

22. ROČNÍK KONFERENCE INTEGROVANÉ INŽENÝRSTVÍ V ŘÍZENÍ PRŮMYSLOVÝCH PODNIKŮ 2022

**UDRŽITELNÉ MODERNÍ VÝROBNÍ SYSTÉMY V PRAXI PRŮMYSLOVÝCH
PODNIKŮ**

9:30 – 17:00

ČTVRTEK 06.10.2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE – ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY
PODNIKU VE SPOLUPRÁCI S**



Další informace o konferenci na www.rep.fs.cvut.cz/konference

Editor:	Václav Kalina
Název díla:	Recenzovaný sborník příspěvků z 22. odborné konference z cyklu Integrované inženýrství v řízení průmyslových podniků na téma Udržitelné moderní výrobní systémy v praxi průmyslových podniků
Vydalo:	České vysoké učení technické v Praze
Zpracovala:	Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku
Kontaktní adresa:	Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2
Tel.:	+420 224 355 798 (sekretariát ústavu)
Počet stran:	73
Vydání:	První elektronické

Příspěvky prošly recenzním řízením.

Recenzenti sborníku:

prof. Ing. František Freiberg, CSc. – ČVUT v Praze

doc. Ing. Jan Horejc, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Karel Petr, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Jan Lhota, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Václav Kalina – ČVUT v Praze

ISBN 978-80-01-07054-3

18.10.2022

www.rep.fs.cvut.cz/konference

OBSAH

OPTIMALIZACE ZÁSOB VYUŽITÍM METODY ABC/XYZ.....	4
Jan Sieratovský, Václav Michalec	
ZÁSADY A POSTUPY PŘI TVORBĚ MODELŮ PRO HODNOCENÍ UDRŽITELNOSTI TECHNOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ.....	15
Miroslav Žilka	
NÁVRH KONSTRUKCE EXPERIMENTÁLNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO IDENTIFIKACI TUHOSTI OZUBENÍ.....	25
Jan Flek, Martin Dub, Josef Kolář	
ZNALOSTNÍ PODPORA STRATEGIE UDRŽITELNÉHO ROZVOJE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ PRŮMYSLOVÝCH PODNIKŮ.....	34
Petr Pergner, Tomáš Polák, Pavel Machala, Jan Horejc	
DIGITAL TRANSFORMATION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE IN POST-PANDEMIC WORLD – QUANTITATIVE STUDY.....	43
Ján Holý	
ANALÝZA VOZOVÉHO PARKU.....	60
Dominik Adam	

OPTIMALIZACE ZÁSOB VYUŽITÍM METODY ABC/XYZ

INVENTORY OPTIMIZATION USING THE ABC/XYZ METHOD

Jan Sieratovský, Václav Michalec

Abstrakt

Tento článek se zaměřuje na využití aktuálních vědomostí, teoretických poznatků z oblasti řízení zásob ve spojení metodologie Lean Six Sigma ve využití v praxi. Přínosem tohoto článku je ukázka kombinací různých nástrojů Lean Six Sigma v rámci analýzy současného stavu a následného navržení optimalizace zásob pomocí metody ABC a její dynamickým rozšířením XYZ. Samotná optimalizace a výsledná řešení problematiky jsou vypracovány v podobě návrhů a doporučení pro konkrétní společnost s ohledem na potenciální směřování podnikových činností v této oblasti. K optimalizaci zásob a navržení nových řešení jsou využity nástroje štíhlé výroby tak, aby byla nově navržená řešení v budoucnu snáze rozvinutelná.

Klíčová slova: Lean Six Sigma, DMAIC, ABC/XYZ, Kanban

Abstract

This article focuses on the use of current and theoretical knowledge from the field of inventory management in combination with the Lean Six Sigma methodology in practice example. The contribution of this article is a demonstration of the combination of various Lean Six Sigma tools through the analysis of the current state and the subsequent design of inventory optimization using the ABC method and its dynamic extension XYZ. The optimization itself and the resulting solutions to the problem are developed in the form of proposals and recommendations for a specific company with regard to the potential direction of business activities in this area. Lean manufacturing tools are used to optimize inventory and design new solutions so that newly designed solutions are easier to develop in the future.

Key words: Lean Six Sigma, DMAIC, ABC/XYZ, Kanban

Úvod

Tento článek je zaměřen na oblast řízení zásob ve výrobním podniku, a to zejména z pohledu interní logistiky, jež by měla v ideálním případě zajišťovat optimální množství zásob z hlediska nákladů na jejich držení a efektivitu dopravy. Tato problematika je v posledních desetiletích čím dál více diskutované téma, neboť všechny výrobní podniky se snaží maximálně uspokojit potřeby svých zákazníků v podobě kvality svých výrobků, možností individualizace včetně flexibilní a krátké doby dodání. Aby však tyto požadavky mohly být splněny, musí výrobní podniky mít dobře nastavené dodavatelské řetězce a samotnou distribuci po výrobním závodě. Vzhledem k rostoucí individualizaci výrobků rostou požadavky na skladování všech potřebných komponent, aby je v případě specifického přání zákazníka bylo možné splnit. Toto je však negativně doprovázeno alokací pracovního kapitálu do zásob, jenž by mohl být použit například na zvýšení likvidity podniku, výzkum a vývoj nebo vyplacení dividend akcionářům.

Aby se zmíněná alokace pracovního kapitálu do zásob minimalizovala, je zapotřebí pomocí vhodných nástrojů pravidelně analyzovat stav zásob, jejich spotřebu a při vývoji nových produktů se zaměřit na položky, které je možné unifikovat skrze celé výrobkové portfolio včetně položek

a produktů, které se nespoteblovávají nebo neprodávají a jejich využití případně ukončit. Celý proces efektivního řízení zásob je velmi náročný a komplexní problém, který zahrnuje kromě samotného nastavení množství zásob a intervalů dodávek i komunikaci s dodavateli a případné hledání nových dodavatelů, kteří lépe uspokojí požadavky společnosti, tedy mají vyšší flexibilitu, vyšší kvalitu, nižší prodejní ceny apod.

1 Metodologie

Zásoby a zejména jejich řízení bylo a stále je známým problémem a častým tématem operačního výzkumu, kterému se věnovalo nemalé množství autorů a bylo navrženo a vyvinuto mnoho modelů pro řešení problematiky zásob. [1] V dnešní době mají obchodní společnosti stále více různých druhů materiálů, a právě s rostoucím množstvím je čím dál snadnější ztratit kontrolu nad jejich správou. [2]

Jednou z nejpoužívanějších technik v organizacích pro problematiku zásob je pomocí analýzy ABC. ABC analýza je dobře zavedená kategorizační technika založená na Paretově principu pro určení, které položky by měly mít prioritu při správě zásob společnosti. [3] Autoři mnoha publikací dokazují, že dnešní podniky a dodavatelské řetězce fungují ve světě, kde schopnost rychle dodávat správné produkty na velmi specifické trhy je klíčem k přežití. [4] Klasifikace zásob pomocí metody ABC umožňuje organizaci rozdělit skladové jednotky do tří základních skupin a to A, nejdůležitější; B, důležité; a C, nejméně důležité. Většina úsilí a dohledu managementu je vynaložena na správu položek A. Položky C získávají nejmenší pozornost. Účelem klasifikace položek do skupin je stanovit vhodné úrovně kontroly nad každou položkou. [5] [6] Hlavní výhodou analýzy ABC je snadné použití a jednoduchost srozumitelnosti. Položky jsou klasifikovány podle roční užitné hodnoty, která je součinem roční poptávky a průměrné jednotkové ceny. [7]

Klasifikace položek do skupin A, B a C je obecně realizována tedy podle jednoho kritéria. U inventurních položek je kritériem často spotřeba položky v peněžních jednotkách. Obecně se však uznává, že tradiční analýza ABC má vážnou nevýhodu, která může v některých situacích bránit účinnosti postupu. Použití pouze jednoho kritéria může způsobit problémy se značnými finančními ztrátami. Například položky třídy C s dlouhou dodací lhůtou nebo položky třídy A náchylné k zastarání mohou utrpět finanční ztráty v důsledku možného přerušování výroby nebo velkých zásob. [8] Proto byla navržena další multikriteriální klasifikace metody ABC, jako je dodací lhůta, kritičnost skladu z položky, míra zastarávání, nedostatek, zastupitelnost a požadavek na velikost objednávky položky. Jakékoliv připojení a zohlednění dalšího kritéria, může poskytnout komplexnější manažerskou kontrolu a vzít v úvahu další důležitá kritéria. [9] Proto najít jednoznačné hodnoty pro rozřazení zásob do uvedených kategorií jako v případě ABC analýzy je velmi komplikované, neboť záleží na mnoha ohledech, které jsou individuální pro každou společnost. [10]

Jednou z možností je tzv. XYZ analýza, která je speciálním dynamickým rozšířením statické analýzy ABC. Tato analýza umožňuje kategorizovat zásoby do skupin z hlediska možnosti predikce a pravidelnosti spotřeby pro konkrétní položky. Položky jsou tříděny do skupin na základě určení variačního koeficientu. Jednotlivé základní kategorie jsou X, která představuje dobře předvídatelné a pravidelně spotřebovávané položky, které zaznamenávají pouze občasné výkyvy. Kategorie Y představuje položky s průměrně předvídatelnou spotřebou, kdy pro tuto kategorii jsou typické výkyvy spotřeby způsobené např. sezonností. Poslední kategorie Z představuje položky se špatně předvídatelnou spotřebou, která je velmi nepravidelná. Pro tuto kategorii jsou typické kolísavé požadavky či jen občasné požadavky.

Následným propojením a kombinací ABC a XYZ vzniká matice, která dává do souvislosti informace o spotřebě dané položky skrze ABC, tak i o fluktuaci spotřeby pomocí XYZ. Z matice je pak snadné určit klíčové skupiny položek a zjistit, jaký typ výroby má daný podnik, zdali spíše stabilní spotřeby v případě sériové výroby nebo nahodilé spotřeby v případě zakázkové výroby. To vše následně napomáhá při

procesu plánování, nákupu, zásobování, ale i skladování nebo také určení optimální výše zásob daných položek. Samotný význam vzniklých kategorií po sloučení dílčích analýz je uveden v tabulce níže. [11] I přes toto dynamické rozšíření má analýza a využití metody ABC/XYZ své nedostatky. Jedním z nich je například nezohlednění informace, kdy je určité zboží plně prodáno.

Tab. 1: Rozdělení zásob v matici ABC/XYZ (IPASlovaika, 2022).

Kategorie zásoby	A	B	C
X	vysoká hodnota spotřeby konstantní spotřeba	střední hodnota spotřeby konstantní spotřeba	nízká hodnota spotřeby konstantní spotřeba
Y	vysoká hodnota spotřeby kolísavá spotřeba	střední hodnota spotřeby kolísavá spotřeba	nízká hodnota spotřeby kolísavá spotřeba
Z	vysoká hodnota spotřeby náhodná spotřeba	střední hodnota spotřeby náhodná spotřeba	nízká hodnota spotřeby náhodná spotřeba

2 Případová studie

Studie popisuje projekt zaměřující se na analýzu a návrh optimalizace zásob s využitím metodologie Lean Six Sigma, a skrze využití různých kombinací nástrojů. Projekt se uskutečnil na přelomu let 2021 a 2022 ve středně velkém strojírenském podniku, zabývajícím se vývojem, konstrukcí a výrobou, montáží stavebních strojů a manipulačních plošin pro nákladní automobily, zaměstnávajícím přibližně 150 pracovníků s ročním obrátem kolem 30 milionů liber.

2.1 Představení společnosti

Výrobní společnost, se kterou probíhala spolupráce v rámci této práce, byla založena v roce 2001 na základě dlouhodobého kontraktu s nadnárodní firmou zabývajícím se výrobou a prodejem stavebních strojů do celého světa, jejímž cílem bylo a je být spolehlivým partnerem. Výhodou tohoto partnerství je fakt, že o vývoj a odbyt produktů se stará zákazník, který má ve světě významné postavení a disponuje patřičným lidským i finančním kapitálem. Vzhledem ke středně velkým sériím přibližně vyšší stovky, maximálně nižší tisíce vyrobených produktů v dané řadě a velké variabilitě výrobků si společnost musela vybudovat široké portfolio dodavatelů, kteří zajistí vysokou kvalitu komponent a jejich včasné dodání, díky čemuž může dosahovat mnohonásobně vyšší efektivity a flexibility výroby s minimálními kapitálovými výdaji na pořízení výrobních technologií. Původní charakter činnosti společnosti byl zaměřen zejména na strategický nákup, montáž a testování finálních výrobků.

V posledních pěti letech prošla společnost významnými strategickými změnami, neboť původní a pouze jediný zákazník začal omezovat své objednávky. Tato situace vedla k potřebě získání nových dlouhodobých kontraktů a aby však byla společnost schopna v současných podmínkách obstát a nabídnout novým zákazníkům služby s vyšší přidanou hodnotou, se rozhodla založit vlastní vývojovou a konstrukční kancelář. Toto rozhodnutí významně usnadnilo nalezení lukrativních dlouhodobých kontraktů s nadnárodními společnostmi v oblasti výroby stavebních strojů a zařízení a transportních plošin k nákladním automobilům. Společnost také při získání nových kontraktů těžila z toho, že již disponovala širokým portfoliem tuzemských a zahraničních dodavatelů, čímž byla schopna hned od začátku navázání kontraktu zajistit vysokou flexibilitu výroby, která je v dnešním světě vzhledem k velké míře individualizace výrobků nezbytná.

Pro vývoj nových výrobků vysoké kvality s ohledem na požadavky a potřeby ochrany životního prostředí má společnost zavedený propracovaný systém managementu kvality a má jej řádně certifikován podle mezinárodních standardů ISO 9001 a ISO 14001 s podrobným popisem všech funkcí

společnosti za podpory podnikového ERP systému, včetně skladovacího systému WMS a PLM datového systému.

Vizí společnosti je do budoucích let nadále posilovat své postavení a udržet si titul spolehlivého partnera. Společnosti plánuje i nadále svým zákazníkům nabízet služby v podobě výzkumu a vývoje, strategického nákupu, výroby, víceúrovňové kontroly kvality a testování hotových výrobků. Společnost disponuje stabilním týmem zkušených pracovníků a pyšní se robustní sítí více než 200 dodavatelů z celého světa.

2.2 Krok 1: DEFINE

Projekt byl zaměřen na komplexní analýzu interní logistiky a stavu zásob za pomoci využití metodologie Lean Six Sigma a to zejména pro její možnost široké škály a různorodosti mnoha nástrojů pro analýzu a kvantifikaci problémů. Kromě toho se jedná stále o moderní způsob optimalizace podnikových procesů a umožňuje začít s filozofií postupného a nepřetržitého zdokonalování výrobních, ale i nevýrobních procesů za současného snížení nákladů výrobních, režijních, ale i celkové environmentální zátěže, jež je v současné době velmi diskutovaným tématem.

Pro konkrétní postup praktického zpracování byl použit postup DMAIC, kdy právě využití tohoto postupu sloužilo k ucelenému pohledu na zkoumanou problematiku a zajistilo přímočarý postup řešení.

Prvním krokem byl krok definování, který posloužil k seznámení se s aktuální stavem podniku a s určením požadovaného stavu. V tomto kroku byl dále definován realizační tým, byl sestaven harmonogram prací, kde byly definovány odpovědnosti dílčích osob, vymezení vstupů a výstupů a časový interval realizace, společně se stanovením cílů, které byly:

- Analyzovat stav zásob a navrhnout optimalizaci nastavení interní logistiky společně se systémem řízení zásob zohledňující obrátkovost dané položky.
- Analyzovat vytížení pracovníků skladu a provést návrh optimalizace.
- Vytvořit nástroj pro pravidelnou kontrolu stavu zásob a nastavení interní logistiky.

2.3 Krok 2: MEASURE

V druhém kroku, měření, byly na základě aktuálního a očekávaného stavu vybrány metody a nástroje, s jejichž pomocí byly jednotlivé parametry změřeny. K analýze zásob byla využita analýzy ABC a XYZ s následným sesazením těchto dvou analýz dohromady v podobě matice ABC/XYZ. ABC analýza sloužila k změření stavu zásob z pohledu jejich hodnoty spotřeby, kdežto XYZ analýza změřila fluktuaci spotřeby. Výsledná matice, viz tab.2 pak ukazuje, jaká je struktura a počet položek v jednotlivých kategoriích.

Tab. 2: Matice ABC/XYZ položek kategorií (vlastní).

Kategorie	A	B	C	SUMA
X	80	124	233	437
Y	154	362	1 000	1 516
Z	177	465	1 740	2 382
SUMA	411	951	2 973	4 335

K analýze vytíženosti pracovníků byla využita teorie front. Zde bylo nutné definovat vhodný systém, který by odrážel aktuální stav v podniku. Jednalo se zejména o definování zdroje požadavků, tedy počet boxů k odbavení, počet kanálů obsluhy, disciplína fronty, režim fronty apod. Dle standardního značení těchto systémů se v tomto případě jedná o systém hromadné obsluhy typu M / M / 2 / ∞ / ∞ / FIFO

tedy, že zdroj požadavků je neomezený, počet kanálů obsluhy je roven dvěma, vstup požadavků a trvání obsluhy bylo modelováno pomocí Poissonova rozdělení, kdy je fronta trpělivá, neboť je zapotřebí odbavit všechny požadavky a režim fronty je FIFO.

V momentě, kdy byl popsán systém hromadné obsluhy, bylo dalším krokem určení optimálního počtu pracovníků ve skladu. Optimalizace probíhala na základě minimalizace nákladů na prostoj, a to jak z důvodu prostoje samotného pracovníka skladu, tak i prostoje v podobě čekání boxu na odbavení. V případě vyčíslení nákladů spojených s prostoji byly uvažovány pouze mzdy pracovníků a příslušné daňové a sociální odvody, neboť bylo zjištěno, že jiné náklady se zde nevyskytují nebo jsou zanedbatelné. Výsledkem optimalizace je tabulka s náklady na prostoj pro různé počty kanálů obsluhy.

Tab. 3: Náklady na počet kanálů obsluhy (vlastní).

Počet kanálů obsluhy s	Hodnota nákladů $N(s)$
2	691 [Kč/h]
3	438 [Kč/h]
4	587 [Kč/h]
5	786 [Kč/h]
6	994 [Kč/h]

2.4 Krok 3: ANALYSE

Třetí krok sloužil k analýze a vyhodnocení výsledků změřeného, současného, stavu z předešlého kroku měření. V rámci tohoto kroku mělo dojít k vyjasnění oblasti a nalezení příčin plýtvání, které poslouží v následujícím kroku (Improve) k navržení optimalizace.

Jako vhodným nástrojem pro kategorizaci jednotlivých druhů zásob byla vybrána analýza ABC/XYZ a pro samotnou kategorizaci zásob pomocí této metody byly využity standardní hranice, dle Pareta.

Tab. 4: Kategorizace hranic metody ABC (vlastní).

Kategorie zásob	Hodnota kumulativní spotřeby
A	PROCENTA_kum < 80 %
B	90 % ≥ PROCENTA_kum ≥ 80 %
C	PROCENTA_kum > 90 %

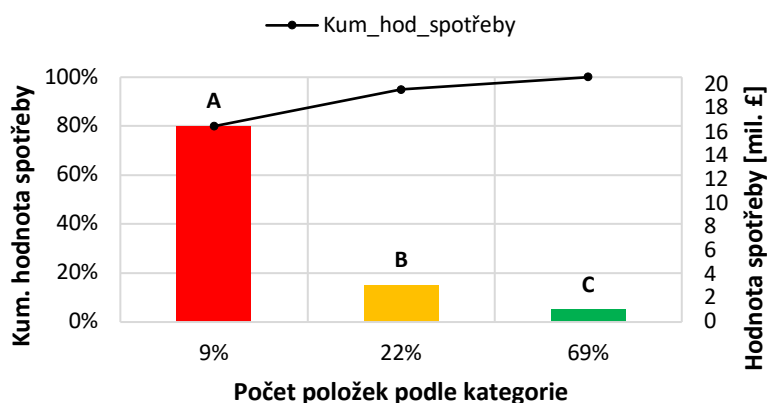
V případě stanovení zásob kategorií XYZ, bylo zvoleno použití volnější hranice, neboť se předpokládalo vzhledem k výrobnímu programu společnosti, že bude vykazovat zvýšenou fluktuaci spotřeby.

Tab. 5: Kategorizace hranic XYZ (vlastní).

Kategorie zásob	Hodnota variačního koeficientu
X	35 % > VARIACNI_koeficient > 0 %
Y	60 % > VARIACNI_koeficient ≥ 35 %
Z	VARIACNI_koeficient ≥ 60 %

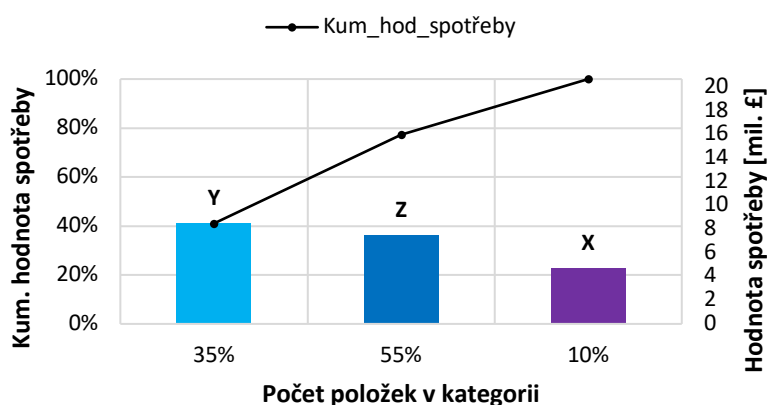
2.4.1 Výsledky analýz

V případě analýzy zásob konkrétně u ABC analýzy bylo zjištěno, že 80 % spotřeby je zadrženo v 9 % položek, tedy přibližně 400. Z této analýzy vyplývá, že hodnota spotřeby je koncentrována do velmi malého množství položek, kterým je zapotřebí se věnovat podrobně při jejich řízení a nastavování jejich zásob.



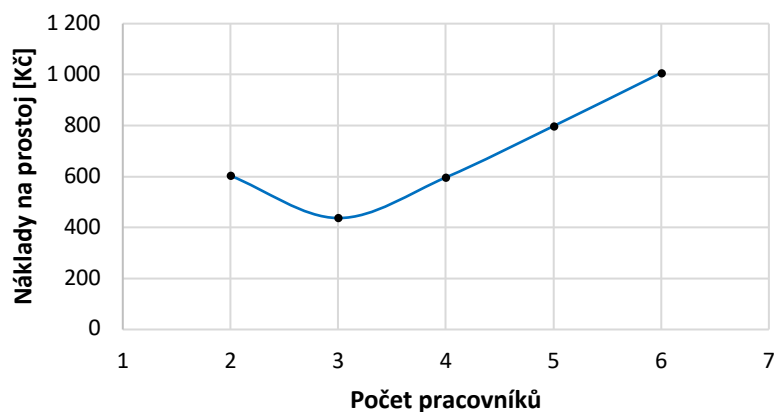
Obr. 1: Výstup analýzy ABC (vlastní).

Dále bylo nutné vyhodnotit jakou fluktuaci vykazuje spotřeba, kterou bylo docíleno změřením pomocí XYZ analýzy. Z obrázku níže je patrné, že pouze 10 % položek spadá do kategorie X, tedy kategorie s minimální fluktuací spotřeby. Zde je však nutno zmínit, že v případě nezvolení benevolentnějších hranic, by v této kategorii nebyly téměř žádné položky. Touto analýzou, tak byla potvrzena zvýšená fluktuace spotřeby u většiny položek z čehož vyplývá, že řídit zásoby se zvýšenou fluktuací je mnohonásobně náročnější než zásoby pro položky s nízkou fluktuací spotřeby.



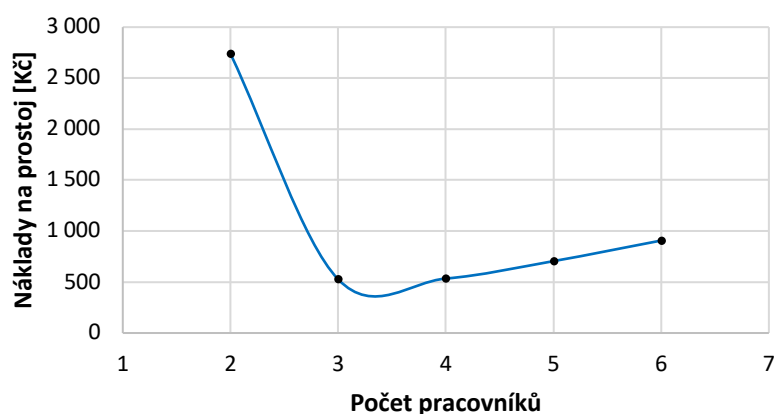
Obr. 2: Výstup analýzy XYZ (vlastní).

Dalším krokem bylo vyhodnotit vytíženost pracovníků a určit jejich optimální počet vzhledem k nákladům na prostoj. Tento krok, byl proveden skrze pomocné optimalizace systému hromadné obsluhy. Z analýzy současného stavu a výpočtu bylo zjištěno, viz graf níže, že z hlediska nákladů na prostoj jsou optimální tři pracovníci, kteří doplňují prázdné boxy.



Obr. 3: Analýza vhodného počtu pracovníků (vlastní).

Avšak z pohledu jejich časové kapacity vycházelo, že práci jsou schopni odbavit dva pracovníci. Za předpokladu, že doba odbavení jednoho boxu je tři minuty, tak vychází, že kapacita dvou pracovníků je 4 400 boxů za měsíc, kdežto průměrný počet požadavků za měsíc je 4 059 boxů. Uvedené tři minuty na odbavení je požadavek ze strany společnosti, avšak tento čas je velmi náročné splnit, kdy při fyzické návštěvě a měření pracovního snímku zaměstnanců bylo naměřeno, že průměrný čas odbavení jednoho boxu je pět a půl minuty. V takovém případě dva pracovníci jsou schopni odbavit pouze 3 300 boxů za měsíc a tím pádem z hlediska časového fondu nejsou schopni odbavit všechny požadavky za měsíc. Tento výsledek potvrzuje i reálnou skutečnost, kdy pracovníci museli dohánět svou práci o víkendech a dělat tak přesčasy. Z hlediska optimálního počtu pracovníků ve skladu vychází i v tomto případě tři pracovníci.



Obr. 4: Stanovení optimálního počtu pracovníků (vlastní).

Celkovým výstupem třetího kroku, analýzy, je zjištění, že v rámci následujícího kroku, improve, bude zapotřebí věnovat se optimalizaci zásob a řízení položek, na které je používán systém kanban. Při seznámení se s společností bylo zjištěno, že aktuálně je kanban navržen bez ohledu na aktuální spotřebu a přepravní kapacity jsou počítány nahodile, dle pocitu seniornějších zaměstnanců.

2.5 Krok 4: IMPROVE

V rámci čtvrtého kroku bylo navrženo vedení společnosti nové řešení a po jeho odsouhlasení byla provedena optimalizace kanbanu skrze nový výpočet přepravní kapacity boxů dle vzorce (1).

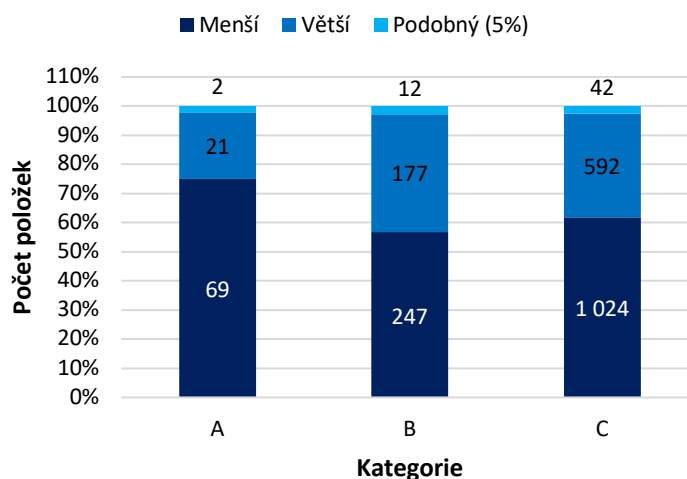
$$KK = \frac{PDP \cdot (T\check{c} + Ts) \cdot (1 + \alpha)}{KP}, \quad (1)$$

kde KK = počet kanban karet [ks]
PDP = průměrná denní poptávka [ks/den]
Tč = průměrný čas čekání na výrobní dávku [dny]
Ts = průměrný čas zpracování jedné dávky [dny]
 α = pojistný koeficient používaný při návrhu kanbanu
KP = kapacita palety/přepravní jednotky [ks]

Vzhledem k tomu, že společnost využívala a má v plánu nadále využívat tzv. kanbanový dvojbox, vznikla tak proměnná a neznámá, a to konkrétně doba obratu boxu. Tento parametr bylo nutné pro daný výpočet určitým způsobem stanovit. Jako vhodné řešení bylo stanovena matice ABC/XYZ, kde pro každou kategorii byla přiřazena pomyslná metoda řízení zásob, od které se odvíjela doba obratu boxu, které zohlednila významnost dané kategorie, konkrétně kategorie A kratší doby obratu až kategorie C delší doby obratu.

2.5.1 Výsledky optimalizace kanbanu

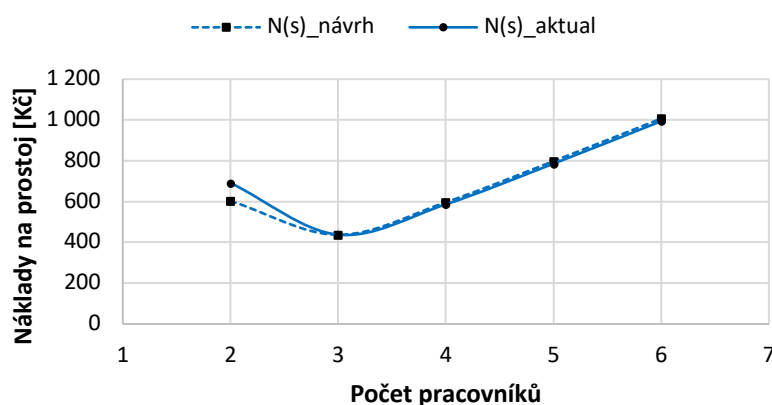
Výsledným navržením optimalizace kanbanu spočívalo v přepočítání přepravních kapacit boxů pro všechny položky. Pomocí vytvořené šablony na určení dob obratů jednotlivých položek podle jejich kategorie v ABC/XYZ matici bylo dosaženo významné úspory nákladů na držení zásob v boxech. Jak je popisuje obrázek níže, je patrné, že například v kategorii A došlo ke snížení přepravní kapacity u 70 % položek, tedy 69, což je podstatné zdokonalení. Aby bylo možné porovnat současný stav s nově navrženým, bylo nutné předpokládat okamžik, kdy je zapotřebí doplnit všechny kanban boxy a zahájit výrobu. V takovém případě a podmínkách by došlo optimalizací kanbanu skrze snížení hodnoty zásob v boxech o 27 %, tedy o 157 267 £.



Obr. 5: Změny v nově navrženém kanbanu (vlastní).

Po návrhu nových přepravních kapacit jednotlivých boxů bylo zapotřebí v rámci posledního kroku (Control) ověřit, zda touto optimalizací došlo ke snížení vytížení pracovníků skladu, kteří odbavují prázdné boxy. Toto ověření bylo provedeno opět pomocí systému hromadné obsluhy stejně jako ve druhém kroku, avšak zde bylo nově zapotřebí určit počet vstupů do systému. K tomu byla využita

simulace v prostředí Flexsim. Ze simulace bylo zjištěno, že po optimalizaci přepravních kapacit se změnila průměrná intenzita vstupu z původních 4 059 boxů na 3 865 boxů. Při změně různých parametrů při simulaci bylo zjištěno, že intenzita vstupu by mohla být významněji snížena, avšak na úkor zvýšení přepravní kapacity boxů, což bylo pro společnost nežádoucí. Následně byla provedena optimalizace systému hromadné obsluhy za účelem zjištění optimálního počtu pracovníků ve skladu viz obrázky níže, kde je patrné, že i pro nově navržené optimalizované přepravní kapacity jsou optimem z hlediska nákladů na prostoj tři pracovníci.



Obr. 6: Stanovení optimálního počtu pracovníků (vlastní).

2.6 Krok 5: CONTROL

Pátý a poslední krok optimalizace sloužil k ověření optimalizovaného kanbanu z pohledu pracnosti pro obsluhu skladu. Pro tento krok byl opět využit systém hromadné obsluhy a jeho optimalizace podle nákladů na prostoje, která ukázala optimální množství pracovníků. Aby bylo možné optimalizaci systému hromadné obsluhy provést, bylo zapotřebí zjistit jaká bude nová intenzita vstupů pro optimalizovaný kanban. K tomu bylo opět využito simulace v simulačním prostředí FlexSim.

Závěr

Mnoho podniků používá svá prodejní data v ABC/XYZ analýze pro sledování zisku a stability poptávky. Často je jasné, že výsledky analýzy ABC/XYZ ne vždy odrážejí skutečnou poptávku, protože tyto výsledky nezohledňují další informace potenciálně související se seskupením ABC/XYZ, ale i přes různé nedostatky a úskalí analýzy ABC/XYZ je analýza nadále známá a široce oblíbená metoda klasifikace dodávek, objasnění nejdůležitějších skupin zboží a ukazuje se být natolik efektivní, že se v současnosti používá téměř všude. Nadále vede různé výzkumníky pokračovat v úsilí o další různá rozšíření analýzy na nové a složitější aplikace.

Tato studie na praktickém příkladu odhalila, že 80 % spotřeby podniku je tvořeno pouze 9 % položek z čehož vyplývá, důsledná analýza a kontrola stavu zásob kontrola jejich spotřeby, neboť vzhledem k výsledkům XYZ analýzy, z kterých bylo zjištěno, že pouze 10 % položek vykazuje minimální fluktuaci ve spotřebě. Pro samotnou společnost z toho vyplývá, že pro ni bude mnohem náročnější nalézt optimum zásob z pohledu jejich hodnoty držení vzhledem k jistotě zajištění plynulé výroby vykazující zvýšenou fluktuaci různých komponent. Z tohoto důvodu bylo navrženo a rozhodnuto, že provedení optimalizace přepravních kapacit kanbanů. Vzhledem k zjištěné velké fluktuaci spotřeby bylo navrženo použití konsignačního skladu na položky z kategorie A, což by mělo vést ke snížení nákladů na držení těchto položek o 25,5 % vzhledem k celkovým nákladům na držení zásob.

Dále bylo analýzou zjištěno, že aktuální dva skladníci, kteří mají na starost odbavení boxů pro kanban nemají dostatečnou kapacitu k odbavení vzniklých boxů. Z hlediska nákladů na prostoje byli

navrženi optimem tři skladníci. Vzhledem k tomu, že společnost do budoucna plánuje navyšovat svůj výrobní program, tak důležitost třetího zaměstnance bude hrát klíčovou roli při odbavování prázdných boxů.

Uvedené výsledky tohoto projektu mají sloužit společnosti jako podklad pro další rozhodování zejména o implementaci navrženého řešení, neboť jedním z požadavků společnosti na vypracování byl návrh nového přístupu k řízení zásob z pohledu nezainteresované osoby.

Tento článek, který reflektuje výsledky reálného projektu, potvrzuje snadnost a vhodnost využití analýzy ABC ve spojení s dynamickým rozšířením XYZ, jako vhodný nástroj pro analýzu aktuálního stavu interní logistiky a zásob, který svými výstupy nadmíru splňuje a dodává podklady pro identifikaci úzkých míst a jejich následnou optimalizaci skrze spojení a využití nástrojů Lean Six Sigma.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS20/163/OHK2/3T/12

Prameny

1. PETERSSON, Annelie a Anders SEGERSTEDT. *Measurements of excellence in a supply chain. International Journal of Logistics Systems and Management*. 2012, 13(1), 65-80. ISSN 1742-7975. Dostupné z: doi:10.1504/IJLSM.2012.048671
2. CECIL-WRIGHT, Jeremy. *How the boardroom can influence warehousing costs*. Retail and Distribution Management. 1986, 14(3), 67-69. ISSN 0307-2363.
3. GASTERMANN, B., F. LUFTENSTEINER, M. STOPPER a B KATALINIC. *Multiple Stage Production Planning in Plain Manufacturing Environments*. Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium. 2012, 23(1), 883-886. ISSN 2304-1382.
4. HAUSMAN, Warren, Leroy SCHWARZ a Stephen GRAVES. *Optimal Storage Assignment in Automatic Warehousing Systems*. Management Science. 1976, 22(6), 629-638. Dostupné z: doi:10.1287/mnsc.22.6.629
5. KOVACS, Andras. *Optimizing the Storage Assignment in a Warehouse Served by Milkrun Logistics*. International Journal of Production Economics. 2011, 133(1), 312-318. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpe.2009.10.028
6. BANDYOPADHYAY, Alakanada, Venkata REDDY MUPPANI a Kumar GAJENDRA. *A review of methodologies for class-based storage location assignment in a warehouse*. International Journal of Advanced Operations Management. 2011, 2(3-4), 274-291. ISSN 1758-938X.
7. B.M. DE KOSTER, René, Tho LE-DUC a Nima ZAERPOUR. *Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system*. International Journal of Production Research. 2012, 50(3), 757-771. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1080/00207543.2010.543941
8. WATERS, Donald. *Inventory Control and Management*. 2nd edition. England: Wiley, 2013. ISBN 978-1-118-58521-4.
9. PIASECKI, David. *Inventory Management Explained: A focus on Forecasting, Lot Sizing, Safety Stock, and Ordering Systems*. 1st. USA: Ops Publishing, 2009. ISBN 0972763112.
10. Classification of articles according to consumption. In: T2Informatik [online]. [cit. 2022-08-11]. Dostupné z: https://t2informatik.de/en/smartpedia/xyz-analysis/?noredirect=en-US
11. XYZ analýza. In: IPA [online]. IPA Slovakia, 2017 [cit. 2022-08-11]. Dostupné z: https://www.ipaslovakia.sk/clanok/xyz-analyza

Kontaktní údaje o autorech

Bc. Jan Sieratovský, Ing. Václav Michalec

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku

Karlovo náměstí 13, Praha, 121 35

+420 605 174 943

michava1@cvut.cz

ZÁSADY A POSTUPY PŘI TVORBĚ MODELŮ PRO HODNOCENÍ UDRŽITELNOSTI TECHNOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ

PRINCIPLES AND PROCEDURES FOR THE CREATION OF MODELS FOR ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Miroslav Žilka

Abstrakt

Již dlouhou dobu představuje hodnocení ekonomické proveditelnosti (udržitelnosti) nedílnou součást rozhodovacích procesů při realizaci inovací produktů a technologií. V současné době však vlivem společenských a legislativních faktorů zažíváme bezprecedentní nárůst významu kvantitativního hodnocení environmentální udržitelnosti. V rámci tohoto příspěvku je udržitelnost představena integrovanou optikou, kdy jsou ekonomické a environmentální aspekty hodnocení vnímány jako úzce propojené, a to jak podobností procesu hodnocení, tak i společnou datovou základnou. V tomto příspěvku jsou představeny základní postupy a především obecné zásady, které se používají při hodnocení udržitelnosti technických systémů a které se opírají o mé osobní zkušenosti nabyté v posledních deseti letech při řešení projektů zaměřených na tuto problematiku.

Klíčová slova: hodnocení udržitelnosti, modely, Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing

Abstract

For a long time, the assessment of economic feasibility (sustainability) has been an integral part of decision-making processes in the implementation of product and technology innovations. However, due to social and legislative factors, we are currently experiencing an unprecedented increase in the importance of the quantitative assessment of environmental sustainability. In this paper, I try to look at sustainability through an integrated lens, where the economic and environmental aspects of assessment are seen as closely linked, both by the similarity of the assessment process and by a common data base. In this paper, I present the basic procedures and, above all, the general principles that are used in the evaluation of the sustainability of technical systems, and which are based on my personal experience gained in the last ten years when solving projects focused on this issue.

Key words: sustainability assessment, models, Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing

Úvod

Schopnost věrohodně vyhodnotit ekonomickou efektivitu vyvíjených produktů a používaných technologií představuje již dlouhou dobu nedílnou součást strategického rozhodování o technických inovacích podmiňující jejich komerční úspěch. V poslední době však navíc pod vlivem společenských a také politicko-legislativních tlaků hnaných obavami z radikálních změn klimatu zažíváme bezprecedentní nárůst významu vyhodnocování environmentální hlediska inovací. Na evropské úrovni jsou snahy o akceleraci transformace směrem k dlouhodobě udržitelné ekonomice a společnosti zastřešeny strategií Zelená dohoda pro Evropu/European Green Deal (Evropská komise, 2019) a s ní spojenými implementačními balíčky jako je „Fit for 55“: plnění klimatického cíle EU pro rok 2030 na cestě ke klimatické neutralitě (Evropská komise, 2021) nebo Nový akční plán pro oběhové hospodářství/Circular Economy Action plan (Evropská komise, 2020).

To jsou hlavní důvody, že se stále častěji setkáváme s tím, že je rozhodnutí o realizaci inovace podmíněno zpracováním detailní analýzy udržitelnosti (sustainability assessment), která výše zmíněné aspekty integruje a v některých případech zahrnuje i zhodnocení dopadů společenských. Tento požadavek je např. patrný i v rámci výzev programu Horizont 2020, kde je posouzení ekonomické a environmentální udržitelnosti projektů v podstatě povinnou součástí řešení.

Tyto analýzy však nemusí pro instituci představovat pouze nutné zlo a administrativní zátěž. V případě, že jsou zpracovávány kvalitně, mohou být zdrojem velmi cenných informací pro směřování vývoje a zvyšování efektivity technických inovací. Aby bylo dosaženo tohoto přínosu, je nezbytné pochopení hodnoceného systému, a to především vazeb mezi technickými, ekonomickými a environmentálními parametry. To často vyžaduje značný nadhled a interdisciplinární znalosti kombinující pohledy několika profesních specialistů.

Pro analýzy tohoto typu existuje velké množství metod a nástrojů. Pro získání relevantních výsledků je vždy důležité uzpůsobení aplikace analyzovanému systému. V této práci jsou tedy shrnuty základní postup a hlavní zásady, které na základě svých osobních zkušeností považuji za klíčové.

1 Základní metodologie pro hodnocení udržitelnosti

Jak již bylo výše uvedeno v rámci kvantitativního hodnocení udržitelnosti zkoumáme dva klíčové aspekty – ekonomický a environmentální. V této části ve stručnosti představím dvě základní metodologie, které lze využít pro kvantifikované hodnocení obou aspektů.

1.1 Life Cycle Costing (LCC)

LCC představuje komplexní posouzení nákladů na výrobek od fáze jeho vývoje až po ukončení životního cyklu. Pro získání potřebného detailu zajišťujícího potřebné vazby mezi technickými a ekonomickými parametry nejen uvnitř, ale i napříč životními fázemi je nutná kombinace dat od výrobce a uživatele. Změna technického parametru (např. materiál s menší hmotností) mající vliv na spotřebu energie ve fázi užití by se měla prostřednictvím těchto vazeb promítnout do snížení provozních nákladů. Zajištění této široké datové základny od různých poskytovatelů představuje jednu z hlavních překážek praktické aplikace této metody.

V současné době neexistuje standardizovaná metoda pro univerzální aplikaci LCC. Nejpropracovanější jsou standardy v oblasti stavebnictví. Obecně existuje několik přístupů k holistickým analýzám nákladů a přínosů, které zahrnují celý životní cyklus hodnocených produktů. Mnohé přístupy se opírají o kroky uvedené ve standardech řady ISO-14040 pro analýzy LCA – viz následující kapitola.

Tato metoda byla použita v celé řadě oblastí, od technických investic až po bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Metoda umožňuje komplexní posouzení nákladů a přínosů z různých perspektiv a etap životního cyklu. Pomocí LCC lze také analyzovat interakce mezi různými nákladovými prvky a určit optimální parametry pro produkt nejen z pohledu fáze výroby, ale z pohledu celého životního cyklu. Začlenění nákladů životního cyklu jako parametru do procesu vývoje produktu usnadňuje vývoj nákladově efektivních produktů, které jsou pro kupujícího zajímavé, pokud jde o nákupní cenu, provozní a logistické náklady a náklady na recyklaci nebo likvidaci. Informace z analýzy LCC tak mohou být pro výrobce zdrojem silných marketingových argumentů.

1.2 Life Cycle Assessment (LCA)

Posuzování vlivu životního cyklu produktů na životní prostředí je ve srovnání s hodnocením ekonomických aspektů historicky mnohem mladší. Úvodní aktivity v této oblasti se datují do 60. let 20. století. Potřeba zaručit konzistenci prováděných studií dopadů životního cyklu produktů na životní

prostředí stimulovala snahy po vytvoření jasně definované metodologie, které vyústili ve vytvoření mezinárodních standardů, které byly transformovány i do českých norem:

- ČSN EN ISO 14040 – Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. (Český normalizační institut, 2006)
- ČSN ISO EN 14044 – Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice. (Český normalizační institut, 2006.)

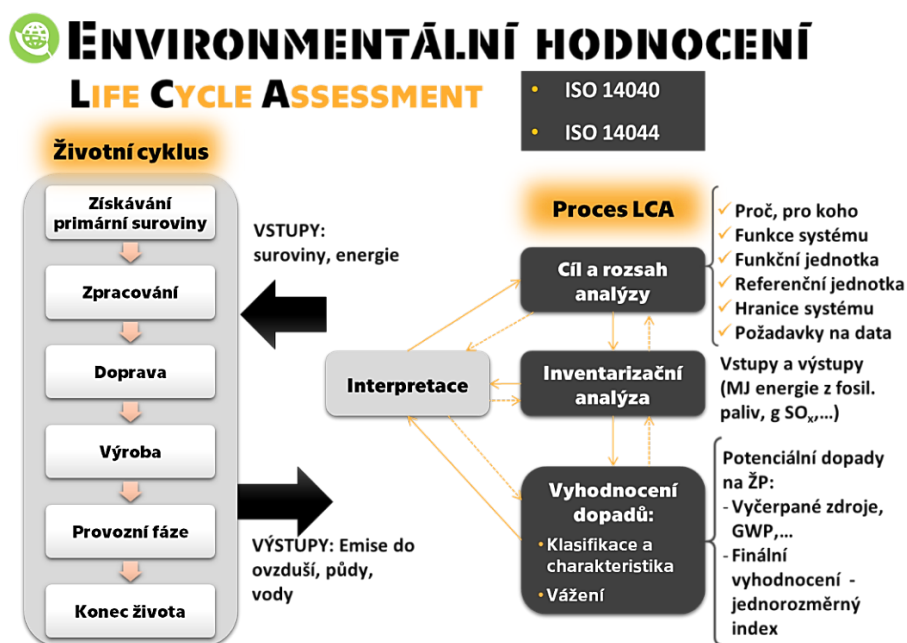
Velice úzkou vazbu má pak LCA také na normu ČSN ISO 14045 Environmentální management – Posuzování eko-efektivity produktového systému – Zásady, požadavky a pokyny (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013), která zajišťuje propojení mezi environmentálními dopady produktu a jeho užitnými vlastnostmi. Dále pak slouží jako podklad pro environmentální prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD) upravené normou ČSN ISO 14025 (Český normalizační institut, 2006.).

Metoda LCA, kterou bychom mohli definovat jako kvantitativní analýzu environmentálních dopadů produktu napříč jeho životními fázemi (Lee 2004), je přínosná pro plnění různých úkolů: směřování vývoje nových environmentálně udržitelných produktů; hledání environmentálně nejefektivnějších inovací stávajících produktů a výrobních procesů; nákup environmentálně šetrných dílů a subdodávek.

V návaznosti na zvyšování společenské poptávky po environmentálně odpovědné výrobě vzrůstají na důležitosti i marketingové funkce LCA:

- Eco-labelling – marketingové označování environmentálně šetrných produktů.
- Benchmarking – vymezování se vůči konkurenci s využitím environmentálních argumentů.

Obecný postup LCA charakterizuje obrázek 1.



Obr. 1: Proces LCA, (Převzato a upraveno z ČSN ISO 14 040, 2006)

V prvním kroku je nejprve nutné definovat **cíl a rozsah analýzy**, vymezit funkci systému, funkční jednotku a hranice systému, definovat požadavky na data.

Ve druhém kroku probíhá tzv. **inventarizační analýzy (Life Cycle Inventory – LCI)**, kdy dochází ke sběru dat k jednotkovým procesům, ze kterých se hodnocený systém skládá.

Ve třetím kroku dochází s využitím definovaných kategorií dopadu ke kvantifikovanému **vyhodnocení dopadů (Life Cycle Impact Assessment – LCIA)** na jednotlivé komponenty životního prostředí. Mezi často používané metodologie pro vyhodnocení dopadů patří např. metodologie ReCiPe 2016 (Goedkoop, 2008) nebo metodologie IMPACT 2002+, (Humbert, 2012).

Ve čtvrtém kroku následuje **interpretace výsledků** s využitím grafů a přehledových tabulek.

2 Proces tvorby modelu pro hodnocení udržitelnosti

Při hodnocení udržitelnosti produktů a technologií představují ekonomické a environmentální modely klíčový nástroj. Existuje celá řada obecných definic modelu. Pro náš případ aplikace v rámci analýz udržitelnosti bych model definoval, jako systém obsahující funkční vazby, které transformují zadané vstupy na požadované výstupy. Model představuje zjednodušený obraz reálného světa, přičemž zjednodušení představuje zanedbání (primárně nevýznamných) vlivů.

Samotný proces tvorby modelu se v celé řadě aspektů opírá o kroky uvedené v obecném procesu tvorby LCA. Přestože ekonomické a environmentální modely hodnotí produkty a technologie ze zcela jiného úhlu pohledu, celou řadu kroků procesu tvorby mají shodnou a často dochází také ke korelaci mezi výsledky ekonomického a environmentálního hodnocení (např. technologické varianty s vyššími ekonomickými náklady často zatěžují životní prostředí více). Obecně je možné proces rozdělit do následujících kroků.

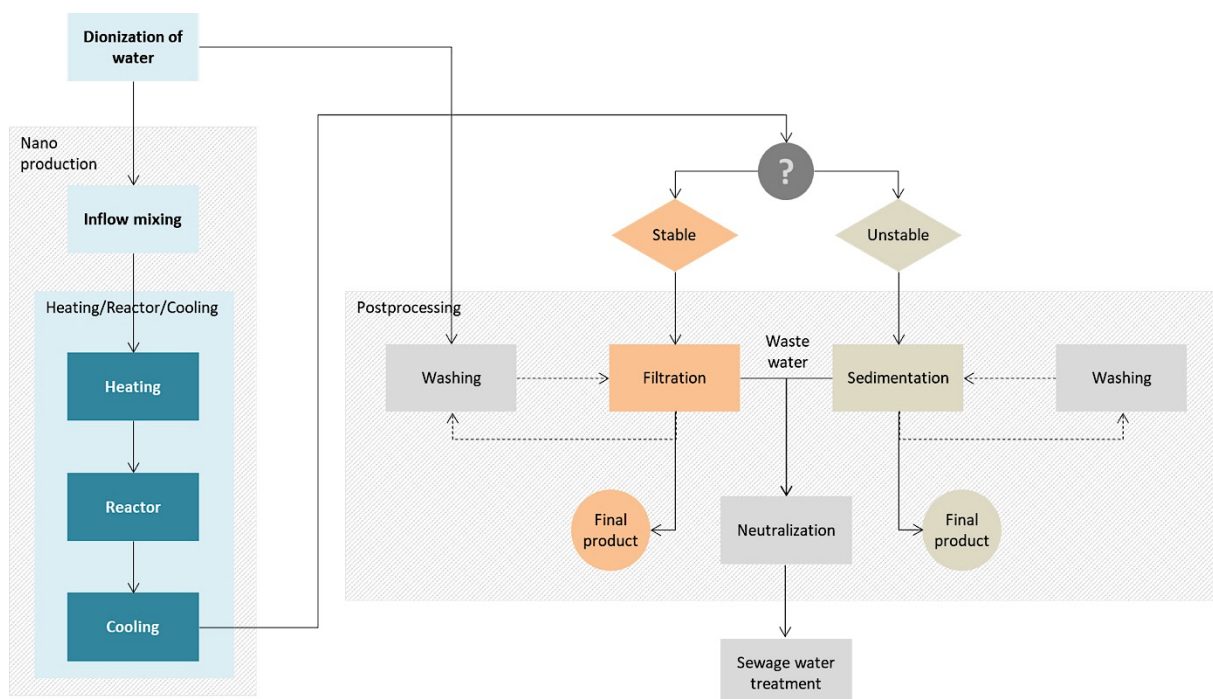
1. Stanovení účelu, cílových uživatelů, požadované podrobnosti modelu, definice požadovaných výstupů modelu.
2. Definice procesu transformace vstupů na výstupy, identifikace potřebných vstupů.
3. Vytvoření modelu.
4. Sběr dat a naplnění modelu, testování a verifikace funkčnosti vazeb.
5. Tvorba uživatelských výstupů (souhrnné tabulky, analytické grafy apod.) a interpretace výsledků.

2.1 Stanovení účelu, cílových uživatelů, požadované podrobnosti modelu, definice požadovaných výstupů modelu

Předtím, než začneme model vytvářet, musíme si vyjasnit, proč jej vůbec vytváříme a kdo bude jeho uživatelem. Pokud je tento krok podceněn může dojít k roztříštěnosti (nejasnému zacílení) modelu a neintegrovanému přístupu k jeho tvorbě. Pokud také nevytváříme model s ohledem na osobu/y, která bude využívat jeho výstupy, může snadno nastat situace, že vytvoříme krásný a funkční model realisticky zachycující skutečný stav věcí, který ale nikdo v praxi nepoužívá. Důležité je také stanovení (nebo v první fázi alespoň odhad) požadované podrobnosti. Lze říci, že propracovaná komplexnost sice může lépe odrážet reálný stav, ale z důvodu nutnosti nastavení obrovského množství požadovaných vstupů může značně limitovat budoucí reálné využití. U modelování tedy platí, že bychom se měli soustředit na klíčové faktory, které mají zásadní vliv na výstupy modelu, a nepodstatné vlivy můžeme zanedbat.

2.2 Definice procesu transformace vstupů na výstupy, identifikace potřebných vstupů

V rámci tohoto kroku se nejprve navrhuje základní struktura modelu. Často má podobu procesních nebo strukturálních diagramů, zjednodušujících podobu hodnoceného systému a procesu transformace vstupů na výstupy.



Obr. 2: Příklad procesního diagramu systému pro výrobu nanočástic hydrotermální syntézou

Pro jednotlivé procesní kroky (jednotkové procesy) jsou v případě:

- **ekonomického modelování** identifikovány jednotlivé nákladové položky, klíčová vstupní data pro jejich kvantifikaci a funkční závislosti mezi vstupními (technickými) veličinami a nákladovými položkami;
- **environmentálního modelování** identifikovány jednotlivé materiálové a energetické toky a výstupy do prostředí.

2.3 Vytvoření modelu

Ekonomické a environmentální modely se liší především v tom, v jakém prostředí jsou vytvářeny.

a. Environmentální modely

Environmentální modely je sice možné vytvářet manuálně např. s využitím MS Excel. Z důvodu nutnosti využívat rozsáhlých LCI databází a mezinárodně uznávaných LCIA dopadových metod jsou v reálné praxi nejčastěji používány pro tvorbu environmentálních modelů specializované softwary, které v sobě jak LCI databáze, tak LCIA hodnotící dopadové metody integrují. Na světovém trhu jsou nejvíce rozšířeny dva softwarové produkty:

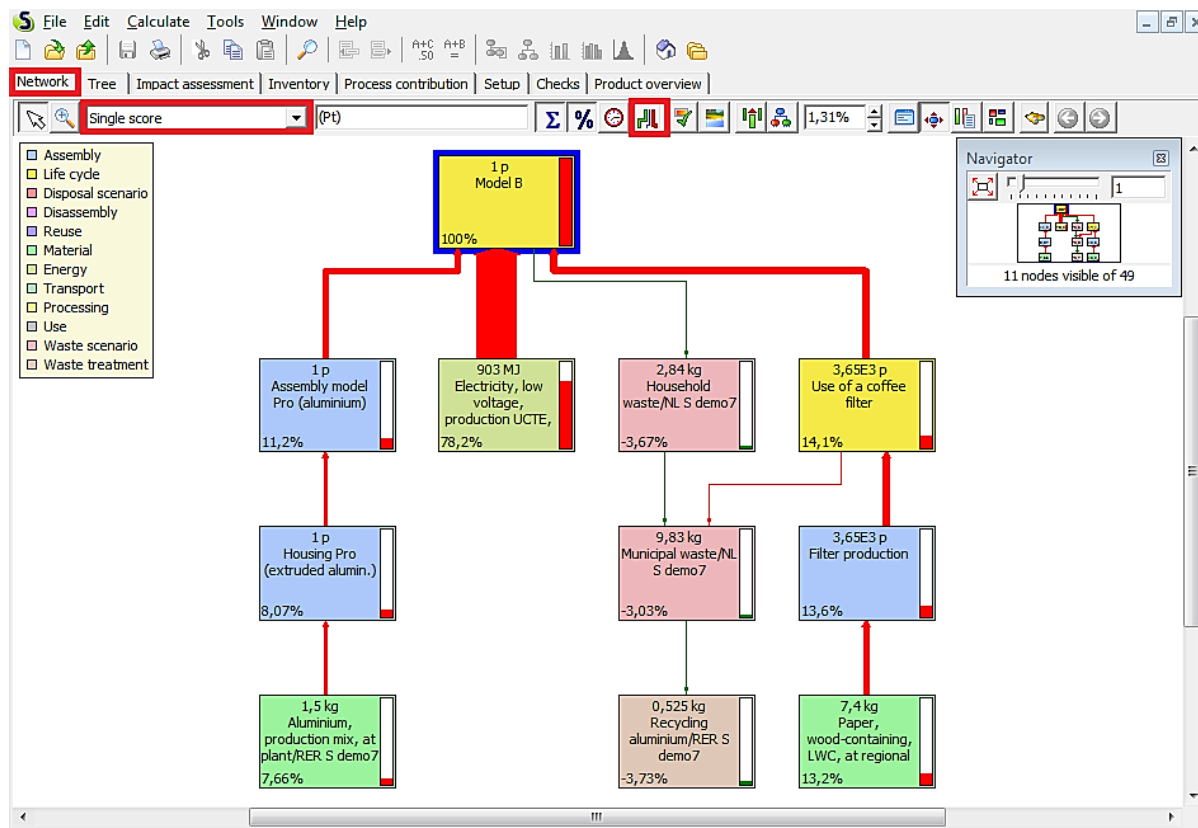
- **SimaPro (země původu – Nizozemí)**
- **GaBi (země původu – Německo)**

V rámci našich projektů byl využíván nástroj SimaPro a všechny publikované výsledky byly určeny s jeho pomocí.

Postup práce s nástrojem SimaPro sleduje metodologii ISO 14 040 (viz obr. 1).

Nejprve jsou v systému nalezeny/vytvořeny identifikované jednotkové procesy, které jsou naplněny informacemi o materiálových, energetických tocích a výstupech do prostředí. Tyto údaje vychází buď z primárních dat (např. z empirických měření), nebo jsou přebírány z LCI databází. Následně jsou přiřazeny podíly jednotkových procesů připadající na definovanou funkční/kalkulační jednotku.

Strukturu takto definovaného modelu SW SimaPro vizualizuje prostřednictvím stromového diagramu, ze kterého jsou také patrné významnosti jednotlivých vstupů.



Obr. 3: Stromový diagram v SimaPro (převzato z MEIJER, 2014)

Software automaticky vygeneruje inventarizační tabulku LCI a na základě zvolené LCIA metody kvantifikuje požadované kategorie dopadu.

b. Ekonomické modely

Přednastavené softwarové nástroje, které by byly napojeny na ekonomické databáze, se v omezené míře objevují v sektoru stavebnictví. V oblasti strojírenství však takovéto nástroje neexistují a ve většině případů se vytváří pro konkrétní hodnocený systém na míru nejčastěji v programu MS Excel. Tento program je široce používaný a předpokládám všeobecnou známost využívání jeho základních funkcí. Proto se jim nebudu detailněji věnovat.

V této části bych se chtěl spíše sumarizovat zásady, pro tvorbu modelů v MS Excel, které jsem načerpal při jejich tvorbě v průběhu posledních let.

Pro snadnou a efektivní práci s modely v MS Excel je důležité dodržovat tyto základní zásady:

- udržování jasných formálních pravidel – jasné formátování, evidence provedených změn, srozumitelnost použitých vzorců
- snaha o maximální jednoduchost modelu,
- vytvoření intuitivního, pochopitelného a pokud možno i graficky atraktivního interface (uživatelského prostředí).

Vždy je třeba mít na paměti, že méně je někdy více. Snaha postihnout veškeré vlivy, včetně těch, které mají pouze minimální vliv na výsledek, vede často k velké složitosti modelů, s čímž je mnohdy spojeno to, že je v praxi nikdo nechce používat.

2.4 Naplnění modelu daty

Získání kvalitních dat pro LC analýzy představuje nejdelší a nejnáročnější krok při jejich zpracovávání. Komplikovanost spočívá v tom, že především u „cradle to grave“ analýz potřebujeme velké množství často citlivých dat od různých poskytovatelů zajišťujících jednotlivé hodnocené životní fáze – od dodavatelů, zákazníků, v případě komparativních analýz i od konkurentů. Přímé získání těchto dat bývá často velice náročné nebo dokonce zcela nemožné.

Obecně jsou ekonomická data týkající se zejména detailní nákladové struktury produktů vnímána jako velice citlivá (ceněné know-how podniku) a obtížně dosažitelná. Data pro environmentální hodnocení však mohou mít charakter ještě citlivější. Pro precizně zpracovanou analýzu LCA je nutná detailní znalost všech materiálových a energetických toků – tzn. např. informace o recepturách, procesních krocích a jejich technických parametrech apod. Případný únik těchto informací může know-how podniku ohrozit ještě více než únik dat ekonomického charakteru. Přestože jsou výsledky LCA nejčastěji prezentovány agregovaně v podobě midpoint a endpoint kategorií dopadu a není možné zpětné rozklíčování na primární data, vnímají subjekty poskytující těchto dat jako vysoce rizikové. V námi realizovaných projektech jsme na tento problém naráželi opakovaně a z důvodu neochoty poskytnout primární data bylo často nutné použít různé metody odhadu parametrů, které ovšem vždy zvyšují nejistotu výsledků.

Dalším problémem může nastat v situaci, kdy je předmětem posuzování udržitelnosti produkt nebo technologie v raném stádiu vývoje, ve kterém reálná data ještě nejsou k dispozici. V těchto případech je klíčová úzká spolupráce s experty a technickými odborníky při odhadování vstupních parametrů.

Nezastupitelnou úlohu v tomto případě stále hraje provádění experimentů. Významný kvalitativní posun, časovou a nákladovou úsporu v této oblasti pak přináší moderní softwarové nástroje (pro simulaci technologických procesů, pro simulaci zrychleného stárnutí a další spolehlivostní analýzy), které dokáží před samotnou realizací produktu/technologie predikovat takové klíčové technické parametry pro ekonomické a environmentální posuzování jako je:

- životnost produktu/technologie,
- materiálové spotřeby,
- spotřeby energie,
- časovou náročnost procesů.

Kromě SW nástrojů lze použít pro odhad ekonomických i technických parametrů těchto základních technik:

- **Odhad na základě analogie** – velice často používaná metoda, kdy je parametr odhadnut na základě podobnosti s procesem/produktem, pro nějž jsou hodnoty známy – buď máme primární data, nebo je obsažen v LCI databázích.
- **Parametrický odhad** – metoda, při které se k odhadu využívají vztahy mezi parametry a nezávislými proměnnými. Vztahy jsou často založeny na bázi statistických nebo regresních metod a bývají vyjádřeny ve formě rovnic nebo algoritmů.
- **Technická metoda** – v tomto případě je složitý systém rozložen na jednodušší části (podprocesy, vstupní ingredience apod.), u nichž již máme k dispozici data nebo pro něž je možné použít dvě výše uvedené metody.

Obecně pracujeme se dvěma hlavními skupinami dat:

- **Primární data** získávána s využitím experimentů, měření, simulací a kalkulací.
- **Sekundární data**, která se v zásadě opírají o dva hlavní zdroje:

- Data z odborných publikací.
- Data ze speciálních databází typu EcoInvent.

Při řešení komplexních analýz udržitelnosti je nutné tyto zdroje kombinovat. Co je ovšem velice důležité pro zvýšení kvality výstupů je průběžná **křížová kontrola** hodnot mezi jednotlivými zdroji = např. kontrola výsledku naší interní kalkulace s již publikovanými výsledky a kritické posouzení případných rozdílů hodnot.

Kvalita vstupních dat představuje zcela zásadní faktor ovlivňující efektivitu a reálnost modelování udržitelnosti. Stejně jako u jiných modelů platí známé pravidlo: „**garbage in, garbage out**“. Čili sebedokonalejší model nedokáže z nepřesných a nekvalitních dat vytvořit kvalitní výsledky odpovídající realitě. Měli bychom tedy kvalitu dat podrobit detailní analýze rizik a nejistot. Velice užitečnými nástroji jsou v tomto směru citlivostní analýza, analýza break-even point, metoda Monte Carlo a vizualizace prostřednictvím matice rizik. Tyto metody a jejich přínos pro modelování udržitelnosti je popsán v kapitole 2.5.

Dalším naprosto klíčovým požadavkem je pro integrované posouzení udržitelnosti **zajištění jednotné datové základny a konzistentních předpokladů jak pro ekonomické, tak i environmentální hodnocení**. Ekonomické a environmentální modely často vyžadují různá data v různé struktuře, celá řada dat je však sdílených. Zásadní je také využití stejných předpokladů použitých při tvorbě modelů (předpoklady pro zjednodušování reálného stavu). Tento požadavek se může zdát jako banální, ale při řešení reálných projektů může docházet k výrazným chybám a nekonzistencím obzvláště v situacích, kdy environmentální hodnocení provádí jiný tým, než hodnocení ekonomické a integrovaný přístup není systémově zajištěn.

2.5 Tvorba uživatelských výstupů a interpretace výsledků

Tvorba srozumitelných a přehledných uživatelských výstupů výrazně přispívá k snadnější interpretaci výsledků. Tento faktor nabývá na důležitosti především v situacích:

- kdy model poskytuje velké množství dílčích výsledků (výstupních dat), ve kterých se obtížně orientuje a problematicky se určuje jejich významnost,
- kdy se jedná o parametrický model pro opakované použití, u něhož se předpokládá využívání různými uživateli.

Uživatelské výstupy ve formě souhrnných tabulek a grafů by měli uživatelé zdůraznit hlavní poselství, které výstupy o hodnoceném systému vypovídají. Pro interpretaci výsledků, tvorbu doporučení a posouzení nejistot a rizik hodnoceného systému hrají naprosto klíčovou roli metody popsané v následujícím textu.

a. Citlivostní analýza

Ve většině případů byla v námi řešených projektech použita citlivostní analýza ve své základní, nejjednodušší podobě, kdy identifikuje míru změny výstupu při definované změně vstupní veličiny, což je v situaci, kdy pracujeme se vstupy zatíženými nejistotami, velice cenná informace. Tato analýza nám umožňuje lépe pochopit fungování modelu a vazby mezi vstupními a výstupními veličinami.

To je velice důležité pro posouzení rizika, kterým je náš model zatížen, dále pak také pro identifikaci klíčových vstupních faktorů, na které je nutné se soustředit, a naopak pro identifikaci faktorů, které je možné zanedbat, nebo kterým není nutné věnovat tak velkou pozornost. Díky tomu můžeme zaměřit efektivně úsilí, čas a finanční prostředky na co nejpresnější určení pouze těch vstupních hodnot, které mají maximální vliv na výsledek (tzn. provádění cílených experimentů, nákup vybraných dat, provádění marketingových průzkumů apod.).

b. Analýza break-even point – BEP

Pod tímto pojmem se většinou vybaví jednoduchá metoda, která hledá množství produkce, při němž dochází k nulovému zisku. V rámci našich aplikací byla tato metoda velice užitečným nástrojem, který nacházel mnohem bohatší uplatnění. Potřeba využití analýzy BEP opět vyplývá z vysoké míry nejistoty, která je spojena s hodnocením technologií v raném stádiu vývoje a častou nedostupností kvalitních vstupních dat. V těchto situacích představuje stanovení zlomové hodnoty určité veličiny velmi cennou informaci pro manažerské rozhodování.

c. Simulace s využitím metody Monte Carlo

Simulace jsou pro rozhodování velice užitečným nástrojem, neboť umožňují postihnout a posoudit rizika spojená s nejistotami ve vstupních datech modelů (řiditelné i neřiditelné parametry), ať se jedná o data z analýzy minulých procesů nebo o prognózy budoucího vývoje.

Opět zde předpokládám všeobecnou znalost metody Monte Carlo, proto se zastavím pouze u základní specifikace jejího principu. Při použití metody Monte Carlo vycházíme z předpokladu, že veličiny, které chceme modelovat, mají určité pravděpodobnostní chování, které odpovídá určitému teoretickému pravděpodobnostnímu rozdělení náhodných veličin.

Samotná simulace rozdělení spočívá ve vytváření pseudonáhodných čísel z daného rozdělení, což jsou uměle vytvořené hodnoty náhodného výběru z tohoto rozdělení náhodné veličiny.

Při simulacích se vychází z pravděpodobnostního rozdělení simulovaných veličin, s jeho věrohodným stanovením je spojena i věrohodnost provedené simulace.

A v tom právě osobně spatřuji základní problém a limitující faktor praktického použití. Velice často jsem se při rešerši odborných článků setkal s tím, že byla metoda Monte Carlo aplikována pouze z toho důvodu, aby publikace vypadala „vědecktěji“. Samotné závěry však naopak spíše zamlžovala a v nebylo zřejmé, jak bylo pravděpodobnostní rozdělení odvozeno. V praxi často nebývá dostatek času, zdrojů a peněz na provedení dostatečného množství experimentů a parametry použitých pravděpodobnostních rozdělení nejsou dostatečně podloženy. V rámci našich projektů jsme tedy spíše využívaly výše uvedené metody – break-even point a citlivostní analýzu.

3 Závěr

Cílem tohoto příspěvku nebylo vymezit formalizovanou metodologii zpracování integrovaných analýz hodnocení udržitelnosti technologických systémů. Pokusil jsem se spíše shrnout základní postup, který vychází z naší desetileté praktické zkušenosti řešení projektu tohoto typu. Pokud bych měl v závěru zdůraznit několik klíčových hledisek, byla by to asi tato dvě.

V jednoduchosti je krása. Pod tímto heslem bych rád zdůraznil to, že přílišná komplikovanost modelů často vycházející ze snahy o naprosto dokonalé promítnutí reality značně limituje jeho praktické využití. Obzvláště pokud model využívají i externí uživatelé, je nutné, aby dokázali pochopit hlavní principy, na nichž je založen. Klíčovou úlohu pro identifikaci vstupů (částí modelů), kterým je nutné věnovat náležitou pozornost (a také které je možné pro zjednodušení modelu zanedbat), pak sehrává citlivostní analýza.

Úspěch přesných analýz udržitelnosti životního cyklu je ukryt v komunikaci a spolupráci. Jeden člověk nikdy svými kompetencemi nedokáže dokonale pokrýt problematiku (zajistit vstupní data) napříč celým životním cyklem výrobku. Přestože moderní SW nástroje (např. SimaPro) napojené na široké databáze (např. Ecoinvent) dokáží práci při zpracování LCA výrazně ulehčit, téměř vždy existují vstupy/procesy, které v databázích nalézt nelze, nebo jsou zde uvedeny ve značně zjednodušené podobě. Snahou by mělo být pokrýt primárními zdroji informací co nejširší část životního cyklu. Naprosto esenciální roli hraje **zástupce týmu udržitelnosti**, který zprostředkovává komunikaci mezi

jednotlivými poskytovateli dat a působí jako tlumočnick/integrátor při vytváření uceleného obrazu o celém životním cyklu, který přesahuje horizont dosahu jednotlivých dílčích aktérů.

Prameny

1. Český normalizační institut, 2006. ČSN EN ISO 14040. *Environmentální management – Posuzování eko-efektivity produktového systému: Zásady, požadavky a pokyny.*
2. Český normalizační institut, 2006. ČSN EN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování eko-efektivity produktového systému: Požadavky a směrnice.*
3. Český normalizační institut. 2006. ČSN ISO 14025. *Environmentální značky a prohlášení – Environmentální prohlášení typu III – Zásady a postupy.*
4. Evropská komise. 2019. *Zelená dohoda pro Evropu.* Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0010.02/DOC_1&format=PDF
5. Evropská komise. 2020. *Nový akční plán pro oběhové hospodářství: Čistší a konkurenceschopnější Evropa.* Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
6. Evropská komise. 2021. „Fit for 55“: *plnění klimatického cíle EU pro rok 2030 na cestě ke klimatické neutralitě.* Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=CS>
7. GOEDKOOPE Mark, et al. *ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, 3rd ed., report I: Characterisation.* 2009. Dostupné z: <http://www.lcia-recipe.net>
8. HUMBERT Sébastien, et al. 2012. *IMPACT 2002+: User Guide.* <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.741&rep=rep1&type=pdf>
9. MEIJER, Elen. 2014. *Five crucial LCA features in SimaPro. Pre-Sustainability.* PRé Sustainability B.V., 18 June, 2014, s. 1. Dostupné z: <https://pre-sustainability.com/articles/five-crucial-lca-features-in-simapro/>
10. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. ČSN EN ISO 14045. *Environmentální management – Posuzování eko-efektivity produktového systému: Zásady, požadavky a pokyny.*

Kontaktní údaje o autorech

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku

Karlovo náměstí 13, Praha, 121 35

+420 603 279 144

Miroslav.Zilka@fs.cvut.cz

NÁVRH KONSTRUKCE EXPERIMENTÁLNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO IDENTIFIKACI TUHOSTI OZUBENÍ

DESIGN OF THE TEST RIG FOR THE MESH STIFFNESS IDENTIFICATION

Jan Flek, Martin Dub, Josef Kolář

Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá návrhem konstrukce modulárního experimentálního zařízení, které na základě teoretických předpokladů vyhovuje požadavkům na získávání realistických průběhů tuhosti ozubených převodů. Zkušební zařízení tohoto typu umožní verifikovat analyticko-simulační metody pro získávání průběhů tuhosti ozubení a také poskytne možnost jejich zpřesnění. V rámci tohoto textu je komentována konstrukce a funkce experimentálního zařízení, popis funkčních vzorků ozubení a v neposlední řadě je zde popsána instrumentace, která napomůže z procesu stanovování tuhosti ozubení vytvořit vhodnou univerzální metodiku.

Klíčová slova: tuhost ozubení, experimentální zařízení, konstrukce, měření tuhosti ozubení

Abstract

This contribution deals with the design of a modular experimental rig, which, based on theoretical assumptions, meets the requirements for obtaining realistic mesh stiffness courses of gears. Testing equipment of this type will allow the verification of analytical-simulation methods for obtaining mesh stiffness courses and, finally, will provide the possibility of refinement. Within this text, the design and function of the experimental device are commented on, the description of the functional gear samples, and the instrumentation is described here, which will help to create a suitable universal methodology for the process of the mesh stiffness determination.

Key words: mesh stiffness, experimental rig, design, measurement of mesh stiffness

Úvod

V oblasti problematiky dynamiky ozubení je třeba zabývat se zdroji vnitřního buzení dynamické soustavy ozubených převodů. Jedním ze zásadních zdrojů tohoto buzení je průběh tuhosti ozubení, který představuje periodicky opakující se děj v návaznosti na střídání počtu párů zubů v záběru, (Moravec, 2001), (Šalamoun, 1990). Průběh tuhosti ozubení se projevuje na frekvenční odezvě dynamického systému převodu a díky vhodnému návrhu geometrie evolventního ozubení lze optimalizovat tuhost ozubeného věnce a tím eliminovat emise hluku do okolí a redukovat negativní vliv na životní prostředí, (Slavík, 1997), (Šalamoun, 1990).

Tuhost ozubení lze modelovat pomocí analyticko-simulačních nástrojů. Mezi české autory, kteří přispěli k modernímu pojetí analytického modelování tuhosti ozubení se řadí V. Moravec (Moravec, 2001), který vychází ze standardizovaného modelu tuhosti ozubení dle normy ISO 6336-1:2019. Další autoři z pole světového výzkumu, kteří rozvíjejí analytické modely založené na deformačním modelu ozubení, jsou Z. Wan (Wan, 2014), A. Saxena (Saxena, 2017) a W. Yu (Yu, 2019). Analyticko-simulační modely jsou více či méně přesné v závislosti na zahrnutých okrajových podmínkách (např. vliv mazání převodu). Všechny modely jsou ovšem ve své podstatě orientačním nástrojem, jelikož postrádají popis tuhosti patního přechodu v místě, kde zub přechází v disk ozubeného kola. Je tedy zapotřebí využít

nástroj, který umožní zhodnotit relevanci matematických modelů. Zmíněným nástrojem je vhodná experimentální metoda pro stanovení reálného průběhu tuhosti ozubení. Experimentální činnosti se ve svých publikacích v malé míře zabývají autoři: N. K. Raghuwanshi a A. Parey (Raghuwanshi, 2017), (Raghuwanshi, 2019). Experimentální stanovení tuhosti ozubení přináší možnost zohlednit reálný vliv geometrie zubů ozubeného věnce na výslednou tuhost záběru. S tím souvisí verifikace výsledných průběhů analyticko-simulačních modelů a možnost jejich zpřesnění.

1 Cíle

Na základě výsledků autorského článku s názvem Determination of Mesh Stiffness of Gear—Analytical Approach vs. FEM Analysis (Flek, 2021) plyne závěr, že pro standardizovaný profil ozubení dle normy ČSN 01 4607 (ČSN 01 4607, 1978), případně ISO 53:1998 (ISO 53:1998, 1998) se hodnoty průběhu tuhosti ozubení mohou lišit od realističtějšího konečněprvkového modelu až o 26,9%. V případě nenormalizovaného profilu ozubení je tento rozdíl ve srovnání s MKP modelem až 91,5%. Tento dramatický procentuálně vyjádřený rozdíl tuhostí je způsobený především analytickým popisem tuhosti patního přechodu zubu, který je pro standardizovaný profil zubu díky empirickým korekcím analytických vztahů lépe reflektován. V případě nestandardního ozubení s netypickým patním přechodem modely analytického charakteru nedokáží věrohodně popsat jeho tuhost. Z toho plyne závěr, že analytické modely nelze bez újmy na obecnosti použít pro popis tuhosti libovolného ozubení s atypickou geometrií a je vyžadováno experimentální ověření tuhosti, které by umožnilo kvantifikovat tuhost evolventního ozubení s libovolnou geometrií profilu na základě jeho deformace.

Cíle lze zestručnit do tří bodů:

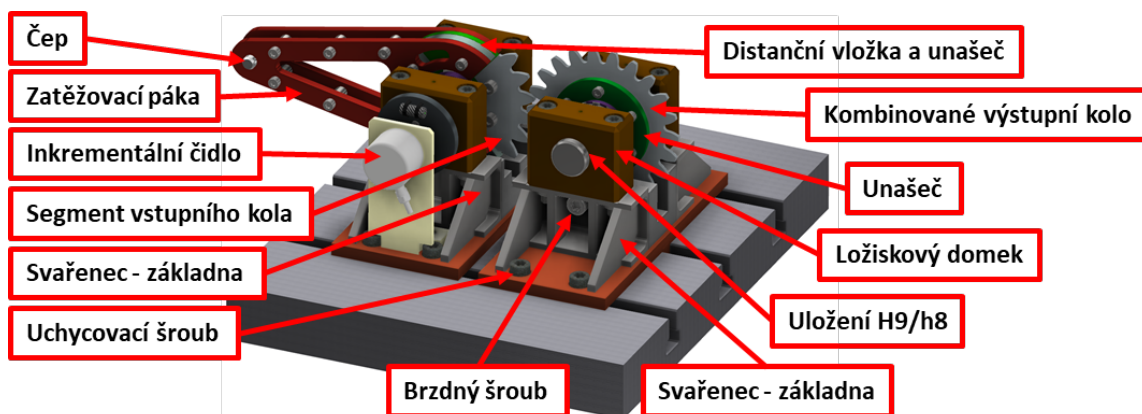
- Navrhnout experimentální zařízení, které umožní měřit deformace ozubeného věnce
- Doplnit zařízení o vhodné testovací vzorky
- Navrhnout adekvátní instrumentaci pro měření deformací ozubeného věnce potažmo tuhosti ozubení

V následujících kapitolách bude popsán návrh konstrukce, která výše zmíněné cíle umožní naplnit.

2 Popis konstrukce experimentálního zařízení

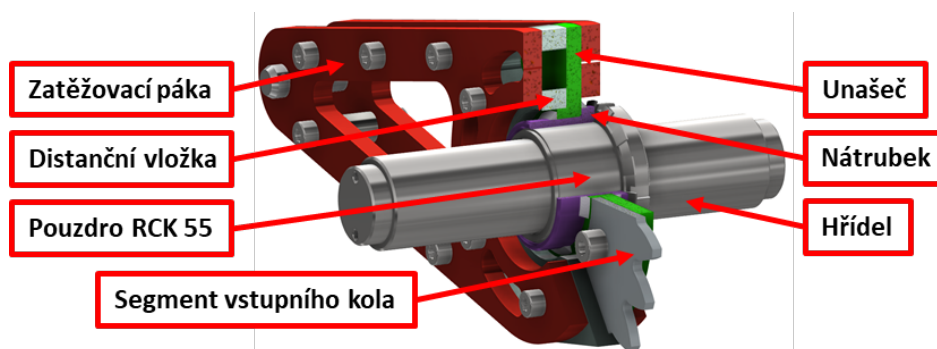
Experimentální zařízení bylo koncipováno tak, aby bylo modulární a umožnilo efektivně a ekonomicky přívětivě měřit deformace ozubených věnců ozubených soukolí tak, aby bylo možné získat realistické průběhy tuhosti ozubení. Modularita je zajištěna především pomocí speciálně navržené geometrie vzorků ozubení – segmentů ozubených kol. Na Obr. 1 je zobrazen výsledný model konstrukce experimentálního zařízení.

Samotné experimentální stanoviště zahrnuje dvě svařované konstrukce, které tvoří základny pro umístění hřídelí (v tomto případě os) osazených unašeči pro uchycení vzorků ozubených kol, případně zatěžovací páky. Nosné svařence jsou sestaveny z UPE-profilů orientovaných vůči sobě stojnami, které jsou vyztuženy žebrováním. Prostor, který vzniká mezi takto umístěnými UPE-profilu je vyplněn obrobky z polotovaru – Tyč čtvercová ČSN EN 10059, které zajišťují tuhost celé nosné konstrukce. Zmíněné profily včetně žebrování jsou přivařeny k základním deskám, ve kterých jsou připraveny díry pro pevnostní šrouby k uchycení pomocí T-matic do drážek stolu, jenž tvoří základní rám celé konstrukce. Na popsáných svařencích jsou pomocí šroubů umístěny hřídelové domky, které jsou kvůli minimalizaci naklonění os v podporách koncipovány jako kluzné.



Obr. 1: 3D model navrhované konstrukce experimentálního zařízení pro ověřování tuhosti ozubení.

Do domků jsou vloženy hladké hřídele, které jsou doplněny svařencem složeným z osazené trubky a unášecího disku, který slouží pro uchycování vzorků ozubení, případně zatěžovací páky (viz Obr. 2). Bližší popis volby geometrie vzorků je popsán v kapitole 3. Svařenec unášecí je k hladké hřídeli připevněn pomocí svěrného pouzdra typu RCK 55. Tato varianta uchycení náboje na hřídel byla vybrána s důrazem na co možná největší modularitu kompletní sestavy experimentálního stanoviště.



Obr. 2: Detail náboje hřídele zatěžovacího kola.

Na Obr. 2 je zobrazena varianta hřídele určená pro zatěžování pomocí páky (zobrazena červeně), na jejímž konci je umístěn čep pro možnost zatěžování pomocí závaží. Mezi výpalky tvořícími páku a unášecím diskem je umístěna vložka, která slouží jednak k vymezení prostoru mezi výpalky a unášecím tak, aby byl segment ozubeného kola zatěžován v jeho střední rovině a nedocházelo k nerovnoměrné distribuci zatížení po šířce vzorku, ale také k opření vzorku – segmentu ozubeného kola.

Segment ozubení je tedy umístěn tak, aby byl jeho dosedací průměr vystředěn na příslušném průměru unášecího disku a zároveň, aby byl svojí boční plochou opřen o vložku. Na Obr. 2 viditelný šroub uchycující segment k unášeci tedy neplní funkci silového zajištění vzorku. V tomto případě jde o zajištění pozice segmentu v axiálním směru hřídele. Uchycovací šrouby naopak nesmí silovou funkci plnit, jelikož by segment uměle vyztužovaly a nedocházelo by tak k realistickému zatížení ozubení.

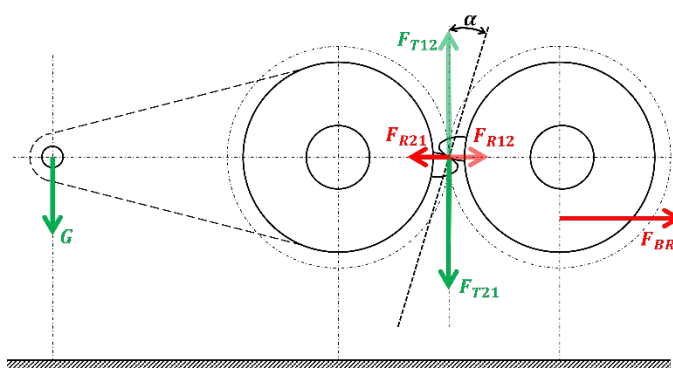
Výstupní zatěžované kolo je uchyceno na obdobný svařenec unášecí, který byl již popsán pro variantu zatěžovacího kola. Uchycení unášecí na hladkou hřídel je řešeno stejným způsobem, a to pomocí svěrného pouzdra. Vzorek ozubeného kola na výstupu není řešen jako segment, ale jako disk kombinující více geometrií ozubených věnců. Tento disk je brzděn pomocí třecí síly vyvolané šrouby viditelnými na Obr. 1, které svěrně zachycují výstupní krouticí moment.

2.1 Popis funkce experimentálního zařízení

Pro získávání průběhů tuhosti ozubení je třeba zajistit měření deformace zubů ozubeného věnce. Zatěžování zkoumaného ozubení je zajištěno pomocí páky umístěné na hřídeli spolu s unašečem, který nese vzorek (Obr. 2). Páka je umístěna tak, aby zatěžování probíhalo přímo ve střední rovině vzorku. To má za následek zmíněné rovnoměrné zatížení vzorku, ale také v této konfiguraci nebude docházet ke zkrucování hřídele. Tím je potlačena úhlová deformace hřídele a nebude se tak promítat do samotného měření tuhosti ozubení.

Zařízení je navrženo tak, aby byl přes páku, která na svém konci nese závaží (tíhová síla G), vyvozen kroučící moment na vstupním kole – segmentu ozubeného kola (Moment vyvozuje síla F_{T21}). Výstupní kolo, které je umístěno na nosném svařenci je zajištěno brzdícím účinkem (silou F_{BR}) vyvolaným dvěma šrouby, které mezi sebou přes příložky přímo svírají disk výstupního kola. Tento způsob brzdění výstupního kola opět eliminuje úhlové deformování hřídele a zároveň umožňuje libovolné nastavování úhlové polohy zubů v záběru.

Z tohoto popisu plyne fakt, že zmiňované hřídele nebudou namáhány krutem, a tudíž se z terminologického hlediska jedná o osy, které jsou zatíženy pouze příčnými silami. Výše popsaným způsobem bude zajištěno silové namáhání soukolí v záběru. Zjednodušené schéma principu zatěžování je znázorněno na Obr. 3. Z konce volně otočné hřídele umístěné v hřídelových kluzných domcích na vstupním nosném svařenci je možné odečítat úhlové natočení, které je v tomto případě natočením deformačním, způsobeným deformací zubů v záběru. Detailnější popis měřených veličin je popsán v kapitole 4.

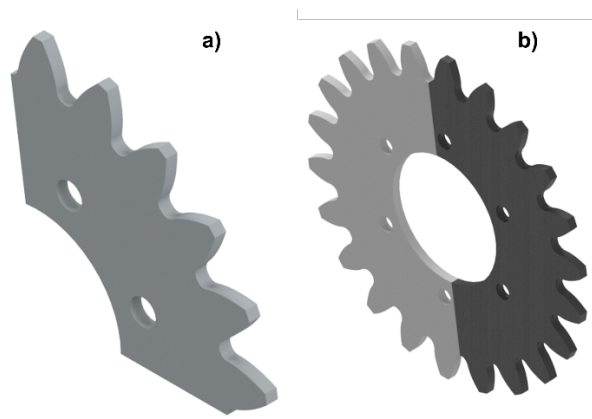


Obr. 3: Zjednodušené schéma zatěžování.

3 Návrh testovacích vzorků ozubení

Tuhost ozubení bude identifikována na vzorcích ozubení, které budou v případě pastorku reprezentovány segmenty (výsečemi) celého kola (Obr. 4a) a v případě výstupního kola se bude jednat o kombinující více ozubených profilů (Obr. 4b). Takto zhotovené vzorky mají za cíl jediné, a to minimalizovat náklady na výrobu vzorků a učinit metodiku stanovení tuhosti ozubení finančně dostupnou a snadno modifikovatelnou.

Vzorky segmentů i výstupních kombinovaných kol jsou specifické svojí šířkou (šířkou ozubení). Jedná se o vzorky zhotovené z plechových dílů o šířce 5 mm. Tato šířka byla určena z důvodu měřitelnosti deformací. V laboratorních podmínkách musí být tuhost měřitelná a naměřená data nesmí být citelně ovlivněna nejistotami měření. Z toho důvodu byl zvolen adekvátní typ vzorků, který díky malé šířce a vhodně zvolenému modulu ozubení bude optimální z hlediska měřených deformací.



Obr. 4: Ukázka geometrie uvažovaných vzorků ozubení

Základní parametry voleného testovacího ozubení jsou následující:

- Normálový modul $m_n = 8$ mm
- Šířka ozubení $b = 5$ mm
- Úhel záběru $\alpha = 20^\circ$
- Úhel sklonu zubů $\beta = 0^\circ$
- Počet zubů vstupního segmentu z_1 a výstupního kola $z_2 = 22$
- Jednotková korekce výstupního kola $x_2 = 0$
- Osová vzdálenost $a_w = 180$ mm

Volba materiálu pro zhotovení vzorků je zcela závislá na znalosti zatěžovacích sil celé sestavy. Aby byla deformace ocelových vzorků ozubení laboratorně měřitelná, byl stanoven krouticí moment 1 000 Nm, který je optimální z hlediska měření deformací ozubení.

Idea o volbě vzorků uvažuje o chemicko-tepelně neupravených vzorcích, tedy o vzorcích, které budou vyrobeny z běžně dostupných konstrukčních materiálů, aby byla zajištěna jednoduchost celého procesu měření a za přijatelných finančních podmínek byly vzorky vyrobitelné. S tím však přichází, pro výběr vhodného materiálu zcela zásadní, nutnost ověření redukovaného napětí zejména v patní oblasti zubů. Z analyticko-simulačního výpočtu vyplývá, že nominální napětí v patě zubu může při zatížení ozubeného soukolí 1 000 Nm na vstupu dosáhnout hodnot mezi 818 až 920 MPa. Takto vysoká hodnota napětí v patě zubu je jasnou indikací toho, že obyčejné konstrukční materiály s mezí kluzu 235–355 MPa (platí pro ocel S235 a S355) nejsou použitelné. Z toho důvodu bylo nutné přistoupit k volbě dostupného materiálu, který má hodnotu meze kluzu vyšší, než zmiňované rozmezí 818–920 MPa. Tyto požadavky splňuje materiál Hardox 500 s garantovanou mezí kluzu 1400 MPa. Při použití tohoto materiálu je tedy zajištěno, že zub v oblasti paty nezplastizuje.

Návrh na výrobu vzorků od začátku zahrnoval alternativní výrobní metody, na rozdíl od konvenčních metod výroby ozubení, a to z ekonomických důvodů. Vzhledem k navrhované šířce ozubení (5 mm) byl zvolen způsob výroby pomocí elektroerozivního obrábění, při němž je dosaženo tvarové optimální tvarové přesnosti vyráběných vzorků (přesnost metody – tisícin milimetru).

Měřicí zařízení je určeno pro širokou škálu vzorků, tudíž i konvenčně vyráběné vzorky ozubení jsou využitelné.

4 Měřené veličiny

Celý proces experimentální činnosti je závislý na zatížení soukolí. To je realizováno pákou a celá sestava je dimenzována na mezní zatížení od vstupního krouticího momentu o velikosti 1 000 Nm. Moment je realizován vkládaným závažím na konec zatěžovací páky. Kompletní konstrukce zatěžovacího zařízení je navržena tak, aby její jednotlivé součásti dosahovaly řádově menších deformací než sledovaná deformace ozubeného věnce. Tím je částečně zamezeno vnášení chyb do měření tuhosti ozubení.

Dle citované literatury zejména publikací (Šalamoun, 1990), (Moravec, 2001) od autorů Č. Šalamouna a V. Moravce je zvyklostí tuhost ozubení vyjadřovat pomocí vztahu zapsaného pomocí Rov. 1.

$$c = \frac{w}{\delta}, \quad (1)$$

kde c = tuhost ozubení
 w = poměrné zatížení vztaženo k šířce ozubení
 δ = deformace ozubení

Tuhost ozubení získaná tímto vztahem (Rov. 1) je tedy poměrnou veličinou, jejíž skutečná velikost závisí na šířce ozubení. Vztah pro stanovení tuhosti může být zapsán ve tvaru pro úhlovou deformaci φ , kde místo zatížení silovým účinkem w je aplikován krouticí moment M_k , tak je získána obdoba vztahu daného Rov. 1 pro vyjádření torzní tuhosti ozubení. Volba využití obou variant vztahů je dána potřebou implementace tuhosti ozubení do pohybových rovnic dynamické analýzy.

Z výše popsaného plyne, že středem zájmu navrhovaného experimentu je měření deformace ozubení, a to buď lineární δ , nebo úhlové φ .

Pro výběr vhodné instrumentace je nutné znát předběžné hodnoty těchto deformací, aby byla zajištěna jejich měřitelnost. Navrhovaný vzorek ozubení je ozubení přímé čili v průběhu záběru přichází do kontaktu jeden nebo dva páry zubů. Jelikož se počet párů zubů v záběru periodicky střídá, dochází k proměnlivému průběhu deformace ozubení a tím pádem i tuhosti ozubení. V Tab. 1 jsou zaznamenány orientační hodnoty deformace zubů při jednopárovém a dvoupárovém záběru, a to lineární (δ_1 , δ_2) i úhlové (φ_1 , φ_2) při známé lineární tuhosti ozubení (k_1 , k_2). Hodnoty tuhosti ozubení (k_1 , k_2), byly stanoveny dle deformačního analytického modelu uvedeného v publikaci (Flek, 2021).

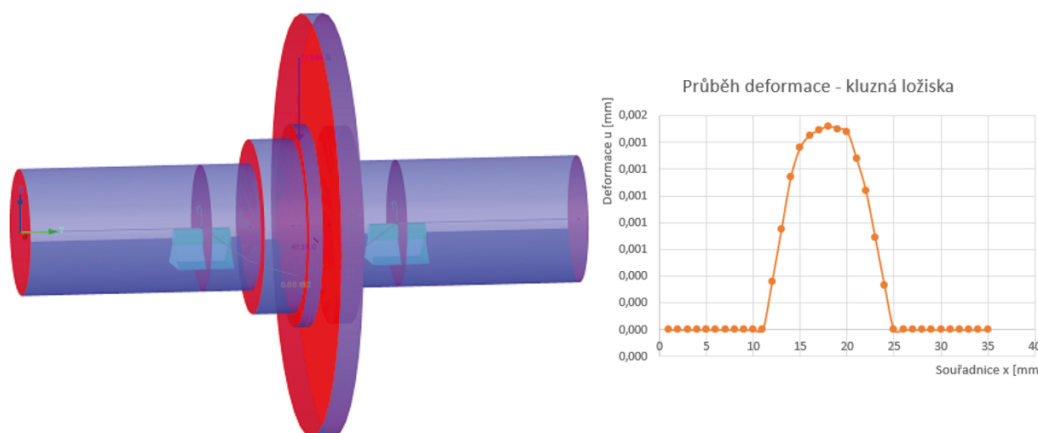
Tab. 1: Přibližné hodnoty tuhosti a deformace navrženého ozubení.

k_1 [Nmm ⁻¹ μm ⁻¹]	δ_1 [μm]	φ_1 [°]	k_2 [Nmm ⁻¹ μm ⁻¹]	δ_2 [μm]	φ_2 [°]
12,1	187,7	0,115	22,6	100,4	0,064

Aby byla měřená data věrohodná, bylo nutné ověřit, zda deformace hřídelí uložené v kluzných domcích způsobené příčnými sila generovanými ozubením nejsou velké natolik, že by negativně ovlivňovali měřenou deformaci ozubení. Z toho důvodu byl proveden výpočet průhybu hřídele pomocí metody konečných prvků.

Z Obr. 5 je patrné, že v místě zatěžovaného vzorku dosahuje hodnota celkové deformace hřídele 1,5 μm a z toho důvodu je možné připustit, že nedojde v zásadnímu ovlivnění měřené deformace ozubení δ_1 a δ_2 , jelikož deformace hřídele tvoří pouze 0,7% hodnoty deformace δ_1 a 1,5% hodnoty deformace δ_2 . Deformace hřídele platí pro vstupní i výstupní hřídel. Dále byly z hlediska deformace kontrolovány i další konstrukční prvky celé sestavy experimentálního zařízení, ale hodnota deformace nepřevyšuje hodnoty deformace hřídelí, ba naopak dopočtené hodnoty deformací ostatních

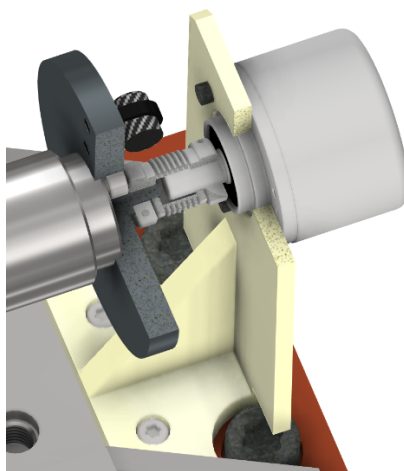
konstrukčních uzlů jsou v řádech desetin mikrometrů čili nikterak negativně neovlivňují měřené deformace ozubeného věnce.



Obr. 5: Deformace zatěžovací hřídele

4.1 Instrumentace

Primárně je experimentální zařízení koncipováno tak, aby z volného konce hřídele vstupního kola bylo možné odečítat deformační natočení zubů v záběru, pro získávání torzní tuhosti ozubení. To je zajištěno pomocí inkrementálního snímače DFS 60 Inox, který je určen pro snímání. Snímač je připojen k volnému konci hřídele pomocí montované příruby a vlnovcové spojky, viz Obr. 6.



Obr. 6: Umístění snímače DFS 60 Inox

Snímač umožňuje snímat natočení v řádu tisíců úhlových stupňů a je tak vhodný pro tuto aplikaci, jelikož deformační natočení ozubení orientačně dosahuje hodnot v řádech nižších desetin až vyšších setin úhlových stupňů (viz Tab. 1 – hodnoty φ_1 a φ_2). Díky snímači natočení je také možné analyzovat globální úhlovou polohu vstupního kola v záběru. Deformační natočení tedy lze graficky znázornit přímo v závislosti na celkové úhlové poloze kola.

Vhodným verifikačním nástrojem je také využití tenzometrie. Pomocí využití tenzometrů je možné v tomto případě analyzovat deformace a napjatost v patním přechodu zubů. Principiálně by tenzometry měly být umístěny na více po sobě jdoucích zubech, aby bylo možné zaznamenávat deformaci v počátku záběru a poté i v momentě, kdy zub vystoupí ze záběru a bude odlehčen. Tato metodika pomůže verifikovat naměřené hodnoty s MKP modelem. Patní oblast ozubení je v této problematice zásadní, jelikož vliv tvaru patního přechodu má značný dopad na výsledný popis tuhosti

ozubení. Díky tenzometrickému měření je možné oblast patního přechodu v zatíženém stavu analyzovat a korigovat tím celková data měřené tuhosti ozubení.

Velikost tenzometru je limitována rozměry zubů vzorků, jejichž šířka činí 5 mm. Z tohoto hlediska mohou být využitelné tenzometry od výrobce HBM, např. z řady LY, které splňují i nároky na dostupný prostor k jejich umístění.

Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo představit návrh konstrukce funkčního zařízení, které umožňuje získávat adekvátní data měřených deformací, která popisují průběh tuhosti ozubení tak, aby byla maximálně respektována geometrie konkrétního ozubení a získané exaktní výstupy byly vhodné pro použití jako vstupu vnitřního buzení do celkové dynamiky převodových soustav. Zásadní dílčí cíle, které vedou ke kompletnímu návrhu experimentálního zařízení, jsou zde komentovány a zahrnují popis vlastní konstrukce zařízení, popis jeho funkce, návrh testovacích vzorků ozubení a návrh instrumentace. Na základě zde předloženého návrhu lze předpokládat, že zařízení umožní ověřit teoretické vztahy a bude vyhovovat požadavkům na kompletní proces měření.

Tento příspěvek lze vnímat jako reakci na vlastní rešeršní činnost, která osvětlila teoretická východiska problematiky tuhosti ozubení a v rámci citovaného článku (Flek, 2021) připustila potřebu experimentálního ověřování a identifikování tuhosti ozubení, jelikož i přes dlouholetou zkušenost s teorií ozubení tento přístup stále postrádá inovativní přístup a ucelené praktické použití.

Zařízení pro identifikaci tuhosti ozubení je nyní ve stádiu výroby a v brzké době lze očekávat zahájení testovacího provozu, který přinese další podněty pro experimentální a výzkumnou činnost.

Poděkování:

Tento příspěvek vzniknul díky finanční podpoře ČVUT v Praze – projektu Studentské grantové soutěže – SGS21/108/OHK2/2T/12

Prameny

1. FLEK, Jan, Martin DUB, Josef KOLÁŘ, František LOPOT a Karel PETR. Determination of Mesh Stiffness of Gear—Analytical Approach vs. FEM Analysis. Applied Sciences [online]. 2021, 2021, 11(11) [cit. 2022-08-18]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/11/4960>
2. MORAVEC, Vladimír. *Konstrukce strojů a zařízení II.: čelní ozubená kola: teorie, výpočet, konstrukce, výroba, kontrola*. Ostrava: Montanex, 2001. ISBN 80-722-5051-5.
3. RAGHUWANSHI, Naresh K. a Anand PAREY. A New Technique of Gear Mesh Stiffness Measurement Using Experimental Modal Analysis. Journal of Vibration and Acoustics [online]. 2019, 141(2), 13 [cit. 2022-08-18]. ISSN 1048-9002. Dostupné z: <https://doi.org/10.1115/1.4042100>
4. RAGHUWANSHI, Naresh K. a Anand PAREY. Experimental measurement of spur gear mesh stiffness using digital image correlation technique. Measurement [online]. 2017, 2017, 111(1), 93 - 104 [cit. 2022-08-18]. ISSN 0263-2241. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.07.034>.
5. SAXENA, Ankur, Manoj CHOUKSEY a Anand PAREY. Effect of mesh stiffness of healthy and cracked gear tooth on modal and frequency response characteristics of geared rotor system. Mechanism and Machine Theory [online]. 2017, 2017, 107(1), 261-273 [cit. 2022-08-18]. ISSN 0094-114X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2016.10.006>.

6. SLAVÍK, Jaromír, Vladimír STEJSKAL a Vladimír ZEMAN. Základy dynamiky strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-010-1622-6.
7. ŠALAMOUN, Čestmír, Žofie RYZCOVÁ a Miloš SUCHÝ. Čelní a šroubová soukolí s evolventním ozubením. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-030-0532-9.
8. WAN, Zhiguo, Hongrui CAO, Yanyang ZI, Wangpeng HE a Zhengjia HE. An improved time-varying mesh stiffness algorithm and dynamic modeling of gear-rotor system with tooth root crack. Engineering Failure Analysis [online]. 2014, 42(1), 157-177 [cit. 2022-08-18]. ISSN 1350-6307. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.04.005>
9. YU, Wennian a Chris K. MECHEFSKE. A New Model for the Single Mesh Stiffness Calculation of Helical Gears Using the Slicing Principle. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Mechanical Engineering [online]. 2019, 43(1), 503 - 515 [cit. 2022-08-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40997-018-0173-x>
10. ČSN 01 4607. Ozubená kola čelní s evolventním ozubením. Základní profil. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1978.
11. ISO 53:1998. Cylindrical gears for general and heavy engineering — Standard basic rack tooth profile. 2. Washington: Technical Committee ISO/TC 60, Gears, 1998.

Kontaktní údaje o autorech

Ing. Jan Flek

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav konstruování a částí strojů

Technická 4, 166 07, Praha 6

+420 721 439 742

jan.flek@fs.cvut.cz

ZNALOSTNÍ PODPORA STRATEGIE UDRŽITELNÉHO ROZVOJE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ PRŮMYSLOVÝCH PODNIKŮ

KNOWLEDGE SUPPORT OF THE STRATEGY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF PRODUCTION SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Petr Pergner, Tomáš Polák, Pavel Machala, Jan Horejc

Abstrakt

Současné problémové období přináší – jako vždy – vedle hrozeb, souvisejících s aktuálními rizikovými faktory, zároveň i výzvu a příležitost k nasazení a využívání výkonnější nástrojů, které si žádají moderní trendy v ekonomice i společnosti, jako jsou digitalizace, znalostní podpora rozhodujících činností a v neposlední řadě i uplatnění kroků, vedoucích k dalšímu udržitelnému vývoji průmyslových podniků.

Klíčová slova: strategie udržitelného rozvoje průmyslových podniků, udržitelný rozvoj výrobních systémů těchto podniků, znalostní podpora tvorby a aktualizace uvedené strategie.

Abstract

The current problematic period brings - as always - in addition to threats related to current risk factors, at the same time, a challenge and an opportunity to deploy and use more powerful tools, which demand modern trends in the economy and society, such as digitization, knowledge support of decisive activities and last but not least as well as the implementation of steps leading to the further sustainable development of industrial enterprises.

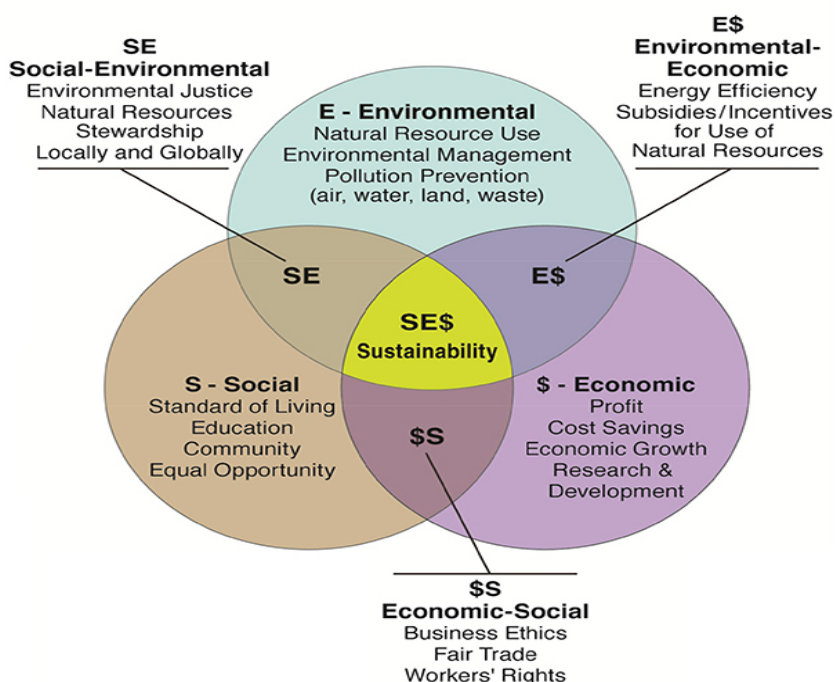
Key words: strategy for sustainable development of industrial enterprises, sustainable development of the production systems of these enterprises, knowledge support for the creation and updating of the said strategy.

Úvod

Již koncem minulého a začátkem tohoto století vznikaly první strategické dokumenty, které především iniciovaly vášnivé diskuse jak o jejich smyslu, tak o jejich obsahu. Tyto diskuse vedly k dalšímu precizování jak obsahu, tak i významu, a zároveň velmi často rozdělávaly danou společnost (či pracovníky nebo management podniků a institucí) na dva nesmiřitelné tábory. Vývoj společnosti, světové ekonomiky a zejména přírodního prostředí v posledním desetiletí však vyúsťuje do jiné klíčové otázky: jak co nejrychleji a nejefektivněji zajistit realizaci připravených strategických dokumentů.

1.1 Koncept udržitelného rozvoje

Udržitelný rozvoj má sice větší množství definic tohoto fenoménu, ale obsah a koncept udržitelného rozvoje je dlouhodobě znám. Je definován jako soubor nezbytných kroků, vedoucích k dotváření a vzájemném efektivním propojování tří oblastí (či pilířů) tohoto rozvoje: ekonomické, sociální a ekologické. Podle českého zákona o životním prostředí jde o „*takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.* Jeho znázornění pak může mít třeba tuto podobu: (viz obr. 1).



Obr. 1: Tři pilíře konceptu udržitelného rozvoje (| The National Academies Press, 2014).

A nyní by bylo možné uvést desítky dokumentů či stanovisek celosvětově působících orgánů či organizací, které tento koncept precizují a mění do návrhů plánů a projektů jeho realizace.

1.2 Agenda udržitelného rozvoje 2030

Velmi silně k rozvoji diskusí i k realizaci konkrétních kroků v této oblasti přispěly mj. i programové dokumenty OSN (či jejích komisí), které postupně vykrystalizovaly v tzv. Agendu 21 a posléze i v Agendu 2030, k níž pak jednotlivé zóny či oblasti (např. Evropa) a státy (vč. České republiky) vytvářejí svoje implementační dokumenty. V rámci těchto agend či implementačních dokumentů je definováni celkem 17 cílových oblastí, které jsou prezentovány v nejrůznějších podobách (viz např. obr. 2).



Obr. 2: Priority Evropské komise v oblasti udržitelného rozvoje (Internetová stránka EK, 2021).

1.3 Cíle udržitelného rozvoje

Těch **17 oblastí cílů**, definovaných v roce 2015, má tuto podobu:

No.1 – No poverty, No.2 – Zero hunger, No.3 – Good Health and Well-being, No.4 – Quality education, No. 5 – Gender quality, No. 6 – Clean water and sanitation, No. 7 – Affordable and clean energy, No. 8 - Decent work and economic growth, No. 9 – Industry, innovation and infrastructure, No. 10 – Reduced inequalities, No. 11 – Sustainable cities and communities, No. 12 – Responsible consumption and production, No. 13 – Climate action, No. 14 – Life below water, No. 15 – Life on land, No. 16 – Peace, justice and strong institutions, No. 17 – Partnership for the goals.

Jednotlivé oblasti pak definují základní dílčí cíle. Jako příklad uvedme (vzhledem k tématu konference) výčet základních hlavních dílčích cílů v oblasti 9, resp. 12 (dle českého realizačního dokumentu, a to pro české podmínky):

- Podporovat inkluzivní a udržitelnou industrializaci,
- Zajistit přístup malých průmyslových a jiných podniků k finančním službám,
- Zmodernizovat infrastrukturu a zdokonalit vybavení průmyslových podniků,
- Posílit vědecký výzkum, zlepšit technologickou vybavenost průmyslových odvětví,
- Výrazně zvýšit přístup k informačním a komunikačním technologiím,
- Dosáhnout udržitelného hospodaření s přírodními zdroji a jejich efektivního využívání,
- Dosáhnout šetrného nakládání s chemickými látkami a odpady, snížit produkci odpadů s pomocí prevence, redukce, recyklace a opětovného používání,
- Podporovat podniky, zejména velké a nadnárodní společnosti, aby přijaly udržitelné postupy a začlenily informace o udržitelnosti do svých pravidelných zpráv,
- Prosazovat udržitelné postupy v zadávání veřejných zakázek,
- Usměrnit neefektivní dotace na fosilní paliva podporující nadbytečnou spotřebu apod. V souvislosti s nejistotou dodávek plynu z Ruska roste tlak na další snižování vlastní spotřeby podniků vlastní výrobou elektrické energie instalací fotovoltaických panelů, a to především na střechách budov podniků.

2 Strategie udržitelného rozvoje průmyslových podniků

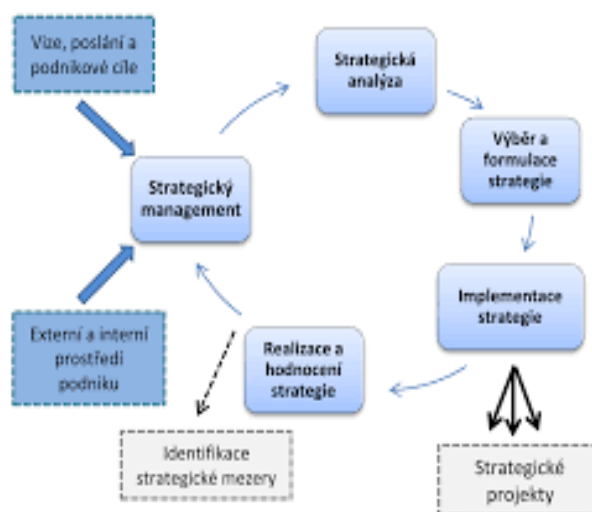
2.1 Strategie podniku a její aktualizace

Všechny úspěšné podniky plánují a realizují svoji kvalitní budoucnost s využitím vlastní strategie. Ta vedle své vize, mise a sdílených hodnot zahrnuje i dlouhodobé strategické cíle, jejichž realizace a naplňování je předmětem jejich každoročního vyhodnocení. V případě, že toto vyhodnocení konstatuje současně i vznik a začátek uplatňování nových vlivů (inovačních, technologických, obchodních, legislativních apod. – ideální je, když s těmito změnami přijde podnik sám), vzniká tzv. strategická mezera (GAP). Pak je obvykle nutné původní strategické cíle případně i aktualizovat, aby podnik místo zbytečného boje s progresivními změnami hledal cesty k jejich co nejefektivnějšímu využití. Tyto změny se obvykle připravují a realizují pomocí strategických projektů (viz obr. 3).

2.2 Strategie udržitelného rozvoje podniku

Podniky, které již vzaly za své potřebu udržitelného rozvoje, obvykle nevytvářejí samostatnou dílčí strategii udržitelného rozvoje podniku, ale na základě vytvořeného programového dokumentu k této záležitosti jednak aktualizují celkovou strategii podniku o aspekty a parametry udržitelného rozvoje a

dále pak k nastavení a udržování potřebných parametrů udržitelného rozvoje využívají zpravidla již zmíněných strategických projektů.



Obr. 3: Strategie podniku a její implementace (Juříček, 2014).

Jejich realizace (byť probíhá obvykle per partes) by měla postupně dospět do stavu, znázorněného na obr. 4.

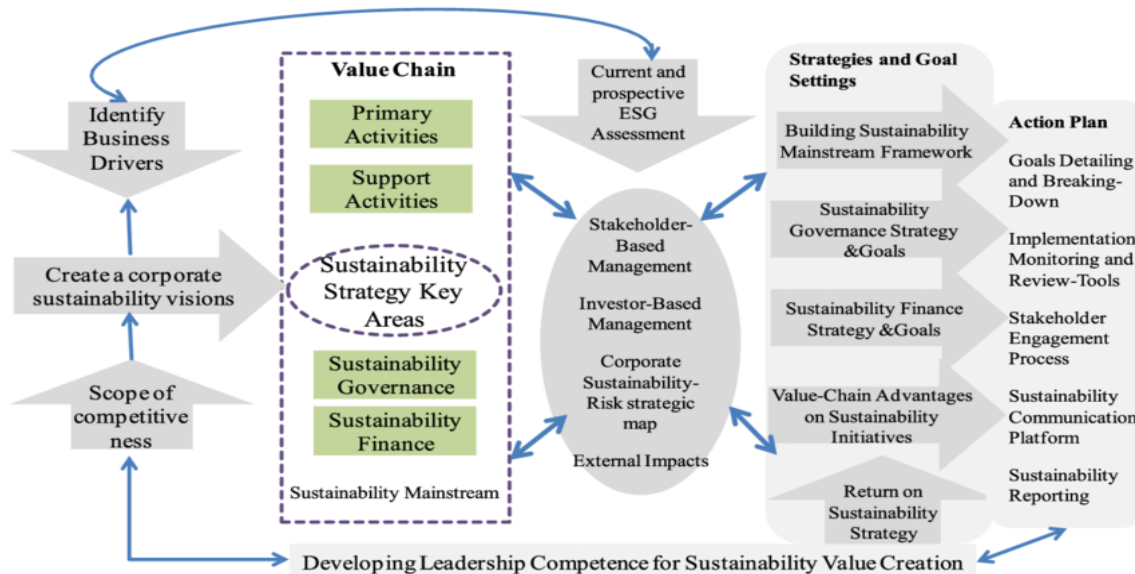


Obr. 4: Pět pilířů úspěšné strategie udržitelného rozvoje (EY partheon, 2021).

To je ovšem konečná podoba, jež vzniká víceletou činností a návrhem a realizací jednoho komplexního, či několika provázaných strategických projektů, jejíž realizaci musí řídit samotné vedení podniku, i když v některých případech může pro řízení realizace uvedené strategie vzniknout i specializovaná řídicí pozice s možným označením COS – Chief Officer of Sustainability (manažer udržitelného rozvoje). Realizace této strategie je však bez nadsázky záležitostí všech pracovníků podniku.

2.3 Fáze realizace udržitelného rozvoje podniku

Celý postup realizace strategie udržitelného rozvoje i jeho jednotlivé fáze mohou mít různou podobu (i obsah), ale daly by je znázornit tímto schématem (obr. 5):



Obr. 5: Udržitelnost společnosti, strategie, finance a rámec plánu řízení (Chaves, 2016).

3 Udržitelný rozvoj výrobních systémů

3.1 Udržitelnost rozvoje výrobních systémů

Znázornit současně všechny aspekty udržitelnosti výrobních systémů je nemožné. Vyjděme z tzv. rámce udržitelné hodnoty (obr. 6):



Obr. 6: Udržitelný hodnotový rámec (Ramsapur, Ward, 2017).

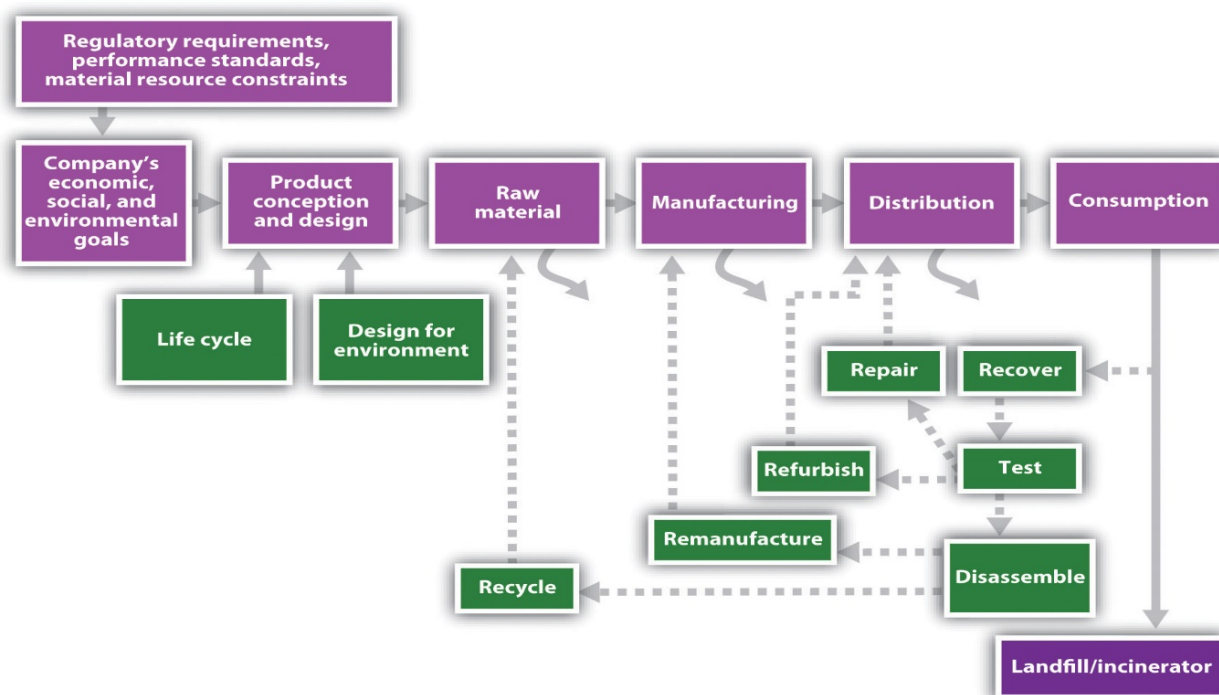
3.2 Hlavní aktivity vedoucí k udržitelnému rozvoji podniků

Obsah udržitelnosti rozvoje výrobních podniků představuje velmi dlouhý seznam aktivit, o nich by bylo možné nekonečně dlouho diskutovat. Do úvodu této diskuse dejme alespoň výčet těch, které považují autoři tohoto článku za nejdůležitější:

- Snížení provozních nákladů
- Porozumění a plnění legislativních požadavků
- Důraz na zdravé a produktivní pracovní prostory
- Navýšení tržní hodnoty podniku
- Zlepšení reputace a spolupráce
- Investice založené na znalostech
- Certifikace budov a pracovních prostor
- Optimalizace díky inovacím
- Porozumění a zmírnění rizik

3.3 Impulsy pro realizaci udržitelného rozvoje

Veškeré aktivity podniku v této oblasti by měly směřovat k tomu, aby se podnik stal trvalou součástí tzv. zeleného dodavatelského řetězce, jehož podobu lze znázornit např. takto (obr. 7)



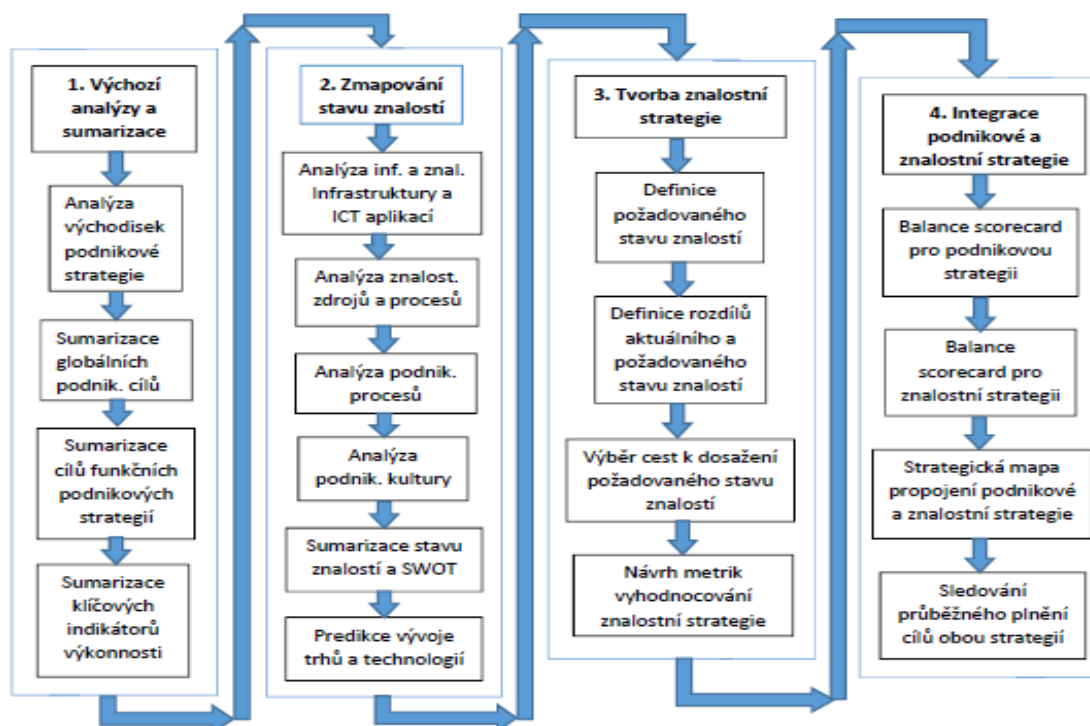
Obr. 7: Zelený dodavatelský řetězec (Eweje, Bathurst, 2019).

4 Znalostní podpora udržitelného rozvoje

Současně s uplatňováním udržitelnosti musí podnik implementovat i cesty a nástroje další vývojových imperativů, jako je např. digitalizace či znalostní podpora rozhodujících aktivit.

4.1 Znalostní podpora tvorby a realizace podnikové strategie

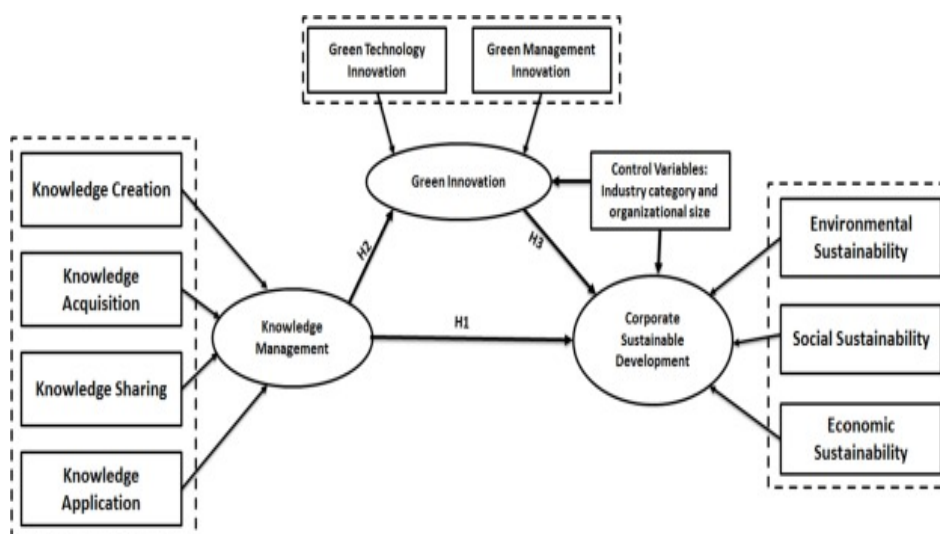
Problematika znalostní podpory tvorby strategií, byť již dlouho deklarovaná, je teprve na začátku a její možno obecně znázornit takto (obr. 8):



Obr. 8: Znalostní podpora tvorby podnikové strategie (Pergner, 2022).

4.2 Znalostní podpora udržitelného rozvoje

Uvedený model lze pak zkonkretizovat do podoby modelu znalostní podpory (obr. 9):



Obr. 9: Znalostní podpora strategie udržitelného rozvoje (Abbas, Sagsan, 2019).

Závěr

Příspěvek podává v co nejstručnější podobě návrh postupu na znalostní podporu tvorby a realizace strategie udržitelného rozvoje výrobních systémů průmyslových podniků.

Prameny

1. *Sustainability: From Ideas to Actions. Sustainability Concepts in Decision-Making: Tools and Approaches for the US Environmental Protection Agency.*. The National Academies Press 2014,
2. Internetová stránka EK. *Holistický přístup EU k udržitelnému rozvoji. Přístup EU k provádění agendy OSN pro udržitelný rozvoj 2030 spolu s členskými státy.* Přístupné z <http://ec.europa.eu/info/strategy/international-strategies/sustainable-development-goals>, 2021.
3. JURÍČEK, Ondřej. *Strategie podniku a její implementace prostřednictvím metody BSC.* Diplomová práce E-SF MUNI. Brno, 2014,
4. EY partheon: *Greenwashing wan't wash – the new sustainability imperative.* Ernst Young partheon, January 2021;
5. Chaves, J. A.. *Corporate sustainability, strategic, finance & governace plan.* Dostupné z: <http://www.environgrade.com>, accessed in July, 2016.
6. Ramsapur, P., Ward, M. *Enabling Green skills: Pathways to Sustainable Development. A Source Book to Support Skills Planning for Green Economies.* Department of Environmental Affairs Republik of South Africa, 2017,
7. Eweje, G., Bathurst, R. *A framework for the best green supply chain management practices implementation,* Sustainability Reporting SaaS, červenec 2019,
8. Perger, P. *Znalostní management a jeho využití v průmyslových podnicích – Znalostní podpora podnikové strategie a funkčních strategií.* Disertační práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni – Fakulta strojní, KPV, 2022
9. Abbas, J., Sagsan, M. *Impact od knowledge management practices on grrren innovation and corporate sustainable development: A structural analysis.* Journal of Cleaner Production, 2019, str. 617–620, [cit. 20. 8. 2019], Elsevier. Dostupné z: [http://www.sciencedirect.com/science/article\(abs/pii/S0959652619315409](http://www.sciencedirect.com/science/article(abs/pii/S0959652619315409).

Kontaktní údaje o autorech

Ing. Petr Pergner

doktorand PIM FST ZČU v Plzni; zam.: Doosan Škoda Power, s.r.o.

Univerzitní 22; 301 00 Plzeň; zam.: Tylova 1/57; 301 00 Plzeň

737 268 786

petr.pergner@doosan.com

Ing. Tomáš Polák

doktorand PIM FST ZČU v Plzni; zam.: BORGES CS, spol. s r. o.

Univerzitní 22; 301 00 Plzeň; zam.: Volduchy 395; 338 22 Volduchy

737 859 212

polak.tomas.design@gmail.com

Ing. Pavel Machala

doktorand ÚŘEP FST CVUT V Praze; zam. NKT Kladno s.r.o.;

Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2; zam.: Průmyslová 1130, 272 01 Kladno

725 647 411

pavel.machala@gmail.com

doc. Ing. Jan Horejc, Ph.D.

ÚŘEP FS ČVUT v Praze

Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2

+420 224 355 784

jan.horejc@fs.cvut.cz

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ORGANIZATION IN POST-PANDEMIC WORLD – QUANTITATIVE INQUIRY

Ján Holý

Abstract

Man, through his technology has long been engaged in extending of his sense organs as to disturb all of his other senses and faculties. If electric speed, "as the result of uprooting and inundation with new information and endless new patterns of information," is according to Marshall McLuhan causing mental breakdown of varying degrees, ICTM/T mobile work is by influencing individual's mental health, shaping the world of organizations, work ecosystems and processes, and hence significantly changes contemporary forms of collectivity. In this paper I therefore describe the researched subject through literature review and statistical findings, and in its practical part, I investigate the impact of the use of information and communication technologies (conditioned by the outbreak of the COVID-19 pandemic) on the physical, psychological, and social causalities of the R&D organization. Finally, I draw the reader's attention to the potentially significant theoretical contribution of this research in relation to the wider social context.

Key words: Digital transformation, organizational dimension, structuration, information and communication technology, COVID-19 pandemic.

Introduction

"Many different people of the world believed - and some still do - that behind the immediate physical reality of things lie spirit, that even seemingly inanimate objects, rocks or earth have living force within them," writes Alvin Toffler, adding that for these people "the entire environment is alive." "Today, as we construct a new info-sphere for the Third Wave civilization," Toffler continues, "we are imparting to the "dead" environment around us not life but intelligence." The key to this revolutionary progress is according to him the computer (Toffler 1980, p. 168).

In recent years, the COVID-19 pandemic not only scrutinized the efforts and progress of every organization's digital transformation, but also their lack. According to IBM study, producers learned how quickly and successfully get new products to market, retailers, how to provide customers with new and safer ways to shop, and employers how effectively adopt or extend technologies that let employees work from home (IBM 2020, online).

"With the active involvement of personnel and customers (through artificial intelligence, automation, and human-centered IT design), the "smarter" companies are now working to streamline and optimize all interactions," claims the study. "Digital transformation must therefore make employee's experience a top priority, i.e., it must enable them to improve their daily work experience and to develop their professional careers" (IBM 2020, p. 7). And this is particularly important now, in the current post-pandemic world, when competition for skilled workers is steadily growing (VDI 2022, p. 16).

Information above thus not only confirm Toffler's statement, that "human intelligence, imagination, and intuition will continue to be far more important than the machine in the foreseeable decades," (Toffler 1980, p. 174), but also makes us anticipate, (as done before by Toffler), that although at most "technological extension of sense organs" (McLuhan 1964, p. 85), computers will nevertheless

deepen the entire culture's view of causality, strengthen our understanding of the interrelatedness of things, and might also help us to synthesize meaningful "unities" out of the seemingly unrelated sets of information revolving around (Toffler 1980, p. 174-175).

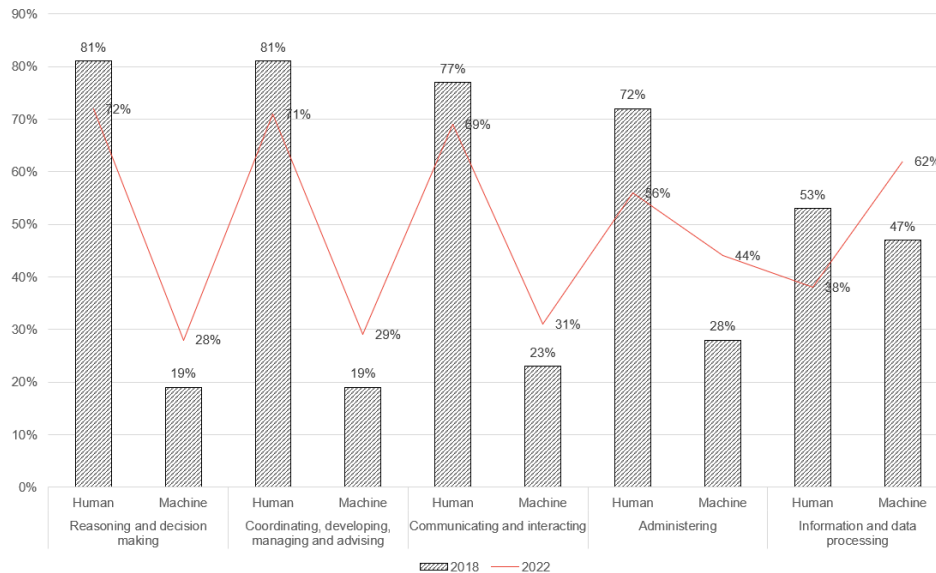


Fig. 1. Hours worked by humans and machines, 2018 vs. 2022 (IBM 2020, p. 8).

In line with this reasoning, it can therefore be suggested, that technology itself is only part of a complex puzzle which must be solved for organizations to remain competitive in a digital world. According to Vial, strategies as well as changes to an organization, including its structure, processes, and culture, are required to “yield the capability to generate new paths for value creation” (Vial 2019, p. 119).

And indeed, the fact that digital transformation concerns rather the ability to adapt than technology as such, is also confirmed by Toffler (Toffler 1980, p. 201):

„A typical computer terminal uses only 100 to 125 watts or less when it is in operation, and a phone line consumes only one watt or less while it is in use. Making certain assumptions about how much communication equipment would be needed, and how long would it operate, Nilles calculated that “the relative energy consumption advantage of telecommuting over commuting (i.e., the ration of commuting energy consumption to telecommuting consumption) is at least 29:1 when the private automobile is used; 11:1 when normally loaded mass transit is used; and 2:1 for 100 per cent utilized mass transit systems.”

1 Structure of the organization – theoretical background

According to Henry Mintzberg the structure of an organization can be defined as “the sum total of the ways in which it divides its labor into distinct tasks and then achieves coordination among them” (Mintzberg 1979, p. 2). The structure of the organization includes therefore not only division of labor into various task and interconnection mechanisms between tasks but also coordination mechanisms (Mintzberg 1984, p. 322).

Furthermore, elements of organizational structuring show according to him not only tendency to appear in five’s, but also suggest typology of five basic configuration which can be again expressed by five coordinating mechanisms explaining the fundamental ways in which organizations coordinate their work (Mintzberg 1984, p. 324):

- a. **Direct supervision**, where one individual (typically a manager) gives specific orders to others and thereby coordinates their work.
- b. **Standardization of the work processes**, where the work is coordinated by imposition (typically by analysts of the technostructure) of standards.
- c. **Standardization of outputs**, where the work is coordinated by the imposition (again often by analysts of the technostructure) of the standard performance measures or specification concerning outputs of the work.
- d. **Standardization of skills**, where the work is coordinated by the internalization by individuals of standard skills and knowledge usually before they begin to do the work.
- e. **Mutual adjustment**, where individual coordinate their own work by communicating informally with each other.

For British sociologist Anthony Giddens, the structure is “the rules and resources drawn upon in the production and reproduction of the social action,”- they are “the means of system reproduction”, - they are “the duality of structure.” (Giddens 1984, p. 25)

“Let me summarize the argument thus far” writes Giddens, and continues: “Structure, as recursively organized sets of rules and resources, is out of time and space, save in its instantiations and coordination as memory traces, and is marked by an ‘absence of the subject’. The social systems in which structure is recursively implicated, on the contrary, comprise the situated activities of human agents, reproduced across time and space.”

His theorem of the duality of structure is logically implied in Tab.1:

Tab. 1. The duality of structure (Giddens 1984, p. 25).

Structure (s)	System (s)	Structuration
Rules and resources, or sets of transformation relations, organized as properties of social systems	Reproduced relations between actors or collectivities, organized as regular social practices	Conditions governing the continuity or transmutation of structures, and therefore the reproduction of social systems

2 Technology and its role in structuring

Although Giddens does not deal in his theory with technology in detail, his structuration paradigm has according to Orlikowski been employed to study not only technology-induced organizational change but also applied to the group decision systems and also computer conferencing systems. However, no attempt has according to her been made to re-conceptualize the notion of technology or to reformulate the relationship between technology and organizations (Orlikowski 1992, p. 405).

“Early research studies assumed technology to be an objective, external force that would have deterministic impacts on organizational properties such as structure,” writes Orlikowski in her article “The Duality of Technology” and adds, that even later researchers focused only on the human aspect of technology, seeing it as the outcome of strategic choice and social action (Orlikowski 1992, p. 399).

Since either view is according to her incomplete, she proposes reformulation of the technology concept and the structurational model of technology which allow a deeper and more dialectical understanding of the interaction between technology and organizations.

“In suggesting that we try and understand technology from the point of view of structuration,” continues Orlikowski further, “I propose that it be considered as one kind structural property of organizations developing and/or using technology. That is, technology embodies end hence is an instantiation of some of the rules and resources constituting the structure of an organization.” (Orlikowski 1992, p. 405)

Her structural model of technology includes the following components (Orlikowski 1992, p. 409):

1. **Human agents** – technology designers, users, and decision-makers,
2. **Technology** – material artifacts mediating task execution in the workplace,
3. **Institutional properties of organizations** – including organizational dimensions such as structural arrangements, business strategies, ideology, culture, control mechanisms, standard operating procedures, division of labor, expertise, communication patterns, as well as environmental pressures such as government regulation, competitive forces, vendor strategies, professional norms, state of knowledge about technology, and socio-economic conditions.

3 COVID-19 pandemic and telework

The World Health Organization (WHO) officially declared a global state of emergency (PHEIC) on January 30, and characterized a novel coronavirus outbreak a pandemic on March 11, 2020. By March 11, 2022, more than 450 million cases of infection had been confirmed and more than 6 million deaths, making COVID-19 one of the deadliest pandemics in history (WHO 2021-2022, online).

Telework has consequently been proposed by the World Health Organization as one of the measures against its spread and has been successfully implemented by organizations and governments around the world. As of March 2020, more than 3.5 billion individuals have remained in their homes, which means that several million have also worked remotely, creating the conditions for “the most extensive mass teleworking experiment in history” (Eurofound and ILO 2020, p. 1).

Even though there is no generally accepted definition of mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T), this work arrangement can be described as a type of work and / or provision of services performed remotely, and online, using smartphones, tablets, laptops, desktop computers or telematics technology (Messenger 2017, p. 5).

Operational definitions according to Messenger fall typically into one of two overlapping categories: work performed with the help of ICT from outside the employer’s premises (A), and work done from home (B).

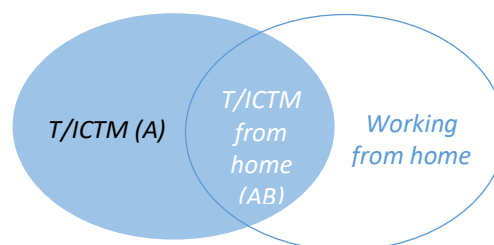


Fig. 2. Work arrangements used to describe telework phenomenon (Messenger 2017, p. 5).

3.1 Survey location

As a technology company, the ξ develops innovative products and systems that contribute to the reduction of CO₂ emissions and to the evolution of intuitive driving. In 2021, the ξ achieved worldwide sales of € 17.3 billion, of which 12 % of OE sales was attributed to R&D effort.

In 2021, the ξ employed a total of 103,300 employees in 31 countries, had 184 production sites, 64 research and development centers, 16 distribution platforms, filled 1448 initial patents and develop new competencies in cyber security, AI, cloud computing and community management. The global presence of ξ (including sales) is shown in Figure 3.

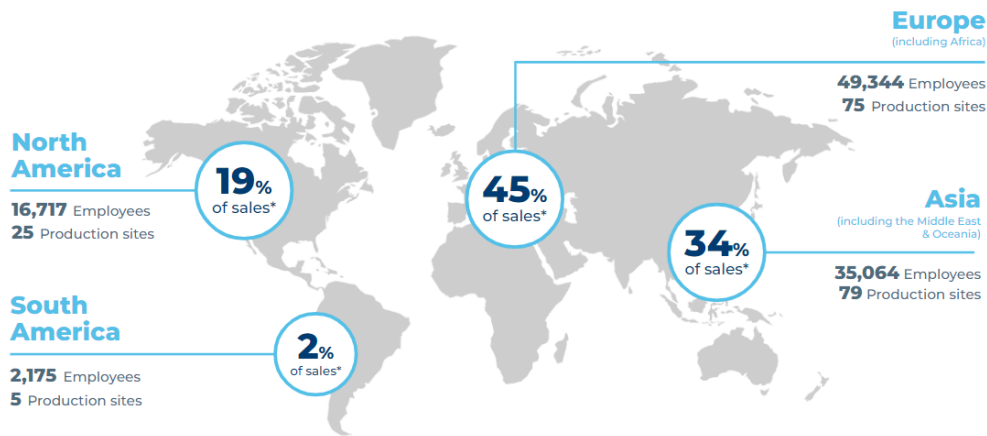


Fig. 3. Global presence of the ξ corporation (Corporate presentation 2022, p. 6).

It is also noteworthy that 55% order intakes in ξ represents orders which involves innovations, and € 1,704 billion is dedicated to R&D effort.

Business group α , which focuses on intuitive control, connectivity driving and driving automation solution, contributes to the company’s sales in the amount of € 3.417 million, which represents 20 % of the group's total sales. Business group α has 20,800 employees, 28 production plants and 17 research and development centers. The product group A_1 of the company ξ , is a part of α business group, and its structure is in more detail shown on Fig. 4.

The quantitative survey was conducted in two product lines PL P_{11} and PL P_{12} of the A_1 product group and the HR department.

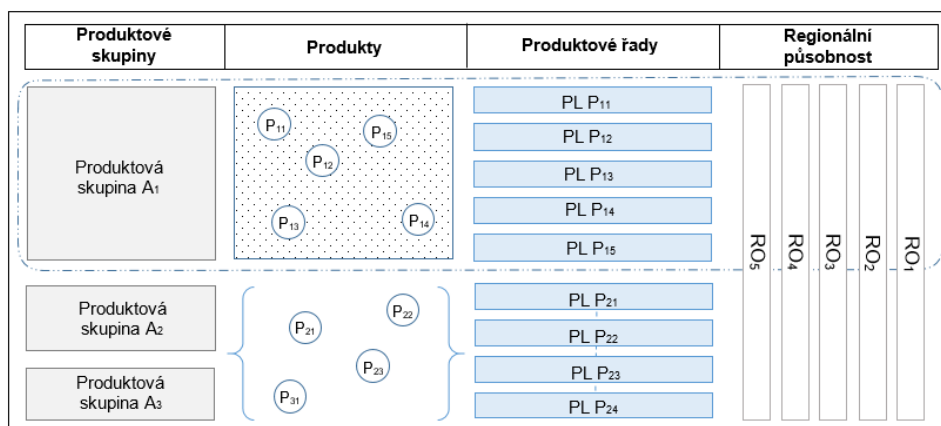


Fig. 4. Schematic view of the A_1 product group (CPM 2021, p. 4)

3.2 Research methods and questions

This quantitative study, which as part of the larger and ongoing field study at ξ , used comparative analysis, questionnaire and unstructured observations. To answer questions related to digital transformation (particularly in connection with the work practices reconfigured by digital technologies and the COVID-19 pandemic), which help to determine the impact of T/ICTM on the physical, psychological, and social causalities of the structure - i.e.:

- a. Employee's well-being,
- b. Employee's productivity,
- c. The values of the organization,

a group of employees at ξ , were interviewed through a dichotomous computer questionnaire survey.

This not only enabled us to gain new insights on the artifacts, which will be to the post-pandemic workplace of the future of most importance, but by outlining the characteristics of the group thus permitted us to achieve a new insight on pandemic - technology – employee triad.

3.3 Characteristics of the interviewed group

The questionnaire was distributed through the Google Form to 180 employees of the PL P₁₁, PL P₁₂ and HR departments in October 2020. A total of 56 employees participated in the questionnaire survey, (which represents 31% of the sum total). 49 employees answered the questions in Czech and 7 employees in English. In Czech speaking group, 38 respondents held different than managerial position while in English speaking group this figure was 6. There were 37 men and 13 women in Czech speaking group and 5 men and 2 women in English speaking group which took part in the survey.

The age groups of the surveyed employees were as follows:

For Czech-speaking employees, the age group from 30 to 39 years represented the largest group interviewed, (24 people), followed by the age group from 40 to 49 years (15 people) and the age group from 20 to 29 years (9 people). One person aged 60 to 69 also took part in the questionnaire. For the smaller English-speaking employees, the age group from 30 to 39 years was represented by 4 people, by 1 person aged from 20 to 29 years, one person aged from 50 to 59 years and one person did not want to declare his or her age.

The favorite color for Czech-speaking respondents is **blue** (12 respondents), **green** (7 respondents), and **black** (5 respondents), for English-speaking respondents it is **blue** (3 out of 7).

The interviewed group considered the most attractive the picture No. 1 (24 Czech 5 English speaking respondents), where picture No. 2 was the second most popular among Czech speakers (20 respondents) and picture No. 3 among English speakers (3 respondents).



Fig. 5. Pictures that employees considered at the time the most attractive (Holy 2021, p. 7)

Most employees of the Czech-speaking group felt in the given period (October) happy (33 Czech-speaking employees), but most English-speaking respondents (4 out of 7) did not. 11 Czech and 1 English-speaking respondents did not want to answer this question.

4 Findings and Results

The findings and results of this quantitative research supports the general view, advanced also by the findings of the Eurofound and the Czech Statistical Office that the number of people using ICT is increasing.

According to EUROFOUND 18 % of employees used T / ICTM technology in the EU in 2015, about 3 % of workers performed regular telework, about 5 % used highly mobile T / ICTM and about 10 % used occasional T / ICTM (Messenger 2017, p. 15). COVID-19 pandemic therefore the way work is being done and where it takes place has changed in a somewhat fundamental way.

The figure below shows the frequency of T / ICTM work arrangements of the PL P₁₁ and PL P₁₂ product lines in 2019, i.e., **before** the outbreak of the COVID-19 pandemic.

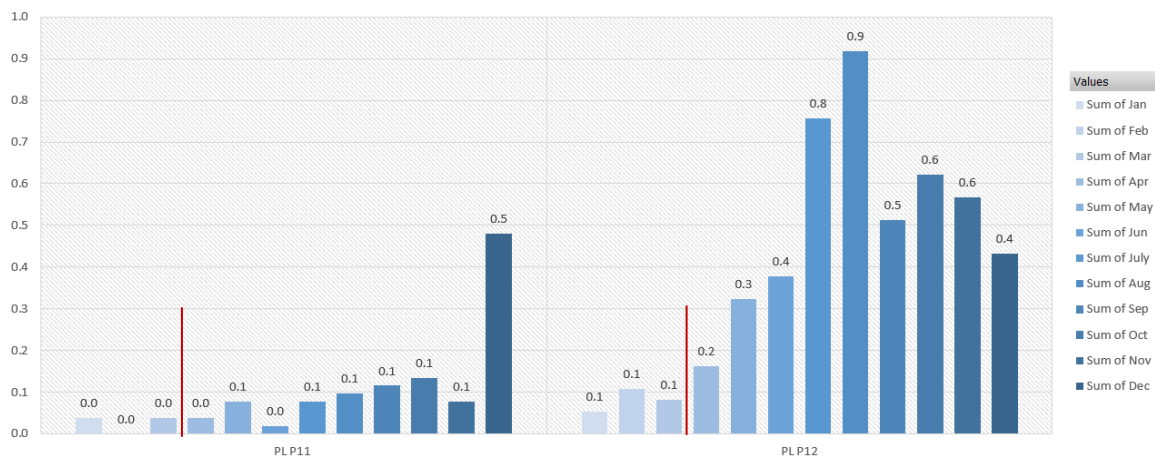


Fig. 7. Number of days of ICTM/T per employee of the PL P₁₁ and PL P₁₂ product lines in individual months in 2019, i.e., **before** the COVID-19 outbreak (Holy 2021, p. 1)

The graph above indicates, that in 2019 the average number of days of mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T) per employee was only 0.1 days per month in the PL P₁₁ product line, and 0.4 days per day in the PL P₁₂ product line, which means that mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T) in 2019 was practically not existent. The chart also shows that, especially in July and August, the requirements for remote work increased, where the most requests were recorded in the PL P₁₁ department in December and within the PL P₁₂ department in August 2019.

Fig. 8 for comparison shows the frequency of T / ICTM work arrangements of the PL P₁₁ and PL P₁₂ product lines in 2020, i.e. **after** the COVID-19 pandemic outbreak.

The statistical survey shows that the average number of days in 2020 where mobile work with information and communication technologies (ICTM) use or telework (T) was 14.4 days per month per employee (in both product lines), which compared to year 2019 represents increase 35 times for the PL P₁₂ and up to 144 times for the PL P₁₁ product line.

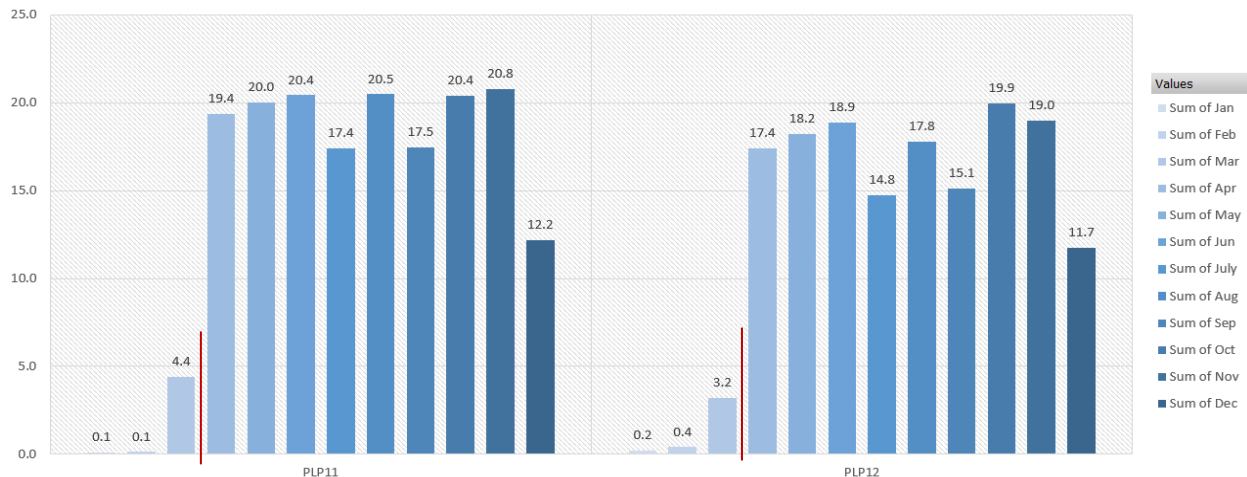


Fig. 8. Number of days of ICTM/T per employee of the PL P₁₁ and PL P₁₂ product lines in individual months in 2020, i.e., **after** the COVID-19 outbreak (Holy 2021, p.1)

Requests of ξ employees for mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T) in 2020 (after the turning point that occurred in March 2020) were stabilized in April, May, July, and a slight decline was recorded in July and September. Demands have risen again since October, reached a maximum within the PL P₁₁ product line in November and then declined in both departments, reaching a post-pandemic minimum in December. The average number of employees' requests for ICTM / T work arrangements (period April-December) thus in 2020 represented 18.7 days for the PL P₁₁ product line and 16.9 days for the PL P₁₂ product line.

4.1 Questionnaire survey

The questionnaire survey, which was also part of this quantitative research suggests, that even though employees of the ξ organization will face the future without the COVID - 19 pandemic with optimism and resilience, most of them also believe that not only tools for virtual cooperation and IT infrastructure, but also greater flexibility in terms of working time will have for the post-pandemic workspace of the future a particular importance. As evidenced by previous statistics, most employees did not work remotely before the COVID-19 pandemic and at present also believe, that telework doesn't have a significant impact on their productivity. Most of them would also like to work remotely at least two days per week once the pandemic is over.

Information and communication technologies were, in comparison with the situation before COVID-19, used to a similar extend during 2021 by the majority, (while also a significant number is using ICT more often at present). It can also be suggested that even though most employees claim that their productivity is comparable with pre-pandemic levels or improved, the ICTM/T work arrangements without further adjustment will influence productivity in rather unfavorable way.

The majority of Czech-speaking employees of the ξ believe that the COVID-19 pandemic has also affected the values and culture of the organization they are a part. On the other hand, the ratio of agreement to strong disagreement with the statement for English-speaking employees was equivalent.

Regarding employee well-being at work, most Czech-speaking employees assert that the COVID-19 pandemic has affected their physical and mental well-being. The survey also indicate that the COVID-19 pandemic has rather negative effect on the psychological well-being of the company's English-speaking employees.

Despite the findings, most of ξ employees felt at the time of this survey happy. During 2020 and 2021 employees faced problems related to a lack of social interaction, separation from office space, limited communication opportunities, isolation, and burnout.

It can also be assumed that in order to maintain a balance between employees' well-being at work, their productivity, and also the values of the organization, it will be necessary to create such a hybrid workplaces where most employees will flexibly alternate during (and not only) the working week. Because hybrid workspace is relatively new work arrangement, it is likely that it will to some extent change not only the organizational culture, employee involvement, their way of working, use of office space and information technologies, but inevitably also the leadership.

Key findings:

1. Employees of the ξ organization claims that they would like to work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T) more often. Q4, Q5.
2. Even though T / ICTM work arrangements has not reduced their work performance, ξ employees want to work with their colleagues personally more often. Q6, Q7, Q11.
3. Employees of the ξ organization believe that even though the COVID-19 pandemic has not fundamentally affected their ICT use, their role in shaping post-pandemic workplace will play a significant role in the future. Q6, Q7, Q8.
4. Employees of the ξ organization feel, despite the pitfalls associated with the COVID-19 pandemic, happy. Q10, Q16.

5 Discussion and critical reflection

The introductory part of this quantitative survey suggests that the transition from the mechanistic industrial era to a digitized business environment has also led to a shift from a bureaucratic administrative structure to a more organic one, characterized by automation of operating core and dynamic environments, (i.e. environments associated with intermediate variables of stability, complexity, market diversity and hostility) (Mintzberg 1979, p. 264 and 270, Pulley, Sessa 2001, p. 225).

During this period, mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T), grew globally. According to the Eurofound findings in the EU in 2015, around 3% of workers performed regular teleworking from home, around 5% used highly mobile T / ICTM and around 10% used occasional T / ICTM (Messenger 2017, p. 14).

In the context of the COVID-19 pandemic, mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T) has proved to be an important element in ensuring business continuity, while under normal circumstances its benefits also include reduced commuting time, a greater opportunity for workers to focus on their work tasks outside distractions in the office space, as well as the opportunity to achieve a better work-life balance (Fedaková, Ištoňová 2017, p. 78).

However, even though mobile work using information and communication technologies (ICTM) or telework (T) offers, according to the ILO, the possibility of more flexible scheduling of work responsibilities (and also the freedom to work from an alternative place), it should also be added that risks associated with this work arrangements such as isolation (especially for individuals living alone), must be foreseen and prevented.

Another part of this quantitative survey suggests that although employee productivity (compared to the pre-COVID-19 pandemic) hasn't changed (63 % in the Czech-speaking group and 86 % in the English-speaking group), and 31 % of employees in the Czech and 14 % in the English-speaking group also claims that compared to the pre-pandemic situation it has even increased, (6 % of Czech-

speaking employees claim that their productivity has decreased), their psychological well-being will be in the future affected by :

Lack of social interaction (55 % Czech-speaking and 57 % English-speaking employees), limited communication (51 % Czech-speaking and 86 % English-speaking employees), and detachment from the office (45 % Czech-speaking but only 14 % English-speaking employees, English-speaking respondents cited isolation as 3rd factor – 86 % of respondents).

A quantitative survey also shows that although the employees of an industrial organization ξ (with values related to ethics, transparency, accountability, professionalism, and teamwork) had been during the COVID-19 pandemic more productive, they also faced problems related to unmanageable workloads and burnouts.

Conclusion

The purpose of this survey was to map findings of the statistical surveys on ICTM/T work arrangements and in the context of COVID-19 pandemic to contribute to this debate by quantitative research.

From the above findings it follows, that digital transformation will be successful in the long run only if the overall organizational strategy or long-term organizational goals meet the need to adopt new digital tools or resources (IBM 2020, online).

As also highlighted by shared ILO - Eurofound report, one of the main drivers for adopting T/ICTM, and flexible work arrangement is improvement of employee's work – life balance. ICT, by minimizing commuting time and/or by adapting their working hours to their personal needs enables employees' better balance their work and personal life (Messenger 2017, p. 9).

It can also be suggested that organizational ecosystem, as a structural element of the verbal community, is determined not only by communication among individuals but also by the type of equipment used by this community (as ready-at-hand) (Flores 1982, p. 45, Mintzberg 1979 p. 249).

Computers, as McLuhan observed a decades ago, hold out the promise of a means of instant translation of any language or code into another language or code, and although not as efficient as skilled people with the ability to lead, computers can, in certain areas, go well beyond human capabilities. *"Computers never forget, they don't have to sleep, and they can be programmed never to stop trying"* writes McLuhan, *"the computer, in short, promises by technology a Pentecostal condition of universal understanding and unity"* (McLuhan 1964, p. 114).

And also new forms of management. Management based on openness, listening and ability to secure human determination. Management, which has a real interest in articulating the activation of these networks, primarily through guarantees and requirements.

Management, which according to Peter Drucker, is *"a catalyst and a real alternative to rapid economic development through fear, autocracy, through the reduction of the person in the inhuman gear of totalitarian society to a minimum"* (Drucker 2007, p. 37), an alternative that enables economic and social development through freedom and human dignity.

Literature

1. BOCKSTAHLER, Milena, Mitja JURECIC a Stefan RIEF, 2022. Home office Experience 2.0: What does the return to the office look like? *Changing ecosystems – future scenarios for business events in the age of borderless communication* [online]. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2022, 24 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: doi:10.24406/publica-7
2. CORTELLAZZO, Laura, Elena BRUNI and Rita ZAMPIERI., 2019. The Role of Leadership in a Digitalized World: A Review. *Frontiers in Psychology* [online]. 10 [cit. 2022-03-09]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2019.01938
3. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD., 2021. *Využívání informačních a komunikačních technologií v podnikatelském sektoru - 2020* [online]. Praha: Odbor statistik rozvoje společnosti, 2021 [cit. 2022-03-09]. ISBN 978-80-250-3069-1. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vyuzivani-informacnich-a-komunikacnich-technologii-v-podnikatelskem-sektoru-rok-2019-aktualni-mesic-roku-2020#>
4. DESANCTIS, Gerardine a Marshall Scott POOLE., 1994. Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory. *Organization Science* [online]. 5(2), 121-147 [cit. 2022-06-11]. ISSN 1047-7039. Dostupné z: doi:10.1287/orsc.5.2.121
5. DENNIS, A.R. a J.S. VALACICH., 1999. Rethinking media richness: towards a theory of media synchronicity. *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers* [online]. IEEE Computer Soc., 10- [cit. 2022-06-08]. ISBN 0-7695-0001-3. Dostupné z: doi:10.1109/HICSS.1999.772701
6. DRUCKER, Peter., 2007. *People and performance*. Boston: Harvard Business School Press, ISBN 978-1-4221-2065-1
7. EUROFOUND., 2022. Teleworking. *Eurofound* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.eurofound.europa.eu/topic/teleworking>
8. FEDÁKOVÁ, Denisa a Lucia IŠTOŇOVÁ., 2017. Slovak IT-Employees and new ways of working: impact on work-family borders and work-family balance. *Československá psychologie* [online]. LXI (1), 16 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.3b5231f9-45d8-4187-8263-a913e8577d41>
9. FLORES, Fernando., 1982. *Management and Communication in the Office of the Future* [online]. Berkeley, [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=u27HyrMAAAAJ&citation_for_view=u27HyrMAAAAJ:uc_IGeMz5qoC. Thesis/dissertation. University of California.
10. GIDDENS, Anthony., 1984. *The constitution of Society: Outline of the theory of Structure*. Cambridge: Polity Press, ISBN 978-0-7456-0006-2.
11. IBM., 2020. Defining digital transformation, *IBM* [online]. New York: ibm.com, 2021 [cit. 2022-05-29]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/digital-transformation>
12. KANE, Gerald., 2017. Digital Transformation' Is a Misnomer: It's not about digital or transformation. It's about adaptation. *MIT Sloan Management Review* [online]. Cambridge, Massachusetts: MIT Sloan School of Management, 2017 [cit. 2022-06-05]. Dostupné z : <https://sloanreview.mit.edu/article/digital-transformation-is-a-misnomer/>
13. MCLUHAN, Marshall., 2017. *Understanding media: the extensions of man*. 4. Berkeley: Gingko Press. ISBN 978-1-58423-073-1.
14. MESSENGER, Jon, Oscar Vargas LLAVE a Lutz GSCHWIND., 2017. *Working anytime, anywhere: The effects on the world of work* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 80 s. [cit. 2022-03-10]. ISBN 978-92-897-1568-3. Dostupné z : <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2017/working-anytime-anywhere-the-effects-on-the-world-of-work>

15. MINTZBERG, Henry and Eli BERNIKER., Structure in Fives: Designing Effective Organizations. *Administrative Science Quarterly* [online]. 1984, 29(2) [cit. 2022-04-20]. ISSN 00018392. Dostupné z: doi:10.2307/2393181
16. MINTZBERG, Henry, 1979. *The Structuring of Organizations: The Theory of Management Policy Series*. 1. New Jersey: Prentice-Hall. ISBN 0-13-855270-3.
17. ORLIKOWSKI, Wanda J., 1992. The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations. *Organization Science* [online]. 3(3), 398-427 [cit. 2022-03-10]. ISSN 1047-7039. Dostupné z: doi:10.1287/orsc.3.3.398
18. PLÜNNECKE, Axel a Ingo RAUHUT, 2022. *VDI-/IW-INGENIEURMONITOR 1. QUARTAL 2022* [online]. Düsseldorf: Institut der Deutschen Wirtschaft [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://www.vdi.de/ueberuns/presse/publikationen/details/ingenieurmonitor-2022i>
19. TOFFLER, Alvin., 1980. *The Third Wave*. 1. New York: A Bantam Book. ISBN 0-553-24698-4.
20. Twilio., State of Customer Engagement Report 2022, 2022. *Twilio* [online]. San Francisco, California: twilio.com, 2022 [cit. 2022-06-05]. Dostupné z: <https://www.twilio.com/>
21. VIAL, Gregory., 2019. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems* [online]. 28(2), 118-144 [cit. 2022-05-29]. ISSN 09638687. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsis.2019.01.003
22. WORLD HEALTH ORGANIZATION., 2021. *WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard* [online]. [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://covid19.who.int/>

Author contact details

Ing. Jan Holý, MBA

VALEO SCHALTER UND SENSOREN GmbH,

Laiernstraße 12 - 74321 - Bietigheim-Bissingen (GERMANY)

+420 607 869 014

jan.holy@valeo.com, jan.holy@fs.cvut.cz,

Attachments

1. Post-pandemic workspace of the future – Questionnaire

Quantitative questionnaire - (Please note, that this is not an official company survey, but a survey for dissertation purposes only)

* Required

1. Please let us know your language preferences *

Mark only one oval.

English *Skip to question 2*

Czech *Skip to question 17*

English version

2. Can you tell us your department? *

Mark only one oval.

- PLP₁₁
- PLP₁₁
- HR
- Other

3. Can you tell us your job assignment? *

Mark only one oval.

- Managerial role
- Non managerial role
- Other: _____

4. How often did you work remotely before COVID-19 pandemic?

Mark only one oval.

- I did not work remotely
- Less than one day per week
- Two days per week
- Three days per week
- Four days per week
- Five days a week

5. How often would you like to work remotely once COVID-19 is over? *

Mark only one oval.

- I will not work remotely
- Less than one day per week
- One day per week
- Two days per week
- Three days per week
- Four days per week
- Five days per week

6. Which of the following best describes your productivity working remotely compared to before COVID-19? *

Mark only one oval.

- Less productive remotely
- About the same
- More productive remotely

7. Which of the following best describes your present-day information and communications technology use (compared to pre-COVID-19 pandemic)? *

Mark only one oval.

- I use it less
- I use it about the same
- I use it more

8. Which of the following do you think will be most important for the post – pandemic workspace of the future? Pick the top three. *

- Tools for virtual collaboration
- Conference rooms with enhanced virtual connectivity
- Training concerning virtual teams management
- IT infrastructure to secure virtual connectivity
- Communal space in the office
- Greater flexibility in work hours
- None

Other: _____

9. Has COVID-19 impacted the values & culture of organization you are part of? *

Mark only one oval.

- Strongly disagree
- Disagree
- Neutral
- Agree
- Strongly Agree

10. Overall, how would you rate your physical and mental health compared to the period before the start of the COVID-19 pandemic? Currently is mine *

Mark only one oval per row.

	significantly better	rather better	comparable	rather worse	significantly worse	I don't know / I don't want to answer
physical health	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mental health	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Have you struggled in year 2020 and 2021 with the following problems? *

Mark only one oval per row.

	Always	Often	Sometimes	Rarely	Never	I don't know / I don't want to answer
Lack of social interactions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Feeling detached from the office	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Limited communication	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lack of peace for work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isolation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmanageable workloads	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stress and anxiety	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Family conflicts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Considerations of changing employer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Considerations of professional psychological help due to pandemic constraints	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduced quality of work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Can you tell us your age? *

Mark only one oval.

- <20
- 20-29
- 30-39
- 40-49
- 50-59
- 60-69
- >69
- I don't want to answer

13. Can you tell us your gender? *

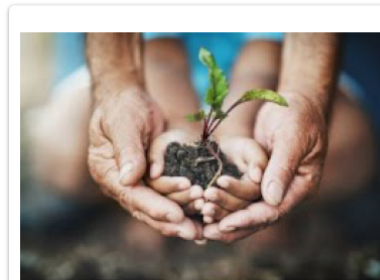
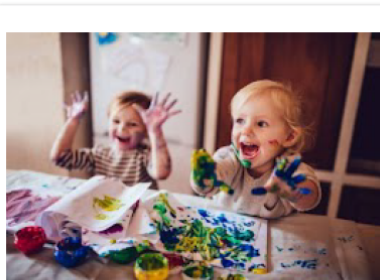
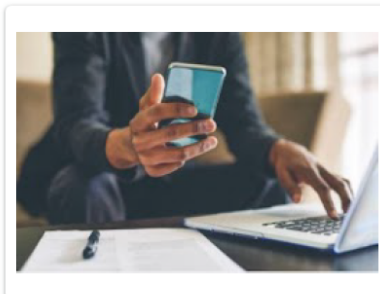
Mark only one oval.

Male

Female

I don't want to answer

14. Can you tell us which of the following pictures do you find the most appealing? Pick the top three. *



Option 7

I don't want to answer

15. Can you tell us what your favorite color is? *

16. Do you feel lucky? *

Mark only one oval.

Yes

No

I don't want to answer

ANALÝZA VOZOVÉHO PARKU

CAR FLEET ANALYTICS

Dominik Adam

Abstrakt

Hlavním cílem tohoto článku je provést analýzu současného stavu osobních automobilů v České republice a jejich vývoj dle typu motorizace. Článek je rozdělen do tří kapitol, přičemž první dvě jsou teoretické, kdy první část pojednává o Business inteligenci a druhá specifikuje typy motorizace, jejich hlavní rozdělení a zásadní momenty v dané problematice v posledním desetiletí. Třetí kapitola je kapitolou praktickou, kdy se zabývám celým průběhem mé práce s daty. Od samotného získání dat, po jejich zpracování, až po jejich vizualizaci a vysvětlení.

Klíčová slova: Analýza vozového parku, konvenční pohon, alternativní pohon, změny prodeje automobilů, vývoj elektromobility.

Abstract

The main goal of this text is to analyze the current state of passenger cars in the Czech Republic and their development according to the type of motorization. The text is divided into three chapters, the first two being theoretical, where the first part deals with Business intelligence and the second specifies the types of motorization, their main distribution and crucial moments in the given issue in the last decade. The third chapter is a practical chapter, where I deal with the entire course of my work with data. From the actual acquisition of data, to their processing, to their visualization and explanation.

Key words: Analýza vozového parku, konvenční pohon, alternativní pohon, změny prodeje automobilů, vývoj elektromobility.

Úvod

Tento článek pojednává o problematice vozového parku. Hlavním cílem je provést analýzu současného stavu osobních automobilů v České republice a jejich vývoj dle typu motorizace. Článek je rozdělen do tří kapitol, přičemž první dvě jsou teoretické, kdy první část pojednává o Business inteligenci a druhá specifikuje typy motorizace, jejich hlavní rozdělení a zásadní momenty v dané problematice v posledním desetiletí. Třetí kapitola je kapitolou praktickou, kdy se zabývám celým průběhem mé práce s daty. Od samotného získání dat, po jejich zpracování, až po jejich vizualizaci a vysvětlení.

V praktické části pracuji s daty pro Českou republiku od Svazu dovozců automobilů za období 2007 až 2021. K dokreslení dat používám data o cenách paliva získaná z webové stránky Kurzy.cz a Českého statistického úřadu. Poté data od Kurzy.cz porovnávám s HDP a meziročními změnami prodeje. Nastaly-li ve výsledcích srovnání prodeje nějaké zásadní zvraty a odchylky, následně jsem dohledal jejich důvody prostřednictvím internetového prostředí veřejnoprávních médií. Dané odchylky jsem poté stručně popsal a odůvodnil.

K lepší interpretaci dat získaných z českých zdrojů jsem zpracoval také data od Eurostatu a porovnal vývoj členských států Evropské Unie, Norska a Švýcarska s vývojem v České republice. Následně jsem se blíže zabýval komparací tří členských států EU (Německo, Švédsko, Portugalsko) a jednoho

nečlenského státu (Norsko) s Českou republikou. Německo jsem zvolil jakožto našeho největšího souseda se silnou evropskou ekonomikou. Švédsko jsem zvolil jako zástupce severských členských států a Portugalsko jako zástupce jižních členských států. Norsko jako stát s prudkým vývojem alternativní motorizace.

1 Teoretický úvod do problematiky BI

„Business intelligence je zastřešující termín, který se vztahuje ke znalostem, procesům, technologiím, aplikacím a postupům, které usnadňují podnikové rozhodování. Technologie business intelligence pracuje s použitými (historickými) daty v požadovaném kontextu a pomáhá přijímat podniková rozhodnutí pro budoucnost.“ (Laberge 2012)

1.1 Úvod do Business inteligence

Business Intelligence (BI) je kombinací několika manažerských nástrojů, jako je například datová analytika, vizualizace dat nebo také několika nástrojů na úpravu dat. Business intelligence je technologicky řízená metoda, která pomáhá analyzovat data a poskytovat užitečné informace, které pomáhají podnikovým a obchodním manažerům a dalším uživatelům činit informovaná obchodní rozhodnutí. Díky tomuto nástroji jsou schopny společnosti směřovat svá budoucí rozhodnutí a kroky pomocí daty podložených rozhodnutí a tím správně řídit změny. (Anon 2022a)

Power BI je nástroj Business intelligence a vizualizace dat pro převod dat z různých zdrojů dat do interaktivních řídicích panelů a sestav analýzy. Power BI nabízí cloudové služby pro interaktivní vizualizace s jednoduchým rozhraním pro koncové uživatele k vytváření vlastních sestav a řídicích panelů. Pro různé platformy se používají různé verze Power BI, jako je Desktop, Service-based (SaaS) a mobilní aplikace Power BI, která poskytuje několik softwarových propojení a služeb pro business intelligence. (Anon 2022a)

Pro podniky je stále důležitější mít jasný přehled o všech svých datech, aby zůstaly konkurenceschopné, což je situace, kde přicházejí na řadu nástroje business intelligence (BI). Koneckonců, téměř 50 % všech podniků již nástroje BI používá a projekce ukazují pokračující růst pro nadcházející roky. (Anon 2017)

Business Intelligence kombinuje obchodní analytiku, dolování dat, vizualizaci dat, datové nástroje a infrastrukturu a osvědčené postupy, které organizacím pomáhají přijímat rozhodnutí více založená na datech. Máte-li moderní BI, máte tak komplexní pohled na data vaší organizace a používáte tato data k řízení změn, odstraňování neefektivity a rychlé adaptaci na změny trhu nebo nabídky. Moderní řešení BI upřednostňují flexibilní samoobslužnou analýzu, řízená data na důvěryhodných platformách, vylepšené podnikové uživatele a rychlost získávání přehledů. (Anon 2022a)

Je důležité poznamenat, že toto je velmi moderní definice BI. Termín BI byl vytvořen v roce 1989 vedle počítačových modelů pro rozhodování. Tyto programy se dále vyvíjely a přeměňovaly data na poznatky, než se staly specifickou nabídkou od týmů BI s řešeními služeb závislých na IT. (Anon 2022a)

Typy nástrojů Power BI;

- 1. Power BI Desktop:** Power BI desktop je primární nástroj pro vytváření a publikování pro Power BI. Vývojáři a pokročilí uživatelé jej používají k vytváření zcela nových modelů a sestav od začátku.
- 2. Služba Power BI:** Online software jako služba (SaaS), kde jsou hostovány datové modely, sestavy a dashboardy Power BI. Správa, sdílení, spolupráce probíhá v cloudu.
- 3. Brána dat Power BI:** Power BI Data Gateway funguje jako most mezi službou Power BI a místními zdroji dat, jako je DirectQuery, Import, Live Query. Instaluje ho BI Admin.

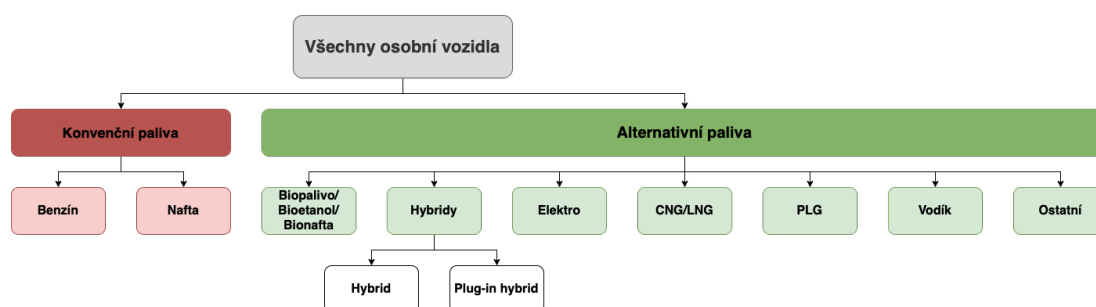
- 4. Server sestav Power BI:** Může hostovat stránkované sestavy, KPI, mobilní sestavy a sestavy Power BI Desktop. Aktualizuje se každé 4 měsíce a instaluje/spravuje jej tým IT. Uživatelé mohou upravovat sestavy Power BI další sestavy vytvořené vývojovým týmem.
- 5. Mobilní aplikace Power BI:** Mobilní aplikace Power BI je k dispozici pro iOS, Android, Windows. Lze jej spravovat pomocí Microsoft Intune. Tento nástroj můžete použít k zobrazení sestav a řídicích panelů na serveru sestav Power BI Service Report Server. (Anon 2022a)

2 Úvod do problematiky motorizace, její terminologie a příklady problémů vzniklých s nově přijímanými normami

Glosář pro dopravní statistiku byl poprvé publikován v roce 1994 za účelem pomoci členským zemím Evropské unie při sběru údajů o dopravě pomocí společného dotazníku vytvořeného EHK OSN, ITF a Eurostatem. Od té doby se vyvinul tak, aby pokrýval všechny oblasti dopravní statistiky. Následující názvosloví vychází z pátého vydání „Glossary transport statistics“ v češtině „Glosář dopravní statistiky“, který pokrývá veškerá má data jak z Eurostatu, tak i z SDA.

2.1 Typy terminologie motorizace

Základním rozdělením všech osobních automobilů je na dvě skupiny. Na konvenční paliva a na alternativní. Ty se poté dále dělí na další skupiny, které můžete vidět na Obrázku 1.



Obrázek 1: Rozdělení typů motorizace

Jsou vytvořeny tyto následující kategorie silničních motorových vozidel:

- Benzínové vozidlo (Petrol vehicle):** silniční motorové vozidlo používající k pohonu benzín obsahující až 10 procent bioetanolu. Označován jako E5 až E10.
- Hybridní benzino-elektrické vozidlo (Hybrid petrol-electric vehicle):** Silniční motorové vozidlo využívající k pohonu benzín, navíc s jedním nebo více elektromotory k pohonu, kde elektromotor (elektromotory) jsou poháněny z trakční baterie, která je nabíjena generátorem poháněným zážehovým motorem. Plug-in hybridní benzín-elektrická vozidla nejsou součástí dodávky.
- Plug-in hybridní benzino-elektrické vozidlo (Plug-in hybrid petrol-electric vehicle):** hybridní benzínovo-elektrické vozidlo, kde lze trakční baterii nabíjet také z externího zdroje elektřiny (jako je elektrická zásuvka). Hybridní benzínovo-elektrická vozidla nejsou zahrnuta.
- Dieselové vozidlo (Diesel vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu naftu obsahující až 7 procent bionafty (jako B2, B5, B7).
- Hybridní dieselelektrické vozidlo (Hybrid diesel-electric vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu naftu, navíc s jedním nebo více elektromotory k pohonu, kde elektromotor(y) jsou napájeny z trakční baterie, která je nabíjena generátorem poháněným dieselovým motorem. Plug-in hybridní diesel-elektrická vozidla nejsou součástí dodávky.

- f. **Plug-in Hybridní diesel-elektrické vozidlo (Plug-in Hybrid diesel-electric vehicle):** hybridní diesel-elektrické vozidlo, kde lze trakční baterii nabíjet také z externího zdroje elektřiny (jako je elektrická zásuvka). Hybridní diesel-elektrická vozidla nejsou zahrnuta.
 - g. **Elektrické bateriové vozidlo (Battery only electric vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající baterie k napájení elektromotoru pro pohon.
 - h. **Vozidlo na zemní plyn (Natural gas vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu zemní plyn, buď stlačený zemní plyn (CNG) nebo zkapalněný zemní plyn (LNG).
 - i. **Vozidlo na zkapalněný ropný plyn (Liquefied Petroleum Gas vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu zkapalněný ropný plyn (LPG).
 - j. **Vodíkové vozidlo (Hydrogen vehicle):** Silniční motorové vozidlo využívající k pohonu vodík. Součástí jsou vozidla na palivové články.
 - k. **Vozidlo na biopalivo (Biofuel vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu bioetanol nebo bionaftu.
 - l. **Vozidlo na bioetanol (Bioethanol vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu více než 10 procent bioetanolu. Vozidla využívající až 10 procent mají být definována jako benzinová vozidla.
 - m. **Vozidlo s bionaftou (Biodiesel vehicle):** silniční motorové vozidlo využívající k pohonu více než 7 procent bionafty. Vozidla využívající až 7 procent mají být definována jako vozidla s naftovým motorem.
 - n. **Dvoupalivové vozidlo (Bi-fuel vehicle):** silniční motorové vozidlo s jedním motorem využívajícím naftu nebo benzin a jeden z následujících pohonů: CNG, LNG, LPG nebo vodík.
- Pro hybridní nebo dvoupalivová vozidla uzpůsobená pro používání více než jednoho druhu energie motoru (např. LPG a benzin, popř. elektřina a nafta atd.), hlavní nadkategorie motorové energie by měl být kategorie alternativní palivo.
- o. **Alternativní palivo (Alternative fuel):** Druh motorové energie jiný než konvenční paliva, benzin a nafta. Mezi alternativní paliva patří elektřina, LPG, zemní plyn (LNG nebo CNG), alkoholy, směsi alkoholů s jinými palivy, vodík, biopaliva (jako je bionafta) atd. (Tento seznam není vyčerpávající.) Mezi alternativní paliva nepatří bezolovnatý benzin, přeformulovaný benzin nebo městská (nízkosírná) nafta. (Anon 2019a)

2.2 Diesel Gate

V září 2015 americká Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) zjistila, že u více než 590 000 naftových motorových vozidel Volkswagen porušil zákon „o čistém ovzduší“ – Clean Air Act, protože vozidla byla vybavena „defeat device“ ve formě počítačového softwaru, který byl navržen tak, aby podváděl na federálních emisních testech. (Anon 2020a)

Odpojovací zařízení fungovalo na principu, který obcházel nebo znefunkčnil systém řízení emisí vozidla. Software tohoto druhu je v podstatě navržen tak, aby detekoval, kdy vozidlo prochází emisním testem a během testování zapínal plnou kontrolu emisí. Při běžné jízdě se účinnost takových zařízení snižuje. (Anon 2020a)

V oznámení vydaném EPA v září 2015 tvrdila, že Volkswagen instaloval tato zařízení do svých dvoulitrových diesellových vozidel 2009-2015, čímž porušil emisní normy EPA, protože tato vozidla vypouštějí 40krát více znečištění, než je povolená úroveň. Některá z dotčených vozidel zahrnovala mimo jiné Jetta (2009-2015), Beetle (2013-2015) a Passat (2012-2015). Hlavním přebytkem znečišťujících látek byly v tomto případě oxidy dusíku. (Anon 2020a)

V listopadu 2015 vydala EPA samostatné oznámení o porušení zákona o čistém ovzduší výrobcům automobilů Audi, Porsche a Volkswagen za výrobu a prodej určitých třílitrových diesellových vozů a SUV pro modelový rok 2014–2016, které obsahovaly softwarové zařízení určené k obcházení emisní normy. Tato vozidla vypouštěla devětkrát více znečištění, než povolovaly normy. Následně Volkswagen informoval EPA, že odpojovací zařízení existují ve všech jeho amerických třílitrových vznětových modelech od roku 2009. (Anon 2020a)

V lednu 2016 ministerstvo spravedlnosti jménem EPA podává stížnost na Volkswagen AG, Audi AG, Volkswagen Group of America, Inc., Volkswagen Group of America Chattanooga Operations, LLC, Porsche AG a Porsche Cars North America, Inc. za údajné porušení zákona o ochraně ovzduší. V lednu 2017 se Volkswagen přiznal ke třem trestným činům a souhlasil se zaplacením 2,8 miliardy dolarů jako trestní sankce. Společnost dále souhlasila s tím, že zaplatí 1,5 miliardy dolarů jako odškodnění v samostatných občanskoprávních rozhodnutích o občanských, ekologických, celních a finančních nárocích. Evropský soudní dvůr v prosinci 2020 rozhodl, že jednání Volkswagenu bylo rovněž nezákonné. Evropská komise ve svém prohlášení uvedla, že Volkswagen do roku 2015 prodal v EU celkem 8,5 milionu vozidel, která byla vybavena odpojovacími zařízeními pro oklamání emisních testů. Evropský soudní dvůr také uvádí, že po celá léta Volkswagen prodával svá diesellová vozidla jako čistá, i když ve skutečnosti byla masivními znečišťovateli. Spotřebitelé, kteří ve svých vozidlech nabyli ekologické technologie, byli zrazeni výrobcem, který jim prodal špinavého znečišťovatele. (Anon 2020a)

2.3 Trend downsizing

Zmenšování motorů je trendem v automobilovém průmyslu vyrábět menší a úspornější motory bez snížení účinnosti. Klíčovou strategií je nahradit kubaturu a počet válců technickými inovacemi, jako je nabíjení nebo přímé vstřikování. (Anon 2022b)

Kubatura, nebo-li objem motoru, je často mylně nazývána obsahem. Zdvihový objem motoru je objem válce motoru, který vyplní píst při svém zdvihu. Jedná se tedy o prostor mezi dolní (píst je nejbližší klikové hřídeli) a horní (píst je nejdále od klikové hřídele) úvratí. Má-li automobil větší objem válců, je rychlejší, dosahuje většího zrychlení a celkově má větší sílu. Zároveň vyšším objemu motoru roste i spotřeba paliva. (Anon 2022b)

Zdvihový objem motoru se udává v kubických centimetrech. V mnoha případech se udává v označení modelu pro lepší orientaci údaj o zdvihovém objemu v litrech, například, "Škoda Superb 1.6". (Anon 2022b)

Moderní čtyřválcový motor přepřehovaný turbem často dosahuje výrazně lepšího výkonu a točivého momentu než běžný šestiválcový motor. (Anon 2022b)

Trend downsizingu se objevuje již po roce 2000, kdy koncern Volkswagen nahradil své benzinové motory 1,6 a 2,0 litru jednotkou 1,4 TSI. Byl představen na frankfurtském autosalonu v roce 2005 ve verzi 125 kW využívající jak turbodmychadlo, tak kompresor. Jeho spotřeba paliva byla o 5 % nižší než u předchozího 2.0 FSI, a to i přes zvýšený výkon v celém rozsahu otáček. Později se motor prodával v několika verzích od 91 do 134 kW.

Nejzásadnějším zlomem pro downsizing byl rok 2015, kdy začala platit nová evropská legislativa, kterou musí výrobci dodržovat, nazývaná se Euro 6. Vstoupila v platnost v září téhož roku. Jejím hlavním dopadem mělo být snížení úrovně akceptovaných emisí NOx z diesellových vozidel ze 180 mg/km na pouhých 80 mg/km, přičemž množství pro benzinová vozidla zůstalo na 60 mg/km. V dohledu už je ale navazující norma Euro 7, která podmínky ještě zpřísní. (Goodwin 2017)

Pravděpodobně největší výhoda pro „downsized“ motory je v hybridních vozidlech. Jejich vysoký výkon v malém balení, například základní 1,0 litrový motor EcoBoost se vejde na papír formátu A4, se ideálně hodí k tomu, aby se dal vtěsnat pod kapotu malého hybridního vozu vedle elektromotoru

s baterií anebo zabalit pod podlahu nebo zavazadlový prostor. Použití kombinace spalování a elektrické energie bude pravděpodobně jediným způsobem, jak v blízké budoucnosti splnit stále se zpřísnující emisní legislativu. Největší výhodou downsizingu je, že motory jsou hospodárnější a šetrnější k životnímu prostředí bez ztráty výkonu. (Goodwin 2017)

2.4 Vývoj motorizace a životní prostředí

Zákonodárci Evropského parlamentu hlasovali na začátku června 2022 pro podporu účinného zákazu EU na prodej nových benzinových a naftových vozů od roku 2035 a odmítli pokusy oslabit návrh na urychlení přechodu Evropy na elektrická vozidla. Hlasování potvrzuje klíčový pilíř plánů Evropské unie snížit do roku 2030 čisté emise vedoucí k oteplování planety o 55 % oproti úrovním z roku 1990, což je cíl, který vyžaduje rychlejší snižování emisí z průmyslu, energetiky a dopravy. Zákonodárci podpořili návrh Evropské komise z loňského roku, který požaduje 100% snížení emisí CO₂ z nových automobilů do roku 2035, což by od tohoto data znemožnilo prodej vozidel na fosilní paliva v EU. Pokusy některých zákonodárců oslabit cíl na 90% snížení CO₂ do roku 2035 byly zamítnuty. (Abnett 2022)

Faktem je, že v nejbližších letech se vývoje nových konvenčních motorů budou převážně ukončovat a nahradí je vývoj motorů na alternativní pohon. Cílem těchto nařízení a zákonů je urychlit přechod Evropy k elektrickým vozidlům a povzbudit tak výrobce automobilů, aby výrazně investovali do elektrifikace, čemuž napomáhá další zákon EU, který bude vyžadovat, aby země instalovaly miliony nabíjecích stanic do měst. (Abnett 2022)

"Nákup a jízda bezemisních vozů bude pro spotřebitele levnější," řekl Jan Huitema, hlavní vyjednávač parlamentu o této politice. Výrobci automobilů včetně Fordu a Volva veřejně podpořili plán EU ukončit prodej automobilů se spalovacím motorem do roku 2035, zatímco jiní, včetně Volkswagenu, se snaží tomuto úsilí zabránit. (Abnett 2022)

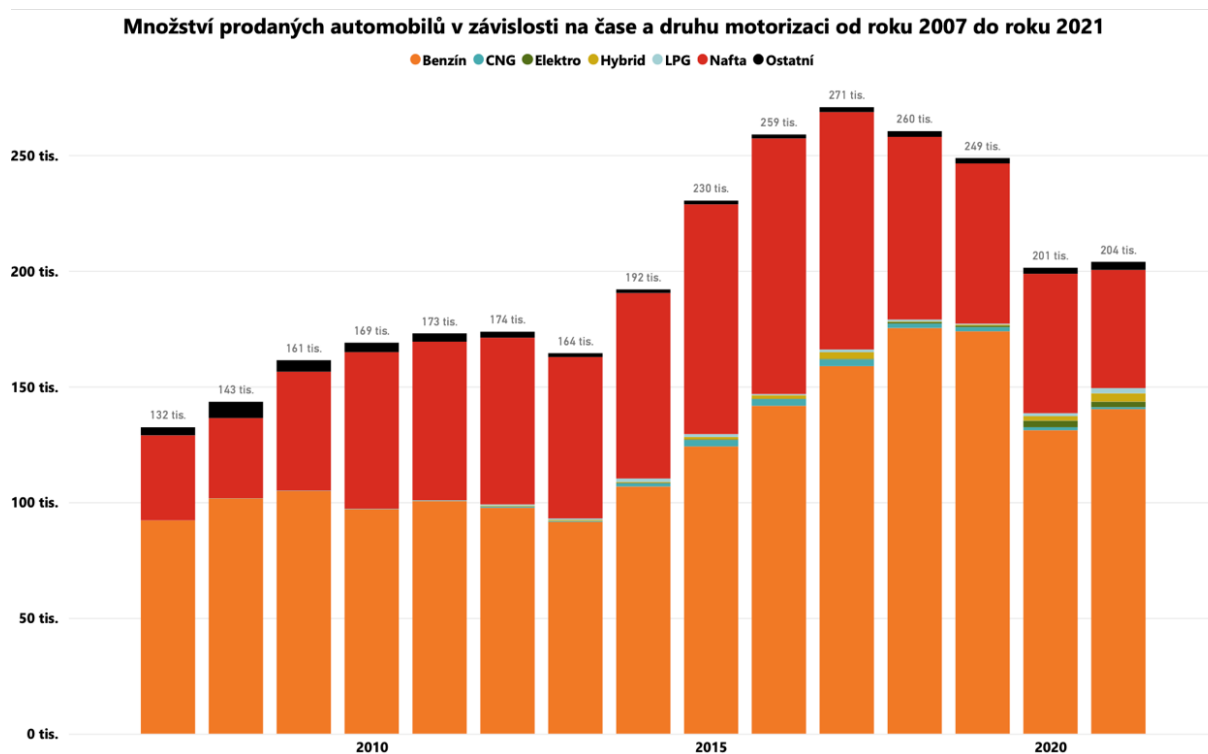
Vzhledem k tomu, že se EU snaží stát klimaticky neutrální do roku 2050, musí zákaz spalovacích motorů a zbytek návrhů zákonů vstoupit v platnost, aby došlo k omezení emisí. Ministři se shodli na společných postojích k pěti zákonům, které loni navrhla Evropská komise. "Klimatická krize a její důsledky jsou jasné, a proto je politika nevyhnutelná," řekl šéf klimatické politiky EU Frans Timmermans. (Anon 2022c)

3 Zpracování a analýza dat

Pro tento článek byla vyhledána a zvolena jako základní opěrná data od společnosti SDA – Svazu Dovozců Automobilů. Data jsou volně dostupná na jejich webových stránkách v sekci ke stažení. Popis zpracování těchto dat je podrobněji popsán v bakalářské práci Analýza vozového parku (Adam 2022) v kapitole 3.4. Příprava dat v podkapitole kapitole 3.4.1 Příprava dat SDA – prodeje automobilů v CZ. Stručně shrnuto se v této kapitole zabírám problematikou zpracování dat z několika Excelových souborů a vytvoření jednotného datasetu.

Druhá základní data jsou z evropského úřadu Eurostat. Data jsou opět volně dostupná na webových stránkách tohoto úřadu. Další data o cenách paliv jsou opěrná data k analýze dat základních. Data o cenách pohonných hmot jsou data z více zdrojů a jejich sestavení do jednoho datasetu popisuje bakalářská práce Analýza vozového parku (Adam 2022) v kapitole 3.4.2. Stručně shrnuto se v této kapitole zabírám problematikou získání dat z webových stránek přes funkci webového rozhraní pro vývojáře a příkazy v terminálu.

Prvním dashboardem a prvním výstupem dat z SDA, který znázorňuje data o prodeji osobních automobilů za období 2007 až 2021 v závislosti na čase a druhu motorizace je sloupcový skládaný graf viz. Obr. 2.

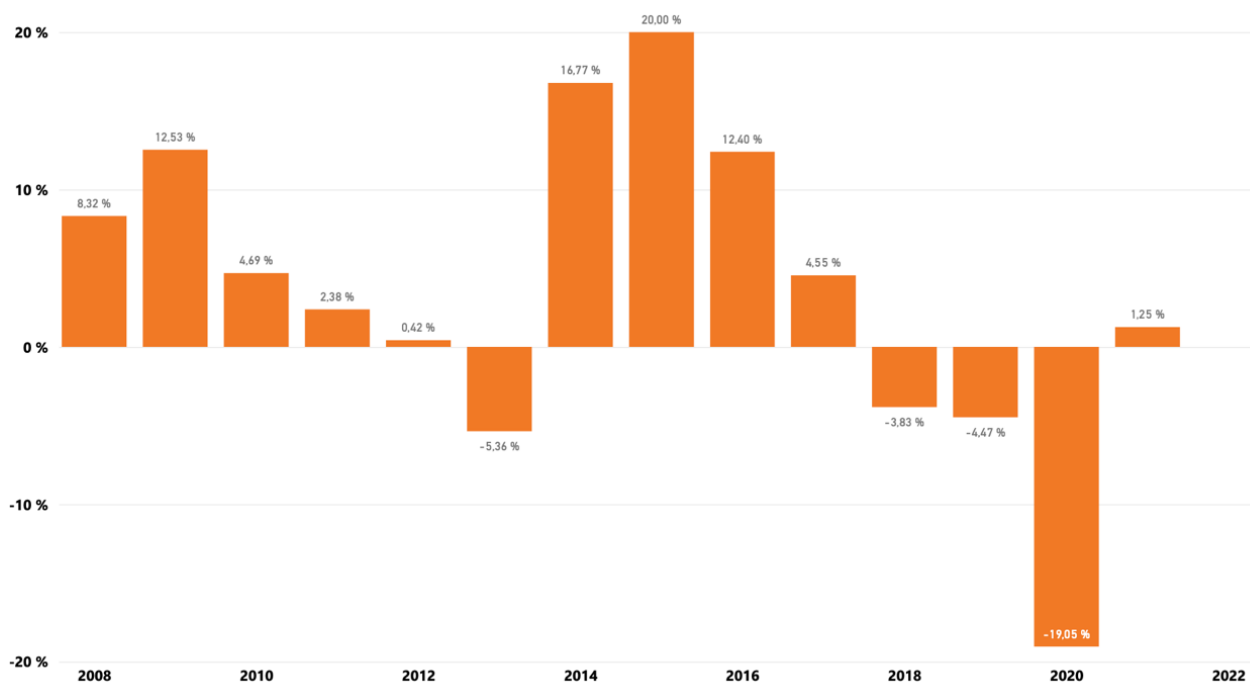


Obrázek 2: Množství prodaných automobilů v ČR

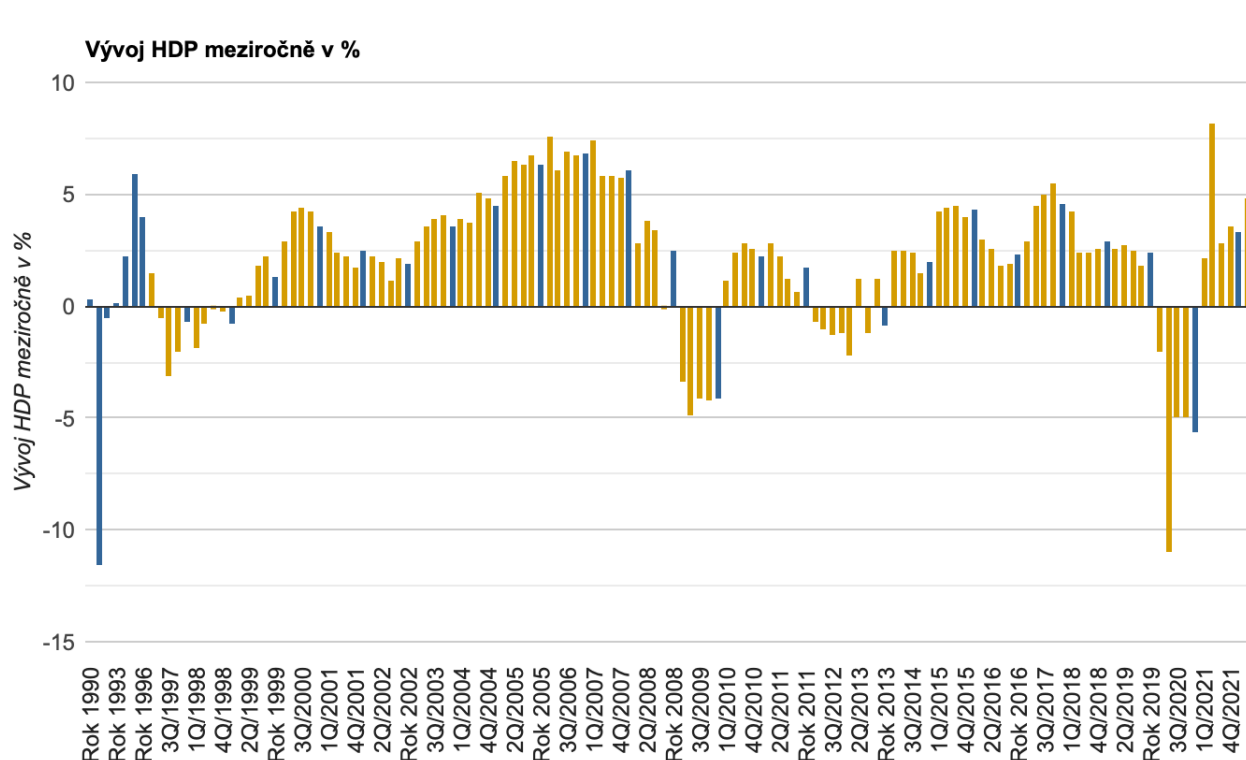
V grafu je patrný obecně stoupající trend prodeje automobilů až do roku 2017, kdy po tomto roku nastává opačný trend, a to pokles prodeje převážně naftových automobilů. V roce 2013 je vidět lehký pokles prodeje, který byl zapříčiněn recesí ekonomiky, kterou si tehdy prošla Česká republika už podruhé za pět let. Naštěstí ale oživení ekonomiky nabralo poměrně rychlého kladného vývoje, a to se ukázalo jak v nárůstu meziročního HDP, tak i v prodeji automobilů. (Vejvodová 2013)

Tato data poté mohou dokreslit a podložit následujícími grafy. První graf na Obrázku 3 znázorňuje vývoj meziroční změny. Druhý graf, vyobrazen na Obrázku 4 znázorňuje vývoj HDP v České republice, kdy oba propady, jak v roce 2013, tak v roce 2020, spolu korelují a jsou jasně patrné.

Meziroční změna v množství prodaných automobilů v závislosti na čase a druhu motorizaci



Obrázek 3: Meziroční změna v množství prodaných automobilů v ČR



Obrázek 4: Vývoj HDP

V roce 2013 byl zaznamenán meziroční pokles HDP -0,9 %, ale v roce následujícím už nárůst meziroční HDP 2% a v roce 2015 byl meziroční nárůst HDP dokonce 4,3%. (Urbánek 2014)

Z výroční zprávy Svazu dovozců automobilů, dále jen SDA, z roku 2018 stojí, že „registrace nových osobních automobilů v roce 2018 oproti roku 2017 mírně poklesla, a to o 3,74 %, tj. o 10 158 kusů. Z hlediska segmentů se na první místo prosadily vozy SUV a terénní, s více než třicetiprocentním podílem na celkovém trhu (31,01 %) a vedou už o 11,8 % před vozy nižší střední třídy na druhém místě, kterým patří podíl 19,21 %. Malé vozy sice zůstaly na třetí příčce, ale jejich podíl klesl na 14,91 %. Následovaly vozy MPV – 13,68 %, vozy střední třídy s poklesem na 12,18 %, vozy vyšší střední třídy patří jen – 3,84 % trhu, mini – 3,04 %, sportovní – 0,46 % a jednotlivé kategorie uzavírá třída luxusních vozidel – 0,25 %.

Z hlediska použitého paliva tentokrát u osobních automobilů k výrazné změně, regionu dramatický pokles jejich registrací na 30,21 % z předloňských 37,9 %. Z tohoto poklesu profitovaly vozy se zážehovými motory, u kterých vzrostl podíl z 58,47 %, v roce 2017 na loňských 67,04 %. Hybridní pohony zaznamenaly meziroční nárůst z předloňských 2 826 kusů na 4 831 kusů, takže jim patří 1,85 % trhu, ale vyšší cena je stále jejich velkým hendikepem. Vozům poháněným na plyn patří 1,05 % a elektromobily, kterým je předpovídána velká budoucnost zaznamenaly 0,27 % registrací (703 ks), což představuje meziroční zlepšení o 0,13 %. Zajímavé je, že nová vozidla používající palivo E85 či nebo bionaftu, nebyla v roce 2018 registrována žádná. (Anon 2018)

Registrace nových osobních automobilů v roce 2019 oproti roku 2018 opět mírně poklesly, a to o 4,41 %, tj. o 11 522 kusů. Z hlediska segmentů si první místo upevnily vozy SUV a terénní, které již zauímají třetinový podíl na celkovém trhu (33,2 %) a vedou o 13,7 % před druhými nižšími středními třídami, kterým patří podíl 19,53 %. Malé vozy jsou na třetí příčce, jejich podíl činí 15,58 %. Následovaly vozy MPV, podíl klesl na 12,13 %, vozy střední třídy s poklesem na 11,51 %, vozy vyšší střední třídy patří 3,61 % trhu, mini – 2,32 %, sportovní – 0,59 % a jednotlivé kategorie uzavírá třída luxusních vozidel – 0,14 %.

Z hlediska druhu použitého paliva došlo u osobních automobilů k dalšímu poklesu podílu vozů se vznětovými motory na celoroční průměr 27,71 % (v posledním čtvrtletí se však jejich podíl opět blížil 30 %). Podíl vozů se zážehovými motory vzrostl na 69,58 %. Hybridní pohony zaznamenaly meziroční nárůst o 72,76 % z předloňských 4 831 kusů na 8 346 kusů, takže jim patří 3,34 % trhu. Z tohoto počtu bylo pouze 470 vozů plug-in hybrid. Vozům poháněným na plyn patří 0,88 % a elektromobily mají stále zanedbatelný podíl 0,3 % registrací (756 ks), což představuje meziroční navýšení o pouhých 53 vozů. (Anon 2019b)

Registrace nových osobních automobilů v roce 2020 oproti roku 2019 poklesly o 18,78 %, tj. o 46 944 kusů. Z hlediska segmentů si první místo upevnily vozy SUV a terénní, které již zauímají více než třetinový podíl na celkovém trhu (35,4 %), před druhými vozy nižší střední třídy, kterým patří 17,95 %. Malé vozy jsou na třetí příčce, jejich podíl činí 16,23 %. Následovaly vozy střední třídy s 12,14 %, MPV, podíl opět klesl, a to na 9,31 %, dále vozy vyšší střední třídy s 4,13 %, mini – 2,14 %, sportovní – 0,6 % a jednotlivé kategorie uzavírá třída luxusních vozidel – 0,11 %.

Z hlediska druhu použitého paliva došlo u osobních automobilů k mírnému poklesu podílu vozů s benzínovým pohonem na 64,61 %, podíl vozů se vznětovými motory se naopak mírně zvýšil na celoroční průměr 29,69 %. Výrazně se zvýšil počet registrovaných automobilů s alternativním pohonem. Hybridní vozy zaznamenaly meziroční nárůst o 52 % (z předloňských 8 346 kusů na 12 674 kusů) a patří jim 6,24 % trhu. Z tohoto počtu bylo 1 979 vozů plug-in hybrid s meziročním nárůstem o 318 %. Registrace čistě bateriových vozů vzrostly skrytě o 331 % (ze 756 ks na 3 262 ks) a patří jim 1,6 %. Vozy poháněné plynem tvoří 1,27 %. (Anon 2020a)

Registrace nových osobních automobilů v roce 2021 vzrostly o 1,92 %, tj. o 3 905 kusů, oproti r. 2019 však byly stále o 17,22 % nižší. Z hlediska segmentů si první místo upevnily vozy SUV, jehož podíl dosáhl již 42,51 %, před druhými vozy nižší střední třídy, kterým patří 17,68 %. Malé vozy jsou na třetí příčce, jejich podíl činí 14,63 %. Následovaly vozy střední třídy s 9,31 %, MPV, podíl opět klesl, a to na

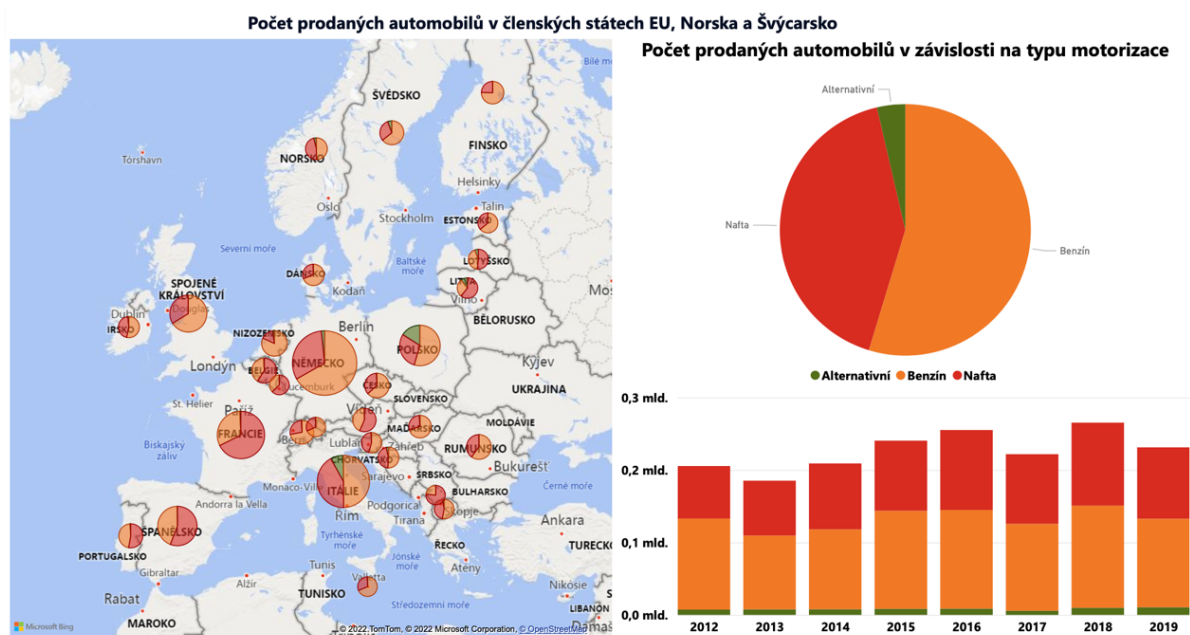
6,81 %, dále vozy vyšší střední třídy s 3,70 %, mini – 1,73 %, sportovní – 0,59 % a jednotlivé kategorie uzavírá třída luxusních vozidel – 0,27 %.

Z hlediska použitého paliva došlo u osobních automobilů k mírnému zvýšení podílu vozů s benzínovým pohonem na 68,06 %, podíl vozů se vznětovými motory druhu se naopak snížil na celoroční průměr 24,70 %. Výrazně se zvýšil počet registrovaných automobilů s alternativním pohonem. Hybridní vozy zaznamenaly meziroční nárůst o 82 % (z předloňských 12 674 kusů na 23 074 kusů) a patří jim 11,15 % trhu. Z tohoto počtu bylo 3 736 vozů plug-in hybrid s meziročním nárůstem o 89 %. Registrace čistě bateriových vozů však poklesly o 19 % (z 3 262 ks na 2 646 ks) a patří jim 1,28 %. Vozy poháněné plynem tvoří 1,50 %.“ (Anon 2021)

3.1 Analýza dat nově registrovaných osobních automobilů v Evropské Unii, Švýcarsku a Norsku

V této podkapitole jsem k lepší interpretaci dat získaných z českých zdrojů zpracoval také data od Eurostatu a porovnal vývoj prodejů nových registrovaných automobilů v členských státech Evropské Unie, Norska a Švýcarska s vývojem v České republice. Následně jsem se blíže zabýval komparací tří členských států EU (Německo, Švédsko, Portugalsko) a jednoho nečlenského státu (Norsko) s Českou republikou. Německo jsem zvolil jakožto našeho největšího souseda se silnou evropskou ekonomikou. Švédsko jsem zvolil jako zástupce severovýchodních členských států a Portugalsko jako zástupce jižních členských států. Norsko jako stát s prudkým vývojem alternativní motorizace.

Jelikož dané státy neposkytují Eurostatu data stejně podrobná, byl jsem nucen omezit podrobnost na tři kategorie; benzín, nafta a alternativní, jak je vidět na koláčovém grafu na Obrázku 5. Alternativní pohony jsem byl schopen rozdělit na podkategorii elektromobilů.



Obrázek 5: Množství prodaných automobilů v EU

V prosinci 2019 poptávka po osobních autech v EU rostla čtvrtý měsíc v řadě (+21,7 %), což představuje dosud nejvyšší prosincový rekord. Částečně to bylo důsledkem nízké srovnávací základny, protože registrace v prosinci 2018 klesly o 8,4 %. K tomuto výjimečnému růstu však přispěly i specifické změny trhu.

Nárůst prodeje aut byl pozorován ve Francii (+27,7 %) a Švédsku (+109,3 %), protože obě země oznámily významné změny ve složce bonus-malus ve zdanění na základě CO2 pro rok 2020, zatímco

Nizozemsko (+113,9 %) rozhodla o zvýšení zdanění firemních elektromobilů ze 4 % na 8 % od ledna 2020. V důsledku toho všechny země EU, včetně pěti velkých trhů, vykázaly v prosinci solidní tempo růstu.

Celkově se v roce 2019 registrace nových vozů v celé Evropské unii zvýšily o 1,2 %, celkově dosáhly více než 15,3 milionů kusů a znamenaly šestý rok růstu v řadě. Rok začal na slabých základech kvůli trvalému dopadu zavedení testu WLTP v září 2018. Poslední čtvrtletí roku 2019 a zejména prosinec však posunuly celoroční výkonnost trhu EU do kladných hodnot.

Při pohledu na pět hlavních trhů EU zaznamenalo loni největší nárůst Německo (+5,0 %), následované Francií (+1,9 %) a Itálií (+0,3 %). Naopak ve Španělsku (-4,8 %) i ve Spojeném království (-2,4 %) došlo v roce 2019 k poklesu poptávky. (Anon 2020b)

Závěr

Po provedené analýze vozového parku jsem se zaměřil vyvrácení nebo potvrzení hypotéz, které jsem uváděl na začátku praktické části tohoto článku. Pro účely vyhodnocení získaných dat a jejich aplikaci na uvedené hypotézy byl použit SW MS Power BI a na základě uvedených výsledků došlo k následnému vyhodnocení:

- Vývoj prodeje konvenční motorizace v České republice je obecně na ústupu – potvrzeno
- Vývoj prodeje alternativní motorizace v České republice je na vzestupu – potvrzeno
- Počet prodaných aut v České republice celkově upadá – potvrzeno (v posledních třech letech)
- HDP má vliv na prodeje automobilů – potvrzeno
- Cena paliva má vliv na prodeje automobilů – potvrzeno
- Vývoj prodeje konvenční motorizace v Evropské Unii je obecně na ústupu – potvrzeno
- Vývoj prodeje alternativní motorizace v Evropské Unii je na vzestupu – potvrzeno
- Počet prodaných aut v Evropské Unii celkově upadá – vyvráceno

Na základě získaných dat a provedených analýz je možné konstatovat, že drtivá většina definovaných hypotéz byla potvrzena, což obecně vede k závěrům, že u automobilů s konvenčním pohonem lze vysledovat klesající trend prodeje. Naopak u automobilů s alternativním pohonem prodej roste. Z informací týkajících se pouze České republiky za roky 2019–2021 je zřejmý pokles prodeje automobilů. Tento trend nebylo možné prokázat pro Evropskou unii z důvodu nedostatku zpřístupněných dat. U parametru HDP jsem zjistil, nepřímou úměru mezi výší HDP a počtu prodaných vozidel, rovněž tak u sledovaného parametru cena paliva.

Stejně tak jako u shora uvedených otázek zabývající se prodejem vozidel jak s konvenčním, tak s alternativním pohonem v České republice je možné konstatovat shodný trend pro Evropskou unii. Jediná hypotéza, která byla díky provedené analýze vyvrácena, je skutečnost, že počet prodaných aut v EU celkově upadá, naopak je z něj zřejmá tendence. Sice jsou tendence prodeje vozidel s alternativním pohonem shodné v České republice jako v EU, avšak z pohledu soukromých osob v České republice zde není důvod k upřednostnění nákupu vozidla s alternativním pohonem z důvodu absence dotací státu.

Zkušenosti z jiných evropských zemí například Švédska, ukázaly, že se správně nastavenými podmínkami a motivací může dojít ke značně prudkému nárůstu prodeje automobilů s alternativními pohony. Silné politické odhodlání doložené komplexní strategií elektromobility a adekvátním financováním vyše jasný signál spotřebitelům, účastníkům průmyslu a výrobcům vozidel, čímž vytvoří silný pocit důvěry a dynamiky v tomto odvětví. Již dnes se může očekávat příchod nových norem, jako je například Euro 7, která svými přísnými limity omezí prodeje automobilů s vysokým podílem CO₂.

Prameny

1. ABNETT, Kate, 2022. EU lawmakers back ban on new fossil-fuel cars from 2035. *Reuters* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/eu-lawmakers-support-effective-ban-new-fossil-fuel-cars-2035-2022-06-08/>
2. ADAM, Dominik, 2022. *Analýza vozového parku*. Praha. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.
3. ANON, 2017. How to choose the right modern BI platform. *7wdata* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://7wdata.be/business-analytics/how-to-choose-the-right-modern-bi-platform/>
4. ANON, 2018. *Výroční zpráva 2018* [online]. 25. vyd. [vid. 2022-07-21]. Dostupné z: https://portal.sdac.cz/clanky/download/SDA_2018-1.pdf
5. ANON, 2019a. *EUROSTAT: Glossary for transport statistics*. 5th vyd. Belgium: Imprimerie Bietlot. ISBN 978-92-76-06213-4.
6. ANON, 2019b. *Výroční zpráva 2019* [online]. [vid. 2022-07-21]. Dostupné z: https://portal.sdac.cz/clanky/download/2020_03_Rocenka_sda_2019.pdf
7. ANON, 2020a. Explained: What is the 'dieselgate scandal' against Volkswagen? *The Indian Express* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://indianexpress.com/article/explained/volkswagen-dieselgate-scandal-6427918/>
8. ANON, 2020b. Passenger car registrations: +1.2% in 2019; +21.7% in December. *Acea* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.acea.auto/pc-registrations/passenger-car-registrations-1-2-in-2019-21-7-in-december/>
9. ANON, 2020c. *Výroční zpráva 2020* [online]. [vid. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://portal.sdac.cz/clanky/download/vyrocnizprava-SDA-2021.pdf>
10. ANON, 2021. *Výroční zpráva 2021* [online]. [vid. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://portal.sdac.cz/clanky/download/vyrocnizprava-SDA-2021.pdf>
11. ANON, 2022a. Business intelligence: A complete overview. *Tableau* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.tableau.com/learn/articles/business-intelligence>
12. ANON, 2022b. Downsizing. *Seat: Car terms* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.seat.com/car-terms/d/downsizing.html/article/explained/volkswagen-dieselgate-scandal-6427918/>
13. ANON, 2022c. EU agrees new cars must be emissions-free after 2035. *DW* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.dw.com/en/eu-agrees-new-cars-must-be-emissions-free-after-2035/a-62296555>
14. GOODWIN, Andy, 2017. What is engine downsizing, and why should you care? *Car Keys* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.carkeys.co.uk/news/what-is-engine-downsizing-and-why-should-you-care>
15. LABERGE, Robert, 2012. *Datové sklady: agilní metody a business intelligence*. 1. vyd. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-3729-1.

16. URBÁNEK, Vladimír, 2014. ČR - revize vylepšila růst HDP v 1Q o 0,5% na výsledných 2,5%. *Kurzy* [online] [vid. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/367074-cr-revize-vylepsila-rust-hdp-v-1q-o-0-5-na-vyslednych-2-5/>
17. VEJVODOVÁ, Alžběta, 2013. Česko zažívá nejhorší recesi v historii. ČT24 [online] [vid. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/1112232-cesko-zaziva-nejhors-recesi-v-historii>

Kontaktní údaje o autorech

Bc. Dominik Adam

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku

Karlovo náměstí 13, Praha, 121 35

+420 723 343 270

Dominik.Adam@fs.cvut.cz

**PŘÍSPĚVKY PUBLIKOVANÉ V TOMTO SBORNÍKU VYJADŘUJÍ NÁZORY A
STANOVISKA NEZÁVISLÝCH AUTORŮ.**

TATO PUBLIKACE NEPROŠLA REDAKČNÍ ANI JAZYKOVOU ÚPRAVOU.

ISBN 978-80-01-07054-3