely se shodují na nebezpečí bankrotu pro daný podnik ve čtvrtině případů. Zde lze očekávat shodu zejména Altmanova skóre a indexu IN05.

**Tabulka 2:** Výsledky kategorie SUMA bankrotní testy

	Počet	Procenta
<b>0</b>	55721	54,1
<b>1</b>	16553	16,1
<b>2</b>	26052	25,3
<b>3</b>	4667	4,5
<b>Total</b>	102993	100,0

Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb pomocí software SPSS

Výsledky z výše uvedených tabulek nejsou optimistické, z našich pozorování plyne, že jen dvě třetiny podniků prošlo rozvahovými testy jako finančně zdravé. U zbývajících třetiny byl alespoň jeden z testů negativní, přičemž téměř pětina podniků neobstála ani u jednoho ze tří testů. Tři zvolené bankrotní testy označily jako bezproblémové pouze polovinu podniků. Pět procent podniků neobstálo ve všech třech bankrotních testech.

## VÝSLEDKY ROZVAHOVÝCH TESTŮ A BANKROTNÍCH MODELŮ NAPŘÍČ ODVĚTVÍMI NÁRODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

**D**alším zkoumáním vyšlo najevo, která z odvětví národního hospodářství patří k odvětvím s nejhorsími výsledky. Následující histogramy v obrázcích 3 a 4 zobrazují četnost výsledného hodnocení „NOK“ v jednotlivých odvětvích. Je zřejmé, že nejhorší výsledek v obou testech vykazuje odvětví I Ubytování, stravování a pohostinství. Zejména z pohledu rozvahových testů předluženosti vykazuje tento sektor zcela nejhorší situaci. U žádného jiného odvětví průměrná hodnota proměnné SUMA rozvahový test nedosáhla hodnoty 2. Dalším problémovým odvětvím je sektor L Činnosti v oblasti nemovitostí. V měřítku bankrotních modelů je vhodné ještě zmínit odvětví D Výroba a rozvod

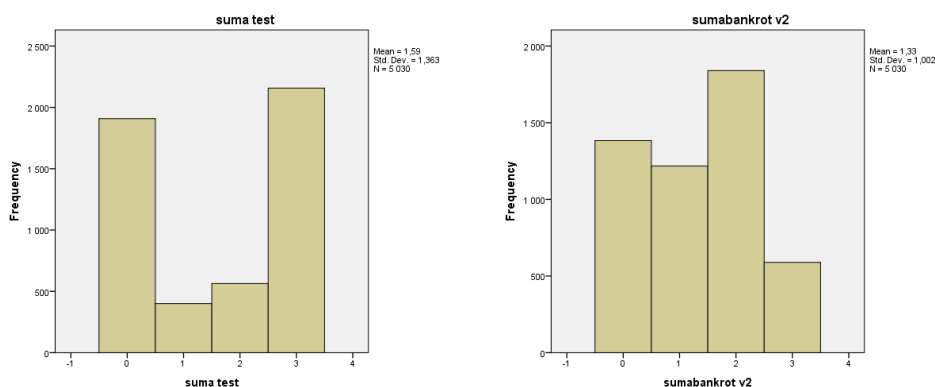
elektřiny, plynu, tepla a klimatizace vzduchu a K Peněžnictví a pojišťovnictví. V podnicích těchto sektorů vždy průměrně alespoň jeden model vyhodnotil nebezpečí bankrotu.

## REKOGNOSKACE SEKTORU S NEJVĚTŠÍMI PROBLÉMY V OBLASTI FINANČNÍHO ZDRAVÍ

Podniky v odvětví I Ubytování, stravování a pohostinství byly výše identifikovány jako podniky s nejhorsím finančním postavením. Taková pozice není zcela jednoznačná v rámci bankrotních modelů, nýbrž v rámci hodnocení předluženosti pomocí rozvahových testů. Obrázek 5 uvádí kumulativní počet podniků, které nesplnily v tomto odvětví současně jeden, dva až tři rozvahové testy. V druhé části obrázku je rovněž kumulativní počet podniků, které jsou hodnoceny predikčními modely jako ohrožené bankrotem.

Rozvahové testy předluženosti splňuje pouze 38 % podniků v sektoru. Postupně roste procento podniků, které nesplňují současně jeden, dva až všechny tři testy. Celkově všemi třemi rozvahovými testy neprošlo téměř 43 %. Výše uvedené skutečnosti poukazují na alarmující stav odvětví Ubytování, stravování a pohostinství, ve kterém počet podniků, jež neprošly ani jedním testem, převažuje nad počtem bezproblémových podniků. Bankrotní modely hodnotí jako zdravé asi 27,5 % podniků sektoru. I zde se však objevuje situace, kdy dva různé bankrotní modely považují téměř 37 % podniků za potenciálně bankrotní. Tři bankrotní modely už se shodují na negativním hodnocení pouze u necelých 12 % podniků odvětví.

**Obrázek 5:** Četnosti výskytu potíží obou testů v odvětví I - Ubytování, stravování a pohostinství



Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb pomocí software SPSS

Potíže odvětví potvrzují i základní ukazatele finanční analýzy, které jsme pro ověření výsledků propočítaly. V tabulce 5 níže uvádíme charakteristiky středních hodnot pro posouzení úrovně finančních poměrových ukazatelů za všechny podniky v souboru a za zkoumaný sektor Ubytování.

V odvětví Ubytování hodnota dlouhodobých zdrojů téměř pětinasobně překračuje hodnotu dlouhodobého majetku. V zásadě lze takový výsledek hodnotit jako kladný. Je ale zřejmé, že je nezbytné jej vnímat v širších souvislostech. Celková zadluženost v odvětví Ubytování přesahuje hodnotu 1,2, což značí, že podniky mají nepřiměřené dluhy. Ve společnostech s potenciálem bankrotu dokonce dluhy financují veškerý majetek i část záporného vlastního kapitálu. V celém sektoru lze současně odhalit přebytek dlouhodobých zdrojů, který je výsledkem nadměrného využívání dlouhodobých cizích zdrojů.

**Tabulka 5:** Střední hodnoty (medián) vybraných ukazatelů finanční analýzy v sektoru I Ubytování, stravování a pohostinství

	Zlaté pravidlo (DZ/DM)	Zadluženost (CZ/A)	Zadluženost VK (VK/CZ)	Běžná likvidita (OA/KCZ)
<b>Soubor všech podniků</b>	1,688	0,522	0,865	1,928
<b>Sektor ubytování</b>	4,628	1,245	-0,692	0,402

Zdroj: Vlastní zpracování dat z MagnusWeb pomocí software SPSS

Podobně neutěšená je situace s likviditou, dle které na každou 1 Kč krátkodobých závazků připadá pouze 0,4 Kč krátkodobého majetku. Jinými slovy z krátkodobých aktiv jsou podniky sektoru schopny pokrýt pouze 40 % krátkodobých závazků.

Zamyslíme-li se nad příčinami vymykajících se hodnot a zohledníme-li specifika odvětví Ubytování a stravování, možným zdůvodněním jsou nadměrné zásoby, které mohou podnikatelé v odvětví držet a tím snižují obrátku zásob. Nepřiměřená zadluženost a špatné výsledky hospodaření jsou však nezpochybnitelné. Troufáme si však odhadnout, že výsledky, jak jsou oficiálně předkládány ve sbírce listin (tedy pro potřeby výpočtu daně z příjmu), jsou provozovateli záměrně zkreslovány a že se část aktivit tohoto odvětví už tradičně odehrává v šedé ekonomice, ve které se tomuto typu podnikání mimořádně daří.

Nelze však zpochybnit potíže, které toto odvětví zasáhly v důsledku mimořádných opatření v letech 2020–2021. Koronakrize postihla nejsilněji právě sektor Ubytování a pohostinství a ekonomické dopady budou patrné až s odstupem času. Stav, ve kterém se odvětví nacházelo v roce 2018, tedy ještě před nástupem krize, každopádně nebyl příznivý. Český statistický úřad (2021) který publikuje aktuální informace o vývoji odvětví v 1. čtvrtletí 2021 uvádí: „V ubytování, stravování a pohostinství tržby klesly o 60,8 %“, lze tedy očekávat vlnu bankrotů v tomto odvětví. Autor Crespi-Cladera (2021) ve své studii predikuje, že 32 % především malých španělských podniků v pohostinství bude čelit finančním potížím, pokud tržby klesnou o 80 %. Shapoval a kol (2021) zkoumá dopady krize Covid-19 na pohostinství hned v několika zemích. Také Nehrebecka (2021)

konstatuje, že dopady COVID-19 zasáhla téměř všechna odvětví, obzvláště tvrdě pak podniky v odvětví zahrnující služby, tyto ztratí většinu svých příjmů a v budoucnu se jim tuto ztrátu nepodaří dohnat.

## ZÁVĚR

Inspirovány novou úpravou Zákona o obchodních korporacích, účinnou od 1. 1. 2021 a na základě Insolvenčního zákona, podle kterého musí statutární orgány podniku aplikovat nejen test likvidity, ale podpůrně také rozvahový test, autorky přistoupily k ověření finančního zdraví českých podniků a otestovaly rozvahovým testem 102 993 podniků, které poskytovaly všechny údaje potřebné k testování. Stejný vzorek podniků byl dále otestován také vybranými bankrotními modely, které mají rovněž schopnost posoudit finanční pozici podniku.

Z výše uvedeného pozorování plyne, že v celém národním hospodářství pouze dvě třetiny podniků vyšly z rozvahových testů předluženosti jako finančně zdravé, u zbývajících třetiny byl alespoň jeden z testů nepříznivý. Pětina podniků pak neobstála ani u jednoho ze tří rozvahových testů. Bankrotní modely pohlíží na finanční zdraví v širším měřítku a zohledňují více faktorů. Všechny zvolené modely se tak shodují na dobrém finančním zdraví u poloviny podniků ve sledovaném souboru. Další čtvrtinu podniků pak alespoň dva modely hodnotí vždy jako ohrožené bankrotem. Základní příčinou finančních potíží je vysoká zadluženost, způsobená nedostatečným nebo záporným výsledkem hospodaření a tím i klesající úrovní vlastního kapitálu. Své místo zde má i úvaha úrovně základního kapitálu. S ohledem na povinnost jeho tvorby nemusí základní kapitál představovat dostatečnou základnu pro to, aby podnik obstál v testech předluženosti. Ve skutečnosti nižší úroveň základního kapitálu naopak podporuje např. ROE, obrat aktiv atd. Jde však o ukazatele, které v testech předluženosti, ale i bankrotních modelech nemají takový důraz, jako právě otázka zadluženosti. V komparaci výsledků rozvahových testů předluženosti a bankrotních modelů lze konstatovat, že bankrotní modely pohlíží na finanční zdraví společností přísněji. Tedy i takové podniky, které splňují testy předluženosti, mohou mít, a některé skutečně mají, potíže v dalších oblastech finančního řízení. To potom vede pohledem bankrotních modelů k hodnocení podniků jako potenciálně bankrotujících.

Oba způsoby testování finanční stability odhalilo potíže v odvětví Ubytování, stravování a pohostinství, jehož výsledky byly za rok 2018 mimořádně nepříznivé. Přibližně 43 % podniků tohoto sektoru lze považovat za předlužené, 37 % podniků je pak hodnoceno alespoň dvěma modely jako ohrožené bankrotem. S ohledem na okolnosti z poslední doby, kdy toto odvětví nejsilněji postihla opatření související s koronavirem, která budou mít nepochybně zásadní ekonomické dopady, lze očekávat vlnu bankrotů v tomto rizikovém odvětví. Celý sektor ubytování se oproti celému zkoumanému souboru vyznačuje výraznou zadlužeností a velmi nízkou likviditou. Zejména podniky, označené jako bankrotující, pak vyvažují záporný vlastní kapitál cizími zdroji, logicky dosazují

záporné rentability celkového kapitálu, potýkají se s nízkou likviditou. Důsledkem toho je pak i odklad splácení závazků.

Každá ekonomická krize je z pohledu trhu očištná, proto lze doufat, že tento sektor uchopí krizi jako příležitost, ze které budou profitovat podnikatelé i zákazníci. Poučení, které by si podnikatelé mohli odnést z tohoto výzkumu, je pobídka k větší opatrnosti při financování podnikání a umírněnost při používání cizích zdrojů financování; to vše v situaci, kdy se podniku podaří generovat zisk.

## POUŽITÉ ZDROJE

- [1] BATRANCEA, L. 2021. *The Nexus between Financial Performance and Equilibrium: Empirical Evidence on Publicly Traded Companies from the Global Financial Crisis Up to the COVID-19 Pandemic*. *Journal of Risk and Financial Management* [online]. 14(5) [cit. 2021-8-27]. ISSN 1911-8074. Dostupné z: doi:10.3390/jrfm14050218
- [2] CRESPI-CLADERA, R. et al. 2021. *Financial distress in the hospitality industry during the Covid-19 disaster*. *Tourism Management* [online]. 85 [cit. 2021-8-27]. ISSN 02615177. Dostupné z: doi:10.1016/j.tourman.2021.104301
- [3] ČSÚ [Český statistický úřad]. *Služby - 1. Čtvrtletí. 2021*. [online]. 3. 5. 2021 [2021-08-05]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cris/služby-1-ctvrtleti-2021>
- [4] DAS, A. AGARWAL, A., JACOB J. et al. 2020. *Insolvency and Bankruptcy Reforms: The Way Forward*. *Vikalpa: The Journal for Decision Makers* [online]. 45(2), 115-131 [cit. 2021-8-27]. ISSN 0256-0909. Dostupné z: doi:10.1177/0256090920953988
- [5] FAHLENBRACH, R. et al. 2020. *How Valuable Is Financial Flexibility when Revenue Stops? Evidence from the COVID-19 Crisis*. *The Review of Financial Studies* [online]. [cit. 2021-8-27]. ISSN 0893-9454. Dostupné z: doi:10.1093/rfs/hhaa134
- [6] HEATON, J. B. 2019. *Simple Insolvency Detection for Publicly-Traded Firms* *Business Lawyer*, [online]. [cit. 2021-8-27]. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3329744>
- [7] KISLINGEROVÁ, E. 2013. *Sedm smrtelných hříchů podniků: úpadek a etika managementu*. V Praze: C.H. Beck, Beckova edice ABC. ISBN 978-80-7400-495-7.
- [8] KUBĚNKA, M. 2015. *Finanční stabilita podniku a její indikátory*. V Pardubicích: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-890-9. LUKÁŠOVÁ, M. 2013. *Podíly na zisku a omezení výplaty zisku*. [online]. 2020 [cit. 2021-8-27] <http://www.kontoslužba.eu/akt7.html>.
- [9] NICOLAU, J. L. 2003. *Leveraging profit from the fixed-variable cost ratio: the case of new hotels in Spain*. *Tourism Management*. [online]. 2020 [cit. 2021-8-27]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261517703002048>.
- [10] NEHREBECKA, N. 2021. *COVID-19: stress-testing non-financial companies*. *Eurasian Economic Review* [online]. 11(2), 283-319 [cit. 2021-8-27]. ISSN 1309-422X. Dostupné z: doi:10.1007/s40822-020-00163-0
- [11] MAGNUSWEB - BISNODE Česká republika. (2021). [online], [2021-08-05]. Dostupné z: <https://www.bisnode.cz/produkty/magnusweb/>
- [12] PAGANO, M., WAGNER, CH., ZECHNER, J. 2020. *Disaster Resilience and Asset Prices*. *SSRN Electronic Journal* [online]. [cit. 2021-8-27]. ISSN 1556-5068. Dostupné z: doi:10.2139/ssrn.3603666
- [13] PECHMANNOVA, P. 2020. *K aplikaci testu insolvence*. [online]. 2020 [cit. 2021-8-27] <https://www.pechmannova.com/aktuality/k-aplikaci-testu-insolvence>.
- [14] PRZECZEK, M. 2020. *Testy insolvence jako nástroj ochrany věřitelů*. Všechno - Spolek Českých Právníků. [online]. [cit. 2021-8-27] [https://www.vsehrd.cz/clanek/testy-insolvence-jako-nastroj-ochrany-veritelu\\_eb4fd9d0-2840-4306-b001-0e53bcb1e9ab](https://www.vsehrd.cz/clanek/testy-insolvence-jako-nastroj-ochrany-veritelu_eb4fd9d0-2840-4306-b001-0e53bcb1e9ab).

- [15] RAM, M. P. 2020. *The Role of Insolvency Tests: Implications for Indian Insolvency Law*. SSRN Electronic Journal [online]. [cit. 2021-8-27]. ISSN 1556-5068. Dostupné z: doi:10.2139/ssrn.3823113
- [16] SHAPOVAL, V. et al. 2021. *The COVID-19 pandemic effects on the hospitality industry using social systems theory: A multi-country comparison*. *International Journal of Hospitality Management* [online]. 94 [cit. 2021-8-27]. ISSN 02784319. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijhm.2020.102813
- [17] Zákon č. 40/1964 Sb., Občanský zákoník. In: *Sbírka zákonů* 5. 3., částka 19. ISSN 03228037.
- [18] Zákon č. 33/2020 Sb., Zákon o obchodních korporacích. In: *Sbírka zákonů* 14.4.. částka 6/2020. ISSN 1211-1244.
- [19] Zákon č. 182/2006 Sb., Zákon o úpadku a způsobech jeho řešení (insolvenční zákon). In: *Sbírka zákonů* 9.5.. částka 62/2006. ISSN 1211-1244.
- [20] Zákon č. 328/1991 Sb., Zákon o konkursu a vyrovnání. In: *Sbírka zákonů* 16.8.. částka 61/1991. . ISSN 1211-1244.



# FINANCIAL HEALTH OF CZECH ENTERPRISES WITH A FOCUS ON THE ACCOMMODATION, CATERING AND HOSPITALITY SECTOR

## ABSTRACT

The paper looks at the over-indebtedness test and the use of bankruptcy models as a means of assessing the financial health of firms and detecting the risk of their failure. Both tools represent a set of features that usually foreshadow financial distress in a firm and that can be readily inferred from balance sheet data. Data on more than 100,000 Czech firms for 2018 are drawn from Bisnode's MagnusWeb database, subjected to balance sheet over-indebtedness tests and compared with the classification performance of four bankruptcy models. The results across the entire sample reveal almost one-fifth of the firms that fail any of the three balance sheet over-indebtedness tests, and about one-quarter of the firms that are assessed as being at risk of bankruptcy by at least two of the prediction models. The industry that shows the worst performance in terms of financial health is Accommodation, Food and Beverage, where nearly two-thirds of the businesses were found to be in trouble. From all the results, it can be summarised that high indebtedness, low liquidity, all usually accompanied by a low or negative return on total capital, are the main contributors to eventual bankruptcy.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

Ing. Lenka Lízalová, Ph.D.  
Vysoká škola polytechnická Jihlava  
Katedra ekonomických studií  
Tolstého 16  
586 01 Jihlava  
e-mail: lizalova@vspj.cz

Ing. Petra Kozáková, Ph.D.  
Vysoká škola ekonomická v Praze  
Fakulta managementu  
Katedra managementu  
Jarošovská 1117/II  
377 01 Jindřichův Hradec  
e-mail: petra.kozakova@vse

## KEYWORDS:

financial health, bankruptcy, insolvency,  
balance sheet test

# HODNOCENÍ STAVEBNÍCH PODNIKŮ V OBDOBÍ KRIZE ČESKÉHO STAVEBNICTVÍ

JAROSLAV JÁNSKÝ  
SIMONA ČINČALOVÁ  
VYSOKÁ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ  
JIHLAVA



## ABSTRAKT

Příspěvek se zaměřuje na odvětví stavebnictví a jeho analýzu z ekonomicko-statistického pohledu. Jeho cílem je zhodnotit firmy v tomto odvětví v krizových letech po roce 2008 a to konkrétně v krizových letech 2010, 2014 a také ve standardním roce 2017 na základě vybraných ukazatelů čistého pracovního kapitálu a zadluženosti a likvidity. Následně jsou zhodnoceny firmy v tomto sektoru v letech 2010 a 2014 na základě vybraného bankrotního modelu - Altmanova Z-score. Na základě výpočtů lze usoudit, že na sestavení modelů  $Z''$  score má vliv, zda jsou vybrané ukazatele účetních jednotek posuzovány na základě průměru nebo mediánu. Dále byla potvrzena hypotéza, že výsledky  $Z''$  score budou v analyzovaném roce 2014 u všech stavebních podniků dle velikosti účetní jednotky příznivější než v roce 2010. Přístup k financování hraje v každém podniku velmi důležitou roli a odráží se na jeho efektivnosti a celkovém růstu společnosti. Proto jsou výzkumy v této oblasti nezbytné a problematika může přimět potenciální investory k rozhodnutí o jejich budoucích aktivitách.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

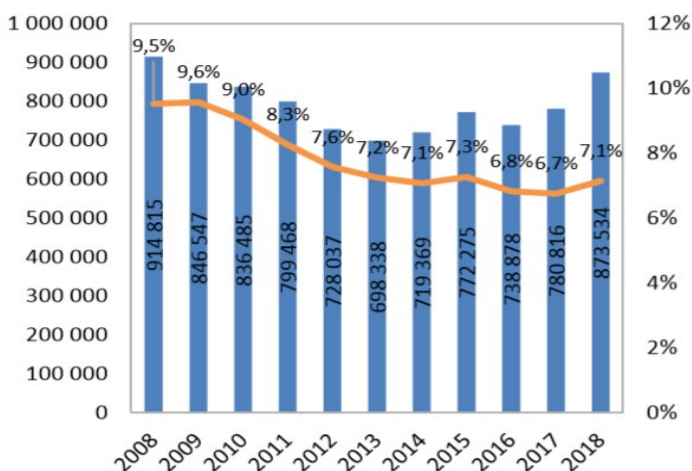
přístupy k financování, pracovní kapitál, Altmanovo Z-score, bankrotní modely, stavebnictví, Česká republika

## ÚVOD

Stavebnictví v České republice je jedním z klíčových odvětví a tvoří velkou část ekonomiky země. Od roku 2008, kdy byla produkce na vrcholu (9,5 % podíl na celé ekonomice), prošlo recesemi a na své maximum se nedostalo ani v roce 2018, kdy byl podíl produkce 7,1 %. Přesto lze spatřovat zlepšení, viz Obrázek 1.

**Obrázek 1:** Produkce stavebnictví a podíl na celé ekonomice. Zdroj: MPO (2020)

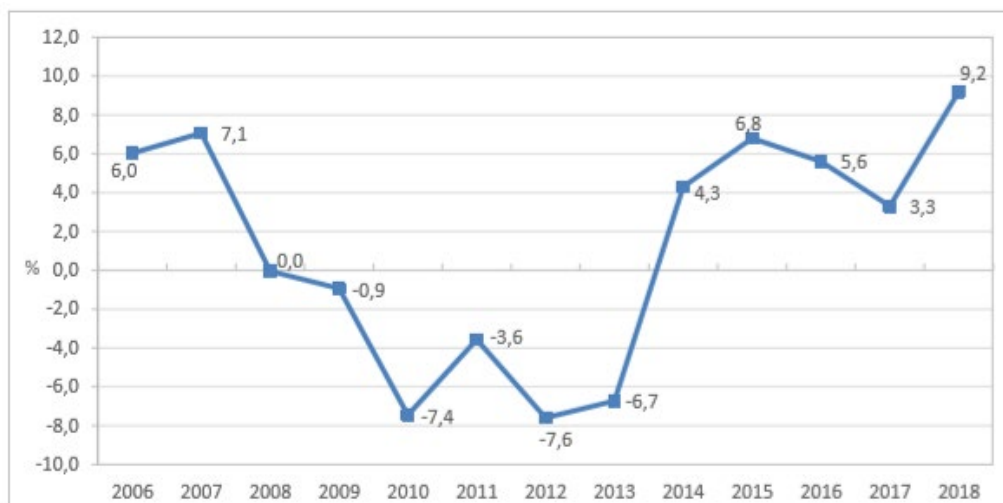
### Produkce (mil. Kč) a podíl produkce stavebnictví na celé ekonomice v běžných cenách



Stavebnictví je klíčovým odběratelem pro některá průmyslová odvětví, ale zároveň oborem, který má vliv na vzhled krajiny, obcí i měst. Stavebnictví navíc představuje jedno z důležitých měřítek vývoje ekonomiky.

K měření jeho pozice v ekonomice a změnám této pozice v čase se využívá ukazatel hrubý domácí produkt (HPD), příp. podíl HDP na ní. Meziroční změny ve vývoji stavební produkce v letech 2006 – 2018 znázorňuje Obrázek 2. Od roku 2008 do roku 2010 je patrná první fáze recese. Po tomto poklesu se na pomyslný vrchol vrací až v roce 2015, kdy je meziroční růst 6,8 %. Ještě však nebylo dosaženo takového růstu (7,1 %) jako v roce 2007. Nejvyšší meziroční růst byl zaznamenán až v roce 2018 (9,2 %).

**Obrázek 2:** Vývoj stavební produkce. Zdroj: MPO (2020)



Cílem příspěvku je zhodnotit firmy v odvětví stavebnictví dle různých velikostních subjektů tzn. dle velikosti účetní jednotky v letech 2010, 2014 a také v roce 2017 na základě vybraných ukazatelů čistého pracovního kapitálu a zadluženosti a likvidity. Následně jsou zhodnoceny firmy v tomto sektoru v letech 2010 a 2014 také dle vybraného bankrotního modelu - Altmanova Z-score. Výsledky příspěvku mohou následně přispět také k řešení současné krize způsobené covidovou pandemií, kdy z výsledků prováděného výzkumu se mohou firmy poučit z předchozích krizových chyb zejména v oblasti finančního řízení podniků.

## TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Úkolem každého podniku je určit optimální výši oběžných aktiv a jakým způsobem budou financovány (Fotr, 2012). Měl by mít tolik oběžného majetku, kolik jeho provoz vyžaduje při zachování principu hospodárnosti. V praxi se využívají tři základní strategie, jak podnik dosahuje svých krátkodobých i dlouhodobých finančních cílů – umírněný, agresivní a konzervativní přístup (Weinraub a Visscher, 1998; Vogel a kol., 2005; Alfa a Nazir, 2007; Awais, 2017; Adam, 2018).

Umírněný přístup podle autorů studií (Khan a Jain, 2007; Goyal, 2018) značí, že dlouhodobé finanční prostředky by měly být využity k financování fixní části oběžných aktiv. Konzervativní způsob financování znamená využití dlouhodobého kapitálu nejen k financování trvalých aktiv, ale i dočasných oběžných aktiv (Hossain a Akon, 1997; Alrjoub a kol., 2012). Díky nedostatku hotovostních prostředků podstupuje podnik nižší riziko, vyšší náklady financování znamenají v tomto přístupu vyšší finanční jistotu (Frimpong, 2018; Adam a kol., 2017). Třetí, riskantnější, způsob financování je agresivní přístup, který využívá krátkodobý dluh k financování stálých aktiv. Podnik se může dostat do problémů v případě řešení krátkodobých závazků (Alipour, 2011).

Způsob financování oběžných aktiv lze posuzovat na základě různých ukazatelů, např. pomocí likvidity, čistého pracovního kapitálu, zadluženosti. Likvidita neboli schopnost firmy přeměnit majetek na hotovostní prostředky může být oslabená chybným řízením provozního financování a zvyšuje tak zranitelnost firmy. Analýzu likvidity pomocí ukazatelů běžné (BL), pohotové (PL) i okamžité likvidity (OL) prováděla ve svých studiích řada autorů (mimo jiné Healey, 1987; Mandal a Goswami, 2010). Příliš vysoká likvidita je spojována s vysokými vlastními zdroji a s konzervativním přístupem financování.

Absolutním ukazatelem pro zjišťování likvidity je pracovní kapitál, resp. čistý pracovní kapitál (ČPK), který udává výši oběžných aktiv, které jsou financovány z dlouhodobých zdrojů. Pokud je ČPK záporný, výše dlouhodobého kapitálu je nižší než stálá aktiva a část stálých aktiv je tak kryta krátkodobým kapitálem. Pokud je ČPK rovno nule, pak jsou celá oběžná aktiva financována krátkodobým kapitálem. Pracovním kapitálem, který se v praxi nazývá ČPK, se zabývalo mnoho autorů (např. Camerinelli, 2010; Adekola a kol., 2017; Uremandu a kol., 2012; Carpenter a Johnson, 1983).

Rozsah, v jakém je podnik financován cizími zdroji, měří ukazatelé zadluženosti. K hodnocení zadluženosti lze využít několik ukazatelů (Flach a de Mattos, 2020). Základním indikátorem zadluženosti je poměr celkových závazků podniku k celkovým aktivům, který je označován také jako ukazatel věřitelského rizika. Čím vyšší je hodnota tohoto ukazatele, tím vyšší je riziko věřitelů, že jejich závazek nebude splacen. Na druhé straně zadluženost nemusí být považována za negativní faktor vývoje podniku (Růčková, 2008; Silva a kol., 2019).

Finanční zdraví podniku je podle Valacha (1999) označení pro uspokojivou finanční situaci. Finančně zdravý podnik je v danou chvíli, ale i perspektivně schopný naplňovat smysl své existence. V tržním prostředí to lze chápat jako schopnost trvale dosahovat takové míry zhodnocení vloženého kapitálu, kterou požadují investoři (s přihlédnutím k výši rizika, s jakým je konkrétní druh podnikání spojen). Investoři požadují nejen vyšší výnosnost neboli rentabilitu vloženého kapitálu, ale i likviditu, jako podmínku finančního zdraví podniku.

Existuje celá řada finančních modelů, které diagnostikují finanční zdraví společnosti a predikují jej. Obecně je lze rozdělit do dvou základních kategorií – bonitní a bankrotní modely. Kuběnka a Slavíček (2014) tvrdí, že jejich konstrukce je obvykle podobná a jednotlivé modely se liší především svým zaměřením.

Predikce finančního zdraví podniku je velmi oblíbeným tématem mnoha autorů. Stefko a kol. (2019) se zaměřili na elektrotechnický průmysl na Slovensku a došli k závěru, že se jedná o finančně zdravý sektor. Čínské společnosti z odvětví výroby železa a oceli analyzovali Sun a kol. (2019) a predikovali mu zdraví a efektivitu. Kopta (2006) zkoumal české podniky v zemědělském sektoru a poukázal na špatnou vypovídací schopnost

diagnostiky, neboť specifikem zemědělství je vysoká likvidita a ta značně ovlivní jednotlivé výpočty.

Bankrotní modely představují systémy včasného varování, podle změn vybraných ukazatelů predikují případné ohrožení finančního zdraví (Vochozka, 2011). Modely byly vytvořeny na základě reálných dat u podniků, které v minulosti zbankrotovaly, nebo naopak kterým se dařilo. Díky těmto modelům lze včas identifikovat budoucí problémy a zabránit jim dříve, než dojde k bankrotu (Michalkova a kol., 2018). Bonitní neboli ratingové modely hodnotí podle Sedláčka (2001) pouze možnost zhoršení finanční úrovně podniku a jsou založeny především na teoretických poznatcích.

Ve studiích se nejčastěji využívají bankrotní a bonitní modely:

- Altmanovo Z-score (Pizzi a kol., 2020; Senteney, 2020; Kacer et al., 2019),
- Tafflerův model (Cerny et al., 2019; Stefko et al., 2019),
- Beermanova diskriminační funkce (Beerman, 1976; Delina a Packova, 2013; Kovárník a Hamplová, 2016),
- Beaverův model (Beaver, 1966; Semenets, 2019),
- Springatův model (Csikosova a kol., 2019; Syamni, 2018),
- Fulmerův model (Fulmer a kol., 1984; Karas a Reznakova, 2017),
- Indexy IN95, IN99, IN01 (Neumaier a Neumaierová, 2005; Neumaierová a Neumaier, 2002; Hájek a kol., 2017),
- Index bonity (Baranova a kol., 2018),
- Kralickův test (Kralicek, 1993; Schönfeld, 2018).

Pro splnění cíle příspěvku bude využit model Altmanovo Z-score, který se řadí k celosvětově nejznámějším indexům predikce bankrotu. Altman (1968) vytvořil tento model pro posouzení kvality poměrové analýzy. Rovnice zahrnuje několik finančních proměnných a predikuje bankrot pomocí vícenásobné diskriminační statistické metody. První Altmanovo Z-score (Altman, 1968) obsahovalo pět poměrových ukazatelů. Následně prošlo modifikací a bylo zkoumáno sedm poměrových ukazatelů (Altman a kol., 1977). Dále (Altman, 1993) bylo vytvořeno Z' Score pro podniky neobchodovatelné na kapitálových trzích opět s pěti ukazateli, v roce 1995 (Altman a kol., 1995) bylo testováno tzv. EM score na specifických mexických firmách vydávajících Eurobondy denominované v USD. Další revizí (Altman, 2006) bylo sestaveno Z'' Score, které je použitelné pro neamerické nevýrobní podniky a z tohoto důvodu absentuje dosud používaný ukazatel (tržby/celková aktiva).

## MATERIÁL A METODY

**P**říspěvek se zaměřuje na podniky v odvětví stavebnictví v České republice v letech 2010, 2014 a 2017. Statistické údaje všech stavebních podniků byly zpracovány pro uvedené roky s využitím databáze Albertina. V roce 2010 bylo v databázi v tomto odvětví 9 584 podniků, v roce 2014 pouze 6 846 podniků a v roce 2017, kdy již stavební produkce dle obrázku 1 se opět zvyšovala, byl počet podniků již 13 496.

Pro všechny stavební podniky byly v uvedených letech vypočítány následující ukazatele: čistý pracovní kapitál (ČPK), čistý pracovní kapitál ke krátkodobým závazkům (ČPK/KZ), celková zadluženost (CMZ), zadluženost vlastního kapitálu (ZVK), běžná (BL) a okamžitá likvidita (OL).

Autoři stanovili při zpracovávání analýzy stavebních podniků v uvedených letech následující hypotézu: výsledky ukazatelů čistého pracovního kapitálu, zadluženosti a likvidity budou v analyzovaném roce 2014 u všech stavebních podniků dle velikosti účetní jednotky na nižší úrovni oproti roku 2010 a dále v roce 2017 naopak vyšší než v roce 2014.

Celý soubor podniků byl za oba sledované roky rozdělen podle velikosti účetních jednotek (ÚJ) na základě novely zákona o účetnictví, a to na tzv. mikro, malé, střední a velké podniky. Pro všechny podniky v odvětví stavebnictví byly ve všech analyzovaných letech zpracovány základní statistické charakteristiky a dále v obou krizových letech 2010 a 2014 ještě t-testy. T-testem lze testovat rozdíl mezi dvěma středními hodnotami dvou nezávislých souborů (Minařík, 2008). Na základě výsledků testování homogenity rozptylu (F – test), byl použit t-test pro různé rozptyly. Všechny charakteristiky a t-testy byly zpracovány ve výpočetním programu Unistat 4.53.

Autoři stanovili při zpracovávání analýzy stavebních podniků s využitím bankrotního modelu v uvedených letech následující hypotézu: výsledky Z'' score budou v analyzovaném roce 2014 u všech stavebních podniků dle velikosti účetní jednotky příznivější než v roce 2010.

Celý soubor podniků byl za oba sledované roky rozdělen podle velikosti účetních jednotek (ÚJ) na základě novely zákona o účetnictví, a to na tzv. mikro, malé, střední a velké podniky. Firmy mohou být zařazeny do různých kategorií podle jejich velikosti. Nejčastější je počet zaměstnanců, kdy malé a střední podniky zaměstnávají méně než 250 osob a velké společnosti 250 a více osob. Malé a střední podniky se dále dělí na mikropodniky (1–9 osob), malé (10–49 osob) a střední podniky (50–249 osob).

Pro analýzu odvětví stavebnictví využívá Kuběnka a Králová (2013) model Z''score vytvořený Altmanem (2006), který je dle autorů nejpřesnějším bankrotním modelem pro podniky z odvětví stavebnictví. Má následující podobu (Altman, 2006):

$$Z'' = 6.56x_1 + 3.26x_2 + 6.72x_3 + 1.05x_4, \quad (1)$$

kde:  $x_1$  = čistý pracovní kapitál / celková aktiva,

$x_2$  = nerozdělený zisk z minulých let / celková aktiva

$x_3$  = zisk před zdaněním a úroky (EBIT) / celková aktiva,

$x_4$  = účetní hodnota vlastního kapitálu / celkový kapitál

Vyhodnocení spočítá v zařazení  $Z''$  score do příslušného sektoru:

- $Z > 2,60$  sektor pro finančně zdravé podniky,
- $1,10 \leq Z \leq 2,60$  zóna neznalosti neboli tzv. šedá zóna,
- $Z < 1,10$  sektor pro podniky v konkurzu.

Medián je hodnota, jež dělí řadu vzestupně seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Ve statistice patří mezi míry centrální tendence. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu. Medián má smysl definovat pouze pro jednorozměrnou reálnou veličinu. Základní výhodou mediánu jako statistického ukazatele je fakt, že není ovlivněn extrémními hodnotami. Proto se často používá v případě šikmých rozdělení, u kterých aritmetický průměr dává obvykle nevhodné výsledky. Nevýhodné je obvykle použití mediánu u souborů, ve kterých sledovaný znak nabývá jen dvou možných hodnot. Tam se medián chová stejně jako modus: je hrubým měřítkem vlastností rozdělení a v případě, že obě kategorie jsou zastoupeny zhruba stejně, je velmi nestabilní (Minařík, 2008).



## VÝSLEDKY A DISKUSE

V rámci jednotlivých let lze spatřovat v odvětví stavebnictví velké výkyvy počtu podniků (viz tab. 1). Mezi dvěma uvedenými roky 2010 a 2014 došlo k poklesu analyzovaných podniků o 2738 tj. o 28,6 % a naopak v roce 2017 oproti 2010 počet podniků vzrostl o 3912 tj. o 40,8 %.

**Tabulka 1:** Struktura odvětví stavebnictví dle velikostí podniků ve vybraných letech

ÚJ/rok	2010	2014	2017
Mikro	6027	4752	10770
Malá	3070	1806	2357
Střední	422	240	310
Velká	65	48	59
Celkem	9584	6846	13496

Zdroj: vlastní zpracování dle databáze Albertina (2018)

Následně byly zkoumány vztahy mezi indikátory čistého pracovního kapitálu (viz tab. 2), zadluženosti (viz tab. 4) a likvidity (viz tab. 6) pomocí statistické charakteristiky mediánu. U všech velikostních skupin podnikatelských subjektů dochází u indikátorů ČPK a ČPK/KZ vyjádřeného mediánem k jejich zvyšování v roce 2014 oproti roku 2010. Obdobně tomu je v roce 2017 u všech velikostních skupin podniků mimo skupinu mikropodniků. U skupiny mikropodniků jsou výsledky v roce 2017 nižší než v roce 2014 a jsou obdobné jako v roce 2010. Na tento stav působí zcela určitě značný nárůst počtu mikropodniků v roce 2017, a to o 4743 oproti roku 2010 a o 6018 oproti roku 2014.

Zvyšování hodnoty tohoto ukazatele lze celkově ve všech letech považovat za pozitivní (s výjimkou zmíněného stavu v roce 2017 u skupiny mikropodniků) a je možno jej vysvětlit jak poklesem počtu podnikatelských subjektů v roce 2014 oproti roku 2010, tak i celkovým zvyšováním samého indikátoru ČPK a ČPK/KZ v roce 2014 a také 2017.

**Tabulka 2:** Indikátory čistého pracovního kapitálu (ČPK) a čistého pracovního kapitálu ke krátkodobým závazkům (ČPK/KZ) ve sledovaných letech

	ČPK	ČPK/KZ	ČPK	ČPK/KZ	ČPK	ČPK/KZ
ÚJ/rok	2010 medián	2010 medián	2014 medián	2014 medián	2017 medián	2017 medián
<b>Mikro</b>	249	0,29	297	0,38	200	0,30
<b>Malá</b>	3679	0,37	4735	0,47	5581	0,62
<b>Střední</b>	38763	0,46	46194	0,51	51439	0,70
<b>Velká</b>	288511	0,39	391135	0,50	414162	0,74

Zdroj: vlastní zpracování dle databaze Albertina (2018)

V další části příspěvku jsou analyzovány pomocí t-testů rozdíly mezi průměrnými hodnotami zvolených indikátorů dle velikostních skupin podnikatelských subjektů v krizových letech 2010 a 2014. S ohledem na omezený rozsah příspěvku uvádíme pouze t- testy u indikátorů ČPK, CMZ a BL. V roce 2017 již tuto analýzu pomocí t-testů také s ohledem na rozsah příspěvku neuvádíme. Rovněž jsme analyzovali korelace a regrese, ale výsledky byly negativní. Z toho důvodu se jimi dále nezabýváme.

Všechny výsledky testování rozdílů mezi průměry jsou uvedeny v tabulkách 3, 5 a 7. Statisticky vysoce průkazné rozdíly průměrů jednotlivých indikátorů dle velikostních skupin za oba analyzované krizové roky u čistého pracovního kapitálu jsou mezi všemi velikostními skupinami s výjimkou rozdílů mezi průměry velkých podniků za roky 2010 a 2014, středních podniků za roky 2010 a 2014 a také mikropodniků za roky 2010 a 2014 (Tabulka 3).

**Tabulka 3:** Tabulka rozdílů mezi průměry – čistý pracovní kapitál (ČPK)

Průměr	ÚJ	Velká 10	Střední 14	Střední 10	Malá 14	Malá 10	Mikro 14	Mikro 10
<b>805351,4</b>	Velká14	214305	741646**	761296**	798062**	798815**	804993**	805092**
<b>63704,9</b>	Velká10	-	527342**	546992**	583757**	584510**	590689**	590788**
<b>44055,0</b>	Střední14		-	19650	56416**	57168**	63347**	63446**
<b>7287,2</b>	Střední 10			-	36766**	37518**	43697**	43796**
<b>6536,5</b>	Malá 14				-	752,6	6931,2**	7030,2**
<b>358,0</b>	Malá 10					-	6178,5**	6277,6**
<b>259,0</b>	Mikro 14						-	99,1
<b>259,0</b>	Mikro 10							-

Poznámka: \* rozdíl je statisticky průkazný ( $p = 0,05$ ) \*\* rozdíl je statisticky vysoce průkazný ( $p = 0,01$ )

Zdroj: vlastní zpracování dle databaze Albertina (2018)

Opačná situace a rovněž pozitivně hodnocená v analyzovaném období je patrná i u indikátorů celkové míry zadluženosti a zadluženosti vlastního kapitálu (viz tab.4), kde u všech velikostních skupin podnikatelských subjektů s výjimkou velkých účetních jednotek dochází k poklesu výše mediánu. K opačné tendenci neboli k velmi malému navýšení dochází u indikátorů zadluženosti u velkých podnikatelských subjektů v roce 2014 oproti roku 2010. V roce 2017 opět celková míra zadluženosti i zadluženost vlastního kapitálu klesá u všech skupin podniků mimo celkovou zadluženost u mikropodniků, která je ovšem o 1,9 procentního bodu lepší než v roce 2010.

**Tabulka 4:** Indikátory zadluženosti ve sledovaných letech

ÚJ/rok	ČMZ 2010 medián	ZVK 2010 medián	ČMZ 2014 medián	ZVK 2014 medián	CMZ 2017 medián	ZVK 2017 medián
<b>Mikro</b>	72,07	69,75	68,86	64,16	70,11	51,15
<b>Malá</b>	63,33	128,01	58,16	110,91	56,08	108,29
<b>Střední</b>	57,53	125,83	55,30	117,22	53,70	104,03
<b>Velká</b>	67,38	206,65	67,63	208,93	61,59	160,36

Zdroj: vlastní zpracování dle databaze Albertina (2018)

V Tab. 5 uvádíme výsledky testování rozdílů mezi průměry za indikátory celkové míry zadluženosti, kde je statisticky neprůkazný rozdíl průměrů mezi ÚJ Mikro 2010 a ÚJ Mikro 2014, dále mezi ÚJ Velká 2010 a ÚJ (Malá 2010, Velká 2014), dále mezi ÚJ Malá 2010 a ÚJ Velká 2014, dále mezi ÚJ Velká 2014 a (Malá 2014, Střední 2010) a také mezi Malá 2014 a Střední 2010.

Naopak statisticky průkazný rozdíl ( $p = 0,05$ ) je mezi dvojicemi ÚJ Velká 2014 a ÚJ Střední 2014, dále mezi ÚJ Střední 2010 a ÚJ Střední 2014.

Rozdíly mezi všemi ostatními dvojicemi ÚJ jsou statisticky vysoce průkazné ( $p = 0,01$ ).

**Tabulka 5: Tabulka rozdílů mezi průměry – celková míra zadluženosti (CMZ)**

Průměr	ÚJ	Mikro 14	Velká 10	Malá 10	Velká 14	Malá 14	Střední 10	Střední 14
<b>134,854</b>	Mikro10	3,062	68,995**	72,245**	74,705**	75,903**	76,847**	81,605**
<b>131,792</b>	Mikro 14	-	65,933**	69,183**	71,643**	72,841**	73,785**	78,544**
<b>65,859</b>	Velká 10		-	3,250	5,710	6,908**	7,852**	12,611**
<b>62,609</b>	Malá 10			-	2,460	3,658**	4,602**	9,361**
<b>60,149</b>	Velká14				-	1,198	2,142	6,901*
<b>58,951</b>	Malá 14					-	0,944	5,702**
<b>58,007</b>	Střední 10						-	4,759*
<b>53,248</b>	Střední 14							-

Poznámka: \* rozdíl je statisticky průkazný ( $p = 0,05$ ) \*\* rozdíl je statisticky vysoce průkazný ( $p = 0,01$ )

Zdroj: vlastní zpracování dle databaze Albertina (2018)

V příspěvku jsou rovněž zkoumány indikátory běžné (BL) a okamžité likvidity (OL) uvedené v tabulce 6. Zvyšování hodnoty těchto ukazatelů lze považovat jednoznačně za pozitivní. Dochází k němu u obou indikátorů likvidity ve všech analyzovaných letech a u všech skupin podniků (s výjimkou BL v roce 2017, kdy se u skupiny mikropodniků dostává opět na úroveň roku 2010). Což znamená, že podíl oběžných aktiv či jednotlivých položek oběžných aktiv rostl ve sledované období rychleji než krátkodobé závazky. Výše uvedených indikátorů dokazuje zvyšující se platební schopnost všech velikostních skupin stavebních podniků (s výjimkou BL mikropodniků v roce 2017) ve sledovaném období.

**Tabulka 6:** Indikátory likvidity ve sledovaných letech

ÚJ/rok	BL 2010 medián	BL 2014 medián	BL 2017 medián	OL 2010 medián	OL 2014 medián	OL 2017 medián
<b>Mikro</b>	1,30	1,45	1,30	0,30	0,43	0,51
<b>Malá</b>	1,37	1,47	1,64	0,21	0,28	0,38
<b>Střední</b>	1,46	1,53	1,72	0,20	0,29	0,35
<b>Velká</b>	1,40	1,50	1,74	0,25	0,26	0,42

Zdroj: vlastní zpracování dle databaze Albertina (2018)

Výsledky testování rozdílů mezi průměry běžné likvidity v obou letech jsou uvedeny v tabulce 7. Statisticky průkazný rozdíl ( $p = 0,05$ ) či statisticky vysoce průkazný rozdíl ( $p = 0,01$ ) je u běžné likvidity mezi dvojicemi ÚJ Mikro 2014 a ostatními ÚJ. Naopak je tomu u rozdílů mezi průměry ÚJ Střední 2014 a Malá 2014 k ostatním účetním jednotkám, kde se jedná o neprůkazný statistický rozdíl. Neprůkazné rozdíly mezi průměry jsou také mezi dvojicemi ÚJ Velká 2014 a Velká 2010.

**Tabulka 7: Tabulka rozdílů mezi průměry – běžná likvidita (BL)**

Průměr	ÚJ	Mikro 17	Malá 10	Malá 17	Velká 17	Střední 17	Střední 10	Velká 10
<b>17,074</b>	Mikro 10	8,060**	11,02**	13,072**	13,740**	14,578**	14,912**	15,524**
<b>9,014</b>	Mikro 17	-	2,956*	5,012**	5,680**	6,517**	6,852**	7,464**
<b>6,058</b>	Malá 10		-	2,056	2,724	3,561**	3,896**	4,508**
<b>4,002</b>	Malá 17			-	0,668	1,506*	1,840**	2,453**
<b>3,335</b>	Velká 17				-	0,838	1,172	1,785
<b>2,497</b>	Střední 17					-	0,334	0,947**
<b>2,163</b>	Střední 10						-	0,613**
<b>1,550</b>	Velká 10							-

Poznámka: \* rozdíl je statisticky průkazný ( $p = 0,05$ ) \*\* rozdíl je statisticky vysoce průkazný ( $p = 0,01$ )

Zdroj: vlastní zpracování dle databáze Albertina (2018)

Jak uvádí Kuběnka a Králová (2013), tak v globálu se ukazuje, že odvětví stavebnictví je v roce 2009 finančně silné, v roce 2010 došlo ke stagnaci, resp. mírnému zhoršení a v roce 2011 naopak k silnému zlepšení. Na základě převážně rostoucího trendu ukazatele Z'' Score můžeme prohlásit, že v globálu se situace v odvětví stavebnictví zlepšuje a pravděpodobnost finanční tísně se snižuje.

Z porovnání obou provedených výzkumů vyplývají obdobné závěry, že po roce 2010 se situace v oblasti financování zlepšuje. Ovšem v námi provedeném výzkumu můžeme zpřesnit, že pravděpodobnost finanční tísně stále existuje u účetních jednotek mikropodniků.

Model Z'' score byl využit pro výpočet podle velikosti ÚJ stavebních podniků, přičemž první výpočty vychází z průměrů ukazatelů pro jednotlivé ÚJ a druhé výpočty z mediánů ukazatelů. Pro porovnání je dále vypočítáno Z'' score pro celý soubor podniků, které neuvažuje třídění na ÚJ (viz Tabulka 8).

**Tabulka 8: Výsledky Z'' score**

Velikost účetní jednotky/Rok	2010		2014	
	<i>průměr</i>	<i>medián</i>	<i>průměr</i>	<i>medián</i>
<b>Mikro</b>	1,063384	1,113346	1,071766	1,341639
<b>Malá</b>	2,792439	2,382263	3,876674	3,611085
<b>Střední</b>	2,617648	2,957849	3,006171	2,893902
<b>Velká</b>	2,343323	2,270455	2,660038	2,607342
<b>Všechny podniky</b>	2,287986	1,305634	2,681589	1,586234

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě vypočtených hodnot můžeme usoudit (viz Tabulka 9), že na sestavení modelů Z'' score má vliv, zda posuzujeme vybrané ukazatele účetních jednotek na základě průměru nebo mediánu. Dle výše uvedené charakteristiky průměru a mediánu lze považovat v této situaci za lépe vypovídající veličinu ukazatele mediánu.

**Tabulka 9: Zhodnocení Z'' score**

Velikost účetní jednotky/Rok	2010		2014	
	<i>průměr</i>	<i>medián</i>	<i>průměr</i>	<i>medián</i>
<b>Mikro</b>	ÚJ v konkurzu	šedá zóna	ÚJ v konkurzu	šedá zóna
<b>Malá</b>	zdravé ÚJ	šedá zóna	zdravé ÚJ	zdravé ÚJ
<b>Střední</b>	zdravé ÚJ	zdravé ÚJ	zdravé ÚJ	zdravé ÚJ
<b>Velká</b>	šedá zóna	šedá zóna	zdravé ÚJ	zdravé ÚJ
<b>Všechny podniky</b>	šedá zóna	šedá zóna	zdravé ÚJ	šedá zóna

Zdroj: vlastní zpracování

Hypotézu, která byla stanovena „výsledky Z'' score budou v analyzovaném roce 2014 u všech stavebních podniků dle velikosti účetní jednotky příznivější než v roce 2010“ lze na základě zpracovaných výpočtů potvrdit. Výsledky velkých ÚJ se z šedé zóny v roce 2010 dostali do sekce finančně zdravých podniků v roce 2014. Stejně tak malé ÚJ se při posuzování finančního zdraví na základě mediánů posunuli z šedé zóny v roce 2010 do kategorie zdravých podniků v roce 2014.

Jak uvádí Kuběnka a Králová (2013), tak hodnota Z'' Score z roku 2009 (3,36) ukazuje v globálu na to, že odvětví stavebnictví je finančně silné ( $Z'' > 2,6$  finančně silná firma), v roce 2010 došlo ke stagnaci, resp. mírnému zhoršení a v roce 2011 naopak k silnému



zlepšení tohoto ukazatele téměř až na hodnotu 3,43. Na základě převážně rostoucího trendu ukazatele Z'' Score můžeme prohlásit, že v globálu se situace v odvětví stavebnictví zlepšuje a pravděpodobnost finanční tísně se snižuje.

Z porovnání obou provedených výzkumů vyplývají obdobné závěry, že po roce 2010 se situace v oblasti financování zlepšuje. Ovšem v námi provedeném výzkumu můžeme zpřesnit, že pravděpodobnost finanční tísně stále existuje u účetních jednotek mikropodniků. Z provedených analýz je patrné, že počet UJ poklesl v roce 2014 oproti roku 2010 celkem o 29 % a dále pak poklesly UJ mikro o 21 %, malé o 31 %, střední o 33 % a velké o 26 %. I tento pokles dokazuje vzniklou krizovou situace v analyzovaných letech ve stavebnictví.

## ZÁVĚR

**S**tavebnictví patří ke klíčovým odvětvím národního hospodářství a také k odvětvím specifickým. Jedná se o komplexní oblast lidské činnosti, zahrnující nejen technické, technologické a ekonomické složky, ale i estetické a ekologické.

Autoři vybrali tři roky pro statistické šetření, dva krizové roky 2010 a 2014 a dále standardní rok 2017, který lze považovat za rok s dobrými výsledky. V roce 2014 nastal oproti roku 2010 velký pokles podnikatelských subjektů, a to o 2 738 tj. o 28,6 %. V roce 2017 naopak došlo výraznému zvýšení počtu stavebních podniků oproti roku 2010 o 3 912 tj. o 40,8 %.

Byly zkoumány přístupy k financování podle indikátorů čistého pracovního kapitálu, čistého pracovního kapitálu ke krátkodobým závazkům, celkové míry zadluženosti, zadluženosti vlastního kapitálu, běžné a okamžité likvidity ve všech skupinách podnikatelských subjektů (mikro, malé, střední a velké) ve všech analyzovaných letech pomocí základních statistických charakteristik (medián, aritmetický průměr) a také testování rozdílů mezi průměry zvolených indikátorů.

Stanovená hypotéza uvedená v metodice článku byla ve výsledcích zamítnuta. U všech velikostních skupin podnikatelských subjektů dochází u indikátorů ČPK a ČPK/KZ vyjádřeného mediánem k jejich zvyšování v roce 2014 oproti roku 2010 a rovněž i ke zvyšování v roce 2017 oproti roku 2014 s výjimkou skupiny mikropodniků. Opačná situace a rovněž pozitivně hodnocená v analyzovaném období je patrná i u indikátorů celkové míry zadluženosti a zadluženosti vlastního kapitálu, kde u všech velikostních skupin podnikatelských subjektů s výjimkou velkých účetních jednotek dochází k poklesu výše mediánu. Obdobně tomu je při porovnání roku 2017 a 2014 s dílčím rozdílem CMZ v roce 2017 u skupiny mikropodniků. K nepatrnému navýšení dochází u indikátorů zadluženosti u velkých podnikatelských subjektů v roce 2014 oproti roku 2010. Indikátory běžné a okamžité likvidity ve všech analyzovaných letech rostou, což je velmi pozitivní trend.

Nepatrnou výjimku představuje u BL rok 2017, kdy u skupiny mikropodniků je tento indikátor shodný s rokem 2010. Testování rozdílů mezi průměry uvedené statistické hodnocení doplňují.

Celkové lze uvést, že analyzované období z hlediska vybraných indikátorů stavebních podnikatelských subjektů členěných na účetní jednotky jsou v roce 2014 na vyšší úrovni než v roce 2010 a obdobně v roce 2017 vyšší než v roce 2014 s dílčím rozdílem u skupiny mikropodniků. Znamená to, že podnikatelské subjekty důsledněji v podmínkách krize přistupovali k řízení financování svých podniků. V roce 2017 ve srovnání s rokem 2014 se u skupiny mikropodniků vyskytla při finančním řízení z důvodů značného nárůstu podnikatelských subjektů drobná odchylka.

V takovýchto situacích je nutno zaměřit podrobnější analýzu na skupinu mikropodniků, které logicky mají větší problémy v ukazatelích likvidity (Činčalová, Jánský, Palát 2019) a následně i v ukazatelích zadluženosti. Obecně lze také v období krize uvést, že dochází k nemalému poklesu výkonnosti firem a tím také ke zvýšené konkurenceschopnosti, což dokázal zejména zájem velkých podniků o získávání vypsanych veřejných zakázek v uvedeném období.

Historická data z prováděného výzkumu krizových situací ve stavebnictví potvrzují, že je potřeba důsledněji přistupovat k řízení financování podniků. Protože pokud podniky budou na takové situace lépe připravené, lze předpokládat, že nebude takové množství podniků bankrotovat, a to zejména z velikostní skupiny mikropodniků.

Budoucí výzkum by měl analyzovat v návaznosti na uvedený příspěvek podrobněji finanční tíseň jednotlivých podniků v rámci uvedených skupin UJ tak, aby ukázal v období krize také na strukturu podniků ve finanční tísně, které obtížně vzniklou situaci říší nebo ji řešit neumí.

## POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ADAM, A. M., QUANSAH, E., KAWOR, S. 2017. *Working capital management policies and returns of listed manufacturing firms in Ghana*. Scientific annals of economics and business, 64(2), 255-269.
- [2] ADEKOLA, A., SAMY, M., KNIGHT, D. 2017. *Efficient working capital management as the tool for driving profitability and liquidity: a correlation analysis of Nigerian companies*. International Journal of Business and Globalisation, 18(2), 251-275.
- [3] AFZA, T., NAZIR, M. S. 2007. *Is it better to be aggressive or conservative in managing working capital*. Journal of quality and technology management, 3(2), 11-21.
- [4] ALIPOUR, M. 2011. *Working capital management and corporate profitability: Evidence from Iran*. World applied sciences journal, 12(7), 1093-1099.
- [5] ALRJOUN, A. M. S., ALRABEI, A. M. A., SALEH, M. M. A., ALRAWASHDEH, O. A. M. 2012. *Working capital management in cement units of Rajasthan*. Middle Eastern Finance and Economics, 16, 1450-2889.
- [6] ALTMAN, E. I. 1968. *Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy*. Journal of Finance, vol. 23(4), 589-609.
- [7] ALTMAN, E. I. 1993. *Corporate Financial Distress and Bankruptcy: A Complete Guide to Predicting and Avoiding Distress and Profiting from Bankruptcy*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- [8] ALTMAN, E. I., HALDEMAN, R. G., NARAYANAN, P. 1977. *ZETA' Analysis: a New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporations*. Journal of Banking & Finance [online]. roč. 1, č. 1, 29–54. ISSN 03784266. Dostupné z: doi:10.1016/03784266(77)90017-6
- [9] ALTMAN, E. I., HARTZELL, J., PECK, M. 1995. *Emerging Markets Corporate Bonds: A Scoring System*, Salomon Brothers Working Paper.
- [10] BARANOVA, A. V., VETOSHKINA, E. Y., SEMENIKHINA, N. B., TUKHVATULLIN, R. S. 2018. *To the issue of assessing the creditworthiness of the company by russian commercial banks*. Amazonia Investiga, 7(17), 563-569.
- [11] BEAVER, W. H., 1966. *Financial Ratios As Predictors of Failure*. Journal of Accounting Research [online]. roč. 4, s. 71. ISSN 00218456. Dostupné z: doi:10.2307/2490171
- [12] BEERMAN, K. 1976. *Possible Ways to Predict Capital Losses with Annual Financial Statements*, University of Düsseldorf Working Paper.
- [13] CAMERINELLI, E. 2010. *Trends in cash, liquidity and working capital management automation: The role of technology*. Journal of Corporate Treasury Management, 3(2).
- [14] CARPENTER, M. D., JOHNSON, K. H. 1983. *The association between working capital policy and operating risk*. Financial Review, 18(3), 106-106.

- [15] CERNY, I., VANEK, M., PITRIK, J., BORA, P. 2019. *An analysis of selected benchmarks and evaluation methods to test the replaceability of mathematical-statistical methods in benchmarking by solvency and bankruptcy models: A case study in assessing gravel-sand mining companies in the Czech Republic*. Inžynieria Mineralna, 21.
- [16] ČINČALOVÁ, S., JÁNSKÝ, J. 2019. *Differences Between Companies by Size in Access to Financing*. In *Proceedings of the 7th International Conference Innovation Management, Entrepreneurship and Sustainability 2019* (118-127). Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze. DOI: 10.18267/pr.2019.dvo.2316.0.
- [17] ČINČALOVÁ, S., JÁNSKÝ, J., PALÁT, M. 2019. *Assessment of the Construction Sector in the Czech Republic Based on Selected Indicators of Corporate Social Responsibility*. In 6th SWS International Scientific Conference on Social Sciences 2019 (389-396). Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd.
- [18] CSIKOSOVA, A., JANOSKOVA, M., CULKOVA, K. 2019. *Limitation of financial health prediction in companies from post-communist countries*. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(1), 15.
- [19] DELINA, R., PACKOVA, M. 2013. *Prediction bankruptcy models validation in Slovak business environment/Validacia predikcnych bankrotovych modelov v podmienkach SR*. *E+ M Ekonomie a management*, 16(3), 101-113.
- [20] FLACH, L., DE MATTOS, L. K. 2020. *Indicadores econômico-financeiros e o retorno das ações de empresas listadas na B3*. *Navus-Revista de Gestão e Tecnologia*, 10, 01-15.
- [21] FOTR, J. 2012. *Tvorba strategie a strategické plánování: teorie a praxe*. Praha: Grada. Expert (Grada).
- [22] FRIMPONG, S. 2018. *Working capital policies and value creation of listed non-financial firms in Ghana: a panel FMOLS analysis*. *Business and Economic Horizons*, 14(4), 725-742.
- [23] FULMER J. G, MOON J. E., GAVIN T. A., ERWIN M. J. 1984. *A bankruptcy classification model for small firms*. *Journal of Commercial Bank Lending*, 66(11), 25–37.
- [24] GOYAL, S. S. 2018. *Working Capital Policy of Indian Service Industry*. *Pacific Business Review International*, 10(8), 104-118.
- [25] HÁJEK, P., ZHUNISSOVA, G., ČÁBELOVÁ, T., BAIDILDINA, A. 2017. *Competitiveness analysis of Kazakhstan confectionary sector using financial discriminant models*. In *CBU International Conference Proceedings* (Vol. 5, pp. 144-153).
- [26] HEALEY, P. 1987. *Liquidity analysis and management*. Reading, Mass.; Don Mills, Ont.: Addison-Wesley Pub..
- [27] HOSSAIN, S. Z., AKON, M. H. R. 1997. *Financing of working capital: case study of Bangladesh textile mills corporation*. *Journal of Financial Management & Analysis*, 10(2), 37.
- [28] JÁNSKÝ, J., ČINČALOVÁ, S., DOČEKALOVÁ, M., PALÁT, M. 2019. *Ekonomicko-statistická analýza odvětví stavebnictví*. In *Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference Konkurence* (154-163). VŠP Jihlava: VŠP Jihlava.

- [29] KACER, M., OCHOTNICKÝ, P., ALEXY, M. 2019. *The Altman's Revised Z'-Score Model, Non-financial Information and Macroeconomic Variables: Case of Slovak SMEs*. *Ekonomický Casopis*, 67(4), 335-366.
- [30] KARAS, M., REZNAKOVA, M. 2017. *Predicting the bankruptcy of construction companies: a CART-based model*. *Engineering Economics*, 28(2), 145-154.
- [31] KHAN, M. Y., JAIN, P. K. 2007. *Financial Management—Tata Mc. Graw Hill*, New Delhi.
- [32] KOPTA, D. 2006. *Metody predikce finanční tísně u zemědělských podniků*. *International Scientific Days*, 1059-1066.
- [33] KOVÁRNÍK, J., HAMPLOVÁ, E. 2016. *The Comparison of Prediction Ability of Selected Bankruptcy Models in the Glassmaking Industry in the Czech Republic*. In *The 10th International Days of Statistics and Economics*, 8. - 10. 9. 2016, Praha.
- [34] KRALICEK, P. 1993. *Fundamentals of Financial Management* (orig. "Základy finančního hospodaření.") 1st. ed. Praha: Linde.
- [35] KUBĚNKA, M., SLAVÍČEK, O. 2014. *Detection of Cognition between Creditworthy Models and Bankruptcy Models*. In: *Proceedings of Managing and Modelling of Financial Risks*, Ostrava: Technical University of Ostrava, pp. 426-433.
- [36] KUBĚNKA, M.; KRÁLOVÁ, V. 2013. *Využití Z' score při hodnocení finančního zdraví odvětví stavebnictví*. *E&M Economics and Management* 16(1): 101–112.
- [37] MANDAL, N., GOSWAMI, S. 2010. *Impact of Working Capital Management on Liquidity, Profitability and Non Insurable Risk and Uncertainty Bearing: A Case Study of Oil and Natural Gas Commission (ONGC)*. *Great Lakes Herald*, 4(2), 21-42.
- [38] MICHALKOVA, L., ADAMKO, P., KOVACOVA, M. 2018. *The Analysis of Causes of Business Financial Distress*. In *Third International Conference on Economic and Business Management (FEBM 2018)*. Atlantis Press.
- [39] MINAŘÍK, B. 2008. *Statistika I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 105 s. ISBN 978-80-7375-152-4.
- [40] MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE 2020. Prague: MPO [online]. Available at: <https://www.mpo.cz/en/> [Accesed 26 March 2020].
- [41] NEUMAIER, I., NEUMAIEROVÁ, I. 2005. *Index IN05*. In: *Evropské finanční systémy*. Brno: Masaryk University, 143-148.
- [42] NEUMAIEROVÁ, I., NEUMAIER, I. 2002. *Výkonnost a tržní hodnota firmy*. GRADA Publishing, a.s.
- [43] PIZZI, S., CAPUTO, F., VENTURELLI, A. 2020. *Does it pay to be an honest entrepreneur? Addressing the relationship between sustainable development and bankruptcy risk*. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*.
- [44] RŮČKOVÁ, P. 2008. *Finanční analýza-metody, ukazatele, využití v praxi-2. aktualizované vydání*. Grada Publishing as.
- [45] SCHÖNFELD, J., KUDĚJ, M., SMRČKA, L. 2018. *Financial health of enterprises introducing safeguard procedure based on bankruptcy models*. *Journal of Business Economics and Management*, 19(5), 692-705.
- [46] SEDLÁČEK, J. 2001. *Účetní data v rukou manažera: finanční analýza v řízení firmy: případové studie*. Computer Press.

- [47] SEMENETS, A. O. 2019. *Bankruptcy Probability Monitoring in the Trading Companies' Internal Audit System*. Financial and credit activity: problems of theory and practice, 2(29), 305-314.
- [48] SENTENEY, M. H., STOWE, D. L., STOWE, J. D. 2020. *Financial statement change and equity risk*. Review of Financial Economics, 38(1), 63-75.
- [49] SILVA, D. M. I., RODRIGUES, D. D. S. S., DE CASTRO SOUSA, J., NASCIMENTO, K. M. M., VIEIRA, L. F. 2019. *The contributions of the business plan for organizational performance: a longitudinal case study of the liquidity and indebtedness indicators of a food franchise*. Brazilian Journal of Development, 5(2), 1136-1158.
- [50] STEFKO, R., JENCOVA, S., VASANICOVA, P., LITAVCOVA, E. 2019. *An Evaluation of Financial Health in the Electrical Engineering Industry*. Journal of Competitiveness, 11(4), 144.
- [51] SUN, J., ZHOU, M., AI, W., LI, H. 2019. *Dynamic prediction of relative financial distress based on imbalanced data stream: from the view of one industry*. Risk Management, 21(4), 215-242.
- [52] SYAMNI, G., MAJID, M. S. A., SIREGAR, W. V. 2018. *Bankruptcy prediction models and stock prices of the coal mining industry in Indonesia*. Etikonomi: Jurnal Ekonomi, 17(1).
- [53] UREMANDU, S., BEN-CALEB, E., ENYI, P. E. 2012. *Working capital management, liquidity and Corporate profitability among quoted firms in Nigeria: Evidence from the Productive sector*. International journal of academic research in accounting, finance and management sciences, 2(1).
- [54] VALACH, J. 1999. *Finanční řízení podniku: zakládání podniku: finanční analýza: oběžný majetek...* Ekopress.
- [55] VOCHOZKA, M. 2011. *Metody komplexního hodnocení podniku*. Grada Publishing.
- [56] WEINRAUB, H. J., VISSCHER, S. 1998. *Industry practice relating to aggressive conservative working capital policies*. Journal of Financial and Strategic Decision, 11(2), 11-18.

# EVALUATION OF CONSTRUCTION COMPANIES IN THE PERIOD OF CRISIS IN THE CZECH CONSTRUCTION INDUSTRY



## ABSTRACT

The paper focuses on the construction industry and its analysis from an economic-statistical point of view. Its aim is to evaluate companies in this sector in the crisis years after 2008, specifically in the crisis years 2010, 2014 and also in the standard year 2017 on the basis of selected indicators of net working capital and indebtedness and liquidity. Subsequently, companies in this sector in 2010 and 2014 are evaluated on the basis of a selected bankruptcy model - Altman's Z-score. Based on the calculations, it can be concluded that the compilation of Z'' score models is influenced by whether selected indicators of accounting units are assessed on the basis of average or median. Furthermore, the hypothesis was confirmed that the Z'' score results in the analyzed year 2014 will be more favorable for all construction companies according to the size of the entity than in 2010. Access to financing plays a very important role in every company and is reflected in its efficiency and overall growth. Therefore, research in this area is necessary and the issue may lead potential investors to decide on their future activities.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

doc. Ing. Jaroslav Jánský, CSc.  
Vysoká škola polytechnická Jihlava  
Katedra ekonomických studií  
Tolstého 16  
586 01 Jihlava  
e-mail: jaroslav.jansky@vspj.cz

Ing. Simona Činčalová, Ph.D.  
Vysoká škola polytechnická Jihlava  
Katedra ekonomických studií  
Tolstého 16  
586 01 Jihlava  
e-mail: simona.cincalova@vspj.cz

## KEYWORDS:

approaches to financing, working capital, Altman's Z-score, bankruptcy models, construction, Czech Republic

# MILNÍKY TRHU CHYTRÝCH NOSITELNÝCH ZAŘÍZENÍ PRO SPORT

JAKUB NOVOTNÝ  
VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ  
V PRAZE



## ABSTRAKT

Příspěvek se zaměřuje na hlavní technologické milníky vývoje v segmentu chytrých mobilních zařízení pro sport. Výdaje spotřebitelů na daný typ zařízení rostou. Historicky prvním a i dnes nejrozšířenější chytré nositelné zařízení pro sport je monitor tepové frekvence. Příchod těchto zařízení představuje první milník. Prvním monitorem tepové frekvence nabízeným na trhu již v roce 1978 byl produkt společnosti Polar. Z pohledu dnešního rozmachu nositelných a chytrých mobilních zařízení můžeme konstatovat, že monitory tepové frekvence předstihly vývoj zhruba o dvacet let. Druhým prezentovaným milníkem je koncept stažitelných aplikací. Stávající řešení však mají mnoho omezení a aktuální tržní příjmy ze sportovních aplikací nedosahují potenciálu trhu se samotnými nositelnými zařízeními. Třetím představeným milníkem jsou online služby tréninkových deníků a analýzy výkonu. Největší rozvoj lze očekávat právě v oblasti online úložišť, vizualizace a analýzy dat. Z pohledu uživatele/zákazníka je s ohledem na panující proprietárnost jednotlivých zařízení a systémů nutné ověřit kompatibilitu a systémovost celého uvažovaného řešení.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

chytrá nositelná zařízení, sport, sportovní aplikace, online služby

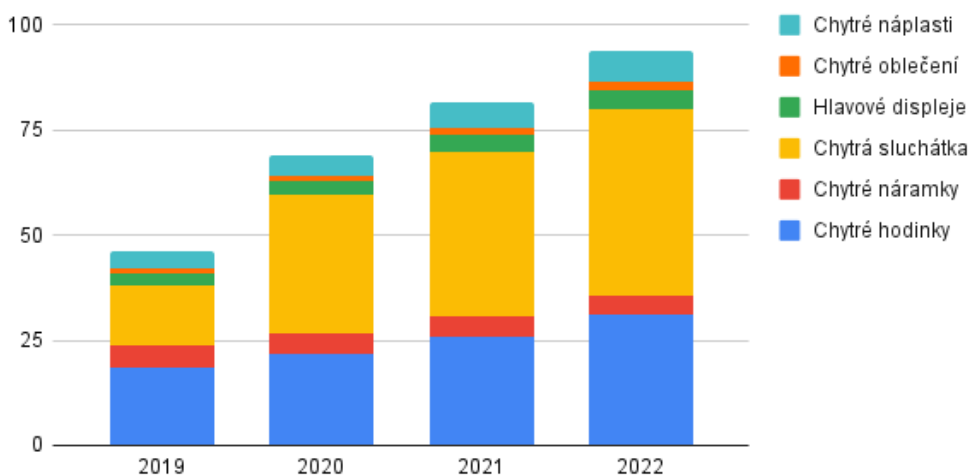


## ÚVOD

Informační a komunikační technologie (ICT) vstupují do všech oblastí lidských aktivit. Sport a pohybové aktivity v tomto ohledu nejsou výjimkou. Využití ICT pro sport sice nespadá do nosné oblasti trhu ICT, nicméně zejména v oblasti spotřební elektroniky se jedná o oblast, která se velmi dynamicky vyvíjí. Rozvoj trhu chytrých mobilních zařízení určených pro sport odráží širší trendy tržního segmentu ICT. Výrobci i prodejci si dobře uvědomují tržní potenciál amatérských sportovců či spotřebitelů zajímajících se o svůj fyzický stav, na trhu tak lze nalézt širokou škálu produktů a řešení zaměřených právě na sportovní oblast. Jedná se o různé druhy autonomních nositelných zařízení (wearables) i dalšího doplňkového hardwarového příslušenství, dále o softwarové aplikace pro sport a fitness určené pro mobilní telefony a dále online služby analyzující získané hodnoty.

Probíhající pandemie COVID-19 v mnoha ohledech omezila, vymezila či změnila chování spotřebitelů a jejich preferencí. Projevilo se to i na trhu s nositelnými elektronickými zařízeními. Dle společnosti Garnet (Garnet, 2021) vzrostl zájem lidí o sledování vlastního zdraví a fyzické aktivity. Současně se omezily výdaje na cestování a další volnočasové aktivity, což se projevuje zvýšenou poptávkou po nositelných zařízeních. Výdaje koncových uživatelů za nositelná elektronická zařízení v roce 2021 Garnet odhaduje na 81,5 miliard USD, v roce 2022 pak na 94 miliard USD.

**Graf 1:** Výdaje koncových uživatelů na chytrá nositelná zařízení



Zdroj: Garnet, 2021. Zpracování vlastní

V tomto přehledovém příspěvku se zaměříme na hlavní milníky historie segmentu chytrých nositelných zařízení pro sport (tj. nebudou uvažovány mobilní telefony ani chytré hodinky určené k všeobecnému použití) a to ve vztahu k dalšímu potenciálu, který tento tržní segment skýtá.

## SPORTTESTR JAKO PRVNÍ CHYTRÉ HODINKY

**K** historicky nejstarším a zřejmě také nejrozšířenějším specializovaným mobilním sportovním prostředkům patří sporttestery (či jinak řečeno monitory srdečního tepu). Obvykle se jedná o sportovní hodinky zobrazující a zaznamenávající aktuální srdeční tep jejich uživatele nejčastěji pomocí bezdrátově připojeného hrudního pásu. Tento koncept včetně zobecněného názvu „sporttester“ pro podobný typ zařízení pochází od finské společnosti POLAR. Dle informací prezentovaných společností POLAR myšlenka vznikla v roce 1975 při společné projížďce na běžkách budoucího zakladatele firmy a reprezentačního trenéra finského lyžařského běžeckého týmu. Na univerzitě ve finském Oulu pak v roce 1977 byl vyvinut prstový snímač tepu, jeho prodejní varianta byla firmou POLAR představena v roce 1978. Souběžně byl vymyšlen prototyp bezdrátového monitoru srdečního tepu, nejprve určeného pro potřeby finského lyžařského běžeckého týmu. Jak uvádí Shau Parker (Parker, 2007): „*The wireless Polar heart rate monitoring method was developed at the University of Oulu's department of electronics, and was originally aimed at coaches and sportsmen to help raise the quality and efficiency of their training. Exercise scientists also used them in their work after researching them.*“ S postupným rozšiřováním metody tréninku podle srdeční frekvence i tržní dostupností vhodných zařízení se monitory srdečního tepu začaly využívat i v amatérském a rekreačním sportu. Z hlediska „tržní dostupnosti“ byl hlavním průlomem rok 1982, kdy společnost POLAR začala nabízet přístroj Sport Tester PE2000 (Polar) – „*První bezdrátový náramkový přístroj na měření TF (tepové frekvence) vybavený pamětí, časovými funkcemi a signalizací limitů TF.*“ Další modely pak umožňovaly i vyhodnocování zátěže a efektu tréninku prostřednictvím propojení s počítačem (IBM PC). Ve světle dnešního boomu různých chytrých mobilních zařízení a chytrých hodinek (smartwatch) lze i bez nadsázky říci, že sportovní svět tyto trendy předběhl o více než čtvrt století.

**Obrázek 1:** Polar Sport Tester PE2000



Zdroj: Polar

Dnešní nabídka „chytrých“ sportovních hodinek s funkcí měření tepové frekvence je velice široká. Mezi hlavní leadery v segmentu určenému primárně pro sport patří bezpochyby společnosti (řazeno abecedně) GARMIN, POLAR a SUUNTO. Dnes již téměř bez výjimek všechny modely používají GPS k určení měření vzdálenosti během aktivity uživatele a také shromažďují množství dalších údajů z řady interních nebo externích senzorů. Individuální sportovec generuje sérii osobních datových záznamů každou ze zaznamenaných aktivit. Například 15 km běh mírným tempem (6 min/km) se záznamem polohy, nadmořské výšky a tepové frekvence každé 1 s generuje přibližně 1,2 MB dat.

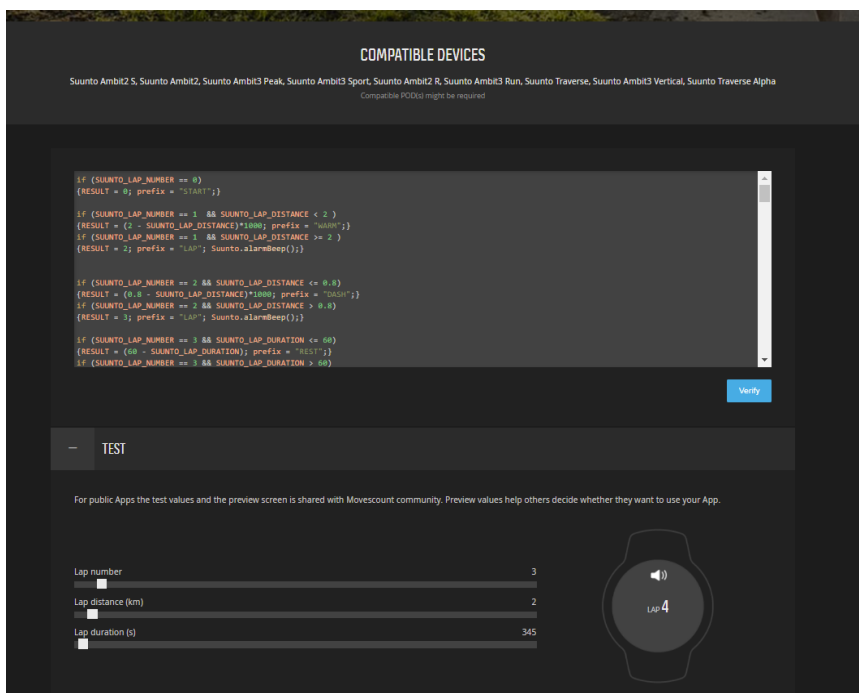
## STAŽITELNÉ APLIKACE

První popsaný milník vývoje byl skutečně průlomovou inovací - přinejmenším pokud jde o segment nositelných zařízení – druhý milník v oblasti chytrých nositelných zařízení pro sport představuje opačný trend, kdy byl již osvědčený koncept v širším segmentu chytrých mobilních zařízení převzat do segmentu specializovaných sportovních zařízení. Tedy v době, kdy již byly stažitelné aplikace standardem chytrých telefonů i vrcholných modelů chytrých hodinek, přišla s tímto konceptem v roce 2013 společnost Suunto jako první ve specializovaných sportovních hodinkách.

Nešlo jen o pasivní možnost stažení existující aplikace. Takzvané Suunto App umožňovaly také vytvářet vlastní aplikace v proprietárním skriptovacím jazyce Suunto Script a přidávat je do sportovních režimů. Veřejně dostupné aplikace byly k dispozici v portálu [movecount.com](http://movecount.com), který sloužil také jako online tréninkový deník. Pro vytváření aplikací byl na uvedeném portálu k dispozici nástroj s názvem App designer. Podporoval základní matematické a logické operátory, některé matematické funkce, takzvané Suunto funkce (pípnutí, podsvícení, vzdálenost a směr mezi dvěma body podle zeměpisných souřadnic) a přes 200 datových údajů získávaných přímo ze zařízení – rychlostní charakteristiky (aktuální rychlost, průměr rychlost, maximální rychlost, tempo atd.), charakteristika vzdálenosti, srdeční frekvence, okolní prostředí a mnoho dalších. Základní výstup Suunto Script je hodnota (RESULT) zobrazená v časovém formátu nebo jako čísla. Tento výstup bylo možné doplnit textovým polem před a za výstupem (PREFIX, POSTFIX). Celkový počet zobrazitelných znaků dohromady pro PREFIX a POSTFIX byl pouze šest. Existovalo mnoho dalších omezení jak samotného skriptovacího jazyka, tak vlastního zařízení (velmi malá paměť dostupná pro aplikace, omezené možnosti zobrazení atd.). Nicméně vytvořit pro hodinky užitečnou novou funkci bylo pro uživatele vcelku jednoduché.

Následující obrázek ukazuje příklad složitější Suunto App v aplikaci App Designer.

## Obrázek 2: Příklad Suunto App

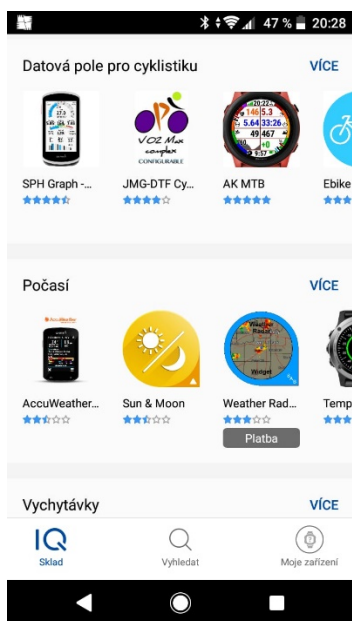


Zdroj: Movescount, Suunto App vytvořená autorem

Krátce po uvedení Suunto App přišla v roce 2014 konkurenční společnost Garmin s vlastním proprietárním konceptem Connect IQ s výrazně složitějším a mocnějším objektově orientovaným programovacím jazykem Monkey C, který je v podstatě omezen pouze na straně hardware.

Jazyk Monkey C funguje podobně jako Java, PHP, Ruby nebo Python a je jejich kombinací. Monkey C je objektově orientovaný jazyk, který pracuje s virtuálním strojem Monkey Brains pro snadný vývoj aplikací pro vybraná nositelná zařízení značky Garmin. K automatickému čištění paměti používá počítání referencí, takže se nemusíte soustředit na správu paměti. Monkey C požadavky jsou dynamicky propojeny se systémem. Monkey C může obsahovat argumenty, které nepotřebují deklarovat typ. Rovněž není nutné deklarovat návratové hodnoty funkce. Hodnota se vrací z funkce pomocí příkazu return. Pokud se funkce nevrací, vrátí poslední hodnotu v zásobníku. Všechny aplikace Connect IQ vyžadují soubor manifestu. Soubor manifestu je XML, který určuje vlastnosti aplikace, jako je typ aplikace a podporované produkty. Soubor manifestu se automaticky vytvoří pro modul vývojového prostředí Eclipse, ale lze jej také vytvořit ručně.

**Obrázek 3:** Ukázka tržiště aplikací Connect IQ

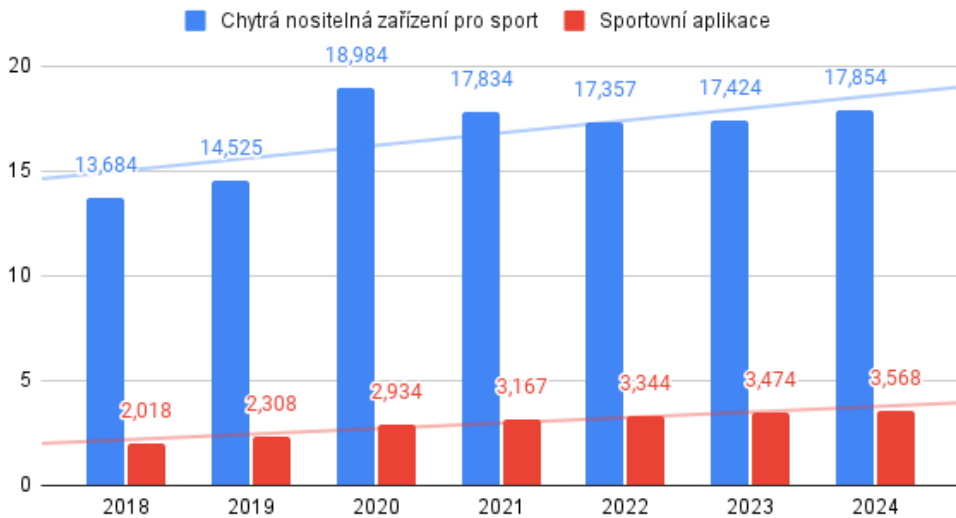


Zdroj: vlastní

Kromě výše uvedených technických omezení je hlavní překážkou rozvoje trhu obou uvedených konceptů to, že se jedná o vysoce proprietární řešení. Vývoj i použitelnost aplikací je omezena pouze na majitele dané konkrétní značky. Společnost Suunto tuto cestu již opustila a nově nabízí i model zařízení Suunto 7, který je na rozhraní chytrých hodinek a zařízení dedikovaného pro sportovní využití. Toto zařízení používá operačním systémem Wear OS a je tak otevření pro aplikace nezávislé na výrobci daného zařízení. Podobnou strategii má i společnost Polar. V případě obou výrobců (Polar i Suunto) se však jedná prozatím pouze o jeden model a je to tedy spíše testování tržních i technických možností v reakci na konkurenci.

Data o trhu aplikací pro chytrá nositelná zařízení a ještě specifičtěji pro chytrá nositelná zařízení určená pro sport nejsou dostupná, ale pokud vyjdeme z odhadu celosvětových příjmů za chytrá nositelná zařízení pro sport v porovnání s příjmy za sportovní aplikace obecně, které jsou šestinové, lze z toho vyvodit, že příjmy z placených aplikací pro chytrá mobilní zařízení jsou ještě výrazně nižší.

**Graf 2:** Odhad celosvětových příjmů z prodeje chytrých mobilních zařízení pro sport a sportovních aplikací



Zdroj: Statista, 2020, zpracování vlastní

Dle společnosti Statista (Statista, 2020) sportovní aplikace používá 0,3 % světové populace, z používaných aplikací ale jen necelá čtvrtina je placených. Uživatelé preferují aplikace zdarma.

## ONLINE SLUŽBY

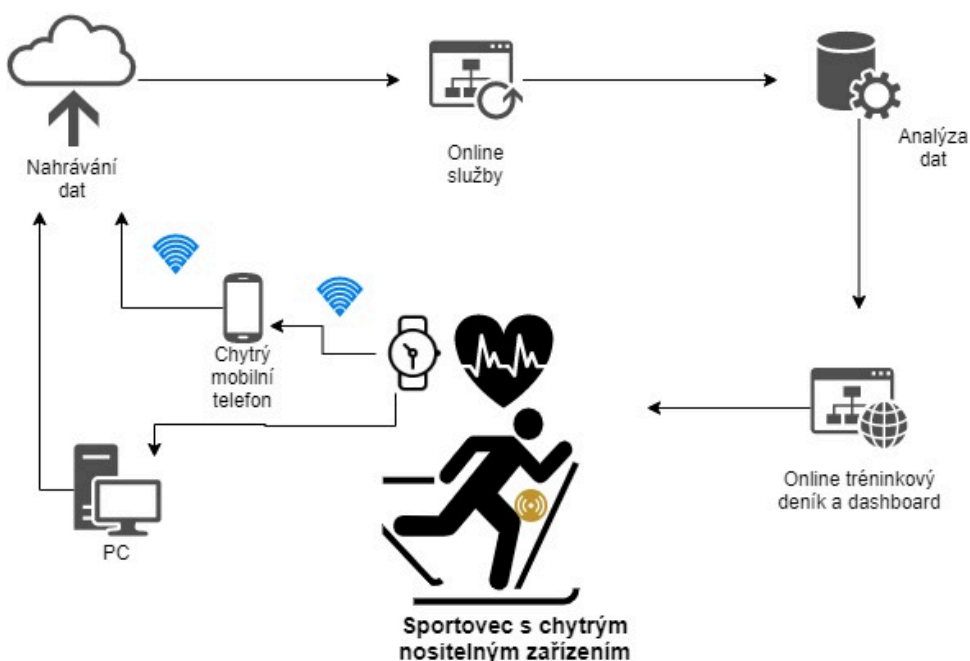
**A**plikace ke stažení a zvláště proprietární programovatelné aplikace pro dedikovaná sportovní nositelná zařízení jsou zajímavou funkcionalitou pro uživatele, ale významný tržní potenciál při současných technologiích pro výrobce nenabízí. S obecným rozvojem konektivity k internetu v posledních desetiletích nabízí větší technologický potenciál online služby pro ukládání, zobrazování a analýzu sportovních dat. Ani zde se z hlediska konceptu nejedná o nic nového, neboť digitalizace tréninkových dat je historicky úzce spojena s prvními modely monitorů tepové frekvence společnosti Polar. Společnost Polar uvedla v roce 1986 na trh software pro analýzu tepové frekvence pro PC IBM a v této oblasti byla průkopníkem i později. V roce 1991 uvedla na trh software pro analýzu tréninkových dat pro MS Windows a prvního vlastního online tréninkový deníku v roce 2001.

V současné době existují na trhu stovky různých online služeb pro ukládání, vizualizaci a analýzu sportovních dat. Většina výrobců nositelného sportovního vybavení nabízí vlastní řešení online tréninkových deníků spolu s online nastavením a přizpůsobením daných zařízení. Existuje také široká nabídka online služeb nezávislých na zařízení/výrobci, jako jsou Strava, Trainingpeaks, Endomodo, Runtastic a mnoho dalších. Služby jsou ve většině případů dostupné přes webové rozhraní i přes mobilní aplikaci.

Jistou výjimku v tomto ohledu představuje společnost Suunto, která v roce 2020 ukončila provoz svého online portálu Movescount a (online) data jsou nyní dostupná pouze přes mobilní aplikaci.

Uživatelé (sportovci) používající chytrá nositelná zařízení a další připojená externí čidla shromažďují mnoho údajů o své aktivitě včetně měření a zaznamenávání fyziologických údajů. Tato data jsou průběžně online nebo následně dávkově nahrána do příslušného cloudového úložiště, prostřednictvím kterého jsou následně zpracovávána, vizualizována a analyzována, a to jak na úrovni jednoho sportovce či celého tréninkového týmu, ale často také anonymizovaně na úrovni celé populace uživatelů. Graficky uvedený proces můžeme ilustrovat následovně.

**Obrázek 4:** Sběr a zpracování dat z chytrých nositelných zařízení pro sport



Zdroj: vlastní zpracování

## ZÁVĚR

Tento příspěvek formou stručného historického exkurzu představil tři klíčové milníky v historii chytrých mobilních zařízení určených pro sport. Tyto tři milníky zároveň představují tři postupné vrstvy technologické architektury individuálních ICT řešení pro sportovních a tréninkové aktivity i samostatné tržní subsegmenty. Vlastní nositelné zařízení představuje základní vrstvu – tedy hardware – a odpovídá tržnímu subsegmentu chytrých nositelných zařízení pro sport. Druhou vrstvu představují stažitelné aplikace – tedy software – se samostatným subsegmentem sportovních

aplikací. Poslední vrstvu pak tvoří online poskytované služby, které postupně vytváří také samostatný subsegment trhu.

Z pohledu dalšího vývoje hardwarových zařízení lze očekávat drobná vylepšení v přesnosti naměřených hodnot a v energetické náročnosti zařízení. Technologicky lze také očekávat vývoj dalších senzorů pro měření tělesných charakteristik a pohybových charakteristik.

Z prezentovaných údajů o velikosti trhu sportovních aplikací vůči trhu chytrých nositelných zařízení pro sport lze předpokládat, že jednotliví výrobci se budou snažit spíše udržovat vlastní proprietární řešení. Nedá se tedy očekávat podobný vývoj jako u segmentu chytrých mobilních telefonů, neboť u sportovních nositelných zařízení se jedná o poměrně úzký a specializovaný segment a zejména zde působí značná omezení daná použitelnými hardwarovými technologiemi.

Největší rozvoj lze očekávat v oblasti online úložišť, vizualizace a analýzy dat. Údaje o tréninku, údaje o pohybu a údaje o fyziologických parametrech poskytují značný potenciál pro další využití. I základní pravidelné měření a vyhodnocení srdeční frekvence lze použít jako indikátor zdraví uživatele v dlouhodobějším období. Svým charakterem se také jedná o tzv. Big Data, která lze vytěžovat s využitím prvků Business Intelligence.

Z pohledu uživatele/zákazníka je vhodné se před rozhodováním o nákupu konkrétního zařízení či služby zorientovat v uvedených třech vrstvách obecné architektury a s ohledem na panující proprietárnost jednotlivých zařízení a systémů ověřit kompatibilitu a systémovost celého plánovaného řešení.



## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Gartner Forecasts Global Spending on Wearable Devices to Total \$81.5 Billion in 2021*. 2021. [on/line]. Cit. 2021-08-16. Dostupné z: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-01-11-gartner-forecasts-global-spending-on-wearable-devices-to-total-81-5-billion-in-2021>
- [2] PARKER, S., 2007. History of Heart Rate Monitors. Cit. 2016-04-20. Dostupné z: <http://www.articlesbase.com/healtharticles/history-of-heart-rate-monitors-253755>.
- [3] *Polar*, n.d. [on/line]. Viewed 9. 10. 2018. <[www.polar.com](http://www.polar.com)>
- [4] NOVOTNÝ, J, WINKLEROVÁ, M., 2014. How Programmer Plans Training? International Journal of Advanced Computer Science and Information Technology Vol. 3, No. 4, Page: 379-389, ISSN: 2296-1739
- [5] NOVOTNÝ, J. Sport wearables – from the first hearth rate monitor to online services. *System approaches'18*. Oeconomica 2018. S.13 – 18. ISBN: 978-80-245-2284-5
- [6] *Movescount*, n.d. [on/line]. Dostupné z: [www.movescount.com](http://www.movescount.com)
- [7] *Garmin*, n.d. [on/line]. Dostupné z: [www.garmin.com](http://www.garmin.com)
- [8] *Suunto*, n.d. [on/line]. Dostupné z: [www.suunto.com](http://www.suunto.com)
- [9] MUSIL, M. – SMRČKA, F. – NOVOTNÝ, J., 2016. Development of apps for sports wearables devices – Suunto, Garmin, Recon. LOGOS POLYTECHNIKOS. Vol. 7, 4, s. 57-70. ISSN 1804-3682.
- [10] RAY, P. P., 2015. Internet of Things for Sports (IoTSpport): An architectural framework for sports and recreational activity. International Conference on Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO): 1-4.
- [11] Statista: Fitness Report 2020 (Statista Digital Market Outlook – Segment Report). Statista 2020.

# MILESTONES OF THE MARKET FOR SPORT WEARABLES



## ABSTRACT

The paper focuses on the main technological milestones of development in the segment of wearables for sport. Consumer spending on a given type of equipment is growing. Historically, the first and still the most widespread wearables for sport is the heart rate monitor. The arrival of these devices represents the first milestone. The first heart rate monitor on the market in 1978 was a Polar product. From the perspective of today's boom in wearable and smart mobile devices, we can say that heart rate monitors have outpaced this development by about twenty years. The second milestone presented is the concept of downloadable applications. Existing solutions have many limitations and current market revenues from sports applications do not reach the market potential of the wearable devices themselves. The third milestone introduced is online training diary services and performance analysis. The greatest development can be expected in the area of online storage, visualization and data analysis. From the point of view of the customer, with regard to the prevailing proprietary nature of individual devices and systems, it is necessary to verify the compatibility and systemicity of the entire planned solution.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

Ing. Jakub Novotný, Ph.D.  
Vysoká škola ekonomická v Praze  
Fakulta informatiky a statistiky  
Katedra systémové analýzy  
náměstí Winstona Churchilla 1938/4  
130 67 Praha 3  
e-mail: jakub.novotny@vse.cz

## KEYWORDS:

Smart wearable devices, sports, sports applications, online services

# SPOTŘEBA A INVESTICE. PŘÍPADOVÁ STUDIE ZEMÍ V4.

VÁCLAVA PÁNKOVÁ  
ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA



## ABSTRAKT

Spotřeba a investice jsou základními složkami HDP. Zdrojem domácích investic jsou úspory, které jsou komplementem spotřeby. Politika vysoké spotřeby a zároveň velkých investic musí tedy pracovat s přílivem zahraničního kapitálu. Mobilita kapitálu s sebou nese i určitý transfer technologií a přijímající ekonomika tak získává potenciál k dalšímu rozvoji. Silné ekonomiky zpravidla vykazují vysokou mobilitu kapitálu. Současně je v takových ekonomikách i vysoký stupeň permanentní spotřeby, tedy takové, kdy domácnosti zohledňují svoje dlouhodobější příjmová očekávání. Opačnou skupinou jsou domácnosti, které konzumují na základě aktuálního příjmu.

Článek stručně popisuje teorii a matematickou formalizaci hypotézy permanentní spotřeby včetně formulace ekonometrického modelu. Dále je popsán princip mobility kapitálu v souvislosti s úsporami a z toho vycházející model. Oba modely zkoumají dlouhodobou dynamiku. Aplikace je provedena pro ekonomiky V4 včetně rozboru výsledků. Podíl domácností se spotřebou vztaženou k aktuálnímu příjmu se pohybuje v rozmezí dvě třetiny až tři čtvrtiny. Všechny země zároveň vykazují spíše nízkou mobilitu kapitálu.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

hypotéza PIH, mobilita kapitálu, kointegrace, metoda zdánlivě nesouvisející regrese

## ÚVOD

Zásadními složkami HDP jsou spotřeba a investice. Spotřebu tvoří finální výrobky a služby konzumované domácnostmi, a to včetně zboží dlouhodobé spotřeby, jako jsou např. elektronická zařízení nebo automobily. Spotřební chování tak má přímý vliv na ekonomický vývoj. Komplementem spotřeby, vzhledem k celkovému příjmu, jsou úspory, které se stávají zdrojem pro investice. Ekonomiky s vysokou spotřebou obvykle vykazují jen malou míru domácích investic, a naopak. Aktuální spotřeba tedy přinese úspěšným firmám krátkodobé zisky, ale s jejím nárůstem klesá šance na domácí investice, které by podpořily dlouhodobou ziskovou stabilitu. Zvyšuje se tak poptávka po zahraničních investicích. Investování napříč ekonomikami je oboustranný proces, souhrnně se tedy hovoří o mobilitě kapitálu. V tomto článku bude provedena ekonometrická analýza zemí V4 (Česká republika, Maďarsko, Polsko, Slovensko) z hlediska spotřeby a kapitálové mobility.

## SPOTŘEBA

Výdaje domácností na konečnou spotřebu a její souvislosti s dalšími ekonomickými a společenskými ukazateli popisují různé teorie, které také různě vysvětlují spotřebitelské chování. Dlouhodobě jsou „spolehlivějším“ spotřebitelem domácnosti, které svoje výdaje realizují na úrovni permanentní spotřeby.

Koncept permanentní spotřeby zavedl M. Friedman v roce 1957; o tři roky dříve publikoval F. Modigliani teorii životního cyklu. Jsou to dvě alternativní reakce na zjištění, že agregátní data zpravidla neumožňují doložit platnost dřívější Keynesovy teorie absolutního příjmu. První dvě teorie jsou zcela autonomní, přesto je lze spojit do jediného konceptu, jak to ve své publikaci ukázal Hall (1978). Znalosti o pravděpodobném vývoji spotřeby jsou významnou devízou při ekonomických i politických rozhodováních.

Hypotéza permanentního příjmu a permanentní spotřeby je postavena na předpokladu, že subjekt realizuje svoji spotřebu spíše s ohledem na výši svého dlouhodobě očekávaného příjmu, než aby se rozhodoval podle příjmu aktuálního. Spotřebitel se tedy rozhoduje podle svých expektací a jeho spotřební výdaje jsou proporční jeho permanentnímu příjmu. Pro tvůrce ekonomických a politických rozhodnutí je užitečná znalost faktu, že úroveň této proporčnosti může ovlivnit centrální banka prostřednictvím stanovené úrokové míry.

Lidé se tak snaží udržet si stálou životní úroveň s ohledem na svůj „obvyklý“ příjem, přestože jejich aktuální příjem může být odlišný. Zásadní je zde úvaha, že předpokládanou spotřebu lze ztotožnit se spotřebou skutečnou. Je třeba také počítat s tím, že spotřebitel bude jinak reagovat na šoky tranzitorní (např. zrušení superhrubé mzdy jen na dva roky) než na šoky permanentní (např. kdyby byla přijata nová důchodová reforma).

Spotřební chování je stále předmětem zájmu ekonometrických analytiků. Z nedávné doby je to studie o EU autorů Bilika a Koka (2020); permanentní spotřebu v Rusku zkoumá text Polbina a Sinelnikova - Muryleva (2020). Situaci v Polsku z hlediska životního cyklu se zabývá Kolasa (2017).

## INVESTICE

Jedním z nejdůležitějších vstupů pro výrobu je kapitál. V rámci globalizace dochází k mobilitě kapitálu, což může významně ovlivnit ekonomický růst. Mobilita kapitálu je definována jako schopnost soukromých zdrojů přelévat se mimo národní hranice s cílem neefektivnější alokace a maximálního zisku. Důsledkem je nárůst úspor i investic; současně dochází k akumulaci kapitálu a růstu ekonomiky. Tento jev začal v malé míře být pozorován zhruba po roce 1929 (Taylor (1996)) a nabíral na intenzitě po druhé světové válce. Vyšší mobilita kapitálu pak byla později pozorována (Masud a Rafiqul, 2010) v zemích eurozóny. Je-li kapitál mobilní, je snadnější získat přímé zahraniční investice (FDI = Foreign Direct Investment). Zároveň dochází k transferu technologií a součástí procesu jsou i globální výrobní a obchodní řetězce a finanční rozvoj. Edwards (2001) ukazuje, že větší kapitálová otevřenost přináší vyšší efektivitu výroby, než mají ekonomiky s omezeným pohybem kapitálu. Zároveň je ale dlouhodobá zkušenost, že z mobility kapitálu výrazněji profitují více rozvinuté ekonomiky, které FDI nejen přijímají, ale hlavně je alokují v zahraničí.

Rozvojové ekonomiky jsou především kapitálovými příjemci; mají omezené úspory, ale silnou potřebu investic. Jejich vlády zpravidla vytvářejí příznivé podmínky pro zahraniční investory. Současně ale mohou mít slabší regulatorní a institucionální aparát. Dokonce i v eurozóně je patrná nerovnováha mezi toky FDI, když malé země jsou z různých ekonomických důvodů znevýhodněny. Naopak, rychlý pohyb kapitálu napříč národními hranicemi může podstatně zvýšit míru nezaměstnanosti v ekonomikách velkých.

Ambivalentní dopady mobility kapitálu shrnuje tzv. makroekonomické trilema (Masud a Rafiqul, 2010). Tři zásadní ekonomické cíle

1. Stabilizovat měnový kurz
2. Profitovat z mezinárodního pohybu kapitálu
3. Provádět monetární politiku domácí v souladu s domácími zájmy

jsou nekompatibilní; konzistentně je možné aplikovat pouze dva ze zmíněných požadavků. Které ze tří pravidel bude vynecháno, je otázkou politického rozhodnutí. Většinou je politickým zájmem mít pod kontrolou měnu a úroky, proto politici zpravidla nereflektují na bod 2.

Výše uvedené důvody ukazují, že měření kapitálové mobility by mohlo napomoci posouzení jejich dopadů na danou ekonomiku. Východiskem k tomu je hypotéza Feldsteina a Horioky (1980):

Při perfektní mobilitě kapitálu je nulová korelace mezi domácími úsporami a investicemi.

Tato tematika je stále předmětem odborného zájmu, nejen z hlediska pozitivních, ale i případných negativních dopadů. V ČR tuto problematiku v nedávné době zkoumal např. Frýd (2020) z hlediska dopadů vstupu země do EU. Na úrovni EU vyšla nedávno práce Alcidi (2020).

V následujícím paragrafu tohoto článku je shrnut základní ekonometrický přístup k modelování permanentní spotřeby na základě permanentního příjmu, kde je nutno pracovat se skutečností,

že žádná z těchto dvou veličin není přímo měřitelná a dále je stručně rekapitulován přístup ke kvantifikaci kapitálové mobility. Výsledné modely jsou v další části aplikovány na ekonomiky V4. Časové řady relevantních údajů jsou podrobeny standardní předběžné analýze a ekonometricky zpracovány s ohledem na předpokládané sdílení náhodných disturbancí v rámci V4. Následuje vyhodnocení výsledků.

## METODOLOGIE

**O**ba ekonomické jevy se dotýkají dlouhodobé dynamiky vývoje relevantních veličin, proto vhodným nástrojem ke zkoumání jsou časové řady a jejich kointegrační analýza. Permanentní spotřeba je navíc charakteristická tím, že není přímo měřitelná. Odvození modelu proto předchází proces vhodného vyjádření potřebných souvislostí.

## PERMANENTNÍ SPOTŘEBA

**M**etodicky jsou příjem  $Y_t$  a spotřeba  $C_t$  vnímány jako veličiny složené ze dvou částí, permanentní  $Y_t^P$ , resp.  $C_t^P$ , a tranzitorní  $Y_t^T$ , resp.  $C_t^T$ . Je tedy

$$Y_t = Y_t^P + Y_t^T$$

$$C_t = C_t^P + C_t^T$$

Přičemž pozorovatelné jsou jen levé strany obou vztahů, ne ale jejich složky. Permanentní spotřeba a příjem jsou ve vztahu úměrnosti

$$C_t^P = \beta Y_t^P$$

a tranzitorní části z dlouhodobého hlediska směřují limitně k nule.

Permanentní příjem lze vypočítat např. za předpokladu adaptivního očekávání (podrobně např. Dougherty, 2016). Pokud se aktuální disponibilní příjem liší od permanentního, změní se o částku proporční příslušnému rozdílu

$$\Delta Y_t^P = Y_t^P - Y_{t-1}^P = \lambda(Y_t - Y_{t-1}^P), \quad \text{kde } 0 \leq \lambda \leq 1. \quad (1)$$

Parametr  $\lambda$  vystihuje předpoklad, že přizpůsobení se permanentnímu příjmu není provedeno plnou částkou, ale část rozdílu je důsledkem variability tranzitorní složky. S ohledem na proporcionalitu permanentní spotřeby vzhledem k permanentnímu příjmu pak je

$$C_t = \beta Y_t^P + C_t^T,$$

kde  $C_t^T$  lze vnímat jako náhodnou složku a  $Y_t^P$  vzejde z (1). Dostáváme tak model, jehož proměnné jsou měřitelné.

Na (1) lze také nahlédnout jako na schéma Koyckova geometricky rozděleného zpoždění (podrobně např. Dougherty, 2016). Bude

$$C_t = \beta \lambda Y_t + (1 - \lambda)C_{t-1} + \theta_t, \quad (2)$$

kde  $0 \leq \lambda \leq 1$  a  $\theta_t$  je náhodná složka.

Podle Friedmana (1957),  $\lambda$  a  $\beta$  jsou funkcí úrokové míry, za kterou si spotřebitel půjčuje.

Z (2) je patrné, že mezní sklon ke spotřebě je  $\frac{dC_t}{dY_t} = \beta\lambda$ , zatímco dlouhodobě, při vymizení náhodných vlivů, je  $\bar{C} = \beta\bar{Y}$ , kde  $\bar{C}$ ,  $\bar{Y}$  jsou rovnovážné hodnoty, a  $\frac{d\bar{C}}{d\bar{Y}} = \beta$ . Evidentně je  $\beta > \lambda\beta$ , tedy dlouhodobý vliv příjmu na spotřebu je vyšší než ukazatel krátkodobý. Tento přístup na ekonomku ČR aplikovala Pánková (2012).

Tento typ výpočtů ale nijak neřeší otázku, zda hypotéza o permanentním příjmu (PIH) je v dané ekonomice skutečně platná. Fakt, že Friedmanův postulát je zprávou o dlouhodobé souvislosti mezi veličinami, umožňuje k tomuto zkoumání použít poznatky o kointegraci, která rovněž vypovídá o existenci dlouhodobé vazby mezi proměnnými. Podle věty o reprezentaci (Engle a Granger, 1991), jsou-li časové řady  $C_t$ ,  $Y_t$  integrované řádu 1 a kointegrované, lze jejich vztah vyjádřit modelem typu mechanismus korekce chyby (ECM). Zde konkrétně

$$\Delta C_t = \alpha + \beta \Delta Y_t + \gamma ecm_{t-1} + u_t, \quad (3)$$

kde  $ecm_t = C_t - \widehat{\vartheta}_0 - \widehat{\vartheta}_1 Y_t$  je korekční složka na úrovni rezidia ze vztahu  $C_t = \vartheta_0 - \vartheta_1 Y_t + \epsilon_t$  a  $u_t$  je náhodná složka. V modelu (3) parametry  $\beta$  a  $\gamma$  jsou krátkodobé charakteristiky. Je-li parametr  $\beta$  statisticky významně nenulový, potvrzuje závislost spotřeby na aktuálním příjmu. Nenulovou hodnotu parametru  $\beta$  zde můžeme ekonomicky interpretovat slovy: zvýší-li se přírůstek disponibilního příjmu o jednotku, zvýší se přírůstek spotřeby o  $\beta$  jednotek. Naopak, statisticky nulový parametr  $\beta$  odpovídá platnosti PIH.

Předmětem zájmu je také dynamika celého procesu a případné excesy; tomuto hledisku se věnuje např. Kim (2017). V námi sledovaném období nastala finanční krize v letech 2008 – 2009 a započala „covidová“ v roce 2020, obě s nepřehlédnutelnými ekonomickými důsledky. Kvantifikace vlivu krizí na spotřebu je popsána např. v článku Kuan-Mina (2011). Model reflektuje tyto události zavedením nula-jedničkové proměnné  $D$  jako  $D = 1$  v krizových obdobích,  $D = 0$  jinak. Místo modelu (3) tedy pracujeme s tvarem

$$\Delta C_t = \alpha + \delta D + \beta \Delta Y_t + \gamma ecm_{t-1} + u_t \quad . \quad (4)$$

## MOBILITA KAPITÁLU

Vyjádřit úroveň kapitálové mobility lze pomocí různých přístupů; Edwards (2001) nebo Schneider (1999) navrhli dvě alternativní míry založené na konstrukci vhodných indexů. Sofistikovanější zpracování vychází z hypotézy Feldsteina a Horioky o (ne)korelaci úspor a investic a vede na základní model

$$\left(\frac{I}{HDP}\right)_t = \alpha + \beta \left(\frac{S}{HDP}\right)_t + u_t \quad (5)$$

kde  $I$  jsou investice,  $S$  úspory. Je-li parametr  $\beta$  blízko jedné, jsou domácí úspory zdrojem zejména domácích investic a mobilita kapitálu je tak slabá. Model (5), podobně jako ukazatel korelace obou veličin, vystihuje pouze krátkodobou dynamiku ve vztahu obou veličin. Snaha o popis dlouhodobého vztahu vyúsťuje do ekonometrického modelu založeného na zkoumání vzájemné kointegrace mezi těmito veličinami. Jsou-li úspory a investice nekointegrované, vypovídá to o vysoké mobilitě kapitálu a *vice versa*.

Místo (1) navrhli Obstfeld, Shambaugh a Taylor (2004) model typu

$$\Delta\left(\frac{I}{HDP}\right)_t = \alpha + \beta\Delta\left(\frac{S}{HDP}\right)_t + \gamma ecm_{t-1} + u_t \quad (6)$$

kde  $ecm_t = \left(\frac{I}{HDP}\right)_t - \vartheta_0 - \vartheta_1\left(\frac{S}{HDP}\right)_t$ . V případě otevřené ekonomiky se očekávají nízké hodnoty parametrů  $\beta$  a  $\gamma$ . Naopak, kapitálová imobilita se odráží ve výsledcích, kde  $\beta$  a  $\gamma$  nabývají vysokých hodnot, zatímco  $\delta$  je blízko nuly. Podobně jako u modelu (4), i zde bude zařazena 0 – 1 proměnná identifikující roky finanční krize 2008 – 9.

$$\Delta\left(\frac{I}{HDP}\right)_t = \alpha + \delta D + \beta\Delta\left(\frac{S}{HDP}\right)_t + \gamma ecm_{t-1} + u_t. \quad (7)$$

## APLIKACE NA EKONOMIKY V4

Tento článek navazuje na text Pánkové (2021), v němž výpočty pro permanentní spotřebu byly již zpracovány a jsou zde převzaty. Čtvrtletní data (zdroj: Eurostat, sezónně neupravená) se vztahují k období 1996Q1 až 2020Q2. Bylo by proto vhodné model pro modelování mobility kapitálu použít stejné časové rozpětí. Bohužel, Eurostat pro země V4 uvádí přehled o úsporách až od roku 2014. Model (7) bude tedy zpracován pro období 2014Q1 až 2020Q2.

Všechny časové řady byly nejprve podrobeny základní datové analýze. Spotřeba  $C$ , HDP  $Y$ , investice  $I$  a úspory  $S$  jsou odlišeny příponami: -cz pro ČR, -hu Maďarsko, -pl Polsko a -sk Slovensko. Všechny časové řady, uváděné ve statistikách jako neadjustované, byly nejprve transformovány pomocí Hodrickova – Prescottova filtru. Dále byl proveden ADF (Augmented Dickey Fuller) test na stacionaritu se zjištěním, že všechny časové řady jsou  $I(1)$ . Dvojice spotřeba a HDP pro jednotlivé ekonomiky jsou kointegrované podle Johansenova testu, rovněž tak, jako investice a úspory. V Tabulce 1 jsou uvedeny t-statistiky ADF testu pro první diference



sledovaných časových řad (původní časové řady jsou nestacionární) a TS-statistiky (Trace Statistic) pro test Johansenův. Kritická hodnota na 5-procentní hladině významnosti je -2,894 pro ADF test při nulové hypotéze 'časová řada má jednotkový kořen'. Johansenův test pracuje s nulovou hypotézou 'neexistuje kointegrační rovnice' a kritickou hodnotou 15,494 (pro ČR je hypotéza zamítnuta s Prob = 0,043).

**Tabulka 1.** Testy ADF a Johansenův

	t-statistika			t-statistika	
	pro 1. diferenci			pro 1. diferenci	
		TS -Johansen			TS -Johansen
<b>Ccz</b>	-19.82	15,92	<b>lcz</b>	-9,06	24,22
<b>Ycz</b>	-19.78		<b>Scz</b>	-8.39	
<b>Chu</b>	-19.81	66,89	<b>lhu</b>	-9.51	73,33
<b>Yhu</b>	-19.78		<b>Shu</b>	-6,81	
<b>Cpl</b>	-19.74	35,36	<b>lpl</b>	-8,97	118,31
<b>Ypl</b>	-19.75		<b>Spl</b>	-7,07	
<b>Csk</b>	-17.81	62,49	<b>lsk</b>	-8,98	24,27
<b>Ysk</b>	-18.95		<b>Ssk</b>	-3,05	

Zdroj: vlastní výpočty

Všechna data jsou měřena v lokálních měnách (údaje pro Slovensko jsou v eurech, přepočten z období před přijetím eura provedl Eurostat), proto jako výpočetní technika byla zvolena zdánlivě nezávislá regrese (seemingly unrelated regression = SUR), která respektuje jednotlivé rovnice (pro každý stát jedna), ale zároveň dovoluje pracovat s předpokladem společného prostředí náhodných disturbancí. Jejich podobný vliv v ekonomikách V4 lze zdůvodnit společnou historií a podobným ekonomickým vývojem.

## MODELOVÁNÍ SPOTŘEBY

**P**odstatná část výstupu ze softwaru Eviews je uvedena jako Tabulka 2, přičemž značení parametrů je změněno v souladu s modelem (4).

**Tabulka 2. Odhad parametrů modelu (4)**

Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression

Included observations: 392

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Alfa-cz	2.073291	25.81050	0.080327	0.9360
Delta-cz	1377.516	152.2833	9.045746	0.0000
Beta-cz	0.658497	0.004717	139.6047	0.0000
Gama-cz	-0.006866	0.004719	-1.455091	0.1458
Alfa-hu	-380.4063	273.8718	-1.388994	0.1650
Delta-hu	-3642.342	1606.252	-2.267603	0.0235
Beta-hu	0.710903	0.004781	148.6922	0.0000
Gama-hu	0.008868	0.002760	3.213180	0.0013
Alfa-pl	4.265543	8.969785	0.475546	0.6345
Delta-pl	250.1012	54.87705	4.557482	0.0000
Beta-pl	0.726107	0.003802	190.9575	0.0000
Gama-pl	0.022958	0.002118	10.83725	0.0000
Alfa-sk	0.046457	0.670137	0.069325	0.9447
Delta-sk	21.72633	4.022998	5.400532	0.0000
Beta-sk	0.769523	0.007129	107.9404	0.0000
Gama-sk	0.078057	0.006707	11.63778	0.0000

Equation: DC-cz = Alfa-cz + Delta-cz\*D + Beta-cz\*DY-cz + Gama-cz \*ECM(-1)

R-squared 0.980969

Equation: DC-hu = Alfa-hu + Delta-hu\*D + Beta-hu\*DY-hu + Gama-hu\*ECM(-1)

R-squared 0.982809

Equation: DC-pl = Alfa-pl + Delta-pl\*D + Beta-pl\*DY-pl + Gama-pl\*ECM(-1)

R-squared 0.990903

Equation: DC-sk = Alfa-sk + Delta-sk\*D + Beta-sk\*DY-sk + Gama-sk\*ECM(-1)

R-squared 0.969996

Zdroj: vlastní výpočty

Žádná z ekonomik V4 tedy evidentně neoperuje na úrovni PIH. Je empiricky známým faktem, že tendenci k PIH mají spíše více rozvinuté ekonomiky. Nicméně, ani tam se PIH nepotvrzuje absolutně, a to i přesto, že samotný Friedmanův koncept nebyl nikdy teoreticky zpochybněn. Nový pohled na toto téma přinesla práce Campbella a Mankiwa (1990), kde se pracuje s předpokladem, že permanentní příjem využívá jen část domácností a jejich procentní podíl je možné vyčíslit.

Jedna skupina spotřebitelů reflektuje aktuální disponibilní příjem, tedy  $C_{1t} \sim Y_{1t}$ , zatímco druhá má možnost spotřeby dle PIH  $C_{2t} \sim Y_{2t}^P$ . Pro příjem celkem dostaneme

$$Y_t = Y_{1t} + Y_{2t}^P = \omega Y_t + (1 - \omega) Y_t, \quad 0 \leq \omega \leq 1$$

$\omega$  udává míru komplementarity. Dále je  $\Delta C_{1t} = \omega \Delta Y_{1t}$ ,  $\Delta C_{2t} = (1 - \omega) \Delta Y_{2t}$ .

V textech Flavin (1981) a Halla (1978) autoři dovozují, že  $\hat{\omega}$  lze ztotožnit s parametrem  $\hat{\beta}$  ze vztahu (4).

Výsledky výpočtů v Tabulce 2 tedy ukazují, kolik procent spotřebitelů v dané ekonomice nerealizuje svoji spotřebu na úrovni PIH, ale pouze na základě svého aktuálního příjmu. Přehled v procentech je uveden v Tabulce 3.

Komplementárně k hodnotám ve druhém sloupci Tabulky 3 dostaneme podíl domácností (v procentech) se spotřebou na úrovni PIH. Poněkud překvapivě, s výjimkou Maďarska, v krizových obdobích rostou přírůstky spotřeby. Pro vysvětlení tohoto výsledku by bylo nutné sledovat v daných obdobích i pohyb dalších ekonomických veličin. Je možné uvažovat i o tom, že při nástupu krize domácnosti mají obavy o další vývoj měny a snaží se rychle uskutečnit v blízké budoucnosti předpokládané nákupy předmětů dlouhodobé spotřeby.

**Tabulka 3.** Podíl domácností se spotřebou na úrovni aktuálního příjmu.

země	Domácnosti se spotřebou
	ad hoc – v procentech
ČR	65,84
HU	71,09
PL	72,61
SK	76,95

Zdroj: vlastní výpočty

## MODELOVÁNÍ KAPITÁLOVÉ MOBILITY

Korelace investic a úspor v jednotlivých zemích je uvedena v Tabulce 4.

**Tabulka 4.** Korelace mezi investicemi a úsporami.

	ČR	HU	PL	SK
<b>Korelace investice x úspory</b>	0,976	0,944	0,921	0,963

Zdroj: vlastní výpočty

Aplikace modelu (7) je shrnuta v Tabulce 5.

**Tabulka 5.** Odhad parametrů modelu (7)

Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression  
Included observations: 272

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Alfa-cz	7.62E-05	0.000463	0.164492	0.8694
Delta-cz	-0.002075	0.002334	-0.889234	0.3741
Beta-cz	-0.008398	0.000698	-12.03086	0.0000
Gama-cz	0.081425	0.019183	4.244678	0.0000
Alfa-hu	5.13E-05	0.001122	0.045709	0.9636
Delta-hu	0.006643	0.005566	1.193524	0.2329
Beta-hu	-0.011864	0.000903	-13.13171	0.0000
Gama-hu	0.306340	0.038405	7.976529	0.0000
Alfa-pl	0.000844	0.000988	0.853920	0.3933
Delta-pl	-0.000115	0.004974	-0.023101	0.9816
Beta-pl	-0.056502	0.002294	-24.63127	0.0000
Gama-pl	0.120454	0.043594	2.763097	0.0058
Alfa-sk	0.000123	0.000797	0.154150	0.8775
Delta-sk	-0.000578	0.003945	-0.146497	0.8836
Beta-sk	-0.018070	0.001681	-10.75036	0.0000
Gama-sk	0.205615	0.031161	6.598378	0.0000

Equation: DI-cz = Alfa-cz + Delta-cz \*D + Beta-cz \*DS-cz + Gama-cz \*ECM(-1)  
R-squared 0.431891

Equation: DI-hu = Alfa-hu + Delta-hu \*D + Beta-hu \*DS-hu + Gama-hu \*ECM(-1)  
R-squared 0.620732

Equation: DI-pl = Alfa-pl + Delta-pl \*D + Beta-pl \*DS-pl + Gama-pl \*ECM(-1)  
R-squared 0.859765

$$\text{Equation: DISK} = \text{Alfa-sk} + \text{Delta-sk} * D + \text{Beta-sk} * \text{DSSK} + \text{Gama-sk} * \text{ECM}(-1)$$

R-squared            0.443933

Korelace v Tabulce 4 vedou k očekávání, že model (7) potvrdí kointegraci, tedy dlouhodobý vztah, mezi domácími úsporami a investicemi. Odhadnuté parametry modelu (7) toto očekávání skutečně potvrzují.

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo v zemích V4 jednak kvantifikovat rozložení domácností na ty, které realizují spotřebu podle aktuálního příjmu a na takové, jejichž spotřební chování koresponduje s konceptem PIH a za druhé, ukázat, v jakém vztahu je komplement spotřeby, tedy úspory, k investicím dané ekonomiky. V první části je popsána metodologie, základní principy PIH a výchozí ekonometrický model. Druhá část je aplikační; je provedena nezbytná analýza časových řad, odhad parametrů modelu a jejich interpretace v souladu s hodnotami základních statistických ukazatelů.

V ekonomikách V4 se dvě třetiny až tři čtvrtiny domácností spotřebitelsky orientují na základě svého aktuálního příjmu. V opačném gardu tedy jedna čtvrtina až třetina domácností realizuje svoji spotřebu na úrovni PIH, což znamená i respektování určitých dlouhodobých preferencí. Sociologický rozbor je mimo rámec tohoto článku, ale jistě by vypočítané hodnoty doplnil o relevantní informace. Obecně platí, že čím bohatší země, tím větší je podíl domácností se spotřebou PIH.

Pro firmy a jejich úspěch v konkurenčním prostředí to přináší informaci o předpokládané situaci na trhu. Spotřeba domácností typu PIH je více předvídatelná. Na druhou stranu, domácnosti rozhodující se ad hoc bude patrně snadnější ovlivnit dobře cílenou reklamou.

Zároveň je ale třeba konstatovat velmi nízkou mobilitu kapitálu. Znamená to, že zvyšování spotřeby snižuje domácí investice. Firmy tak musí počítat s tím, že zvyšování spotřeby jim přinese zisky krátkodobě; dlouhodobé finanční zájmy ale mohou realizovat hlavně prostřednictvím zahraničních investic.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ALCIDI, C. 2020. *Analysis of Developments in EU Capital Flows in the Global Context*, European Commission, <https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2021/03/Analysis-of-Developments-in-EU-Capital-Flows-in-the-Global-Context.pdf>
- [2] CAMPBELL, J. Y., MANKIW, N. G. 1990. Permanent Income, Current Income and Consumption, *Journal of Business & Economic Statistics*, 8(3), 265 – 279.
- [3] BILIK, M., KOK, R. 2020. A Comparative Study of Consumption Function: The Case of EU, *EGE Academic Review* 20(3), 167 – 178.
- [4] DOUGHERTY, C. 2016. *Introduction to econometrics*, Oxford University Press.
- [5] EDWARDS, S., 2001. *Capital Mobility and Economic Performance: Are Emerging Economies Different?*, NBER Working Paper No. w.8076, [http://www.cedeplar.ufmg.br/economia/disciplinas/ecn933a/crocco/Liberalizacao\\_regulamentacao\\_contas\\_capitais/EDWAR~18.PDF](http://www.cedeplar.ufmg.br/economia/disciplinas/ecn933a/crocco/Liberalizacao_regulamentacao_contas_capitais/EDWAR~18.PDF)
- [6] ENGLE, R. F., GRANGER, W. J., 1991. *Long – Run Economic Relationships*, Oxford University Press.
- [7] FELDSTEIN, M.; HORIOKA, C., 1980. Domestic Saving and International Capital Flows, *Economic Journal* 90 (358), pp. 314–329
- [8] FLAVIN, M. A. 1981. The Adjustment of Consumption to Changing Expectations about Future Income, *The Journal of Political Economy*, 89(5), 974 – 1009.
- [9] FRIEDMAN, M. A. 1957. *A Theory of Consumption Function*. Princeton University Press.
- [10] FRÝD, L. 2020. Alternativní pojetí Feldstein – Horiokova modelu za předpokladu proměnlivých parametrů: studie dopadu vstupu ČR do EU. *Politická ekonomie* (68)2, 121 – 141
- [11] HALL, R. E. 1978. Stochastic Implications of the Life-Cycle-Permanent Income Hypothesis: Theory and Evidence. *Journal of Political economy*, 86(6), 971 – 987.
- [12] KIM H. YOUN 2017. The permanent income hypothesis, transitional dynamics, and excess sensitivity of consumption. *Structural Change and Economic Dynamics*, 41, 10 – 25.
- [13] KOLASA, A. 2017. Life Cycle Income and Consumption Patterns in Poland, *Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics*, 9(2), 137 – 172.
- [14] KUAN-MIN, W. 2011. Does the Permanent Income Hypothesis Exist in 10 Asian Countries? *E+M Ekonomie a Management*, 14(4), 1212 – 3609.
- [15] MASUD A.M., RAFIQU, I. M. 2010. *Revisiting the Feldstein-Horioka Hypothesis of savings, investment and capital mobility*, <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/39383/>
- [16] OBSTFELD, M., SHAMBAUGH, J. C., TAYLOR, A. M., 2004. *The Trilemma in History: Tradeoffs among Exchange Rates, Monetary Policies, and Capital Mobility*, NBER Working Paper No. 10396.
- [17] PÁNKOVÁ, V. 2012. Permanent Income and Consumption. *Proceedings of 30th International Conference Mathematical Methods in Economics*, 670 – 674.
- [18] PÁNKOVÁ, V. 2021. *Permanentní spotřeba v zemích V4*. Conference Competition 2021, 11. - 12. 11. 2021, Vysoká škola polytechnická Jihlava, přijato
- [19] POLBIN, A., SINELNIKOV-MURYLEV, S. 2020. A simple macroeconomic simultaneous equation model for the Russian economy, Post-Communist Economies, <https://www.tandfonline.com.zdroje.vse.cz/doi/abs/10.1080/14631377.2020.1793607?journalCode=cpce20>
- [20] SCHNEIDER, B., 1999. *Saving, Investment Correlation and Capital Mobility in Developing Countries*, Working Paper No. 48, Indian Council for Research in International Economic Relations
- [21] TAYLOR, A.M., 1996. *International Capital Mobility in History: The Saving-Investment Relationship*, NBER Working Paper No. 5743, Cambridge

# CONSUMPTION AND INVESTMENT. CASE OF V4.



## ABSTRACT

Consumption and investment are basic parts of GDP. Complementary to consumption arise domestic savings as a source of investment. The policy of high consumption as well as investment degree thus could be implemented by an inflow of foreign capital. Capital mobility usually is accompanied by a certain technology transfer bringing efficiency and a potential of higher development. Economies with a more open capital account show a higher productive performance. Contemporaneously, strong economies tend to permanent consumption; the households manage their consumption according to the permanent income hypothesis (PIH) while the other consume their actual income without any apparent long-run conception.

The theory of PIH is briefly recapitulated as for its mathematical formalisation including the relevant econometric model. Principle of capital mobility in relation to domestic savings is also briefly mentioned and modelled. Both models incorporate the long-run dynamics of the process. Models are applied to V4 (Czech Republic, Hungary, Poland, Slovakia) economies. An analysis of results follows. The share of households consuming according to actual income is from two thirds to three quarters. All the countries show rather low capital mobility.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

prof. RNDr. Václava Pánková, CSc.  
ŠKODA AUTO Vysoká škola  
Katedra kvantitativních metod  
Na Karmeli 1457  
293 01 Mladá Boleslav  
e-mail: vaclava.pankova@is.savs.cz

## KEYWORDS:

PIH, capital mobility, cointegration,  
seemingly unrelated regression

## JEL CLASSIFICATION:

E20, C82, C51

# FLOW SHOP SYSTÉMY AKO NÁSTROJ VÝROBNEJ LOGISTIKY

IVAN BREZINA  
JURAJ PEKÁR  
EKONOMICKÁ UNIVERZITA  
V BRATISLAVE

## ABSTRAKT

Vo výrobnej logistike predstavuje riešenie problému správneho rozvrhnutia jednotlivých operácií (či už výrobných, alebo organizačných) výzvu na efektívne zabezpečenie procesu výroby. Modely rozvrhovania (sekvenčné úlohy) sú spojené s určením postupu vykonávania rozličných operácií pomocou jedného alebo viacerých obslužných objektov. Príspevok je zameraný na prezentovanie riešenia špecifického sekvenčného výrobného problému – flow shop systému. Cieľom flow shop systému je určiť taký sled výrobných operácií na obslužných zariadeniach, ktorý vedie k minimalizácii určeného kritéria (zvyčajne minimalizácia prestojov, resp. minimalizácia termínu ukončenia poslednej operácie). Efektívnosť nájdeného riešenia je závislá na použitej metóde riešenia, pričom v praxi sú rozšírené predovšetkým pomerne jednoduché heuristické metódy a v poslednom období aj metaheuristické metódy. Na nájdenie optimálneho riešenia možno použiť nástroje matematického programovania (v príspevku je formulovaný model matematického programovania, ktorý je riešený v jazyku Python). Efektívnosť jednotlivých prístupov je prezentovaná porovnaním získaných riešení na úlohách rôznych rozmerov použitím uvedených spôsobov riešenia. Výber vhodnej metódy môže viesť k podstatnému zníženiu prestojov na jednotlivých obslužných zariadeniach a tak prispieť k zvýšeniu efektívnosti výrobného procesu.

## KLÚČOVÉ SLOVÁ:

flow shop, heuristika, metaheuristika



## ÚVOD

Jednou z dôležitých úloh výrobnjej logistiky je proces výrobného plánovania, ktorý zahŕňa priradovanie výrobných činností jednotlivým pracoviskám. Proces výrobného plánovania je založený na termínovaní jednotlivých výrobných operácií, na časovej a fyzickej príprave materiálu pre výrobný proces, na priradení jednotlivých operácií pracoviskám, organizáciu práce, atď. (Dupal & Brezina, 2006). Cieľom je zvyčajne zabezpečenie procesu výroby vhodným rozvrhnutím jednotlivých výrobných operácií, ktoré na seba technicky a technologicky nadväzujú. Na riešenie tejto triedy úloh časového alebo priestorového rozvrhovania rozličných výrobných operácií možno použiť *teóriu rozvrhov. Modely rozvrhovania (sekvenčné úlohy)* sú spojené s určením postupu vykonávania jednotlivých výrobných operácií pomocou jedného alebo viacerých obslužných zariadení. Na ich riešenie sa často využívajú metódy založené na teórii grafov, resp. metódy matematického programovania. Riešenie problému rozvrhovania na seba nadväzujúcich operácií je založené na nájdení optimálneho, resp. aspoň suboptimálneho časového rozvrhu realizácie výrobných operácií. Predpokladom je pritom známa kapacita obslužných zariadení a tiež poradie realizácie jednotlivých operácií (Brezina, Pekár & Gežík, 2020, Líbal, 1989, Manne, 1960, King & Spachis, 1980,).

Predložený príspevok je zameraný na porovnanie optimalizačných, metaheuristických a heuristických prístupov na riešenie špecifického sekvenčného problému – problému *flow shop systému (flow-shop)*. *Flow shop* rozvrhovanie (Öztop, Tasgetiren, Kandiller, Eliiyi & Gao, 2020, Öztop, Tasgetiren, Eliiyi, Pan & Kandiller, 2020) predpokladá realizáciu výroby na viacerých obslužných zariadeniach ( $m \geq 3$ ), na ktorých treba vykonať operácie ( $n$ ) v rovnakom poradí. Výpočtová zložitosť riešenia takéhoto problému je daná veľkým množstvom prípustných rozvrhov, ktorých počet je daný vzťahom  $(n!)^m$ . Jednotlivé heuristické metódy (Palmerova heuristika, Gruptova heuristika, heuristika Campbela, Dudeka, Smitha, napr. (King & Spachis, 1980, Brezina, Pekár & Gežík, 2020)), výpočet prostredníctvom genetického algoritmu a výpočet založený na modeli matematického programovania (Brezina, Pekár & Gežík, 2020) riešený v programe Python boli testované na súboroch úloh, vybrané výsledky sú prezentované v závere.

## MODELÝ ROZVRHOVANIA

Podstatou modelov rozvrhovania je určenie postupu vykonávania rozličných operácií pomocou jedného alebo viacerých obslužných zariadení, teda priradenie  $n$  operácií  $m$  obslužným zariadeniam. *Obslužné zariadenie*  $M_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) je schopné vykonať jednu alebo niekoľko operácií. Množina obslužných zariadení je  $M = \{M_1, M_2, \dots, M_m\}$ . *Operácia*  $o$  predstavuje základnú ucelenú činnosť, ktorá už ďalej nie je deliteľná na čiastočné operácie. *Úloha*  $J$  reprezentuje  $n$  operácií  $\{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ . Priradenie  $j$ -tej operácie ( $j = 1, 2, \dots, n$ )  $i$ -tému obslužnému zariadeniu ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), označenie  $o_{ij}$ , je založené na známej dĺžke trvania  $j$ -tej operácie na  $i$ -tom obslužnom zariadení  $t_{ij}$ . Podmienkou je, že ak nie je predchádzajúca operácia ukončená, ďalšia operácia čaká na

proces jej ukončenia. Cieľom je určiť taký rozvrh realizácie jednotlivých operácií, ktorý reflektuje technické a technologické postupy a zabezpečuje dosiahnutie optimálnej hodnoty stanoveného kritéria, pričom najčastejšie sa používa kritérium minimalizácie celkového času realizácie všetkých operácií (Brezina, Pekár & Gežík, 2020).

Podstatou najjednoduchších modelov rozvrhovania (Brezina, Pekár & Gežík, 2020) je rozvrhnutie  $n$  operácií na jednom obslužnom zariadení ( $m = 1$ ). Zložitejšie modely pracujú s  $n$  operáciami rozvrhnutými na aspoň dve obslužné zariadenia ( $m \geq 2$ ).

V prípade viacerých sériovo radených obslužných zariadení, pri ktorých záleží na poradí vykonania jednotlivých operácií ide o *flow shop* systémy. V prípade sériového radenia viacerých obslužných zariadení, na ktorých možno realizovať ľubovoľné poradie prechodu jednotlivých operácií, ide o *job shop* systémy. Uvedené dva typy systémov sú v praxi často používané a aj v literatúre je im venovaná značná pozornosť.

Ak je daná množina operácií bez ich zaradenia do spoločných úloh a množina obslužných zariadení, pričom pre každú operáciu je priradené jediné obslužné zariadenie, na ktorom sa má táto realizovať a poradie vykonávania operácií je ľubovoľné, ide o *open shop* systémy. Ďalšími modelmi z tejto triedy sú aj *group shop* a *project shop* systémy.

*Job shop* systém (Brezina, 2003) je taký typ štruktúry výrobného procesu, pri ktorom sa vyrábajú malé série rôznych výrobkov, pričom sa predpokladá, že väčšina vyrobených produktov vyžaduje jedinečné nastavenie a zoradenie krokov spracovania (napr. dielňa obrábacích strojov, výrobné obrábacie centrum, lakovne a ďalší výrobcovia, ktorí vyrábajú zákazkové výrobky v malých veľkostiach). Objem produkcie a štandardizácia výroby sú pritom nízke a výrobky sú často jediné svojho druhu.

V *Job shop* systémoch pôsobia predovšetkým tri limitujúce faktory, a to: nasledujúca operácia sa nemôže realizovať pokiaľ predchádzajúca neskončila, obslužné zariadenie môže pracovať len na jednej operácii, ak sa už začala operácia realizovať, musí byť aj ukončená (Brezina, 2003). Za hlavné výhody *job shop* systémov možno považovať jednoduché nastavenie systému, jeho vysokú flexibilitu, resp. ľahké zvýšenie jeho kapacity. Medzi nevýhody *job shop* systémov možno zaradiť náročnú automatizáciu, ťažkosti s plánovaním jednotlivých operácií, takisto problémy s meraním výkonnosti a zlepšovaním systému.

*Flow shop* systémy (Brezina, 2003, Brezina, Pekár & Gežík, 2020, Öztop, Tasgetiren, Kandiller, Eliiyi & Gao, 2020, Öztop, Tasgetiren, Eliiyi, Pan & Kandiller, 2020) majú svoje uplatnenie predovšetkým pri hromadnej výrobe a ich veľkou výhodou je ich opakovateľnosť, pretože pri uvedených predpokladoch sa všetky operácie opakujú (ideálne v rovnakej forme) znova a znova v krátkom časovom období (dobrým príkladom je montážna linka používaná v automobilovom priemysle, pre ktorú je pracovný takt približne len jedna až tri minúty od začatia cyklu po jeho ukončenie, takže zamestnanci sa môžu naučiť jednu až tri minúty opakujúcej sa práce na montážnej linke veľmi ľahko).

Pre *flow shop* systémy platí niekoľko základných podmienok, predovšetkým čas výroby musí byť známy a konzistentný, čas spracovania nezávisí od objednávky, neberú sa do úvahy pravidlá priority práce, každá úloha musí prejsť rovnakými procesmi alebo operáciami.

*Flow shop* systémy sú založené na skutočnosti, že na  $m$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) obslužných zariadeniach  $\{M_1, M_2, \dots, M_m\}$  sa realizuje  $n$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) operácií, z ktorých každá sa môže začať až vtedy, ak bola ukončená predchádzajúca operácia a obslužné zariadenie je voľné a všetky operácie majú rovnaké poradie pri prechode systémom. Neexistujú pritom výnimky uprednostnenia operácie pred inou operáciou. Operácie nemôžu byť prerušené a každé obslužné zariadenie môže vykonávať iba jednu operáciu súčasne. Cieľom je nájdenia takej postupnosti jednotlivých operácií, aby celkový čas (účelová funkcia) realizácie všetkých operácií bol minimálny. Ako kritérium účelovej funkcie môže taktiež byť použitý priemerný priebežný čas, rozptyl celkového času výroby alebo celkové oneskorenie výroby (Brezina, 2003).

Za hlavné výhody *flow shop* systémov možno považovať ľahkú merateľnosť prínosov, opakovateľnosť pracovných krokov v krátkom časovom období, prehľadnosť problémov výrobného procesu a potenciál na jeho zlepšenie. Medzi nevýhody *flow shop* systémov patria náročnosť na ich zavádzanie, ich nízka flexibilita, problémy so zvyšovaním ich kapacity.

## FLOW SHOP SYSTÉMY A METÓDY ICH RIEŠENIA

Podstatou *flow shop* systémov je rozvrhovanie operácií na sériovo radených obslužných zariadeniach s rovnakým poradím realizácie operácií s cieľom minimalizovať hodnotu účelovej funkcie  $f$ . Všetky operácie  $o_{1j}$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) budú spracované na prvom obslužnom zariadení  $M_1$ , operácie  $o_{2j}$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) na druhom obslužnom zariadení  $M_2$ , atď. Všeobecne bude  $j$ -ta operácia ( $j = 1, 2, \dots, n$ )  $o_{ij}$  spracovaná na  $i$ -tom obslužnom objekte ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) s cieľom minimalizovať hodnotu vybraného kritéria optimálnosti (Brezina, 2003, Brezina, Pekár & Gežík, 2020, Öztop, Tasgetiren, Kandiller, Eliiyi & Gao, 2020, Öztop, Tasgetiren, Eliiyi, Pan & Kandiller, 2020).

Pre *flow shop* systémy možno všeobecne prijať nasledujúce predpoklady (Brezina, Pekár & Gežík, 2020):

- každá úloha sa skladá z realizácie operácií  $o_{ij}$ , ktoré prechádzajú obslužnými zariadeniami v rovnakom poradí,
- známe sú časy spracovania  $t_{ij}$  všetkých operácií  $o_{ij}$ ,
- individuálne operácie nemôžu byť prerušené a každé obslužné zariadenie môže vykonávať iba jednu operáciu súčasne,

- operácia sa môže realizovať na  $i$ -tom obslužnom objekte, ak sa skončila operácia na obslužnom objekte  $i - 1$  a  $i$ -tý obslužný objekt je voľný,
- obslužné zariadenia sú v každom časovom okamžiku k dispozícii,
- ako kritérium účelovej funkcie môže byť použitý napríklad priemerný priebežný čas, rozptyl celkového času výroby alebo celkové oneskorenie výroby.

Najčastejšie sa ako cieľové kritérium používa nájstť také poradie operácií, ktoré minimalizuje časový rozdiel medzi začiatkom a koncom poradia úlohy  $J$  reprezentujúcej  $n$  operácií  $\{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ .

Vo všeobecnosti neexistuje všeobecná metóda na riešenie *flow shop* problémov rozsiahlych rozmerov (výpočtová zložitosť daná  $(n!)^m$ ). Preto boli rozpracované rôzne prístupy na ich riešenie, najznámejšie z nich sú:

- metódy matematického programovania (Brezina, Pekár & Gežík, 2020),
- metaheuristické prístupy (simulované žihanie, memetický algoritmus, zakázané prehľadávanie, genetické algoritmy, optimalizácia kolónií mravcov, SOMA, diferenciálna evolúcia a podobne, napr. (Aminzadeh, Aberoumand, Rahmatabadi, & Moradi, 2021, Čičková, Brezina & Pekár, 2013, Pekár, Čičková & Brezina, 2016),
- heuristické metódy (Johnsonove algoritmy, Jacksonov algoritmus, Akers-Friedmanov algoritmus, Dannenbringova metóda, Sekvenčný algoritmus s požiadavkou, Palmerova heuristika, Gruptova heuristika, Heuristika Campbela, Dudeka a Smitha atď. (King & Spachis, 1980, Brezina, 2003, Líbal, 1989, Brezina, Pekár & Gežík, 2020).

Z heuristických prístupov sú najčastejšie používanými (King & Spachis, 1980, Brezina, 2003, Brezina, Pekár & Gežík, 2020).

- Palmerova heuristika, ktorá umožňuje vytvoriť suboptimálny permutačný rozvrh, v ktorom je poradie realizácie jednotlivých  $n$  operácií na všetkých  $m$  obslužných zariadeniach rovnaké ( $m \geq 3$ ) na základe výpočtu koeficientov  $s_j = |m-1|.t_{mj} + |m-3|.t_{m-1j} + |m-5|.t_{m-2j} + \dots + |m-(2m-1)|.t_{1j}$ , ktorých usporiadanie  $s_1 \geq s_2 \geq \dots \geq s_n$  predstavuje suboptimálny permutačný rozvrh.
- Gruptova heuristika pre úlohu s rovnakými predpokladmi taktiež umožňuje zostaviť suboptimálny permutačný rozvrh na základe výpočtu koeficientov

$$s_j = \frac{e_j}{\min_{1 \leq s \leq m-1} \{t_{sj} + t_{s+1j}\}}, \text{ kde } e_j = 1, \text{ ak } t_{1j} < t_{mj}, \text{ v opačnom prípade } e_j = -1 \text{ a ich}$$

usporiadanie  $s_1 \geq s_2 \geq \dots \geq s_n$  opäť predstavuje suboptimálny permutačný rozvrh.

- Proces výpočtu suboptimálneho permutačného rozvrhu pomocou heuristiky Campbela, Dudeka a Smitha prebieha v  $m - 1$  etapách, pričom v každej etape ( $k = 1, 2, \dots, m-1$ ) sa vytvorí z pôvodného viacobjektového problému dvojobjektový problém, v ktorom má operácia  $o_j$  časy spracovania  $t_{1j}^k, t_{2j}^k$  ktoré sa pre  $k = 1, 2, \dots, m - 1$

$$\sum_{i=1}^k t_{ij}, t_{2j}^k = \sum_{i=m-k+1}^m t_{ij}. \text{ Pre tento problém sa Johnsonovým}$$

algoritmom (Brezina, 2003, Brezina, Pekár & Gežík, 2020) pre dva na seba naväzujúce obslužné objekty vypočíta suboptimálna permutácia úloh.

## MODEL FLOW SHOP

**P**redpokladajme, že je  $k$  dispozícií  $m$  sériovo radených obslužných zariadení a ich postupnosť  $\{M_1, M_2, \dots, M_m\}$  a  $n$  operácií  $\{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ , pre ktoré je známy čas spracovania  $j$ -tej operácie na  $i$ -tom obslužnom objekte  $t_{ij}$ . Operácie treba realizovať na obslužných zariadeniach v rovnakom poradí s cieľom minimalizovať hodnotu vybraného kritéria optimálnosti, zvyčajne minimalizovať prestoje, resp. termín ukončenia všetkých operácií na poslednom obslužnom objekte  $M_m$ .

Úlohu možno formulovať ako úlohu matematického programovania (Brezina & Pekár, 2018), v ktorej sa pri zadanom počte  $n$  operácií a  $m$  obslužných zariadení používajú binárne premenné  $x_{ijk} \in \{0, 1\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ , kde  $k$  predstavuje poradie realizácie  $j$ -tej operácie na  $i$ -tom obslužnom zariadení. Premenné môžu nadobudnúť hodnotu 1, ak je  $j$ -ta operácia priradená  $i$ -tému obslužnému zariadeniu v  $k$ -tom poradí, a hodnotu 0 v opačnom prípade. Pretože takéto binárne premenné vedú k trojindexovému označeniu premenných, možno túto skutočnosť eliminovať nasledujúcim spôsobom.

Ako premenné možno využiť spojité premenné  $s_{ik}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ , reprezentujúce najneskôr možný začiatok realizácie operácie v  $k$ -tom poradí na  $i$ -tom obslužnom zariadení. Potom už možno pri zadanom počte  $n$  operácií do modelu zaviesť binárne premenné  $x_{jk} \in \{0, 1\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ , ktoré môžu nadobudnúť hodnotu 1, ak je  $j$ -tá operácia realizovaná v  $k$ -tom poradí a hodnotu 0 v opačnom prípade. Poslednou premennou vystupujúcou v modeli je premenná  $c_{\max}$ , ktorá nadobudne hodnotu času ukončenia všetkých operácií na všetkých obslužných zariadeniach.

Účelová funkcia vyjadruje termín ukončenia všetkých operácií, cieľom riešenej úlohy je teda najkratší termín ukončenia, čo možno vo forme účelovej funkcie zapísať v tvare:

$$f(\mathbf{X}, c_{\max}, \mathbf{S}) = c_{\max} \rightarrow \min$$

Štruktúrne ohraničenia možno rozdeliť do troch skupín. Prvá skupina definuje podmienky priradenia poradia pre každú operáciu. Prvá časť zabezpečuje, že každé poradie musí byť priradené práve jednej operácii. Druhá časť reprezentuje priradenie operácie práve jednému poradiu.

$$\sum_{j=1}^n x_{jk} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^n x_{jk} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Druhá skupina ohraničení reprezentuje podmienku nastavenia hodnôt (premenné  $s_{ik}$ , operácia v  $k$ -tom poradí realizovaná na  $i$ -tom obslužnom zariadení) najneskôr možných začiatkov operácií tak, aby bol termín ukončenia všetkých operácií minimálny.

$$s_{i,k+1} = s_{ik} + \sum_{j=1}^n x_{jk} t_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, n-1$$

$$s_{i+1,k} = s_{ik} + \sum_{j=1}^n x_{jk} t_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m-1, k = 1, 2, \dots, n$$

$$s_{11} \geq 0$$

V poslednej skupine ohraničení sú definované štruktúrne ohraničenia zabezpečujúce nastavenia hodnoty ukončenia všetkých operácií na všetkých obslužných zariadeniach.

$$c_{\max} \geq s_{mk} + \sum_{j=1}^n x_{jk} t_{mj} \quad k = 1, 2, \dots, n$$

*Matematická formulácia úlohy:*

$$f(\mathbf{X}, c_{\max}, \mathbf{S}) = c_{\max} \rightarrow \min$$

$$c_{\max} \geq s_{mk} + \sum_{j=1}^n x_{jk} t_{mj} \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$s_{i,k+1} = s_{ik} + \sum_{j=1}^n x_{jk} t_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, n-1$$

$$s_{i+1,k} = s_{ik} + \sum_{j=1}^n x_{jk} t_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m-1, k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jk} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{k=1}^n x_{jk} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$s_{11} \geq 0$$

$$x_{jk} \in \{0, 1\} \quad j, k = 1, 2, \dots, n$$

(1)

Zdrojový kód v programovacom jazyku Python na riešenie FlowShop systému je uvedený na obrázku 1.

**Obrázok 1:** Zdrojový kód v programovacom jazyku Python na riešenie FlowShop systému.

```
from itertools import product
from mip import Model, xsum, minimize
t= #matica vstupných údajov
n = len(t[0])
N=set(range(len(t[0])))
m = len(t)
M=set(range(len(t)))
model = Model()
x = [[model.add_var(var_type="B") for k in N] for j in N]
Cmax = model.add_var(var_type="C")
s = [[model.add_var(var_type="C") for j in N] for i in M]
model.objective = minimize(Cmax)
for k in N:
    model += s[m-1][k]+xsum(x[j][k]*t[m-1][j] for j in N) <= Cmax
for (k, i) in product(N-{n-1}, M):
    model += s[i][k]+ xsum(x[j][k]*t[i][j] for j in N)<= s[i][k+1]
for (k, i) in product(N, M-{m-1}):
    model += s[i][k]+ xsum(x[j][k]*t[i][j] for j in N)<= s[i+1][k]
model += s[0][0]>=0
for k in N:
    model += xsum(x[j][k] for j in N) == 1
for j in N:
    model += xsum(x[j][k] for k in N) == 1
model.optimize()
print("Termin ukončenia: {}".format(round(model.objective_value,0)))
for (j, k) in product(N, N):
    if x[j][k].x >= 0.99:
        print("Operácia:",j+1," Poradie:",k+1,"Reálne ukončenie:",c[k][m-1].x)
```

Zdroj: Vlastné spracovanie

## RIEŠENIE ÚLOH FLOW SHOP

Pre ilustráciu efektívnosti jednotlivých prístupov boli vytvorené testovacie úlohy, ktoré poskytujú hodnotu ukončenia všetkých 10 uvažovaných operácií na postupne 4, 6, 8 a 10 obslužných zariadeniach. Jednotlivé testovacie úlohy *flow shop* boli riešené pomocou známych prezentovaných heuristických metód, genetického algoritmu a metódami matematického programovania novovytvorenej úlohy (1). Na riešenie úloh pomocou heuristických metód a genetického algoritmu bol využitý vlastný špecializovaný softvér (Brezina, Pekár & Gežík, 2020). Na riešenie úloh nástrojmi matematického programovania bol vytvorený kód v programovacom jazyku Python. Jazyk Python bol vytvorený tak, aby bol čo najviac modulárny. Okrem optimalizačných modulov obsahuje aj knižnice na rôzne typy ekonomických analýz. Je to moderný samostatný open source programovací jazyk, ktorý poskytuje možnosť dizajnovania

vstupných údajov, postupu riešenia a vytvorenia vlastných výstupov, na rozdiel od klasických optimalizačných softvérov (napr. MPL, XPRESS, Lingo apod.).

Na základe vypočítaných výsledkov možno v Tabuľke 2 ilustrovať kvalitu vypočítaného suboptimálneho riešenia pomocou heuristických metód, riešenia získaného pomocou genetického algoritmu v porovnaní s dosiahnutým optimálnym riešením získaným riešením úlohy matematického programovania (1).

Z realizovaných testovaní sú prezentované úlohy, v ktorých bolo uvažovaných 10 operácií ( $n = 10$ ) a postupne 4, 6, 8 a 10 obslužných zariadení. Samozrejme, časy trvania jednotlivých operácií na obslužných objektoch  $t_{ij}$  boli v každej úlohe rôzne.

Na ilustráciu dosiahnutých výsledkov budú pre zjednodušenie uvedené a graficky prezentované výsledky pre 4 obslužné zariadenia ( $m = 4$ ) a 10 operácií ( $n = 10$ ) (hodnota účelovej funkcie  $f$  reprezentuje termín ukončenia všetkých operácií na poslednom obslužnom zariadení):

Vstupy:  $m = 4, n = 10$

Vstupné údaje:

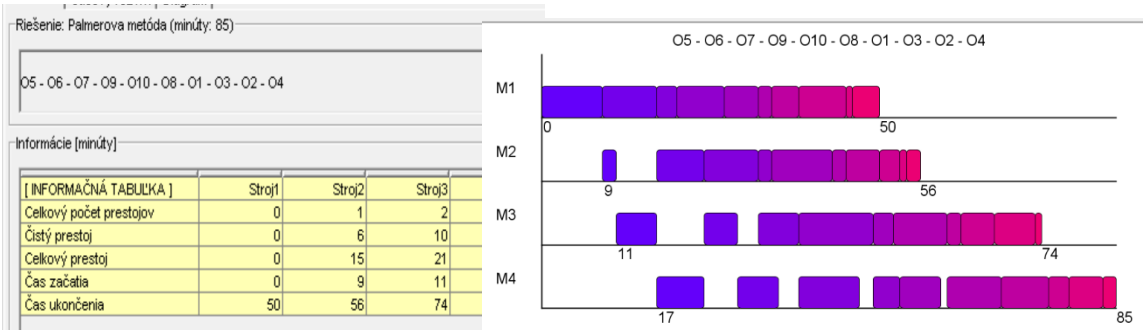
Vstupná matica [minúty]				
[VSTUPNÁ MATICA]	Stroj1	Stroj2	Stroj3	Stroj4
Operácia1	4	5	2	7
Operácia2	1	1	6	5
Operácia3	7	3	5	3
Operácia4	4	2	1	2
Operácia5	9	2	6	7
Operácia6	8	7	5	6
Operácia7	3	8	6	9
Operácia8	2	2	8	8
Operácia9	7	2	11	4
Operácia10	5	9	3	6

Výsledky: *Palmerova heuriska (PH)*: hodnota  $f = 85$   
*Gruptova heuristika (GH)*: hodnota  $f = 72$   
*Heuristika Campbela, Dudeka a Smitha (HCDS)*: hodnota  $f = 68$   
*Genetický algoritmus (GA)*: hodnota  $f = 65$   
*Úloha matematického programovania (ÚMP)*: hodnota  $f = 65$

Porovnanie vypočítaných výsledkov pre  $m = 4$  je postupne prezentované pre *Palmerovu heuristiku* (obrázok 2), *Gruptovu heuristiku* (obrázok 3), *heuristiku Campbela, Dudeka a Smitha* (obrázok 4) a optimálne riešenie získané genetickým algoritmom a na báze úlohy matematického programovania (1) na obrázku 5.



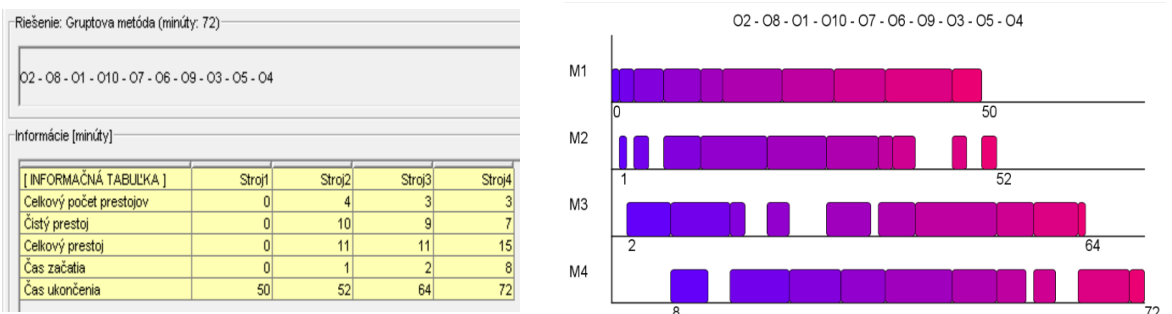
**Obrázok 2:** Výsledky výpočtu pre  $m = 4$  pre *Palmerovu heuristiku*.



Zdroj: Vlastné spracovanie

Z výsledkov prezentovaných na obrázku 2 je zrejmé, že vypočítané suboptimálne riešenie pomocou Palmerovej heuristiky predstavuje poradie operácií na jednotlivých obslužných zariadeniach  $o_5 - o_6 - o_7 - o_9 - o_{10} - o_8 - o_1 - o_3 - o_2 - o_4$ . Na prvom obslužnom zariadení (Stroj1, teda  $M_1$ ) nie je pritom žiadny prestoj čas začatia prvej operácie ( $o_5$ ) je v čase 0, čas ukončenia poslednej operácie ( $o_4$ ) v čase 50 (tento čas nie je možné skrátiť a bude rovnaký pre všetky realizované algoritmy) a celkový čas prestojov je 0. Pre  $M_2$  (Stroj2) je celkový počet prestojov 1 (okrem času čakania na realizáciu prvej operácie 9), celkový čas prestojov je 6 a ukončenie všetkých operácií na  $M_2$  je 56. Pre  $M_3$  (Stroj3) je celkový počet prestojov 2 (čas čakania na realizáciu prvej operácie je 11), celkový čas prestojov je 10 a ukončenie všetkých operácií na  $M_3$  je 74. Rovnako pre  $M_4$  (Stroj4) je celkový počet prestojov 4 (realizácia prvej operácie začína v 17), celkový čas prestojov je 11 a ukončenie všetkých operácií na  $M_4$  je 85.

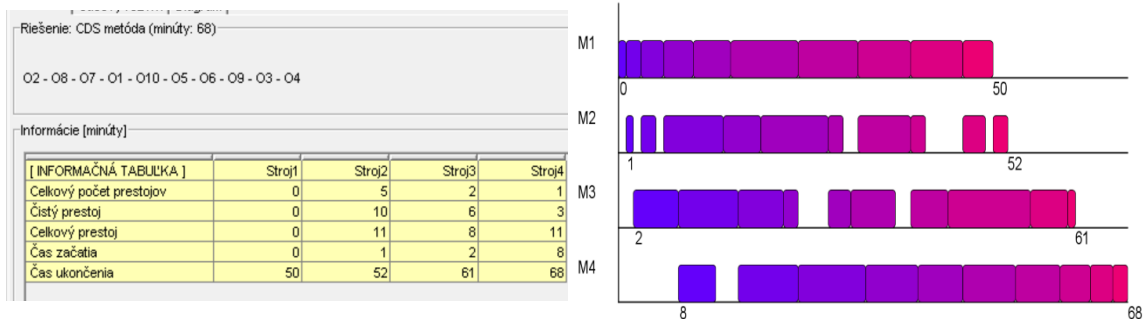
**Obrázok 3:** Výsledky výpočtu pre  $m = 4$  pre *Gruptovu heuristiku*.



Zdroj: Vlastné spracovanie

Výsledky prezentované na obrázku 3 možno interpretovať rovnakým spôsobom, pričom vypočítané suboptimálne riešenie pomocou Gruptovej heuristiky predstavuje poradie operácií na jednotlivých obslužných zariadeniach  $o_2 - o_8 - o_1 - o_{10} - o_7 - o_6 - o_9 - o_3 - o_5 - o_4$  a ukončenie všetkých operácií na  $M_4$  je reprezentované hodnotou 72.

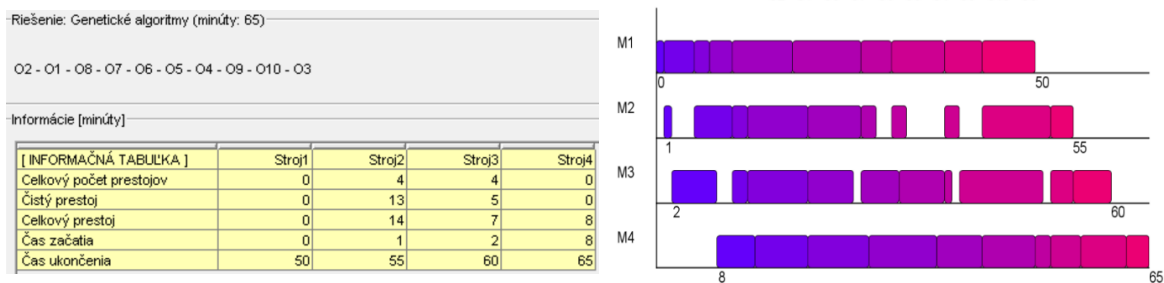
**Obrázok 4:** Výsledky výpočtu pre  $m = 4$  pre *Heuristiku CDS*.



Zdroj: Vlastné spracovanie

Na obrázku 4 je prezentované vypočítané suboptimálne riešenie pomocou heuristiky Campbela, Dudeka a Smitha  $O_2 - O_8 - O_7 - O_1 - O_{10} - O_5 - O_6 - O_9 - O_3 - O_4$  s ukončením všetkých operácií na  $M_4$  s hodnotou 68.

**Obrázok 5:** Výsledky výpočtu pre  $m = 4$  pre genetický algoritmus a ÚMP.



Zdroj: Vlastné spracovanie

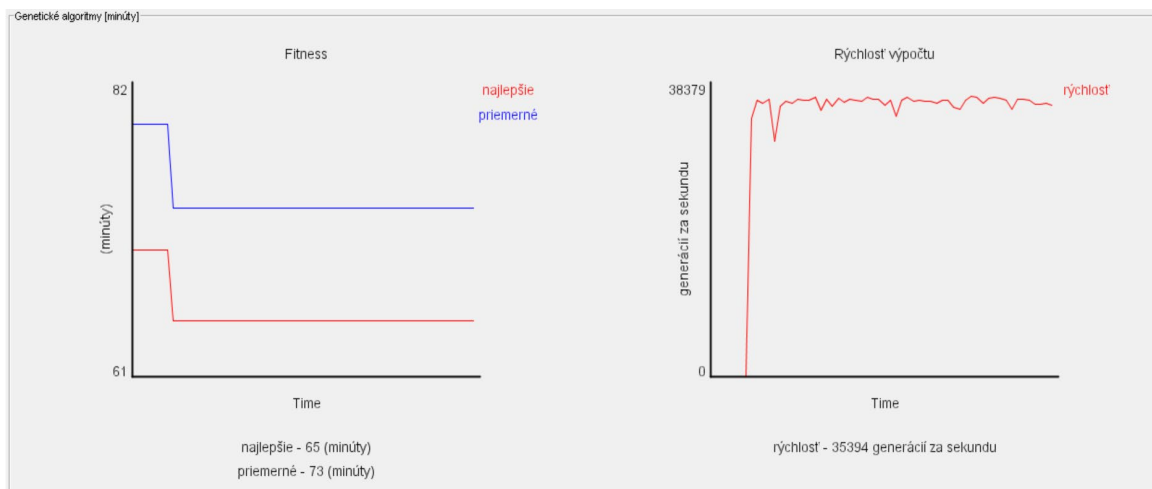
Obrázok 5 reprezentuje vypočítané optimálne riešenie získané pomocou genetického algoritmu. Optimálne riešenie predstavuje postupnosť operácií  $O_2 - O_1 - O_8 - O_7 - O_6 - O_5 - O_4 - O_9 - O_{10} - O_3$  s ukončením všetkých operácií na  $M_4$  s hodnotou 65. Optimálny časový rozvrh realizácie jednotlivých operácií na obslužných zariadeniach  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  a  $M_4$  vypočítaný pomocou genetického algoritmu je uvedený na obrázku 6.

**Obrázok 6:** Optimálny časový rozvrh pre  $m = 4$  pre genetický algoritmus.

[ TABULKA ČASOVÉHO ROZVRHU ]	Operácia2	Operácia1	Operácia8	Operácia7	Operácia6	Operácia5	Operácia4	Operácia9	Operácia10	Operácia3
Stroj1	0 - 1	1 - 5	5 - 7	7 - 10	10 - 18	18 - 27	27 - 31	31 - 38	38 - 43	43 - 50
Stroj2	1 - 2	5 - 10	10 - 12	12 - 20	20 - 27	27 - 29	31 - 33	38 - 40	43 - 52	52 - 55
Stroj3	2 - 8	10 - 12	12 - 20	20 - 26	27 - 32	32 - 38	38 - 39	40 - 51	52 - 55	55 - 60
Stroj4	8 - 13	13 - 20	20 - 28	28 - 37	37 - 43	43 - 50	50 - 52	52 - 56	56 - 62	62 - 65

Zdroj: Vlastné spracovanie

Z tabuľky na obrázku 6 je zjavné optimálne poradie realizovaných operácií ( $o_2 - o_1 - o_8 - o_7 - o_6 - o_5 - o_4 - o_9 - o_{10} - o_3$ ) a tiež ich trvanie na jednotlivých obslužných zariadeniach ( $M_1, M_2, M_3, M_4$ ), teda termín ich začiatku a ukončenia.



**Obrázok 7:** Priebeh výpočtu pre  $m = 4$  pre genetický algoritmus. Zdroj: Vlastné spracovanie

Na obrázku 7 je ukázaná pomerne rýchla konvergencia od nájdeného východiskového riešenia k optimálnemu riešeniu (pri všetkých testovaných úlohách genetický algoritmus vždy našiel optimálne riešenie, čo je dané štruktúrou riešeného problému). V ľavej časti obrázku je znázornené dosiahnutie priemerného a najlepšieho Fitness (hodnota účelovej funkcie), v pravej časti rýchlosť výpočtu.

Výstup z programového systému Python pre úlohu pre 10 operácií a 4 obslužné zariadenia:

Termín ukončenia: 65.0

Operácia: 1 Poradie: 2 Reálne ukončenie: 20.0

Operácia: 2 Poradie: 1 Reálne ukončenie: 13.0

Operácia: 3 Poradie: 10 Reálne ukončenie: 65.0  
 Operácia: 4 Poradie: 3 Reálne ukončenie: 22.0  
 Operácia: 5 Poradie: 8 Reálne ukončenie: 56.0  
 Operácia: 6 Poradie: 9 Reálne ukončenie: 62.0  
 Operácia: 7 Poradie: 5 Reálne ukončenie: 39.0  
 Operácia: 8 Poradie: 4 Reálne ukončenie: 30.0  
 Operácia: 9 Poradie: 6 Reálne ukončenie: 43.0  
 Operácia: 10 Poradie: 7 Reálne ukončenie: 49.0

Obrázok 8: Výstup vypočítaných výsledkov výpočtu pre  $m = 4$  pre ÚMP. Zdroj: Vlastné spracovanie

Obrázok 8 predstavuje výstup riešenia ÚMP (1) pomocou zdrojového kódu v programovacom jazyku Python na riešenie FlowShop systému uvedenom na obrázku 1. Z výstupu je zrejmé, že dosiahnutá hodnota optimálneho riešenia (termín ukončenia) 65 je zhodná s výsledkom dosiahnutým pomocou genetického algoritmu. Poradie operácií získané pomocou genetického algoritmu a riešením ÚMP nemusí byť identické, môže existovať aj alternatívne riešenie, ale hodnota účelovej funkcie  $f$  je rovnaká.

Výsledky realizovaných výpočtov sú zhrnuté v tabuľke 1 (v tabuľke nie sú uvedené časy výpočtov, pretože pre jednotlivé heuristiky ide o zanedbateľné hodnoty, čas výpočtu pomocou genetického algoritmu je ovplyvnený nastavením hodnôt riešiteľom a časy výpočtu pomocou ÚMP boli maximálne v desiatkach sekúnd).

**Tabuľka 1:** Výsledky realizovaných testovacích výpočtov

Hodnoty $f$ pre $n = 10$	$m = 4$	$m = 6$	$m = 8$	$m = 10$
<i>PH</i>	85	101	107	134
<i>GH</i>	72	92	92	133
<i>HCDS</i>	68	90	92	127
<i>GA</i>	65	87	91	124
<i>ÚMP</i>	65	87	91	124

Zdroj: Vlastné výpočty

Percentuálne rozdiely vypočítaných suboptimálnych riešení k optimálnemu riešeniu vypočítanému použitím nástrojov matematického programovania (taktiež pomocou genetického algoritmu, ktorý, ako už bolo uvedené, pri všetkých testovaných úlohách, vždy našiel optimálne riešenie) sú uvedené v tabuľke 2.

**Tabuľka 2:** Percentuálny rozdiel realizovaných testovacích výpočtov k optimálnemu riešeniu

<i>Hodnoty <math>f</math> pre <math>n = 10</math></i>	<i><math>m = 4</math></i>	<i><math>m = 6</math></i>	<i><math>m = 8</math></i>	<i><math>m = 10</math></i>
<i>PH</i>	30.8 %	16.1 %	17.6 %	8.1 %
<i>GH</i>	10.8 %	5.7 %	1.1 %	7.3 %
<i>HCDS</i>	4.6 %	3.4 %	1.1 %	2.4 %
<i>GA</i>	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %

Zdroj: Vlastné výpočty

Z tabuľky 2 je zrejmé, že najhoršie výsledky vo všetkých heuristických algoritmov poskytuje Palmerova heuristika. Lepšie výsledky poskytuje Gruptova heuristika, čo potvrdzujú práce venované tejto problematike (napr. Brezina, 2003, Brezina, I., Pekár, J., & Gežík, P. 2020). Obe metódy sú jednokrokové (vypočítanie príslušných koeficientov a ich zoradenie), preto čas výpočtu je zanedbateľný. Najlepšie výsledky spomedzi používaných heuristik poskytuje heuristika Campbela, Dudeka a Smitha. Táto heuristika prebieha v  $m - 1$  krokoch, ale aj v tomto prípade je čas výpočtu zanedbateľný. Vypočítané riešenia sú suboptimálne a pri úlohách s viacerými obslužnými zariadeniami a operáciami nevedli uvedené algoritmy k získaniu optimálneho riešenia (tabuľka 2).

Ako najlepšie sa javí použitie genetického algoritmu a, samozrejme, riešenie autormi formulovanej príslušnej úlohy matematického programovania (1), ktoré vždy vedú k nájdeniu optimálneho riešenia. Pri testovaných úlohách väčších rozmerov už nemusel genetický algoritmus poskytnúť optimálne riešenie v závislosti od nastavenia jeho parametrov. Takisto riešenie ÚMP (1) narazilo pri úlohách väčších rozmerov na hranice vyplývajúce z rozmerov formulovanej ÚMP, pretože vo formulácii sa vyskytujú dvojindexové premenné, čo vedie k rýchlemu nárastu počtu premenných pri zvyšovaní počtu operácií ( $n$ ), prípadne počtu obslužných zariadení ( $m$ ), t. j. pre premenné  $x_{jk}$  počet  $n^2$  a pre premenné  $s_{ik}$  počet  $m \times n$ .

## ZÁVER

Operatívne riadenie výrobných procesov vychádza z organizačnej štruktúry, materiálových tokov, výrobných podmienok, ako sú napríklad povaha výrobného procesu, množstvo, rozmanitosť a opakovateľnosť jednotlivých operácií. Pre efektívne operatívne plánovanie a riadenie výroby v reálnom čase je potrebné využívať aj exaktné metódy, ktoré poskytujú dobré podklady pre rozhodovanie. Jedným z pomerne často riešených problémov v rámci optimalizácie výrobného procesu je aj usporiadanie výrobných operácií v rámci časového rozvrhu ich spracovania, pri hromadnej výrobe sú to predovšetkým sekvenčné úlohy, ktoré sú spojené s určením postupu vykonávania rozličných výrobných (organizačných) operácií pomocou jedného alebo viacerých obslužných zariadení.

Obsahom predloženého príspevku je porovnanie riešenia špecifického sekvenčného problému – problému *flow shop* systému, pomocou heuristických, vybraného metaheuristického prístupu (genetického algoritmu) a exaktného prístupu založeného na matematickom programovaní. Výpočtová zložitosť riešenia *flow shop* systému je daná veľkým množstvom prípustných rozvrhov, ktorých počet je daný vzťahom  $(n!)^m$ , kde  $m$  predstavuje počet obslužných zariadení a  $n$  je počet operácií realizovaných na týchto zariadeniach v rovnakom poradí. Práve výpočtová zložitosť viedla k vytvoreniu mnohých heuristických metód (napr. Johnsonove algoritmy, Jacksonov algoritmus, Akers-Friedmanov algoritmus, Dannenbringova metóda, Sekvenčný algoritmus s požiadavkou, Palmerova heuristika, Gruptova heuristika, Heuristika Campbela, Dudeka a Smitha atď.). Poradie operácií možno určiť aj metaheuristickými algoritmami (SOMA, simulované žihanie, genetický algoritmus atď.), resp. môže byť založený aj na formulovaní modelu matematického programovania.

Riešenie jednotlivých úloh na báze prezentovaného autormi vytvoreného modelu matematického programovania (1) bolo realizované v jazyku Python (obrázok 1) a výsledky boli konfrontované s výsledkami vypočítaných suboptimálnych rozvrhov pomocou heuristických prístupov a pomocou genetického algoritmu (tabuľka 1, tabuľka 2). Z prezentovaných výsledkov je zjavné, že najlepšie výsledky, okrem nájdenia optimálneho riešenia úlohy matematického programovania (možno ho použiť len pre úlohy menších rozmerov) poskytol výpočet na báze genetického algoritmu a horšie výsledky poskytli suboptimálne riešenia nájdené pomocou vybraných heuristických algoritmov. Testovacích úloh bolo vytvorených pomerne značné množstvo, z nich boli prezentované výsledky pre úlohy, v ktorých bolo uvažovaných 10 operácií ( $n = 10$ ), postupne 4, 6, 8 a 10 obslužných zariadení ( $m = 4, 6, 8, 10$ ), pričom časy trvania jednotlivých operácií na obslužných objektoch  $t_{ij}$  boli, samozrejme, v každej úlohe rôzne.

Výsledky riešenia všetkých testovaných úloh potvrdili závery prác venovaných problematike *flow shop* systémov (tabuľka 2), že najhoršie výsledky vo všetkých heuristických algoritmov poskytuje Palmerova heuristika, lepšie výsledky Gruptova heuristika a najlepšie výsledky poskytuje heuristika Campbela, Dudeka a Smitha.

Vypočítané riešenia sú pritom suboptimálne a pri úlohách s viacerými obslužnými zariadeniami a operáciami nevedli uvedené algoritmy k získaniu optimálneho riešenia (tabuľka 2). Pre všetky používané heuristiky bol pritom čas výpočtu zanedbateľný.

Na riešenie *flow shop* systémov sa ako najlepšie javí použitie genetického algoritmu ako zástupcu triedy metaheuristických algoritmov, a, samozrejme, riešenie autormi formulovanej príslušnej úlohy matematického programovania (1). Pri všetkých testovaných úlohách viedli oba prístupy k nájdeniu optimálneho riešenia. Pri testovaných úlohách väčších rozmerov už nemusel genetický algoritmus poskytnúť optimálne riešenie v závislosti od nastavenia jeho parametrov. Takisto riešenie ÚMP (1) narazilo pri úlohách väčších rozmerov na bariéry vyplývajúce z rozmerov formulovanej ÚMP, pričom problém nastáva pri stovkách operácií a obslužných zariadení, čo však nie je problém pri využití v malých a stredných podnikoch, kde tento počet nepresahuje desiatky operácií a obslužných zariadení.

Prezentovaná analýza využitia jednotlivých spôsobov riešenia *flow shop* systémov poskytuje pri rozhodovaní možnosť rozhodnúť sa predovšetkým menším výrobným podnikom pre výber nástroja na usporiadanie na seba naväzujúcich operácií na disponibilných obslužných zariadeniach. Riešenie *flow shop* systémov predstavuje aj zaujímavý teoretický problém umožňujúci aplikovať rôzne prístupy, či už heuristické, resp. metaheuristické prístupy, alebo exaktné metódy. Je zrejmé, že aj v tomto prípade, ako vo väčšine optimalizačných úloh, prichádza ku konfliktu medzi kvalitou nájdeného riešenia a rýchlosťou jeho nájdenia. Heuristické prístupy umožňujú rýchlo nájsť iba suboptimálne riešenie, ktoré býva často vzdialené od optimálneho riešenia. Originálna formulácia problému *flow shop* ako úlohy matematického programovania umožňuje nájsť optimálne riešenie, ale len pre úlohy obmedzených rozmerov vzhľadom na časovú zložitosť optimalizačného problému.

## POĎAKOVANIE

*Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0339/20 „Využitie skrytého Markovovho modelu vo finančnom modelovaní“.*

*This paper is supported by the Slovak research and development agency, grant no. SK-SRB-18-0009 „Optimizing of logistics and transportation processes based on the use of battery operated vehicles and ICT solutions“*

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] AMINZADEH, A., ABEROUMAND, M., RAHMATABADI, D., & MORADI, M., 2021. Metaheuristic Approaches for Modeling and Optimization of FDM Process. In D. K. Harshit, & D. J. Paulo (Eds.), *Fused Deposition Modeling Based 3D Printing* (1 ed., pp. 483-504). Springer.
- [2] BREZINA, I. 2003. Kvantitatívne metódy v logistike. EKONÓM.
- [3] BREZINA, I., & PEKÁR, J. 2018. Úvod do operačného výskumu I. *Letra Edu*.
- [4] BREZINA, I., PEKÁR, J., & GEŽÍK, P. 2020. Metódy logistiky prepravy, rozmiestňovania a rozvrhovania. *Letra Edu*.
- [5] ČIČKOVÁ, Z., BREZINA, I., & PEKÁR, J. 2013. Solving the real-life vehicle routing problem with time windows using self organizing migrating algorithm. *Ekonomický časopis (Journal of Economics)*, 5(61), 497-513.
- [6] DUPAL, A., & BREZINA, I. 2006. *Logistika v manažmente podniku*. Sprint.
- [7] KING, J. R. & SPACHIS, A. S. 1980. Heuristics for flow-shop scheduling, *International Journal of Production Research*, 18:3, 345-357.
- [8] LÍBAL, V. 1989. *Organizace a řízení výroby*. SNTL.
- [9] MANNE, A. S. 1960. On the job-shop scheduling problem. *Operations Research*, 8(2), 219-223.
- [10] ÖZTOP, H., TASGETIREN, M. F., KANDILLER, L., ELIYI, D. T., & GAO, L. 2020. Ensemble of metaheuristics for energy-efficient hybrid flowshops: Makespan versus total energy consumption. *Swarm and Evolutionary Computation*, 54, 100660.
- [11] ÖZTOP, H., TASGETIREN, M. F., ELIYI, D. T., PAN, Q. K., & KANDILLER, L. 2020. An energy-efficient permutation flowshop scheduling problem. *Expert systems with applications*, 150, 113279.
- [12] PEKÁR, J., ČIČKOVÁ, Z., & BREZINA, I. 2016. Portfolio performance measurement using differential evolution. *Central European Journal of Operations Research*, 24(2), 421-433.



# FLOW SHOP SYSTEMS AS A TOOL OF PRODUCTION LOGISTICS



## ABSTRACT

In production logistics, the scheduling problem solution of individual operations (whether production or organizational) is challenging to ensure the production process is effective. Scheduling models (sequential tasks) are associated with determining the procedure for performing various operations using one or more service objects. The paper focuses on presenting solutions to a specific sequential production problem - the flow shop system. The optimal flow of the system is the sequence of production operations on service equipment, which minimizes the specified criterion (minimization of downtime or minimization of the end of the last operation). The effectiveness of the solution found depends on the used method, while in practice, relatively simple heuristic methods and metaheuristic methods are widespread in recent times. The mathematical programming tools can be used to find the optimal solution. The paper formulates a model of mathematical programming, which is solved in Python. The effectiveness of individual approaches is presented by comparing ways of solving problems with different dimensions and using the mentioned methods of solution. The choice of a suitable method can lead to a significant reduction in downtime at individual service devices and thus contribute to increasing the efficiency of the production process.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

prof. Ing. Ivan Brezina, CSc.  
Ekonomická univerzita v Bratislave  
Fakulta hospodárskej informatiky  
Katedra operačného výskumu  
a ekonometrie  
Dolnozemska 1/b  
852 35 Bratislava  
Slovenská republika  
email: [ivan.brezina@euba.sk](mailto:ivan.brezina@euba.sk)

prof. Mgr. Juraj Pekár, PhD.  
Ekonomická univerzita v Bratislave  
Fakulta hospodárskej informatiky  
Katedra operačného výskumu  
a ekonometrie  
Dolnozemska 1/b  
852 35 Bratislava  
Slovenská republika  
e-mail: [juraj.pekar@euba.sk](mailto:juraj.pekar@euba.sk)

## KEYWORDS:

Flow Shop, Heuristics, Metaheuristics

## JEL CLASSIFICATION:

C02, C61

# THE EFFECTS OF INFORMATION SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES AS A KEY FACTOR IN INCREASING THE COMPETITIVENESS OF COMPANIES

VLADIMÍR BOLEK  
UNIVERSITY OF ECONOMICS  
IN BRATISLAVA



## ABSTRACT

In the current competitive environment, it is necessary for companies to use information technology and information systems and for new companies to be created with the support of these information technologies and systems. The development of information systems supported by information technologies (IS/IT) is essential for the competitiveness of the company in today's increasingly digitized global economy. The effects of information technology and information systems are a key factor in increasing a company's competitiveness and productivity. The real achievement of benefits is influenced by several internal and external factors. The scientific article presents the results of research aimed at identifying customer effects achieved by the implementation and integration of innovative technologies and information systems. We identified eight customer effects, which we statistically analysed depending on the size and activity of the company. Within the research model, the research assumption and hypothesis were determined. The most significant customer effects include retaining

existing customers, the effect of gaining and maintaining a competitive advantage, improving the parameters of contact with suppliers, gaining new customers and improving market position.

## KEYWORDS:

information technologies, information systems, customer effects, competitiveness

## INTRODUCTION

The role and position of information systems supported by information technologies, has been growing exponentially for a few years. Various information systems as well as information and communication technologies have improved service quality and the level of productivity in organizations, companies of varied industries. IT investment has become the dominant part of capital allocation among a lot of organizations. Managing investment processes is an important issue which the organization needs to solve. The decision on company's information system is the strategic decision and its consequences will become apparent in the next time horizon.

Economic environment is shaped by deepening globalization, enterprises are constantly shortening product life and the need to reduce costs to stay competitive in global environment. Changes in scientific and technical progress, digitization, informatization and integration of information technologies and systems do not affect only production processes, but also affect other areas of enterprise's life. Enterprises achieve several effects to improve their competitive position in a market by implementing and using new information technologies and systems.

The aim of this paper is to identify achieved customer effects from the enterprises point of view resulting from information technology integration and information systems and to find out significant impact of enterprise size measured by number of employees and enterprise's activities on achieving these customer effects. The paper structure consists of theoretical background, which was the basis for research construction, presentation of data structure obtained from a survey realized among enterprises in Slovakia. A questionnaire was chosen as a survey tool. We present research results and compare them with findings by other authors in the results of the work and discussion.

## THEORETICAL BACKGROUND

Business results and enterprise performance depends on various factors. First of all, there are primarily human resources and their knowledge, skills and competencies. Managerial decisions supported by progressive technology are other important factor. These decisions are often done based on reports and analyses with help of enterprise information systems (Mesároš et al., 2021).

Information systems supported by information technologies can help enterprises to succeed in competition, streamline their work, take advantage of opportunities offered and also identify potential threats. Relationship between IS/IT and competitiveness of enterprises is a long-term research's topic which confirms significant impact of IS/IT on competitiveness of enterprises (Madona, 1993; Hamranová, 2005; Bodiš, 2014)

Enterprises, organizations spend significant financial resources on information systems (Chou et al., 2006). Relationship between information and communication technologies

and competitiveness of enterprises is a long-term several research's topic, which confirms significant impact of information and communication technologies on competitiveness of enterprises. Effects of information and communication technologies on business performance are constantly the subject of scientific research, because not all studies demonstrate a clear return of investment in information and communication technologies. Effects have also been studied from a macro and micro perspective (Chan, 2000; Kohli and Devaraj, 2003).

Enterprise's expectations to achieve individual benefits of IS/IT are broad-based, based on set enterprise's goals and the socio-economic system. The basic set of strategic goals includes:

- maximum profit,
- high productivity,
- priority market position,
- long-term prosperity,
- growth of the organization,
- competitiveness, etc.

After the information system implementation is important user's satisfaction and fulfilled goals of the organization as much as possible, resp. all levels goals of management and in all areas of IS/IT using.

Innovative Pervasive Technologies and information systems can help enterprises succeed in competition, simplify their work and use effectively offered opportunities, as well as identify potential threats. Their integration in business processes brings for an enterprise and an organization several effects in individual business areas.

Innovative technologies integrate physical and virtual worlds, bringing a very significant synergy effect (Geissbauer et al., 2016). The important elements that connect these technologies are the Internet and Internet of Things. The authors Geissbauer et al. (2016) in the context of Industry 4.0, integration of information and communication technologies say „technologies and the Internet which triggered the industrial revolution in society, are becoming hyper-aware systems, they are highly flexible technologies responding not only to human commands but also to their own perception, direction and follow clear algorithms.“

In terms of concepts it is necessary to define the conceptual apparatus, which has become an area of author's interests: ubiquitous performance, communication, mobility, intelligence. We define fundamental differences between individual concepts, which are often associated with innovative pervasive technologies, as follows:

- the ubiquitous computer and computing power (Weiser, 1991; Chun and Kai, 2003) names a large number of invisible, unobtrusive technologies that connect virtual

and real worlds. The component part are various sensors which collect and transmit data to the information system.

- ubiquitous communication (Ark and Selker, 1999; Hansmann et al., 2001). This communication represents a permanent data access and information is provided by remote computers evaluating it through algorithms.
- mobile applications facilitate relevant activities and processes taking into account the contextual requirements of users and using of mobile device mobility is essential (Müller-Veerse, 1999). The location of the device is ensured by mobile devices with GPS support which can monitor object's movement and location.
- intelligence is the ability to solve problems in circumstances accompanied by uncertainty. It is a basic algorithm that is used to examine data and the system finds some context, rules or formulas in it. It means, the system does not have to be explicitly programmed, but is learned. It can be said that it is an algorithm that is able to gradually accumulate new abilities and use them to solve a problem.

These innovative intelligent technologies, which you can find all around us, are integrated into environment and implement communication, we refer as ubiquitous technologies and are becoming a part of Industry 4.0 (Roblek, Meško and Krapež, 2016).

In the last decade, measuring effectiveness and effects of IS/IT, information and communication technologies has become a very important issue for businesses. Quantification of effects and benefits of IS/IT and information and communication technologies is the main problem solved by company's management. The exact methods to be used depend on the nature of the business. We agree with Silk's (1990) statement that keeping a detailed overview of all types of IT investments and quantifying benefits of this investment, in the context of general management, is not a trivial task. In some companies, these investments represent the largest percentage of company's total investments. Although IS/IT expenditures are large, they do not always bring expected benefits (Oduşanya et al., 2015).

Lycett and Giaglis (2000) confirm managers have to first understand impact of IS/IT investments in relation to overall enterprise's productivity. They suggest evaluating the success of IS/IT projects provides easy feedback to management as well as benchmarking opportunities. By investing in new technologies, an enterprise can achieve a significant competitive advantage also with help of good management and not only appropriately chosen technical implementation (Ward and Elvin, 1999). According to Doherta (2014), in business practice often happens that return on IS/IT investment is achieved later than IS/IT life cycle.

Business owners and managers deal with effectiveness of implementation and operation of IS/IT in the enterprise. The reason is the fact that IS/IT can affect enterprise's value, its competitiveness, relationships with interest groups, but also a product or service.

Koellinger's research (2006) emphasizes that information and communication technologies are a key factor in increasing enterprise's competitiveness and productivity, which contributes to positive changes in economic growth. The digitisation of enterprises (Dupař et al., 2019) will change the nature of work and bring about increased demands and requirements for skilled workers. Enterprise's innovation in the field of information and communication technologies and technological leadership contributes to a significant strengthening of market position, brand, competitive advantage, identification of business opportunities (Xu, Thong and Venkatesh, 2014). From the enterprise's effect point of view they bring effects in areas:

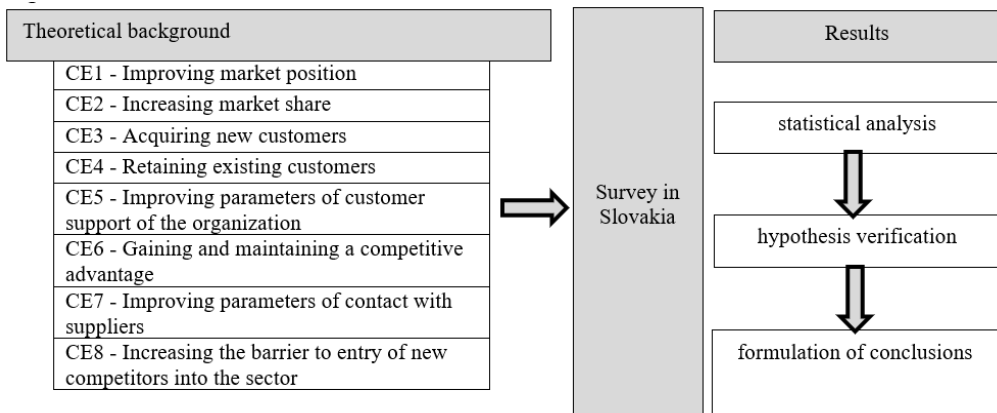
- market value of the company, organization,
- applications for a wide range of market (financial, insurance, industrial, commercial)
- using start-up and spin-off opportunities to identify potential service requirements and service connections to satisfy new needs;
- low input costs in order to achieve economies of scale, position of cost leader,
- gaining customer's attention, the basis is considered so-called „free“ services, additional services, advertising ...,
- evaluation of the enterprise, product, service through social networks, user communities at almost zero costs.

The integration of innovative Pervasive Technologies is changing and has a major impact on several enterprise's areas. Recently, these technologies have significantly affected the enterprise's marketing (advertising, digital campaigns, communications and their targeting, distribution channels). Hope (2019) supposes that these technologies will have even greater and more vigorous impact on individual enterprise's areas in coming years, which will be reflected in their modification.

## DATA AND METHODS

A study was realized among enterprises in the Slovak Republic and it was aimed at identifying effects of implementation and using of innovative Pervasive Technologies and information systems. Customer effects (CE) were also a partial part. In the figure 1 is a research model.

**Figure 1: Research model**



Source: own processing

By detailed analysis of theoretical basis from domestic and foreign authors, we identified variables. Their achievement was determined by questionnaire survey.

The research object were enterprises in the Slovak Republic. The survey tool was a questionnaire containing closed questions. At the same time, a scoring scale of 0 points (insignificant, we do not achieve) - 100 points (most significant, achieved) was used. The relevant respondents were 206, their answers were included in the analysis. The survey sample was created by 79% trading companies, 6% self-employed and 15% other companies. Representativeness of the sample was ensured by regional balance, while the sample came from all Slovak regions.

Industrial enterprises were the most represented - 24%, other activities 13% and wholesale and retail trade 12%. Enterprises were also segmented by production / non-production activity. The survey sample of enterprises segmented by activity represented 40% of manufacturing and 60% of non-manufacturing enterprises. We segmented enterprises by their size based on recommendation of the European Commission 2003/361/EC, based on the number of employees: 17.48% micro, 19.42% small, 24.76% medium, 38.35% large.

Based on theoretical background and experience from several surveys, we established a research assumption that the effect of CE6 - Gaining and maintaining a competitive advantage - will belong to significant effects achieved by integrating innovative technologies and information systems using and the enterprise size will have a significant impact on achieving this effect, significant values are usually achieved by large and medium-sized enterprises.

*H<sub>0</sub>: In regards to the size, companies do not differ significantly in achieving the CE6 effect - Gaining and maintaining a competitive advantage.*

*H<sub>1</sub>: In regards to the size, enterprises differ significantly in achieving the CE6 effect - Gaining and maintaining a competitive advantage.*

We applied methods of descriptive statistics for evaluating the survey data. At the same time, we examined significant differences among groups. Using the Levene's test, we tested the normality of data and then applied parametric tests T-test, Anova and nonparametric tests Mann-Whitney U test, Kruskal-Wallis test at the level of significance  $p = 0.05$  and  $p = 0.01$ . The statistical analysis results are presented in the chapter Research results.

## RESEARCH RESULTS

Integration of information communication technologies and information systems has a major impact on several business areas. Recently, these technologies have significantly affected areas such as marketing of the enterprise (advertising, digital campaigns, communication and their targeting, distribution channels) which can improve enterprise's market position or increase its competitiveness.



**Table 1: Customer effects**

Customer effects	Mean	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis	Rank
CE1 - Improving market position	44.71	34.66	0.25	-1.29	5.
CE2 - Increasing market share	38.52	32.44	0.54	-0.90	7.
CE3 - Acquiring new customers	44.79	33.05	0.19	-1.17	4.
CE4 - Retaining existing customers	50.31	33.49	-0.05	-1.28	1.
CE5 - Improving parameters of customer support of the organization	42.89	32.27	0.21	-1.12	6.
CE6 - Gaining and maintaining a competitive advantage	48.37	34.24	0.04	-1.31	2.
CE7 - Improving parameters of contact with suppliers	45.82	33.55	0.09	-1.25	3.
CE8 - Increasing the barrier to entry of new competitors into the sector	32.81	32.56	0.74	-0.60	8.

Note: N = 206, min = 0, max = 100

Source: own processing

Enterprises also achieve customer effects by implementation of information and communication technologies and information systems, virtualization and digitization of business processes (Table 1). The most frequent was Retaining existing customers, this indicator reached the value  $M = 50.31$ ,  $SD = 33.49$ . This was followed by the effect of Gaining and maintaining a competitive advantage  $M = 48.37$ ,  $SD = 34.24$ , Improving parameters of contact with suppliers  $M = 45.82$ ,  $SD = 33.55$ , Acquiring new customers  $M = 44.79$ ,  $SD = 33.05$ , Improving market position  $M = 44.71$ ,  $SD = 34.66$ .

Table 2: Achieved customer effects depending on the size of enterprise

Customer effects	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Parametric /nonparametric test		
				Lower Bound	Upper Bound			
CE1	Micro	34.75	33.200	5.533	23.52	45.98	Anova	
	Small	34.70	31.317	4.952	24.68	44.72	F	p
	Medium - sized	43.24	32.662	4.574	34.05	52.42	4.832	.003*
	Large	55.27	35.741	4.021	47.26	63.27		
CE2	Micro	28.08	26.806	4.468	19.01	37.15	Anova	
	Small	27.73	27.677	4.376	18.87	36.58	F	p
	Medium - sized	41.02	33.770	4.729	31.52	50.52	4.949	.002*
	Large	47.14	33.765	3.799	39.58	54.70		
CE3	Micro	38.53	30.252	5.042	28.29	48.76	Anova	
	Small	43.15	31.186	4.931	33.18	53.12	F	p
	Medium - sized	38.75	34.242	4.795	29.11	48.38	2.473	.063
	Large	52.38	33.481	3.767	44.88	59.88		
CE4	Micro	38.78	30.735	5.122	28.38	49.18	Anova	
	Small	52.38	34.418	5.442	41.37	63.38	F	p
	Medium - sized	50.84	35.421	4.960	40.88	60.81	1.849	.140
	Large	54.16	32.392	3.644	46.91	61.42		
CE5	Micro	28.97	25.518	4.253	20.34	37.61	Anova	
	Small	35.28	28.590	4.520	26.13	44.42	F	p
	Medium - sized	45.39	33.494	4.690	35.97	54.81	5.244	.002**
	Large	51.47	33.454	3.764	43.97	58.96		
CE6	Micro	35.92	30.566	5.094	25.57	46.26	Anova	
	Small	39.95	32.767	5.181	29.47	50.43	F	p
	Medium - sized	47.12	36.955	5.175	36.72	57.51	5.335	.001**
	Large	59.13	31.984	3.598	51.96	66.29		
CE7	Micro	31.11	30.499	5.083	20.79	41.43	Anova	
	Small	40.70	33.386	5.279	30.02	51.38	F	p
	Medium - sized	47.84	34.107	4.776	38.25	57.44	4.379	.005**
	Large	53.81	32.518	3.659	46.53	61.09		
CE8	Micro	22.00	30.859	5.143	11.56	32.44	Anova	
	Small	22.30	24.228	3.831	14.55	30.05	F	p
	Medium - sized	37.94	34.644	4.851	28.20	47.68	4.555	.004**
	Large	39.75	33.454	3.764	32.25	47.24		

Note: N = 206. \*p = 0.05. \*\*p = 0.01 df = 3. 202

Source: own processing

In table 2 we present achievement of individual investigated customer effects depending on the size of enterprise (micro, small, medium, large). Enterprises segmented by size (micro, small, medium, large) differ significantly in achieving some customer effects.

Among three the most significant and most frequently achieved effects are CE4 - Retaining existing customers ( $M = 50.31$ ,  $SD = 33.49$ ), it is interesting that the size of enterprise does not have a significant impact on achieving this effect  $F(3, 202) = 1.849$ ,  $p = 0.140$ . The CE6 effect follows - Gaining and maintaining a competitive advantage ( $M = 48.37$ ,  $SD = 34.24$ ), in this examined customer effect we found statistically significant differences in its achieving depended on the size of enterprise  $F(3, 202) = 5.335$ ,  $p = 0.001$ . As a part of study of this effect we set research assumption and we assumed an above-average value in its achievement by enterprises and a research hypothesis was established. Based on test results, we accept hypothesis  $H_1$ : In regards to the size, enterprises differ significantly in achieving the CE6 effect - Gaining and maintaining a competitive advantage and reject hypothesis  $H_0$ . Above-average values are achieved mainly by medium-sized and large enterprises.

The third most significant customer effect is CE7 - Improving parameters of contact with suppliers ( $M = 45.82$ ,  $SD = 33.55$ ), even in achieving this customer effect, we found a significant impact of the size of enterprise on its achievement  $F(3, 202) = 4,379$ ,  $p = 0.005$ .

By implementing information and communication technologies, information systems and digitization and virtualization of business processes, large and medium enterprises achieve the highest rate of achieving the following effects: CE1 - Improving market position, CE2 - Increasing market share, CE5 - Improving parameters of customer support of the organization, CE6 - Gaining and maintaining a competitive advantage CE8 - Gaining and maintaining a competitive advantage.

In case of CE7 - Improving parameters of contact with suppliers, the highest degree of effect achieved by implementation of information technologies and introduction of digitization and virtualization through improving the parameters of contact with suppliers, is achieved by large and medium enterprises. A certain shift can be observed in small enterprises, which have integrated elements of innovative technologies into this area, digitization and virtualization they also achieve a higher level of achieving these effects.

With the achieved effects CE3 - Acquiring new customers, CE4 - Retaining existing customers we did not identify significant differences among groups of enterprises. From results of testing the difference of mean values in non-manufacturing and manufacturing enterprises, we identified a statistically significant difference only in achieving the customer effect CE7 - Improving parameters of contact with suppliers although the  $p$  value was borderline. Non-manufacturing enterprises differ statistically significantly from manufacturing companies ( $M = 50.95$ ,  $SD$ ) in achieving the customer effect of CE7

- Improving parameters of contact with suppliers by integrating innovative pervasive technologies, introducing elements of digitization and virtualization ( $M = 42.36$ ,  $SD = 35.253$ )  $Z = -1.952$ ,  $p = 0.051$ .

## DISCUSSION

Innovative technologies can significantly increase company's performance and productivity. Information systems are no exception. Organizations around the world rely on research and development of new ways to generate revenue, engage customers, and streamline time-consuming tasks. The enterprise should follow innovations about information technology solutions for business management which are emerging in the market and offer them to improve business management methods and operational productivity and increase a competitive advantage. One of information technology solutions that improve efficiency of the company, is information systems.

Information systems are playing a key role in today's business life. They help improve their goals and strategies. Today, an increasing number of companies are investing money in information systems to improve business performance. Investments in information systems help the enterprise to transform operational processes and activities in order to achieve higher efficiency. The manufacturing process, customer service, accounting, information processing and other processes could be streamlined by information systems. Information systems can help to identify and re-address existing problems and weaknesses in a society. They can bring many direct and indirect benefits, which will increase financial stability of the company.

After introduction of resource planning systems for business, tangible and intangible benefits in one way or another, can affect the performance of the company. To identify the rates is difficult because these factors have not been investigated sufficiently. Therefore, they should be identified before their impact can be fully assessed.

Most managers are unable to state what benefits they have expected from IS/IT project. The problem is also in the fact that managers incorrectly set their priorities and do not have precisely defined metrics before IS/IT implementation through which planned benefits will be measured. Our surveys results show the expected benefits of IS/IT are based on set goals of the enterprises and the socio-economic system within which the enterprise operates. It is important to remind that planning IS/IT benefits is not easy. To create a catalog of future IS/IT benefits is very challenging because as Remenyi et al. (2007) state, benefits of IS/IT are not stable, some can be lost, while others, which we did not expected initially, can be materialized after some time since the initial investment.

In the current competitive environment for new enterprises it is necessary to be established with support of information systems and technologies. The real achievement of benefits is influenced by several internal and external factors. After implementation

of the information system is important that the user is satisfied and the set strategic goals of the organization are respected as much as possible, resp. goals at all levels of management and in all areas of using IS/IT. We agree with Harindranath et al. (2008) that IS/IT has a strategic position in the enterprise and leads to strengthening the competitiveness of enterprise.

Customer effects brought by information technologies and information systems, are a key factor for increasing competitiveness and productivity of a enterprise.

The most significant customer effects include retaining existing customers, gaining and maintaining a competitive advantage, improving parameters of contact with suppliers, acquiring new customers and improving market position.

The most common and most significant customer effects achieved from integration of information technologies and systems is retaining existing customers. The size of enterprise does not have a significant effect on achieving this effect. Enterprises report that information technology supported by information systems plays an important role in retaining existing customers.

In the survey, respondents stated that directly CRM systems, but also other CRM systems in the form of „Lite“ systems for customer relationship management, are an important tool for managing customer relationships from creating a marketing campaign, creating an order, payment to evaluating feedback. These systems evaluate intuitively individual marketing campaigns in relation to customer's segments and address them again, resp. maintain a relationship with the customer in the form of a helpdesk, calls for actions, events for loyal customers and support activities.

They provide business management a comprehensive view of the customer and consumer behaviour. The CRM system is responsible for administration and management of customer relationships in areas of marketing, sales, services and transactional relationships. We must not forget that company's management takes main responsibility, because customer relationship management is a business methodology supported by CRM application solution. The business strategy has to be designed to be able to optimize revenue, profitability and customer satisfaction. Based on the analysis results can be stated that even small companies consider achieving of this customer effect to retain existing customers by implementing information technology and systems as very important ( $M = 52.38$ ,  $SD = 34.42$ ).

Large enterprises attach the greatest importance from integration of information technologies and information systems to gaining and maintaining a competitive advantage ( $M = 59.13$ ,  $SD = 31.98$ ). New information technologies and systems streamline business processes, they can get the maximum from available data as a suitable basis for decision-making of enterprise's management, and strengthen the competitive advantage. Innovation in this area is essential the enterprise because

benefits gained by integrating these technologies are not limited within one area in the enterprise.

Significant improving in the contact with suppliers can be achieved by implementation of SCM systems for supply chain management. This system is a strategy of modern management to optimize all activities and systems to ensure the supply of products and services from suppliers of materials (products) through their production or development, distribution channels to the final consumer.

The whole process begins with placing orders, their assessment and processing and continues with goods production and delivery, services and ends with feedback. The goal of SCM is to achieve efficient using of all resources entering the process, timely delivery of all products and services, process speed, minimization of downtime and zero losses. The SCM system is considered to be probably the most fragmented group of software applications.

In relation to effects where we found statistical significance depending on the size of enterprise, we state that in all cases the order of significance was maintained and the highest values were achieved by large and then medium-sized enterprises. Significant differences in achieving individual customer effects depending on the size were not found for only two effects: acquiring new customers and retaining existing customers

Findings from analysis of customer effects and their significance (retaining existing customers, gaining and maintaining a competitive advantage, improving parameters of contact with suppliers, acquiring new customers and improving market position) achieved by enterprises integrating information technology and systems, are consistent with researches by Koellinger (2006), Xu, Thong and Venketesch (2014).

It is clear that an enterprise carries out a series of goals in an environment by innovative information technologies and information systems. It provides a lot of benefits and it is also a source of threats and risks. External and internal factors influence benefit achieving. External influences come from enterprise's surroundings and mutual relations. Internal environment of the enterprise, mutual connections and relationships are a basis of internal influences, factors determining benefit achieving of implementation and IS/IT using.

Individual impacts have a significant reach not only on achieving benefits from implementation of IS/IT using, but also on interoperability of information systems, ie „the ability of a system or product to work with other systems or products without the need of special effort by the user. Interoperable systems are able to communicate each other, to exchange information“ (Whatis, 2006).

It can be said that effects and benefits of IS/IT are divided whether they are quantifiable directly and based on increasing or decreasing value, we can clearly determine the added

value for the enterprise, resp. to indirectly quantifiable benefits, which we usually describe verbally, but their informative value is significant. The benefits of IS/IT in an organization arise not only from innovation, but also during using of information technology and information systems.

Information technology and information systems using transformed a society into an information society. Within it, new wealth has been created in enterprises as a source of business activity called intellectual capital. Thomas Steward (1998) defines it: intellectual capital is the sum of everything and everyone in society knowing, that it brings competitive sharpness to society. It is an intellectual material - knowledge, information, intellectual property and experience that can be used to create wealth. Intellectual resources (Mouritsen, Bukh and Marr, 2004) comprise of the enterprise's knowledge. In a business context this knowledge is used to improve a enterprise's innovation capability, processes and performance.

## CONCLUSION

The emergence of innovative information technologies has stimulated, among other things, scientific and technical progress, onset The Fourth Industrial Revolution known as Industry 4.0 and gradual transition to The Fifth Industrial Revolution. In proportion to pace of digitization, enterprises are implementing and using new, innovative information and communication technologies and information systems for their business activities.

Business owners and managers are involved in implementation of these technologies and systems in the enterprise. The reason is the fact that information technologies and information systems can affect a value of the enterprise, its competitiveness, relations with interest groups, but also the product or service. There is a general consensus that integrating and using of these technologies and systems can achieve several positive effects in different areas of the enterprise.

These include customer effects which contribute to strengthening competitiveness of the enterprise. The research conducted among 206 enterprises in the Slovak Republic shows that the most significant customer effects from the integration of information technology and systems include retaining existing customers, gaining and maintaining a competitive advantage, improving parameters of contact with suppliers, acquiring new customers and improving market position.

In addition to acquiring new customers, it is important for the enterprise to retain existing customers, build trust in them and arouse interest in making the purchase again. The size of enterprise does not have a significant impact on achieving this customer effect, enterprises attribute a significant impact and share to information technology and information systems for retention of existing customers. The customer effects brought

by information technologies and information systems are a key factor for increasing the competitiveness and productivity of an enterprise.

The realized research has certain restrictions and limits. We conducted a questionnaire survey by occasional selection among enterprises in the Slovak Republic. The research sample is limited by regional scope. The limit of the research is also the used measuring instrument. Respondents answered individual questions by self-assessment and their answers could be influenced by various factors (lack of time, mood, immediate event). These limits determine general measure of research findings and conclusions.

## ACKNOWLEDGEMENT

*The paper was elaborated within VEGA No. 1/0388/20 „IT Management in Enterprises in Slovakia: International Standards and Norms Versus Individual Business Processes“ – proportion 100%.*



## REFERENCES

- [1] ARK, W., SELKER, T. 1999. A look at human interaction with pervasive computers. *IBM Systems Journal*, 38, 504–507
- [2] BODIŠ, M. 2014. *Procesné riadenie vo väzbe na infraštruktúru podnikových informačných technológií*. Bratislava: Ekonóm. ISBN 978-80-225-3984-5
- [3] DOHERTY, N. F. 2014. The role of socio-technical principles in leveraging meaningful benefits from IT investments. *Applied Ergonomics*, 45(2), 181-187. doi:10.1016/j.apergo.2012.11.012
- [4] DUPAĽ, A., RICHNÁK, P., SZABO, Ľ., PORUBANOVÁ, K. 2019. Modern trends in logistics of agricultural enterprises. *Agricultural Economics*, 65(8), 359-365.
- [5] GEISSBAUER, R., VEDSØ, J., SCHRAUF, S. 2016. A Strategist's Guide to Industry 4.0. *Strategy+Business*, 83(2016). 1–8.
- [6] HAMRANOVÁ, A. 2005. Metodiky tvorby informačných systémov. IN: *Ekonomika, financie a manažment podniku - rok 2005: zborník príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie Fakulty podnikového manažmentu EU v Bratislave*. Bratislava: Ekonóm. 401-405.
- [7] HANSMANN, U., MERK, L., NICKLOUS, MS., STOBER, T. 2001. *Pervasive computing handbook*. Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-662-04318-9
- [8] HARINDRANATH, G., DYERSON, R., BARNES, D. 2008. ICT adoption and use in UK SMEs: a failure of initiatives. *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, 11(2), 91-96.
- [9] HOPE, D. 2019. 6 Ways AI is Transforming Marketing Forever. *SmartData Collective*, 8(2019).
- [10] CHAN, Y. E. 2000. It value: The great divide between qualitative and quantitative and individual and organizational measures. *Journal of Management Information Systems*, 16(4), 225-261. DOI:10.1080/07421222.2000.11518272
- [11] CHOU, T., CHOU, S. T., TZENG, G. 2006. Evaluating it/is investments: A fuzzy multi-criteria decision model approach. *European Journal of Operational Research*, 173(3), 1026-1046. DOI:10.1016/j.ejor.2005.07.003
- [12] CHUN, X. G. Y. S. Y., KAI, X. W. 2003. Pervasive/Ubiquitous Computing [J]. *Chinese Journal of Computers*, 9.
- [13] KOELLINGER, P. 2006. *Impact of ICT on Corporate Performance, Productivity and Employment Dynamics*. [eBusiness w@tch Special Report, No. 01/2006.] Berlin – Brussels: European Commission.
- [14] KOHLI, R., DEVARAJ, S. 2003. Measuring information technology payoff: A meta-analysis of structural variables in firm-level empirical research. *Information Systems Research*, 14(2), 127-145. DOI:10.1287/isre.14.2.127.16019
- [15] LYCETT, M., GIAGLIS, G. M. 2000. Component-Based Information Systems: Toward a Framework for Evaluation. *IEEE (Ed.), Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*. USA: IEEE. DOI: 10.1109/HICSS.2000.926928

- [16] MADON, S. 1993. Computer-based information systems for development planning: managing human resources. *European Journal of information systems*, 2(1), 49-55. DOI:10.1057/ejis.1993.6
- [17] MESÁROŠ, P., BEHÚNOVÁ, A., MANDIČÁK, T., BEHÚN, M., KRAJNÍKOVÁ, K. 2021. Impact of enterprise information systems on selected key performance indicators in construction project management: An empirical study. *Wireless Networks*, 27(3), 1641-1648.
- [18] MOURITSEN, J., BUKH, P. N., MARR, B. 2004. Reporting on intellectual capital: why, what and how? *Measuring Business Excellence*, 8(1). 46–54.
- [19] MÜLLER-VEERSE, F. 1999. *Mobile commerce report*. Durlacher Research Ltd., London. [online]. [2021-09-04]. Dostupné z: <http://www.aaldeutschland.de/aal-1/zukunftsszenarien>
- [20] ODUSANYA, K., COOMBS, C., DOHERTY, N. 2015. *Exploiting benefits from IS/IT investments: an IT culture perspective*. ECIS 2015 Research-in-Progress papers. Association for Information Systems. AISel. 56. ISBN 9783000502842
- [21] REMENYI, D., MONEY, A., BANNISTER, F. 2007. *The effective measurement and management of ICT costs and benefits*. Amsterdam: Elsevier. ISBN: 9780080488752
- [22] ROBLEK, V., MEŠKO, M., KRAPEŽ, A. 2016. A complex view of industry 4.0. *Sage Open*, 6(2). 1–11.
- [23] SILK, D. J. 1990. Managing IS benefits for the 1990s. *Journal of Information Technology*, 5(4), 185-193. DOI: 10.1057/jit.1990.42
- [24] STEWARD, Thomas. 1998. *Intellectual capital: The new wealth of organisations*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-385-48228-0
- [25] WARD, J., ELVIN, R. 1999. A new framework for managing IT-enabled business change. *Information systems journal*, 9(3), 197-221. DOI: 10.1046/j.1365-2575.1999.00059.x
- [26] WEISER, M. 1991. The computer of the twentyfirst century. *Scientific American*, 265, 66–75
- [27] WHATIS. 2006. *Interoperability*. Whatis.com. [online]. [2021-09-05]. Dostupné z: <http://whatis.techtarget.com/whome/0,289825,sid9,00.html>
- [28] XU, X., THONG, J. Y., VENKATESH, V. 2014. Effects of ICT service innovation and complementary strategies on brand equity and customer loyalty in a consumer technology market. *Information Systems Research*, 25(4), 710-729.

# EFEKTY INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV A INFORMAČNÝCH TECHNOLÓGIÍ AKO KLÚČOVÝ FAKTOR ZVYŠOVANIA KONKURENCIESCHOPNOSTI PODNIKOV

## ABSTRAKT

V súčasnom konkurenčnom prostredí je nutné, aby podniky využívali informačné technológie a informačné systémy a nové podniky vznikali za podpory týchto informačných technológií a systémov. Rozvoj informačných systémov podporovaných informačnými technológiami (IS/IT) je nevyhnutý pre konkurencieschopnosť podniku v dnešnej stále viac digitalizovanej globálnej ekonomike. Efekty, ktoré prinášajú informačné technológie a informačné systémy sú kľúčovým faktorom zvyšovania konkurencieschopnosti a produktivity podniku. Reálne dosiahnutie prínosov ovplyvňuje viacero interných a externých faktorov. Vedecký článok prezentuje výsledky výskumu zameraného na identifikáciu zákazníckych efektov dosahovaných implementáciou a integráciou inovatívnych technológií a informačných systémov. Identifikovali sme osem zákazníckych efektov, ktoré sme detailne štatisticky analyzovali v závislosti od veľkosti a činnosti podniku. V rámci výskumného modelu bol stanovený výskumný predpoklad a hypotéza. Medzi najvýznamnejšie zákaznícke efekty patrí udržanie existujúcich zákazníkov, efekt získania a udržania konkurenčnej výhody, zlepšenie parametrov styku s dodávateľmi, získanie nových zákazníkov a zlepšenie pozície na trhu.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

doc. Ing. Vladimír Bolek, PhD.  
University of Economics in Bratislava  
Faculty of Business Management  
Department of Information  
Management  
Dolnozemska cesta 1/b  
852 35 Bratislava, Slovak republic  
e-mail: vladimir.bolek@euba.sk



## KLÚČOVÉ SLOVÁ:

informačné technológie, informačné systémy, zákaznícke efekty, konkurencieschopnosť

# INDOOR NAVIGATION MOBILE APPLICATION IN THE COLLEGE BUILDING

MAREK MUSIL  
COLLEGE OF POLYTECHNICS  
JIHLAVA



## ABSTRACT

The popularity of mobile applications have been increasing in recent years and they have found their use in a number of everyday activities. One of them is indoor navigation (navigation inside buildings). The indoor navigation finds application in schools, universities, hospitals etc., where the complex of buildings is extensive and complicated to navigate. Several implementation solutions of navigation using mobile operating system features and additional sensors were introduced in several works. Additional sensors are costly and difficult to deploy in the initial phase.

In this paper, we present a mobile application designed for navigation in the building of the College of Polytechnics Jihlava (COPJ). The application was designed primarily for the navigation during the open days and for the navigation to a significant room (classroom or laboratory) from the college entrance, especially for the first-time visitors or new students. The navigation algorithm uses a static schema containing fixed predefined paths without current location. Although this implementation does not use actual position, it is very simple and efficient for the presented situations. We also refer to the future use of the current solution in teaching the subjects Programming for Mobile Platforms and Advanced Programming Techniques.

## KEYWORDS:

navigation, mobile application, indoor navigation, school building

## INTRODUCTION

The popularity of mobile applications have been increasing in recent years and they have found their use in a number of everyday activities. (Musil, 2017) One of them is indoor navigation (navigation inside buildings) and indoor positioning. The indoor navigation generally finds application in schools, universities, hospitals etc., where the complex of buildings is extensive and complicated to navigate. Navigation algorithms are presented in a number of works. Ishikawa et al (2008) state, that navigation is one of the most types of spatial behavior. As regards as positioning, the GPS is a tool for providing positional information, at least where accurate readings of satellite signals are possible. (Isaacson & Shoval, 2006; Ishakhawa et al, 2008) GPS accuracy is not good in indoor building.

A path planning is the core of navigation systems. Path planning algorithms are based on a static schema, but researches are currently being focused on the development of path planning algorithms in a dynamic environment. Although implemented navigation algorithms are being deployed for mobile robots, mobile devices such as smartphones or tablets have a potential to be applied in navigation tasks. In general, practical usage of mobile applications in everyday life is mentioned in (Musil, 2017; Musil et al, 2016; Musil & Novotný, 2015). Mobile applications, however, have the potential to be used even for more demanding tasks such navigation. The mobile operating system provides an opportunity to take advantage of its features – GPS, QR code scanning, Bluetooth, and NFC.

We dealt with the issue of the indoor navigation in the College of Polytechnics Jihlava (COPJ). The college is housed in a complex consisting of several connected buildings with different levels of floors. The self-navigation especially for first-time visitors can be very difficult and a static navigation system such as navigation boards on the walls or a map available at the college website is not effective for all situations.

The paper presents a navigation mobile application designed for the indoor navigation in the COPJ. The application primarily responds to the needs of the college, especially at the Open Day at COPJ. The Android based application enables navigation along a tour circuit representing a particular study programme or navigation to a selected significant room. Although the implemented navigation method is simple and does not use mobile operating system features, the application is practical and serves the purpose. In the future, the current implementation can be used in the subjects Programming for Mobile Platforms and Advanced Programming Techniques in the Applied Informatics study programme, where students can practise their programming skills in order to improve an extend the application.

## SUMMARY OF EXISTING KNOWLEDGE - INTRODUCTION INTO (INDOOR) NAVIGATION

The aim of navigation systems is to plan the route to the destination and to take into account possible situations arising on the way (called dynamic environment). Therefore, a path-planning (algorithm) is the core of navigation. One example of a navigation deployment is mobile robots.

Research in the path planning is one of the most important aspects in mobile robot research and the mobile robots are mostly used in industrial and military applications (Ganeshmurthy and Suresh, 2015). Mobile robots and a number of navigation system solutions find also application in the area of daily activities such as indoor (or outdoor) navigation. The (autonomous) mobile robots (robot applications) implemented and deployed for indoor navigation are presented in (Seo and Kim, 2013; Jayaparvathy, 2017). Researches focused on dynamic or unknown environment especially are presented in (Oriolo et al, 1998; Ganeshmurthy and Suresh; 2015). Ganeshmurthy and Sureshj (2015) state that existing path planning algorithms (e.g. graphical methods such as visibility graph, the potential fields and the cell decomposition) are designed for static environments. A path planning process includes the current position. The main navigation issue is localization. The GPS is not deployable in indoor navigation algorithms because it provides inaccurate localization. For example, Ishikhawa et al (2007) state that their experience with GPS-based outdoor navigation system was done with the accuracy within 5 m. Existing indoor navigation solutions usually rely on pre-installed sensor networks (Renaudin et al, 2007) and indoor localization is presented in (Renaudin et al, 2007; Ivanov, 2010; Ozdenizci et al, 2011).

### RELATED WORKS

Indoor navigation approaches have been presented. Although several indoor navigation algorithms were developed for (autonomous) mobile robots, the core of these algorithms including map building, location and path planning (Seo and Kim, 2013) are common with navigation algorithm deployment, e.g. in a mobile application. Path planning is one of the most important aspects in navigation researches. (Ganeshmurthy and Suresh, 2015) Seo and Kim (2013) described an autonomous navigation system for an indoor service robot application. An algorithm proposed by Seo and Kim (Seo and Kim, 2013) uses grid map information, the Monte Carlo localization algorithm and the A\* path-planning algorithm. Jayaparvathy et al (2017) proposed an algorithm for autonomous indoor navigation robot deployed to assume the role of an automated customer servicing system. After the proposed algorithm compared with RRT based routing, the proposed algorithm has significant reduction in servicing time. Oriolo et al (1998) presented real-time map building and navigation by using the A\* algorithm based path planning and dynamic integration local area information in the global map.

In order to eliminate the current indoor navigation problems, Renaudin et al (2007) proposed a solution of navigation based on radio-frequency identification tags and inertial microelectro-mechanical sensors and Ozdenizci et al (2011) developed an indoor navigation system using the NFC technology. The NFC technology has an advantage. The implemented navigation system (called NFC Internal) enables an easy data transfer just by touching tags spread throughout a building or a complex. (Ozdenizci et al, 2011) Ivanov (2010) presents an indoor navigation system (for visually impaired) and implements the indoor localization using the NFC technology. The above-mentioned approaches require special sensors.

## MATERIAL AND METHODS

### PROBLEM STATEMENT

The bachelor thesis “Mobile Applications as a Guide to the Open Day at College of Polytechnics Jihlava” written by Procházka (2018) deals with the issue of existing navigation options in our college. The College of Polytechnics Jihlava (COPJ) is housed in a building complex consisting of several connected buildings with different floor levels. It can be very difficult for first-time visitors to find their way through the building without any assistance. A static navigation system such as navigation orientation boards on the walls or a map available on the college website is not effective for all situations. We took into account navigation issues and we made a solution proposal. Based on current navigation options, we designed and developed a navigation mobile application. The mobile application designed and implemented for the purpose of college indoor navigation enables to guide users along a tour circuit representing a particular study programme or to guide them to a significant room (a laboratory or a classroom). The functionality of the design has been verified. The paper presents current version of the application before future improvements.

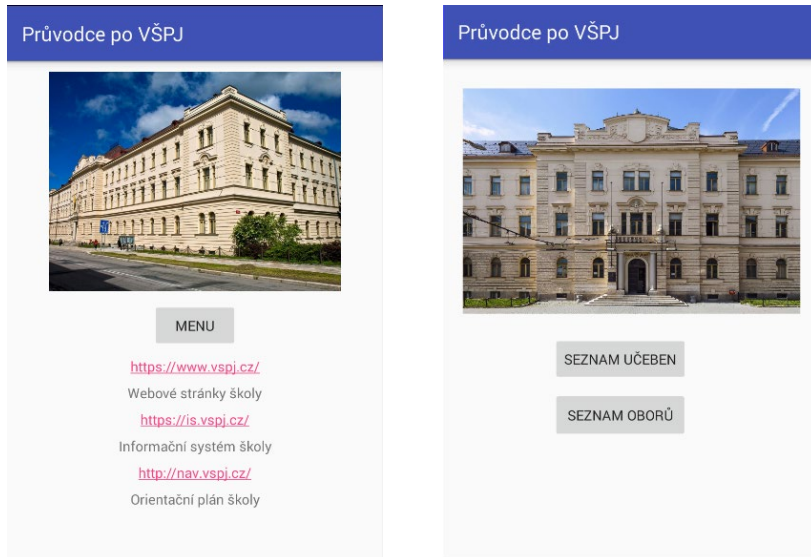
### THE GOAL OF THE RESEARCH

The issue described above can be resolved by means of a navigation mobile application. Our goal is to present a navigation mobile application without additional sensors. Installing additional equipment such as sensors can be costly and, in the initial phase, technically difficult to deploy. The application will guide a visitor around the study programme route or to a room by using a static schema environment description. The navigation process uses predefined paths and does not enable current location. We present the implemented application, which takes into account the needs of navigation in the college building.

## RESULTS AND DISCUSS

The Android based mobile application is very simple and its control is intuitive. The application provides two navigation options, a navigation around the study programme and a navigation to a room, see Figure 1. In the presented version of the application (an initial version), the main window shows the college building and links related to the college, for example a link to the static map or to the college website. The next window is a signpost/guidepost for navigation.

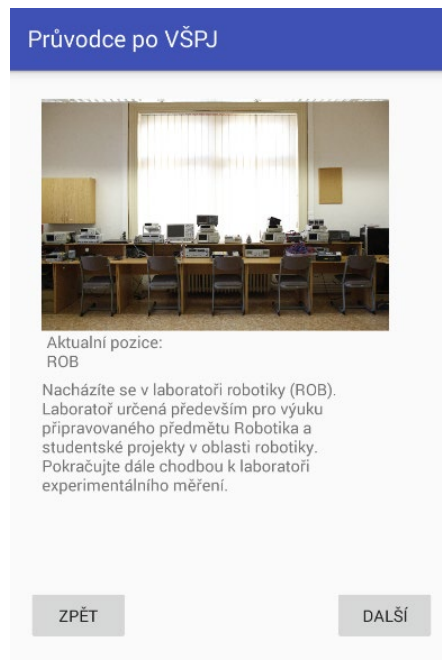
**Figure 1:** The main application window and the signpost navigation window.



The navigation algorithm uses fixed predefined paths (related to the defined goals) that are always performed from the fixed starting point, which is the main entrance of the college. The predefined path consists of a starting point, an end-point, and a sequence of inner points. Inner points are points significant for navigation (a point where a direction change is necessary) or interest points related to the study programme open day navigation route (a significant room or a significant laboratory). These points contain additional information as a title, a description, and a photo, see Figure 2. The photo especially can help localization in the building.



**Figure 2:** A step in a navigation route (a tour of the study programme).



After a visitor reaches the current navigation point, they push a button and the navigation moves to the next navigation point. To go back, the reverse navigation is used. The application does not intend to determine the current position but the photo on the point where the user is standing can simplify current localization in the building.

We used the simple navigation algorithm. The application provides opportunities for effective tour of a study programme or for navigation to a room. In the case of an open day, the entrance door of the college (place in front of the college reception desk respectively) is a suitable starting point. The presented solution does not use a current location. By omitting the current position, our solution (the implemented application and the introduced path planning option) does not require any special external hardware (sensors) or Android mobile features (Bluetooth, NFC, QR scanning) to determine current location in the college building. However, a photo of a path point can help to determine the current location.

The application is designed for most smartphones used today. The initial development phase considers a particular mobile platform (Android) but the choice of a platform is not significant for the paper. However, the application is executable on Android 4.0 (API 14) and higher. It was tested but not deployed. We set ourselves a challenge to use the solution (the source project, the compiled application) in the courses Programming for Mobile Platforms (xPMP) and Advanced Programming Techniques (PPT) in the study programme Applied Informatics, especially for the exercise items of orientation in code, testing and debugging, extending of the current version and programming for Android.

We can carry out the intention in connection with the mentioned courses that run in the same semester.

## FUTURE WORK

The initial design has been implemented. There is a challenge to improve the initial implementation as regards GUI upgrade or functionality. A possible improvement could be adding current location. After this extension, the application could be improved with navigation to the selected place from the current position. Other improvements are as follows. The application could keep record of the number of visitors (the number of potential applications for the study programme) or level of interest in a laboratory. A language version will also be beneficial, especially for foreign students or visitors. We assume further application extensions in the mentioned courses. As regards the mobile platform, an analogical application with the same functionality can be developed for iOS.

## CONCLUSION

In the paper, the mobile application and the primary solution, designed especially for navigation at the Open Day event at the COPJ, and the chosen navigation method were presented. The proposed solution is simple and useful. Although the solution has no current location, it serves its purpose. The application facilitates navigation in the building and is effectively useful at Open Day. The application can be used in another building directly.

## REFERENCES

- [1] GANESHMURTHY, M. S., SURESH, G. R. 2015. *Path planning algorithm for autonomous mobile robot in dynamic environment*. 2015 3rd International Conference on Signal Processing, Communication and Networking (ICSCN), pp. 1-6, doi: 10.1109/ICSCN.2015.7219901.
- [2] ISHIKAWA, T., FUJIWARA, H., IMAI, O., OKABE, A. 2008. *Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: A comparison with maps and direct experience*. Journal of Environmental Psychology, Volume 28, Issue 1, Pages 74-82, ISSN 0272-4944, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.09.002>.
- [3] ISAACSON, M., SHOVAL, N. 2006. *Application of Tracking Technologies to the Study of Pedestrian Spatial Behavior*. The Professional Geographer, 58:2, 172-183, DOI: 10.1111/j.1467-9272.2006.00524.x
- [4] IVANOV, R. 2010. *Indoor navigation system for visually impaired*. In Proceedings of the 11th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing on International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech ,10). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 143–149. DOI:<https://doi.org/10.1145/1839379.1839405>
- [5] JAYAPARVATHY, R., SHEEBA, A., NITIN, P., SRIHAARIKA, VIJAPPU, SRISRUTHI, SRIDHAR. 2017. *Autonomous Indoor Navigation Robot*. International Journal of Engineering and Technology. 9. 3931-3944. 10.21817/ijet/2017/v9i5/170905168.
- [6] MUSIL, M. 2017. *Android Application Development for Mobile Devices and Implementation of Summer School Course at COPJ*. Logos Polytechnikos. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 8(4), 40-55. ISSN 2464-7551.
- [7] MUSIL, M., SMRČKA, F., NOVOTNÝ, J. 2016. *Development of Apps for Sports Wearables Devices – Suunto, Garmin, Recon*. Logos Polytechnikos. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 7(4), 57-70. ISSN 2464-7551.
- [8] MUSIL, M., NOVOTNÝ, J. 2015. *Vývoj aplikací pro chytré brýle Recon Jet*. Logos Polytechnikos. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 6(4), 109-116. ISSN 1804-3682.
- [9] ORIOLO, G., ULIVI, G., VENDITTELLI, M. 1998. *Real-time map building and navigation for autonomous robots in unknown environments*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), vol. 28, no. 3, pp. 316-333, doi: 10.1109/3477.678626.
- [10] OZDENIZCI, B., OK, K., COSKUN, V., AYDIN, M. N. 2011. *Development of an Indoor Navigation System Using NFC Technology*. 2011 Fourth International Conference on Information and Computing, pp. 11-14, doi: 10.1109/ICIC.2011.53.
- [11] PROCHÁZKA, L. 2018. *Mobile Applications as a Guide to the Open Day at College of Polytechnics Jihlava*. Bachelor thesis.

- [12] SEO, D. J., KIM, J. 2013. *Development of autonomous navigation system for an indoor service robot application*. 2013 13th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2013), pp. 204-206, doi: 10.1109/ICCAS.2013.6703894.
- [13] RENAUDIN, V., YALAK, O., TOMÉ, P., MERMINOD, B. 2007. *Indoor Navigation of Emergency Agents*. Eu. J. Navigation. 5.

# MOBILNÍ APLIKACE PRO NAVIGACI V BUDOVĚ ŠKOLY



## ABSTRAKT

Mobilní aplikace zaznamenávají v posledních letech nárůst popularity a nacházejí tak uplatnění v řadě každodenních aktivit. Jednou z nich je navigace uvnitř budovy. Navigace uvnitř budovy může být použita ve školách, univerzitách, nemocnicích, atp., kde komplex budov je rozsáhlý a obtížný pro navigaci. Řešení s využitím funkcí mobilního operačního systému nebo přídavných sensorů bylo představeno v několika pracích. Přídavné sensory jsou nákladné a jejich nasazení komplikuje počáteční fázi.

V tomto článku prezentujeme mobilní aplikaci navrženou pro navigaci v budově Vysoké školy polytechnické Jihlava (VŠPJ). Aplikace byla primárně navržena pro navigaci během dne otevřených dveří a pro navigaci k vybrané místnosti (učebně nebo laboratoři), a to od vstupních dveří školy, zejména pro první návštěvníky nebo začínající studenty. Algoritmus pro navigaci využívá statické schéma obsahující předdefinované cesty bez aktuálního umístění. Ačkoliv implementace nepoužívá aktuální pozici, je velmi jednoduchá a efektivní pro představené situace. Dále odkazujeme na využití představeného řešení ve výuce předmětů Programování pro mobilní platformy a Pokročilé programovací techniky.

## KONTAKTNÍ ÚDAJE:

Ing. Marek Musil  
Vysoká škola polytechnická Jihlava  
Katedra technických studií  
Tolstého 16  
586 01 Jihlava  
e-mail: marek.musil@vspj.cz

## KLÍČOVÁ SLOVA:

mobilní aplikace, navigace, navigace uvnitř budovy, budova školy



# LOGOS POLYTECHNIKOS

---

---

Odborný recenzovaný časopis Vysoké školy polytechnické Jihlava, který svým obsahem reflektuje zaměření studijních programů VŠPJ. Tematicky je zaměřen do oblastí společenskovedních a zdravotnických.

V letech 2010 - 2018 vycházel časopis 4x ročně.

Od roku 2019 je vydáván v elektronické podobě 3x ročně.

**Šéfredaktor:** doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D.

**Odpovědný redaktor čísla:**

Ing. Martina Kuncová, Ph.D.

**Editor:** Bc. Zuzana Mařková (komunikace s autory a recenzenty)

**Technické zpracování:** Lukáš Mikula

**Web editor:** Bc. Zuzana Mařková

**Redakční rada:**

prof. PhDr. RNDr. Martin Boltiřiar, PhD. (Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre)

prof. RNDr. Helena Brořová, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze)

doc. PhDr. Lada Cetlová, PhD. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

prof. Mgr. Ing. Martin Dlouhý, Dr. MSc. (Vysoká škola ekonomická v Praze)

prof. Ing. Tomáš Dostál, DrSc. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. Ing. Jiří Dušek, Ph.D. (Vysoká škola evropských a regionálních studií)

doc. RNDr. Petr Gurka, CSc. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

Ing. Veronika Hedija, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

Ing. Ivica Linderová, PhD. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

prof. MUDr. Aleš Roztočil, CSc. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. PhDr. David Urban, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. Dr. Ing. Jan Voráček, CSc. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

RNDr. PaedDr. Ján Veselovský, PhD. (Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre)

doc. Ing. Libor Žídek, Ph.D. (Masarykova univerzita Brno)

**Pokyny pro autory** a deklarovaná forma příspěvků jsou dostupné na  
<https://www.vspj.cz/tvurci-cinnost-a-projekty/casopisy-vspj/logos-polytechnikos>

**Zasílání příspěvků**

Redakce přijímá příspěvky v českém, slovenském a anglickém jazyce elektronicky na adrese [logos@vspj.cz](mailto:logos@vspj.cz)

**Adresa redakce:**

Vysoká škola polytechnická Jihlava, Tolstého 16, 586 01 Jihlava

**Distribuce:** časopis je dostupný v elektronické podobě na webových stránkách VŠPJ.

Vydání: 31. prosince 2021

© Vysoká škola polytechnická Jihlava

**ISSN 2464-7551 (ONLINE)**

V letech 2010 až 2018 vycházel časopis tiskem pod registračním číslem MK ČR E 19390 s ISSN 1804-3682 (PRINT). Od čísla 1/2019 je vydáván pouze v elektronické verzi.

**RECENZENTI ČÍSLA 3/2021**

Ing. Simona Činčálová, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

Ing. Roman Fiala, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

Ing. Martina Chalupová, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. Ing. Michaela Chocholatá, PhD. (Ekonomická univerzita v Bratislave)

Mgr. Ing. Jiří Kocáb (Ministerstvo obrany České republiky)

Ing. Martina Kuncová, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

Ing. Pavla Marciánová, Ph.D. (Masarykova univerzita)

Ing. Petr Musil, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

doc. Ing. Bc. Petr Suchánek, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

PaedDr. František Smrčka, Ph.D. (Vysoká škola polytechnická Jihlava)

Ing. Martin Šipoš, Ph.D. (České učení technické v Praze)

Ing. Eva Švandová, Ph.D. (Masarykova univerzita)

Mgr. Radim Remeš, Ph.D. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)