

# ACTA LOGISTICA MORAVICA

Periodický internetový časopis v oboru logistiky

ROČNÍK 14, ČÍSLO 1, 2024, ISSN 1804-8315



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

Title	Acta Logistica Moravica
Edition (year)	14 <sup>th</sup> edition
Volume	1 <sup>st</sup> of the year 2024
Scope of volume	Standard papers and papers presented at conference Advanced Methods in Logistics
Publisher	College of Logistics, Přerov, Czech Republic
ISSN	1804-8315
Supervisor	doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým, MBA
Editor in Chief	Ing. Hana Neradilová, PhD.
Editor	doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým, MBA

## Acta Logistica Moravica

Issue 2023/1, Year 14, Volume 1  
ISSN 1804-8315

Acta Logistica Moravica is a periodical Internet magazine of the College of Logistics in Přerov. The magazine is platform for publishing original scientific and professional papers in the field of logistics and supply systems with a focus on applications in the areas of logistics in transport, logistics in service, logistics in tourism, logistics in air transport and informatics for logistics. Acta Logistica Moravica also monitors important events in the world of logistics. It brings information and news from logistics institutions and businesses, reports on the results of tasks, book reviews, reports on conferences, anniversaries, etc. In the magazine, it is possible to publish advertisements concerning the content of VŠLG activities.

The ALM magazine is published twice a year. The deadlines for numbers are on Feb 15<sup>th</sup> (resp. on May 2<sup>nd</sup> for conference papers) and Sep 15<sup>th</sup>. Contributions are accepted in Czech, Slovak and English. All submissions are subject to peer review.

This scientific issue is dedicated also for papers presented on conference Advanced Methods in Logistics. Its 9<sup>th</sup> year was held at College of Logistics. All scientific papers were peer reviewed (by local and abroad reviewers).

Supervisor for Acta Logistica Moravica  
assoc. prof. Oldřich Kodým

Aktuální číslo elektronického časopisu Acta Logistica Moravica obsahuje kromě standardních příspěvků také příspěvky přednesené na konferenci Pokrokové metody v logistice.

9. ročník konference Pokrokové metody v logistice se konal pod záštitou rektora VŠLG dne 4. dubna 2024. Osobní setkání účastníků konference i odborný program proběhly v prostorách Vysoké školy logistiky o.p.s. v Přerově.

## CONTENT

	page
<b>Čabaníková, L. – Ambriško, L. – Ďuriška, M.:</b>	
Hodnotenie porúch vagónov metódou RBI.....	1
<b>Ďuriška, M. – Čabaníková, L.:</b>	
Technológia blockchain a jej využitie v logistike.....	9
<b>Hrouda, M. – Kodym, O.:</b>	
Consignment Warehouse in an Industry Enterprise.....	20
<b>Kubáč, L. - Kodym, O.:</b>	
Digital Transformation and Sustainable Logistics.....	28
<b>Šepeľa, L. - Kodym, O.:</b>	
Impact of Digitalisation on Logistics in the Context of Industry 4.0.....	41
<b>Šepeľa, L. - Kodym, O.:</b>	
Problémy a výzvy za transformáciou inteligentného mesta.....	50
<b>Kleinová, L. – Muchová, P. – Ondov, M.:</b>	
Logistika v digitálnom veku – dôležitosť kybernetickej bezpečnosti.....	56
<b>Hromková, I.:</b>	
Optimalizace logistiky pomocí počítačové simulace.....	66
<b>Tůmová, K. – Cempírek, V.:</b>	
Řešení odolnosti dodavatelských řetězců.....	78
<b>Muchová, P. – Kleinová, K. – Ondov, M.:</b>	
Využitie simulačných nástrojov s podporou VR pre vizualizáciu skladovacích procesov.....	85
<b>Špirková, S. – Ďuriška, M. – Čabaníková, L.:</b>	
Využitie simulácie a virtuálnej reality na posilnenie vzdelávania.....	96
<b>Konference Pokrokové metody v logistice (PMvL).....</b>	<b>106</b>



# ASSESSMENT OF WAGON FAILURES BY THE RBI METHOD

## HODNOTENIE PORÚCH VAGÓNŮV METÓDOU RBI

**Ing. Lucia Čabaníková<sup>1</sup>**

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav logistiky a dopravy

e-mail: lucia.cabanikova@tuke.sk

**doc. Ing. Ľubomír Ambriško, PhD.<sup>2</sup>**

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav logistiky a dopravy

e-mail: lubomir.ambrisko@tuke.sk

**Ing. Martin Ďuriška<sup>3</sup>**

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav logistiky a dopravy

e-mail: martin.duriska@tuke.sk

### Abstract

This article focuses on an in-depth analysis of railcar failure rates in the 2018 and 2019 timeframe, with a special focus on the application of the Risk Based Inspection (RBI) method. The main objective is to assess in detail the evolution of the number of failures, the frequency of repairs, and the duration of these repairs based on the available data. Subsequently, based on the data on the duration of breakdowns and their occurrence, a risk matrix is created that identifies wagons with different levels of breakdowns and their specific maintenance needs. Within industrial logistics and rail transport, proper maintenance of railcars is critical to maintain smooth operations and minimize disruptions in supply chains. By identifying problematic railcars and addressing them adequately, it is possible to achieve increased operational efficiency and reduced costs associated with breakdowns and repairs. The RBI method is an important tool in this analysis, enabling systematic and efficient risk management in the maintenance of railway wagons.

### Abstrakt

Tento článok sa zameriava na dôkladnú analýzu poruchovosti železničných vozňov v časovom úseku rokov 2018 a 2019, pričom sa špeciálne venuje aplikácii metódy RBI (Risk Based

---

<sup>1</sup> Ing. Lucia Čabaníková (interná doktorandka, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>2</sup> doc. Ing. Ľubomír Ambriško, PhD. (docent, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>3</sup> Ing. Martin Ďuriška (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)



Inspection). Hlavným cieľom je detailne posúdiť vývoj počtu porúch, frekvenciu opráv a trvanie týchto opráv na základe dostupných údajov. Následne, na základe údajov o trvaní porúch a ich výskytu, je vytvorená matica rizík, ktorá identifikuje vozne s rôznymi úrovňami poruchovosti a ich špecifické potreby v oblasti údržby. V rámci priemyselnej logistiky a železničnej dopravy je kritická správna údržba železničných vozňov pre udržanie bezproblémového prevádzkovania a minimalizáciu výpadkov v dodacích reťazoch. Identifikáciou problematických vozňov a ich adekvátnym riešením je možné dosiahnuť zvýšenie efektivity prevádzky a zníženie nákladov spojených s poruchami a opravami. Metóda RBI predstavuje dôležitý nástroj pri tejto analýze, umožňujúci systematické a efektívne riadenie rizík v oblasti údržby železničných vozňov.

### Key words

failure rate, maintenance, risk matrix, bathtub curve, industrial logistics

### Klíčová slova

poruchovosť, údržba, matica rizika, vaňová krivka, priemyselná logistika

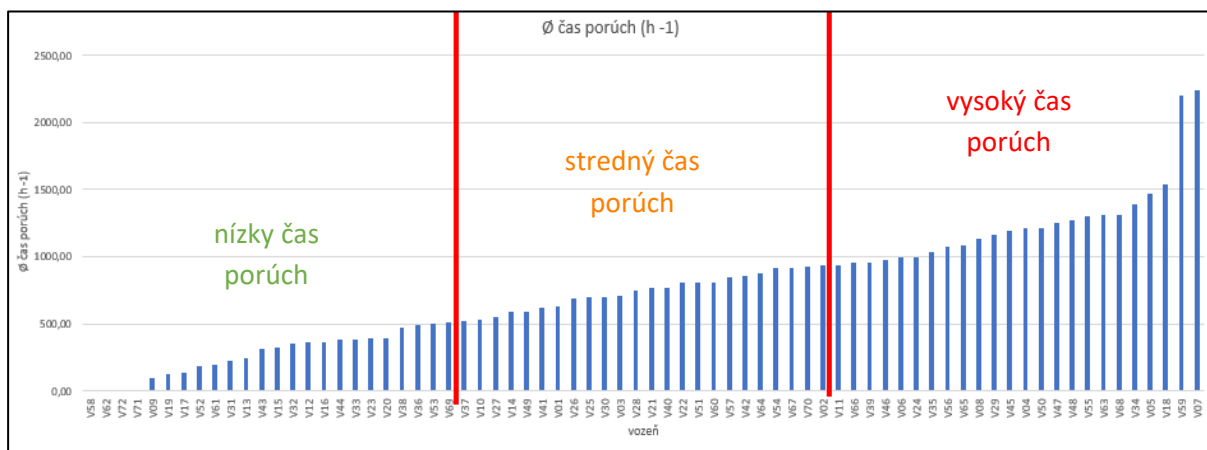
## 1 ÚVOD

Verejná osobná doprava predstavuje dôležitý aspekt sociálnej politiky štátu, ale aj aspekt udržateľného rozvoja sídelných aglomerácií a vyváženého regionálneho rozvoja [1]. V železničnej osobnej doprave sa vyskytujú viaceré problémy rôzneho charakteru. Ide napr. o finančné problémy, organizačné problémy, problémy s dopravnou infraštruktúrou, s vozovým parkom, či práve údržbou [2]. Európska norma STN EN 13306 stanovuje základné koncepcie pre všetky formy údržby a riadenia údržby. Podľa tejto normy je údržba definovaná ako proces merania a udržiavania stavu a funkčnosti objektu, zariadenia alebo zostavy na dosiahnutie stanovených cieľov [3]. Bezporuchovosť (reliability) je všeobecne definovaná ako schopnosť objektu (systému) plniť požadovanú funkciu v daných podmienkach a v určenom časovom intervale. Ako ukazovatele bezporuchovosti sa uvádzajú napr.: intenzita porúch  $t_p$ , stredný čas použiteľného stavu MDT, pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky  $R(t)$ , pravdepodobnosť poruchy  $F(t)$ , stredný čas prevádzky medzi poruchami MTBF (Mean Time Between Failure) [4]. Spôľahlivosť stroja predstavuje dôležitú charakteristiku využívanú pri hodnotení jeho celkového stavu. Nízka spoľahlivosť je dôsledkom vysokej poruchovosti, ktorá môže byť spôsobená nedostatočnou údržbou, zlými prevádzkovými podmienkami alebo vekom stroja. Hodnotenie spoľahlivosti vychádza z nasledovných dát, ktoré sú sledované útvarom údržby, ako napríklad čistý čas opravy, čas do prvej poruchy, počet porúch za určité časové obdobie a iné [5]. Veľmi rozšírenou metódou používanou v procese analýzy a riadenia rizík je mapa rizík (matica súčtu rizík), ktorá zahŕňa zachytenie výsledkov analýzy rizík a následné riadenie a kontrolu rizík [6]. RBI (Risk Based Inspection), je v doslovnom preklade inšpekcia založená na riziku, ale viac presnejší termín je riadenie inšpekcie na základe rizík. Tento prístup je vhodný pre zariadenia, ktorých údržba je jasne určená legislatívou, t. j. vyhradené technické zariadenia alebo zariadenia, ktorých prevádzka je potenciálnym zdrojom závažných nehôd. RBI preto predstavuje riadenie a plánovanie inšpekcií na základe posúdenia rizík. Pri kvalitatívnom hodnotení rizika zariadenia sa používa už vyššie spomínané hodnotenie matice rizík [7,8]. Cieľom tejto práce je analyzovať a následne ohodnotiť poruchovosť železničných vozňov pomocou metódy RBI, pričom pomocou matice rizík bude schopné určiť výborné a problematické vozne, a vozne ktoré potrebujú radikálnu opravu.



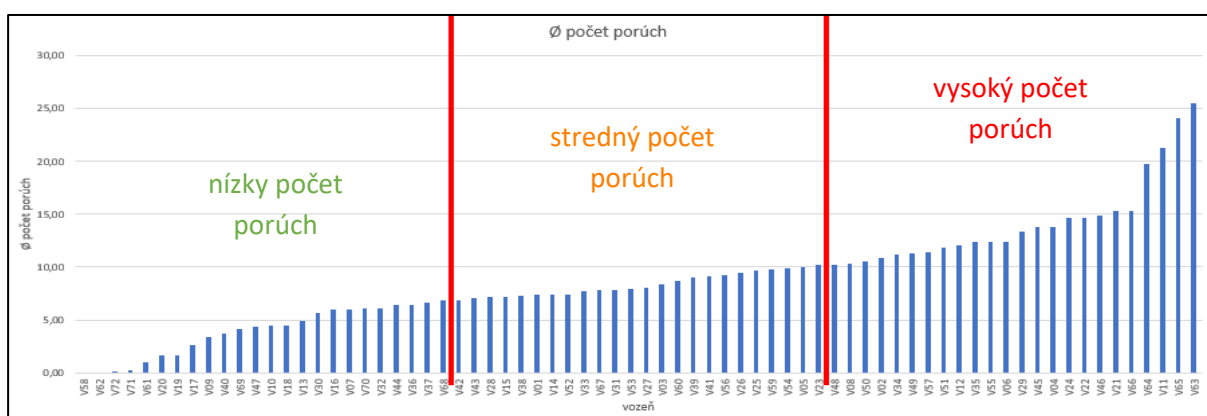
## 2 HISTOGRAM POČETNOSTÍ

Na základe získaných údajov o poruchovosti železničných vozňov pre osobnú dopravu boli zostavené histogramy. Základnými údajmi pre grafické porovnanie, boli v tomto prípade priemerný čas porúch resp. priemerný počet porúch za rok, počet vozňov, trvanie porúch a počet porúch. Zo 72 typov vozňov sa bol vytvorený jeden histogram, ktorý ukazoval priemerný čas porúch - od typu s najnižším časom porúch, až po typ s najvyšším časom porúch (Obr. 1). Obdobný postup bol pri tvorení histogramu s priemerným počtom porúch, kde na začiatku boli zoradené vozne s najmenším počtom porúch za rok, a na konci histogramu zase vozne s najväčším počtom porúch za rok (Obr. 2). Následne bol každý histogram rozdelený na 3 časti resp. stupne – I nízky čas porúch resp. nízka početnosť porúch, II stredný čas porúch resp. stredná početnosť porúch a III vysoký čas porúch resp. vysoká početnosť porúch. Na Obr. 1 môžeme vidieť histogram pre priemerný čas porúch, kde červené hranice rozdeľujú histogram na 24 vozňov s nízkym časom porúch, na ďalších 24 vozňov so stredným časom porúch a na 24 vozňov s vysokým časom porúch t. j. rovnaký počet pre jednotlivé stupne.



**Obr. 1** Histogram pre priemerný čas porúch sledovaných vozňov. Zdroj: autori

Na rovnakom princípe je vytvorený aj druhý histogram pre priemerný počet porúch (Obr. 2).



**Obr. 2** Histogram pre priemerný počet porúch sledovaných vozňov. Zdroj: autori

## 3 MATICA RIZÍK



Vstupnými údajmi pre vytvorenie matice rizík sú práve údaje z histogramov, ktoré poskytujú informácie o priemernom čase porúch a priemernom počte porúch pre jednotlivé vozne. Tieto histogramy umožňujú detailné porovnanie a analýzu poruchovosti vozňov v rôznych kategóriách. Porovnávali sa jednotlivé stupne z histogramu pre priemerný čas porúch a stupne z histogramu pre priemerný počet porúch. Tento prístup nám umožňuje získať ucelený pohľad na stav údržby a poruchovosti vozňov. Prieniky z jednotlivých porovnávaných množín (napríklad nízky čas poruchy a nízka početnosť) poskytujú dôležité informácie o tom, v akom stave sa nachádzajú jednotlivé vozne. Takéto analýzy umožňujú identifikovať vozne s rôznymi kombináciami časov porúch a početnosti porúch. Napríklad, vozne s nízkym časom poruchy a zároveň nízkou početnosťou porúch môžu byť označené ako vozne s nižším rizikom porúch. Naopak, vozne s vysokým časom poruchy a vysokou početnosťou porúch môžu byť identifikované ako vozne s výrazne vyšším rizikom porúch. Matica rizík (Obr. 3) identifikuje vozne: výborné, problematické, a vozne, ktoré vyžadujú:

- metódy TPM (totálne produktívna údržba),
- metódy RCM (údržba orientovaná na spoľahlivosť),
- preventívnu opravu,
- tréningy a školenia údržbárov resp. obsluhy,
- generálnu opravu (GO) a vylepšenia.

Vozne označené červenou farbou vyžadujú radikálnu opravu. Radikálna oprava u železničných vozňov zahŕňa rozsiahle a komplexné renovácie alebo obnovy vozidla, ktoré môžu obsahovať demontáž a výmenu veľkého množstva komponentov. Tieto opravy sú potrebné, ak vozňu hrozí zlyhanie alebo ak je jeho stav taký zlý, že už nie je možné zabezpečiť jeho bezpečnú a spoľahlivú prevádzku pomocou bežnej údržby alebo opráv. Cieľom radikálnej opravy je obnova vozňa do stavu, ktorý zodpovedá bezpečnostným a prevádzkovým normám a zabezpečenie jeho dlhodobej spoľahlivosti a funkčnosti.

		čas poruchy		
		nízky	stredný	vysoký
početnosť	nízka	V09 V12 V13 V15 V16 V17 V19 V20 V23 V31 V32 V33 V36 V38 V43 V44 V52 V53 V58 V61 V62 V69 V71 V72	V01 V02 V03 V10 V14 V21 V22 V25 V26 V27 V28 V30 V37 V40 V41 V42 V49 V51 V54 V57 V60 V64 V67 V70	V04 V05 V06 V07 V08 V11 V18 V24 V29 V34 V35 V39 V45 V46 V47 V48 V50 V55 V56 V59 V63 V65 V66 V68
	stredná	V09 V13 V16 V17 V19 V20 V32 V36 V44 V58 V61 V62 V69 V71 V72	V10 V30 V37 V40 V70	V07 V18 V47 V68
	vysoká	V02 V04 V06 V08 V11 V12 V21 V22 V24 V29 V34 V35 V45 V46 V48 V49 V50 V51 V55 V57 V63 V64 V65 V66	V02 V21 V22 V49 V51 V57 V64	V04 V06 V08 V11 V24 V29 V34 V35 V45 V46 V48 V50 V55 V63 V65 V66
		V12		
				<b>Radikálna oprava</b>

**Obr. 3** Matica rizík sledovaných vozňov

Zdroj: autori

**Totálne produktívna údržba (TPM)** sa dôkladne zaoberá celým systémom výroby, aby sa predchádzalo všetkým druhom strát na pracovisku alebo na výrobnom zariadení (nulové





prestoje, nulové straty rýchlosti, nulové nepodarky, nulové úrazy a nehody) [5]. Zvyšovanie účinnosti zariadení na jednej strane a znižovanie nákladov na údržbu a strát dôsledku prestojov na strane druhej, na základe dobrej komunikácie medzi operátorom a údržbárom, predstavuje základ filozofie TPM [9]. V prípade železničnej osobnej prepravy, TPM zdôrazňuje aktívnu účasť zamestnancov na údržbe a riadení stavu vozňov.

**Filozofia údržby zameranej na spoľahlivosť (RCM)** je založená na prístupe k zlepšovaniu systému, ktorý uprednostňuje nákladovú efektívnosť pri určovaní a formulovaní prevádzkových a údržbových politík a stratégií. Jej hlavným cieľom je riadiť riziká funkčných porúch systému ekonomicky efektívnym spôsobom, vďaka čomu je vhodná najmä v situáciách s obmedzenými finančnými zdrojmi. Filozofia RCM sa od ostatných stratégií údržby odlišuje tým, že sa zameriava na udržanie funkčnosti systému na požadovanej úrovni, a nie na izoláciu jednotlivých zariadení od ich úlohy v systéme. Stručne povedané, údržba zameraná na spoľahlivosť je metodický prístup k vytvoreniu plánovaného programu údržby pozostávajúceho z nákladovo efektívnych úloh, pričom sa zabezpečujú kritické funkcie zariadenia [10]. Keď sa aplikuje na železničné vozne osobnej prepravy, RCM sa zameriava na identifikáciu kritických komponentov vozňa a vytvára plány údržby založené na rizikách a dôležitosti týchto komponentov.

Súčasná starostlivosť o strojné zariadenia je do značnej miery založená na aplikácii **preventívnej údržby**. Jedná sa o súbor činností rôzneho charakteru, ktoré sú vykonávané ako prevencia pred výskytom porúch. V oblasti údržby vozňov, by preventívna údržba mohla zahŕňať činnosti ako [5]:

- **plánované inšpekcie** - pravidelné a systematické inšpekcie rôznych častí vozňa, ako sú brzdy, podvozok, dvere, elektrické a elektronické súčasti atď. Tieto inšpekcie sa zvyčajne vykonávajú podľa stanovených harmonogramov a kontrolných postupov,
- **výmena a údržba komponentov** - pravidelná výmena a údržba kritických komponentov a súčiastok, ako sú brzdové platne, nápravy, spojky, elektrické zariadenia atď., aby sa predišlo ich opotrebovaniu a zlyhaniu,
- **čistenie a údržba** - pravidelné čistenie vnútra a vonkajšej časti vozňa, ako aj jeho systémov a zariadení, aby sa odstránili nečistoty, odpadky a iné látky, ktoré by mohli ovplyvniť jeho výkon,
- **nastavenie a kalibrácia** - kontrola a prípadné nastavenie a kalibrácia rôznych mechanických a elektrických systémov, aby sa zabezpečila ich správna funkcia a výkon,
- **testovanie a kontrola** - pravidelné testovanie a kontrola rôznych aspektov vozňa, ako sú brzdová sila, svetelné systémy, bezpečnostné prvky atď., aby sa zistili možné problémy alebo nedostatky.

**Tréningy a školenia** pri železničných vozňoch určených na prepravu cestujúcich, majú zvyčajne za cieľ zabezpečiť, aby personál, ktorý je zapojený do prevádzky a údržby vozňov, mal dostatočné znalosti, zručnosti a informácie potrebné na efektívne a bezpečné vykonávanie svojich úloh. Tu je niekoľko možných oblastí, ktoré by mali byť pokryté v tréningoch a školeniach [11]:

- **prevádzka vozňa** - zamestnanci by mali byť oboznámení s obsluhou a ovládaním vozňa, vrátane používania rôznych systémov a zariadení, ako sú brzdy, dvere, klimatizácia, bezpečnostné prvky atď.,



- **bezpečnostné postupy** - zamestnanci by mali absolvovať školenie z bezpečnostných postupov, vrátane evakuačných postupov, prvé pomoci, požiarnych bezpečnostných opatrení a iných dôležitých aspektov zabezpečenia bezpečnosti cestujúcich,
- **údržba a servis vozňov** - technický personál by mal byť školený v oblasti údržby a servisu vozňov, vrátane preventívnej údržby, diagnostiky porúch, opráv a výmeny komponentov,
- **diagnostika porúch** - školenia by mohli zahŕňať aj získavanie zručností v diagnostike porúch a riešení problémov, ktoré sa môžu vyskytnúť počas prevádzky vozňa,
- **komunikácia a zákaznícky servis** - personál by mal byť školený v komunikačných zručnostiach a v spôsoboch efektívnej komunikácie s cestujúcimi, ako aj v poskytovaní vysoko kvalitného zákazníckeho servisu,
- **legislatíva a predpisy** - zamestnanci by mali byť oboznámení s platnými legislatívnymi požiadavkami a predpismi týkajúcimi sa prevádzky a údržby vozňov osobnej dopravy.

**Generálna oprava a vylepšenia** pri železničných vozňoch sú rozsiahle úpravy a renovácie vozňov, ktoré majú za cieľ zlepšiť ich spoľahlivosť, výkon, bezpečnosť a komfort cestujúcich. Generálna oprava a vylepšenia sú dôležitým procesom, ktorý umožňuje predĺžiť životnosť železničných vozňov osobnej dopravy, zlepšiť ich výkon a poskytnúť cestujúcim lepšie a bezpečnejšie prostredie počas cestovania. Tento proces môže zahŕňať viaceré kroky a úpravy:

- **demontáž a inšpekcia** - vozne sú demontované a dôkladne skontrolované, aby sa identifikovali všetky možné problémy a opotrebované komponenty,
- **opravy a náhrady** - po skontrolovaní sa vykonávajú opravy a náhrady opotrebovaných alebo poškodených komponentov, ako sú brzdy, podvozok, dvere, sedadlá, okná a ďalšie časti vozňa,
- **modernizácia a vylepšenia** - vozne môžu byť modernizované a vylepšené pomocou nových technológií a materiálov, ako sú napr. nové elektronické systémy, bezpečnostné prvky, energetická účinnosť, informačné a zábavné systémy pre cestujúcich, klimatizácia a ďalšie,
- **interiérové úpravy** - môžu byť vykonané interiérové úpravy, ako je obnova sedadiel, náter vozňa, výmena podlahových krytov, vylepšenie osvetlenia a iné úpravy, ktoré prispievajú k pohodliu cestujúcich,
- **bezpečnostné vylepšenia** - vylepšenia bezpečnosti môžu zahŕňať inštaláciu nových bezpečnostných systémov, ako sú napr. kamerové systémy, automatické brzdy a ďalšie,
- **testovanie a overenie** - po dokončení generálnej opravy a vylepšení sú vozne testované a overované, aby sa zabezpečilo, že všetky zmeny a úpravy sú správne implementované a že vozne spĺňajú všetky bezpečnostné a prevádzkové normy.

## ZÁVER

V železničnom vagóne môže dôjsť k rôznym typom porúch, ktoré môžu ovplyvniť jeho bezpečnosť, spoľahlivosť a výkon. Jednou z bežných porúch je opotrebovanie podvozku, ktoré môže viesť k nebezpečným situáciám, ako je vykoľajenie a pod. Ďalšou častou poruchou je poškodenie nákladu alebo vybavenia v dôsledku nesprávneho manipulovania alebo pádu. Tento druh poruchy môže viesť nielen k finančným stratám, ale aj k zdravotným rizikám pre ľudí v blízkosti. Problémom môže byť opotrebovanie a poškodenie brzdových systémov, čo môže znížiť schopnosť vagónu zastaviť sa v prípade potreby. Ďalšie potenciálne poruchy zahŕňajú



zlyhanie zariadení na tlmenie nárazov, úniky nebezpečných látok a poruchy riadiacich systémov. Je dôležité, aby železničné spoločnosti pravidelne a systematicky monitorovali a vykonávali údržbu svojich zariadení, aby minimalizovali riziko týchto porúch a zabezpečili bezpečnú a spoľahlivú prevádzku svojich vozov.

V článku bolo dokázané, že hodnotenie porúch vagónov pomocou metódy RBI je kľúčovým nástrojom pre riadenie údržby, či už výrobných podnikoch alebo v oblasti verejnej dopravy. Zostavená matica rizík poskytla jasný prehľad o stave jednotlivých typov vozňov a ich potrebe rôznych foriem údržby, vrátane RCM, TPM a preventívnej údržby. Taktiež sme získali informácie o tom, ktoré vozne vyžadujú zásadné opravy a vylepšenia. Z hľadiska priemyselnej logistiky je údržba nevyhnutná pre udržanie spoľahlivosti a efektivity logistických operácií. Matica rizík je neoceniteľným nástrojom, ktorý poskytuje dôležité informácie pre plánovanie a riadenie údržby, čo umožňuje podnikom minimalizovať riziká výpadkov a zabezpečiť plynulý chod ich logistických procesov. Je zrejmé, že implementácia metódy RBI a využitie matice rizík môže mať zásadný vplyv na celkovú efektivitu a konkurencieschopnosť podnikov v priemyselnej logistike.

## PODPORA

Článok je súčasťou riešenia projektu APVV-21-0195, KEGA 005TUKÉ - 4-/2022, projektu VEGA 1/0674/24 a VEGA 1/0430/22

## LITERATÚRA

- [1] Hejhalová, B. Kedy sa stanú integrované dopravné systémy osobnej dopravy na Slovensku realitou? Doprava a spoje –elektronický časopis Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline, ISSN 1336-7676
- [2] Dedík, M - Čechovič, L – Meško, P. Hierarchia prevádzkovo-organizačných opatrení v železničnej osobnej doprave. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra železničnej dopravy
- [3] Spišák, J. Logistika obslužných procesov 2. 1. vyd. Košice: TU, 2006. 87 s. ISBN 80-8073-502-6 (brož.)
- [4] ČSN EN 50 126: Drážní zařízení - stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS). 2001.
- [5] Červeňan, A. Systém údržby. 1.vydanie. Bratislava. CKV Consult, s r.o., 2015. ISBN 978-80-971986-0-2.
- [6] Mulačová, V - Mulač, P. Rizika v obchodní činnosti a jejich řízení. In Obchodní podnikání II. 2. aktualizované a doplnené vydanie. České Budejovice: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budejovicích, 2012. ISBN 978-80-7468-023-6. 2. kapitola, s. 20
- [7] Sinay, J – Oravec, M – Pačaiová, H. Nové požiadavky Európskej smernice na bezpečnosť strojov a jej dopady – New requirements of European directive on equipments safety and its consequences. Defektoskopie 2007. Brno: VUT, p.211-216. ISBN 9788021435049.
- [8] Pačaiová, H - Sinay, J. Modul IV - Bezpečnosť a riziká prevádzky technických systémov. Grantový projekt – Vzdělávání profesních pracovníků údržeb ve strojírenských a hutních



- podnicích v Moravskoslezském kraji, CZ.107/3.2.07/03.010, TRIBO, o.s. Ostrava 2012, 75 s.
- [9] Valenčík, Š. – Stejskal, T. Základy prevádzky a údržby strojov. 1. vyd. Košice: TU, 2009. 105 s. ISBN 978-80-553-0252-2
- [10] Siddiqui, A. – Ben-Daya, M. Reliability Centered Maintenance. In: Ben-Daya, M., Duffuaa, S., Raouf, A., Knezevic, J., Ait-Kadi, D. (eds) Handbook of Maintenance Management and Engineering. Springer, London. pp 397–415
- [11] European Union Agency for Railways: Požiadavky na systém riadenia bezpečnosti na bezpečnostnú certifikáciu alebo udeľovanie bezpečnostných povolení. Dostupné na: <https://www.era.europa.eu/system/files/2022/11/Guide%20on%20safety%20management%20system%20requirements%20-%20SK.pdf>



# BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND ITS USE IN LOGISTICS

## TECHNOLÓGIA BLOCKCHAIN A JEJ VYUŽITIE V LOGISTIKE

**Ing. Martin Ďuriška<sup>1</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
martin.duriska@tuke.sk

**Ing. Lucia Čabaníková<sup>2</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
lucia.cabanikova@tuke.sk

### Abstract

In today's era of digital transformation, blockchain technology is becoming increasingly important. This technology, which was originally created as the basis for cryptocurrency, is now at the forefront of innovation in many industries. Its unique ability to provide trust between parties without the need for a central authority makes it an ideal technology for many applications. This article discusses the potential of blockchain technology and its possible applications in the logistics industry. Although blockchain technology is still under development, its possibilities extend far beyond cryptocurrencies and financial transactions. Smart contracts, irreplaceable tokens, decentralised finance, product authentication, digital identity and supply chain control are just some of the areas where blockchain can be used. The use of blockchain technology has so far been minimally explored in the field of logistics. With growing interest and continued development, it is likely that we will see more innovative applications of blockchain in the near future.

### Abstrakt

V dnešnej dobe digitálnej transformácie sa technológia blockchain stáva stále dôležitejšou. Táto technológia, ktorá bola pôvodne vytvorená ako základ pre kryptomenu, sa teraz nachádza na čele inovácií v mnohých odvetviach. Jej jedinečná schopnosť zabezpečiť dôveru medzi stranami bez potreby centrálnej autority robí z nej ideálnu technológiu pre mnohé aplikácie. Článok sa zaoberá potenciálom technológie blockchain a jej možnými aplikáciami v oblasti logistiky. Hoci je technológia blockchain stále v štádiu vývoja, jej možnosti siahajú ďaleko za rámec kryptomien a finančných transakcií. Inteligentné zmluvy, nezameniteľné tokeny, decentralizované financie, overenie originality výrobkov, digitálna identita a kontrola dodávateľského reťazca sú len niektoré z oblastí, kde môže byť blockchain využitý. Využitie

---

<sup>1</sup> Ing. Martin Ďuriška, (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>2</sup> Ing. Lucia Čabaníková, (interná doktorandka, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)



technológie blockchain je zatiaľ v oblasti logistiky minimálne preskúmané. S rastúcim záujmom a pokračujúcim vývojom je pravdepodobné, že budeme svedkami ďalších inovatívnych aplikácií blockchainu v blízkej budúcnosti.

### **Key words**

crypto currency, blockchain, smart contracts, originality check, logistics, supply chain management

### **Kľúčové slová**

kryptomena, blockchain, inteligentné zmluvy, kontrola originality, logistika, riadenie dodávateľského reťazca

## **ÚVOD**

Vstupujeme do sveta, kde technológia mení spôsob, akým funguje naša spoločnosť. Jednou z týchto technológií, ktorá stojí v popredí tejto digitálnej revolúcie, je technológia blockchain. Tento článok sa zaoberá rôznymi aspektmi tejto fascinujúcej technológie a jej potenciálnym využitím v oblasti logistiky.

V prvom rade sa zameriame na blockchain technológiu samotnú, jej základné princípy a fungovanie. Preskúmame, ako táto distribuovaná databáza umožňuje bezpečné a transparentné transakcie v reálnom čase a ako môže priniesť revolúciu v mnohých odvetviach.

Následne sa pozrieme na kryptomeny, vlastne najznámejšiu aplikáciu blockchainu. Kryptomeny sú digitálne meny, ktoré využívajú kryptografiu pre bezpečnosť. Sú známe svojou decentralizovanou povahou. Ďalej sa zameriame na blockchainové transakcie a opíšeme si, ako tieto transakcie fungujú, ako sú overené a ako prispievajú k bezpečnosti a transparentnosti blockchainu.

Potom sa pozrieme na širšie využitie blockchain technológie. Prejdeme si rôzne aplikácie blockchainu, od inteligentných zmlúv po nezameniteľné tokeny a decentralizované financie.

V časti o inteligentných zmluvách sa zameriame na to, ako tieto programovateľné zmluvy môžu automatizovať a zefektívniť mnohé procesy. Tieto zmluvy umožňujú bezpečné, transparentné a decentralizované digitálne interakcie, čo eliminuje potrebu tretích strán alebo dôveryhodných mediátorov.

V sekcii o nezameniteľných tokenoch preskúmame, ako tieto jedinečné digitálne aktíva môžu zmeniť spôsob, akým obchodujeme s umením, nehnuteľnosťami a ďalšími cennými aktívami. Každé NFT má jedinečnú identitu, ktorá je overiteľná a nemôže byť replikovaná.

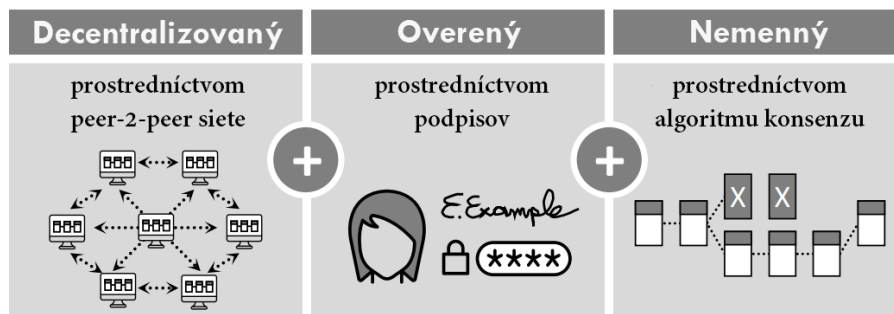
Nakoniec sa pozrieme na využitie blockchainu v logistike. Skúmame, ako môže blockchain prispieť k efektívnosti a transparentnosti dodávateľských reťazcov a ako môže pomôcť overiť originalitu výrobkov.

Tento článok je určený pre každého, kto má záujem o technológiu blockchain a jej možnosti využitia. Či už ste technolog, podnikateľ alebo len zvedavý čitateľ, veríme, že nájdete v tomto článku niečo hodnotné a inšpirujúce.



## 1 BLOCKCHAIN TECHNOLOGIA

Blockchain je založená na technológii (DLT)-Distributed Ledger Technology s ktorou nie je možné manipulovať vďaka použitiu kryptografických metód. Na Obr. 1 sú znázornené tri najdôležitejšie vlastnosti blockchainu: decentralizovaný, overený a nemenný. [1]



Obr. 1 Tri znaky blockchain technológie  
Zdroj: [1]

**Je decentralizovaný:** pretože sieť je úplne riadená jej členmi bez toho, aby sa spoliehala na centrálnu autoritu alebo centralizovanú infraštruktúru. Ak chcete pridať transakciu do účtovnej knihy, transakcia musí byť zdieľaná v rámci peer-2-peer blockchain siete. Všetci členovia si uchovávajú vlastnú lokálnu kópiu účtovnej knihy (Ledger).

**Overuje sa:** Aby však bola transakcia v sieti blockchain platná, musí byť overená a potvrdená ostatnými uzlami v sieti. Preto sa každá transakcia overuje kryptograficky, čo znamená, že musí byť podpísaná správnym verejným a súkromným kľúčom. Verejný kľúč (Public key) je adresa, ktorá identifikuje konkrétny účet alebo adresu v sieti blockchain. Súkromný kľúč (Private key) je heslo, ktoré slúži na overenie identity a autentifikáciu používateľa. Keď používateľ spustí transakciu, jeho súkromný kľúč sa použije na podpísanie transakcie a vytvorenie digitálneho podpisu. Tento digitálny podpis sa potom odošle do siete blockchain a ostatné uzly v sieti ho overia.

**Nemennosť:** Jedna alebo viac transakcií sa zoskupí a vytvorí sa nový blok. Všetci členovia siete môžu overiť transakcie v bloku. Ak sa nedosiahne ku konsenzu o platnosti nového bloku, blok sa zamietne. Podobne, ak existuje konsenzus, že transakcie v bloku sú platné, blok je platný a zapíše sa do reťazca. Pre každý blok sa vygeneruje kryptografický hash. Každý blok uchováva nielen záznamy o transakciách, ale aj hash predchádzajúceho bloku. Toto vytvára blokovú vzájomnú závislosť spájajúcu sa s reťazcom – blockchainom. Spätná zmena transakcie na blockchaine by si vyžadovala nielen zmenu lokálnych záznamov na väčšine zariadení členov siete, ale aj zmeny kryptografický hash každého bloku v reťazci.

## 2 ČO JE TO KRYPTOMENA?

Kryptomena je digitálna mena, ktorá nie je centralizovaná a na zabezpečenie svojich transakcií využíva kryptografiu. To znamená, že nie je závislá od finančných sprostredkovateľov, ako sú banky a spracovatelia platieb.

Tento decentralizovaný charakter uľahčuje transakcie typu peer-to-peer (P2P) priamo medzi jednotlivcami. Namiesto fyzických peňaženiek a bankových účtov však ľudia prístupujú k svojej kryptomene prostredníctvom jedinečných kryptopeňaženiek alebo kryptobúrz.



Možno ste už počuli ľudí hovoriť, že kryptomeny sú „uložené“ v peňaženkách. Kryptomeny však neexistujú v kryptopeňaženkách alebo na burzách. V skutočnosti vždy zostávajú na blockchaine. Čo sa týka kryptoburzy, tá drží privátne kľúče, ktoré používateľom umožňujú prístup k týmto prostriedkom. [2]

Prvou a najznámejšou kryptomenou je Bitcoin, ktorý v roku 2009 vytvoril jednotlivec alebo skupina s pseudonymom Satoshi Nakamoto. Odvtedy sa objavili tisíce kryptomien, z ktorých každá má jedinečné vlastnosti. Bitcoin Blockchain je prvou implementáciou princípov Blockchainu a podporuje iba jednoduché transakcie. Ukazuje tiež, aký spoľahlivý je Blockchain, pretože od januára 2009 funguje bezchybne.[1] Na Obr. 2 je znázornená ilustrácia loga Bitcoin.

Kryptomeny môžu byť použité ako prostriedok na výmenu, podobne ako tradičné fiat meny. No význam použitia kryptomien sa časom výrazne rozšíril a zahŕňa teraz aj inteligentné zmluvy (Smart Contracts), decentralizované financie (DeFi) a nezameniteľné tokeny (NFT).



Obr. 2 Bitcoin (BTC)  
Zdroj: [3]

### 3 BLOCKCHAINOVÁ TRANSAKIE

Prevod nejakej hodnoty na blockchaine môžeme považovať za transakciu. Veľmi zjednodušene povedané, transakcia je, keď jedna osoba prevedie určené množstvo kryptomeny, ktorú vlastní, inej osobe.

Na vykonávanie transakcií na blockchaine potrebujete krypto peňaženku. Jedná sa o program, ktorý je prepojený s blockchainom, ku ktorému máte prístup iba vy. Krypto peňaženka umožňuje sledovanie kryptomien, ktoré vlastníte a umožňuje vám s nimi vykonávať transakcie. Každá peňaženka je chránená špeciálnou kryptografickou metódou, ktorá používa jedinečný pár odlišných, ale prepojených kľúčov: súkromný a verejný kľúč.

- Verejný kľúč, tiež známy ako adresa peňaženky na blockchain, je to séria písmen a čísel, ktoré musí používateľ zdieľať, aby mohol získať finančné prostriedky.
- Súkromný kľúč musí zostať v tajnosti, podobne ako číslo PIN vašej bankovej karty, pretože na rozdiel od verejného kľúča, súkromný kľúč oprávňuje mianie akýchkoľvek prostriedkov nachádzajúcich na príslušnej peňaženke.





Používateľ (ktokoľvek má súkromný kľúč) môže pomocou svojej peňaženky autorizovať alebo podpísať transakcie a tým previesť hodnotu na nového vlastníka. Transakcia sa potom vysiela do siete, aby bola zahrnutá do blockchainu. [9]

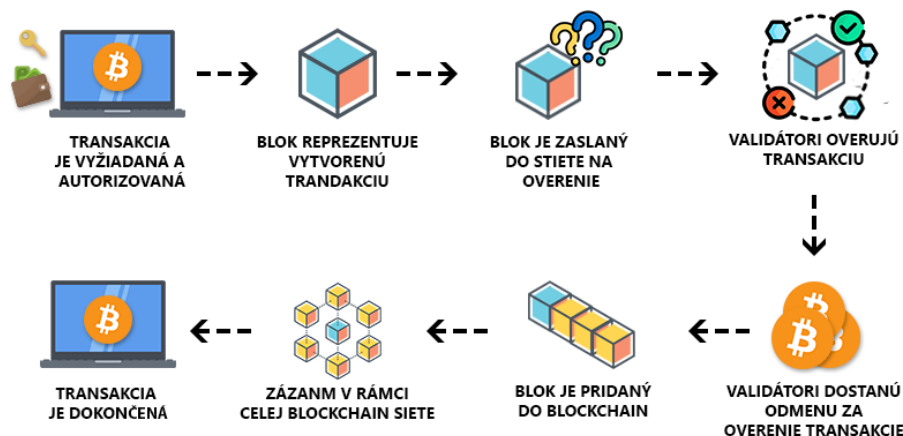
Na rozdiel od tradičných transakcií nie je potrebná dôvera ani zmluva. Technológia blockchain je revolučná v tom že ponúka možnosť, ktorá je bezpečná, rýchla a lacná a nezahŕňa ďalšiu tretiu stranu.

### Ako funguje blockchainová transakcia?

Po prvé, máme používateľov – to sú ľudia ako vy a ja, ktorí chcú použiť mechaniku blockchainu na uskutočnenie transakcie. Ale v systéme, ktorý nemá centrálnu štruktúru. Kto teda transakcie overuje ?

Tu prichádzajú na rad validátori alebo mineri. Vieme, že blockchain je systém pri ktorom nemusíme dôverovať centralizovanej entite na vykonanie transakcií a uchovanie správneho množstva prostriedkov na príslušných adresách. Overenie a potvrdenie blokov prichádzajúcich transakcií umožňujú mineri alebo validátori, ktorý prichádzajúce transakcie overujú a navzájom sa kontrolujú. Za správne overovanie transakcií validátori dostávajú odmenu. Tento odmeňovanie udržuje celý systém v chode.

Nakoniec tu máme blockchainové uzly (Node). Uzly udržujú celý systém v bezpečí. Overenie transakčných blokov odoslaných minermi alebo validátormi pred ich pridaním do blockchainu. Robia to tak, že kontrolujú prichádzajúce informácie s históriou transakcií blockchainu, aby sa zabezpečilo, že sa všetko zhoduje. Reťazec zapísaných blokov je potom už nemenný. Sieťové uzly sú roztrúsené po celej planéte. Blok sa pridá do siete len ak sa sieťové uzly zhodnú a dosiahnu konsenzus, že nové transakcie sú platné. [11]



Obr. 3 Transakcia na blockchain Zdroj??

## 4 VYUŽITIE BLOCKCHAIN TECHNOLOGIE

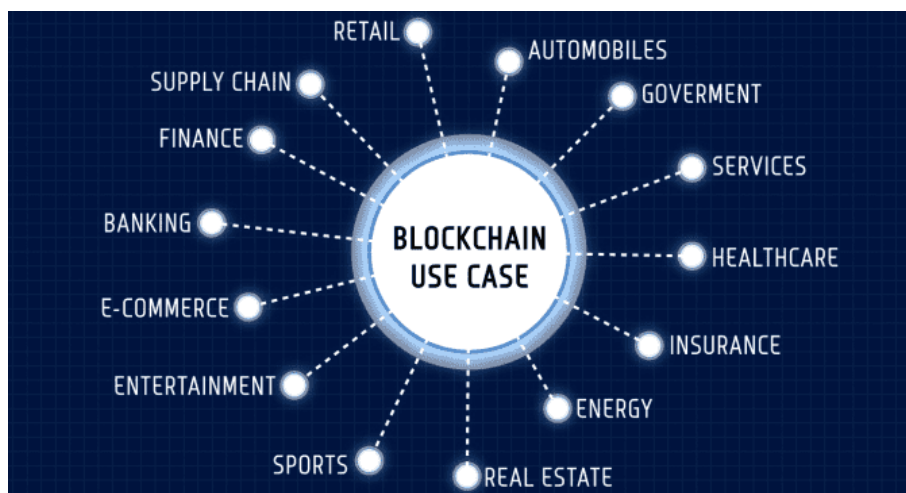
Distribuovaný systém, ako je Blockchain, má výhody oproti centralizovaným architektúram, pretože poskytuje rovnaké overené informácie všetkým členom siete. To vytvára dôveru medzi stranami, odstránením potreby dôvery. Blockchain môže zaznamenať prevod majetku medzi dvoma stranami bez potreby sprostredkovateľa. Odstránením sprostredkovateľov a režijných nákladov, blockchain technológie majú potenciál výrazne znížiť transakčné poplatky, skrátiť čas transakcií z dní na minúty a spracovávať ich 24 hodín denne.



Najväčšou prednosťou blockchain technológie je transparentnosť – aj preto sa nazýva „technológia pravdy“. Dáta sa ukladajú do samostatných úložných celkov zvaných „block“. Tieto bloky sa ukladajú do reťazca jeden za druhým, preto „chain“. Blockchain je distribuovaná databáza chránená šifrovaním tak, že zaručuje bezpečnosť informácií a chráni pred prístupom a úpravami od nevyžiadaných tretích strán. Na Obr. 4 môžeme vidieť sektory kde je možné blockchain technológiu využiť. [4]

Výhody blockchain technológie:

- lacná – nevyžaduje centralizované zabezpečené servery
- rýchla – dokáže zaznamenávať obchody v reálnom čase, čo znamená okamžité prevody peňazí či aktív
- transparentná – záznamy o prevodoch si môže prečítať každý, kto má verejne prístupný kľúč
- bezpečná – šifrovanie zabezpečuje, že obchody môžu robiť len autorizovaní účastníci s potrebnými prostriedkami, pričom záznamy sa už nedajú spätne meniť



**Obr. 4** Využitia blockchain technológie. [5]

Blockchain technológia má široké spektrum využitia a môže mať vplyv na rôzne odvetvia. Niektoré z hlavných oblastí, v ktorých sa blockchain môže uplatniť, sú [5][6]:

**Identita:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie zabezpečenia a spravovania digitálnych identít a na zlepšenie ochrany súkromia a bezpečnosti používateľov.

**Finančné služby:** Blockchain môže byť použitý na zvýšenie bezpečnosti a efektívnosti finančných transakcií a na zlepšenie zabezpečenia digitálnych peňazí. Môže tiež pomôcť pri vytváraní nových finančných nástrojov a zlepšení transparentnosti a auditability v bankovom sektore.

**Zdravotníctvo:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie zabezpečenia a spravovania zdravotných záznamov pacientov a na zlepšenie sledovania farmaceutických výrobkov v dodávateľskom reťazci.

**Logistika:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie sledovania a spravovania tovarov v logistických reťazcoch, na zvýšenie transparentnosti a zabezpečenia v dodávkových reťazcoch.

**Reality sektor:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie procesu kúpy a predaja nehnuteľností a zabezpečenie transparentnosti v rôznych transakciách.



**Volebné systémy:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie transparentnosti a zabezpečenia vo volebných systémoch a na zlepšenie dôveryhodnosti volieb.

**Poistovníctvo:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie sledovania a spravovania poisťných zmlúv a na zlepšenie transparentnosti v poisťovacom sektore.

**Výroba:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie sledovania a spravovania výrobných procesov a na zlepšenie transparentnosti a zabezpečenia v dodávkových reťazcoch.

**Verejná správa:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie transparentnosti a dôveryhodnosti verejných úradov a na zlepšenie sledovania a spravovania verejných zdrojov.

**Dopytové reťazce:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie sledovania a spravovania dopytových reťazcov.

**Kultúra:** Blockchain môže byť použitý na zlepšenie spravovania autorských práv a na zlepšenie transparentnosti a spravovania digitálnych umení.

Tieto príklady iba naznačujú široké spektrum využitia blockchain technológie. V skutočnosti existuje mnoho ďalších oblastí, v ktorých by mohla byť táto technológia použitá na zlepšenie efektívnosti a bezpečnosti rôznych procesov.

## 5 INTELIGENTNÉ ZMLUVY (SMART CONTRACTS)

Inteligentné zmluvy sú jednoducho programy uložené na blockchaine, ktoré sa spúšťajú, keď sú splnené vopred určené podmienky. Zvyčajne sa používajú na automatizáciu vykonávania dohody, takže všetci účastníci si môžu byť okamžite istí výsledkom bez akéhokoľvek zapojenia sprostredkovateľa alebo časových strát.

Inteligentné zmluvy fungujú tak, že sa riadia jednoduchými príkazmi „ak/tak.“, ktoré sú zapísané do kódu na blockchaine. Sieť počítačov vykonáva akcie, keď sú splnené a overené vopred určené podmienky. Tieto akcie by mohli zahŕňať uvoľnenie finančných prostriedkov príslušným stranám, registráciu vozidla, odosielanie upozornení alebo vydanie cestovného lístka. Blockchain sa potom aktualizuje po dokončení transakcie. To znamená, že transakciu nemožno zmeniť a výsledky môžu vidieť iba strany, ktorým bolo udelené povolenie.

V rámci inteligentnej zmluvy môže existovať toľko ustanovení, koľko je potrebných na to, aby sa účastníci presvedčili, že úloha bude dokončená uspokojivo. Na stanovenie podmienok musia účastníci určiť, ako sú transakcie a ich údaje zastúpené na blockchaine, dohodnúť sa na pravidlách „ak/tak...“, ktorými sa tieto transakcie riadia, preskúmať všetky možné varianty.

Potom môže inteligentnú zmluvu naprogramovať vývojár – aj keď organizácie, ktoré využívajú blockchain na podnikanie, čoraz častejšie poskytujú šablóny, webové rozhrania a ďalšie online nástroje na zjednodušenie štruktúrovania inteligentných zmlúv.

Výhody inteligentných zmlúv [7]:

**Rýchlosť, efektívnosť a presnosť:** Po splnení podmienky je zmluva okamžite vykonaná. Keďže inteligentné zmluvy sú digitálne a automatizované, nie je potrebné spracovávať žiadne papiere ani čas strávený zosúladovaním chýb, ktoré často vznikajú pri ručnom vyplňaní dokumentov.

**Dôvera a transparentnosť:** Pretože nie je zapojená žiadna tretia strana a pretože šifrované záznamy transakcií sú zdieľané medzi účastníkmi, nie je potrebné pochybovať o tom, či boli informácie zmenené pre osobný prospech.

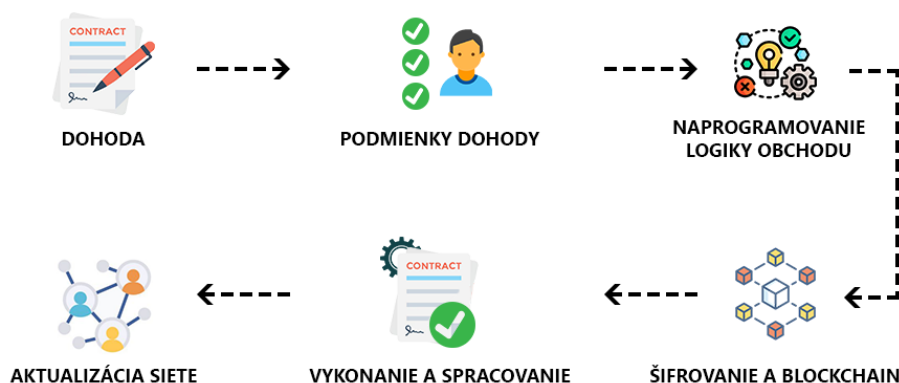
**Bezpečnosť:** Záznamy blockchainových transakcií sú šifrované, čo sťažuje ich hacknutie. Navyše, keďže každý záznam je spojený s predchádzajúcim a nasledujúcim záznamom v



distribuovanej účtovnej knihe, hackeri by museli zmeniť celý reťazec, aby zmenili jeden záznam.

**Úspory:** Inteligentné zmluvy odstraňujú potrebu, aby transakcie vykonávali sprostredkovatelia, a tým aj súvisiace časové oneskorenia a poplatky.

## Ako funguje Smart Contract ?



**Obr. 5** Princíp fungovania inteligentnej zmluvy Zdroj [7]

**Dohoda:** Viaceré strany identifikujú príležitosť na spoluprácu a požadované výsledky a dohody môžu zahŕňať obchodné procesy, výmenu aktív atď.

**Stanovenie podmienok dohody:** Inteligentné zmluvy by mohli byť iniciované samotnými stranami alebo pri splnení určitých podmienok, ako sú indexy finančných trhov, udalosti, napríklad GPS lokality atď.

**Naprogramovanie logiky obchodu:** Napíše sa počítačový program, ktorý sa automaticky vykoná, keď sú splnené podmienené parametre.

**Šifrovanie a technológia blockchain:** Šifrovanie zabezpečuje bezpečnú autentifikáciu a prenos správ medzi stranami týkajúcich sa inteligentných zmlúv.

**Vykonávanie a spracovanie:** V iterácii blockchainu sa vždy, keď sa dosiahne konsenzus medzi stranami týkajúci sa autentifikácie a overovania, vykoná kód a výsledky sa zapamätajú na účely dodržiavania a overovania.

**Aktualizácia siete:** Po vykonaní inteligentných zmlúv všetky uzly v sieti aktualizujú svoju účtovnú knihu (ledger), aby odrážala nový stav. Po zverejnení a overení záznamu v sieti blockchain ho nemožno upravovať.

## 6 NEZAMENITEĽNÝ TOKEN (NFT)

NFT (non-fungible token) predstavuje digital asset, ktorý slúži ako dôkaz vlastníctva a autenticity unikátneho digitálneho obsahu, ako napríklad umelecké dielo, predmet vo videohre, digitálne zberateľské karty. Každý NFT je jedinečný a nedá sa vymeniť za iný NFT v pomere 1:1, teda je nezameniteľný. NFT sú uložené na blockchain digitálnej účtovnej knihe (ledger), ktorá zaznamenáva vlastníctvo a históriu transakcií, čo zabraňuje falšovaniu alebo manipulácii s nimi.

NFT (Non-Fungible Token) v súčasnosti nie sú široko využívané v logistike, ale existuje potenciál, ako by mohli byť využité v budúcnosti.



Technológia NFT je stále experimentálna a skúmajú sa konkrétne priemyselné aplikácie. Objavili sa však riešenia NFT zamerané na logistiku a dodávateľský reťazec. Jedným z kľúčových prínosov tejto technológie pre dodávateľský reťazec je vysledovateľnosť výrobkov.

Vďaka NFT máme prístup k metadátam konkrétnych položiek, ako je ich aktuálny vlastník, umiestnenie a vlastnosti, napríklad hmotnosť, veľkosť a certifikáty. Ako výrobok postupuje dodávateľským reťazcom, tieto informácie sa aktualizujú v NFT, uloženom v sieti blockchain. Keď sa tovar dostane na miesto určenia, je k dispozícii dôveryhodná a úplná história celej cesty výrobku od jeho vzniku až po moment doručenia.

Výhody NFT technológie v dodávateľskom reťazci:

**Bezpečnosť:** Výmena informácií medzi subjektmi dodávateľského reťazca je veľmi bezpečná. Údaje NFT sú uložené v sieti blockchain ako inteligentný kontrakt, ktorý zabraňuje vymazaniu, odstráneniu alebo neoprávnenému kopírovaniu zadaných informácií.

**Sledovateľnosť:** Pri práci s potravinami, farmaceutickými výrobkami, chemikáliami je veľmi dôležité pochopiť logistické a výrobné postupy, ktorými tovar prešiel, ako aj to, kde bol a ako dlho. Technológia blockchain poskytuje úplnú transparentnosť a umožňuje každému získať kompletne údaje o výrobku v reálnom čase.

**Zodpovednosť:** Kto dohliada na položky na každej úrovni dodávateľského reťazca? NFT môžeme použiť na určenie toho, kto má v určitom čase kontrolu nad produktom. Okrem toho na vydanie NFT musia obe strany uzavrieť dohodu o zodpovednosti.

**Zjednodušené výberu dodávateľov:** NFT môže zvýšiť efektívnosť a ušetriť náklady v procese získavania a nákupu tovaru a služieb, ktoré firma potrebuje. NFT umožňuje všetkým účastníkom dodávateľského reťazca prístup k rovnakému nemennému záznamu, čím sa minimalizujú a potenciálne eliminujú nezrovnalosti v toku informácií medzi jednotlivými stranami.

**Skladovanie:** NFT na rozdiel od databázových riešení nie sú náchylné na časté chyby používateľov pri zadávaní údajov, ako je duplikácia alebo vymazanie údajov. Okrem toho zásoby, ktoré sa pri pohybe do skladu alebo zo skladu zaznamenávajú ako záznam v blockchaine, môžu existovať len digitálne na jednom mieste, pod kontrolou skutočného vlastníka položky, pretože digitálny záznam a prístup k nemu ("súkromný kľúč") ide spolu s fyzickou vecou.

## 7 VYUŽITIE BLOCKCHAIN V LOGISTIKE SUPPLY CHAIN A OVERENIE ORIGINALITY VÝROBKU

Blockchain môže byť veľmi užitočným nástrojom na monitorovanie dodávateľského reťazca (supply chain). Vďaka decentralizovanej a distribuovanej povahy blockchainu, umožňuje všetkým účastníkom v reťazci prístup k informáciám o pohybe tovaru a služieb v reálnom čase.

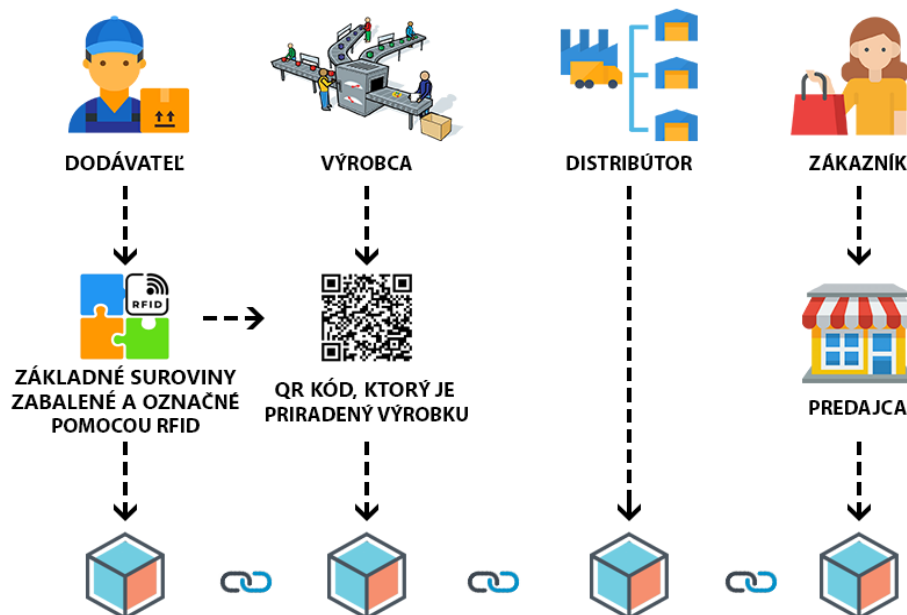
Jedným z hlavných prínosov blockchainu pre monitorovanie dodávateľského reťazca je zabezpečenie integrity a autenticity dát. Každá transakcia v blockchain sieti je overená a zaznamenaná v bloku, ktorý sa nemôže zmeniť alebo vymazať. To znamená, že údaje o pohybe tovaru a služieb v reťazci sú spoľahlivé a transparentné, a tým pádom aj dôveryhodné pre všetkých účastníkov v reťazci.

Okrem toho, blockchain umožňuje vytvoriť inteligentné zmluvy (smart contracts), ktoré môžu byť použité na automatické vykonávanie podmienok v rámci dodávateľského reťazca. Napríklad, ak sa tovar nedodá v stanovenom termíne, môže byť automaticky vygenerovaná



pokuta. Tieto inteligentné zmluvy môžu pomôcť zvýšiť efektivitu a rýchlosť procesov v reťazci a minimalizovať riziká spojené s manuálnym spracovaním zmlúv. [8]

## Blockchain a dodávateľský reťazec



Obr. 6 Blockchain a supply chain Zdroj [8]

### ZÁVER

Technológia blockchain, hoci je stále v plienkach, má obrovský potenciál premeniť mnohé odvetvia, vrátane logistiky. Ako sme videli, jej aplikácie siahajú ďaleko za rámec kryptomien a finančných transakcií. Inteligentné zmluvy, nezameniteľné tokeny, decentralizované financie, overenie originality výrobkov, digitálna identita a kontrola dodávateľského reťazca sú len niektoré z oblastí, kde môže byť blockchain využitý.

Je však dôležité zdôrazniť, že technológia blockchain je stále v štádiu vývoja. Každý deň sa objavujú nové a inovatívne spôsoby jej využitia. Tento neustály vývoj naznačuje, že plný potenciál blockchainu ešte len čaká na objavenie.

V súčasnosti je otázne, v ktorých odvetviach si blockchain nájde svoje uplatnenie. Je možné, že niektoré z jeho súčasných aplikácií sa stanú zastaranými, zatiaľ čo iné, ktoré si teraz ani nevieme predstaviť, sa stanú bežnou súčasťou nášho každodenného života.

Preto je dôležité pokračovať v prieskume a testovaní tejto technológie. Len tak môžeme objaviť nové možnosti jej využitia a prispieť k jej ďalšiemu rozvoju.

Na záver, aj keď je technológia blockchain a jej možnosti využitia v oblasti logistiky zatiaľ minimálne preskúmané, je zrejme, že má obrovský potenciál. S rastúcim záujmom a pokračujúcim vývojom je pravdepodobné, že budeme svedkami ďalších inovatívnych aplikácií blockchainu v blízkej budúcnosti.



## PODPORA

Príspevok je súčasťou riešenia projektu APVV-21-0195, KEGA 005TUKE - 4-/2022, projektu VEGA 1/0674/24 a VEGA 1/0430/22.

## LITERATÚRA

- [1] Hackius, Niels - Petersen, Moritz.: Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat? [online] <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/209299/1/hicl-2017-23-003.pdf>
- [2] Čo je kryptomena ? [online] <https://academy.binance.com/sk/articles/what-is-a-cryptocurrency#%C4%8Co-je-kryptomena?>
- [3] Kanchanara.: Obrázok - Bitcoin [online] <https://unsplash.com/photos/Lta5b8mPytw>
- [4] Čo je to blockchain ? [online] <https://www.forbes.sk/co-blockchain-3-dovody-preco-ho-slovensko-potrebuje/>
- [5] Využitia blockchain technológie [online] <https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-future-internet-ipspecialistofficial>
- [6] Bhabendu Kumar Mohanta; Soumyashree S Panda; Debasish Jena.: An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology DOI: 10.1109/ICCCNT.2018.8494045
- [7] What are smart contracts on blockchain? [online] <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts>
- [8] Sumaira Johar.: Research and Applied Perspective to Blockchain Technology: A Comprehensive Survey [online] <https://shorturl.at/imMN4>
- [9] What is a Blockchain Wallet? [online] <https://utimaco.com/service/knowledge-base/blockchain/what-blockchain-wallet>
- [10] How does a transaction get into the blockchain ? [online] <https://www.euromoney.com/learning/insights/blockchain/blockchain-explained/how-transactions-get-into-the-blockchain>



# CONSIGNMENT WAREHOUSE IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

## KONSIGNAČNÍ SKLAD V PRŮMYSLOVÉM PODNIKU

**Ing. Matěj Hrouda<sup>1</sup>**

VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Material Science and Technology,  
708 33 Ostrava, Czech Republic

e-mail: matej.hrouda@vsb.cz

**doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym, MBA**

College of Logistics, Palackého 25, 750 02 Přerov, Czech Republic

e-mail: oldrich.kodym@vslg.cz

### Abstrakt

Tento článek zkoumá význam konsignačního skladování v automobilovém průmyslu. Konsignační sklad je strategickým prvkem pro optimalizaci dodavatelského řetězce a celkové snižování nákladů dané společnosti. Analyzuje jeho výhody a nevýhody včetně zvýšené flexibility, nižších nákladů a minimalizací rizik spojených se změnami v poptávce. Dále také porovnává rozdíly, mezi běžným typem skladování a konsignačním.

### Abstract

This article explores the importance of consignment storage in the automotive industry. Consignment warehousing is a strategic element for optimizing the supply chain and reducing the overall cost of a company. It analyzes its advantages and disadvantages including increased flexibility, lower costs and minimizing risks associated with changes in customer demand. It also compares the differences between conventional warehousing and consignment warehousing.

### Klíčová slova

Konsignační sklad, skladování, dodavatel, automobilový průmysl

### Keywords

Consignment warehouse, storage, supplier, automotive

### ÚVOD

---

<sup>1</sup> Ing. Matěj Hrouda, (student doktorského studia v kombinované formě, Katedra řízení průmyslových systémů, Fakulta materiálově technologická, VŠB – Technická univerzita Ostrava)





Nejobecněji lze konsignační sklad vymezit jako sklad u nevlastníka zboží zřízený za účelem přiblížení zboží k zákazníkům. Podle užší definice to je pak sklad, který zřizuje dodavatel u fyzické nebo právnické osoby – konsignatáře, přičemž „zboží je tam skladováno na účet a riziko dodavatele, odběratel má právo zboží odebírat podle potřeby a v určitém časovém odstupu zboží platí, případně upozorňuje na potřebu rozsah skladu doplnit.“ [1]

Konsignatářem může být např. odběratel, obchodní zástupce, zasílatelská firma nebo celní skladiště. Pojmy konsignační sklad nebo konsignační smlouva český právní řád nezná. Při konstrukci konsignační smlouvy se proto vychází z ustanovení skladovací smlouvy a ve většině případů také komisionářské smlouvy. Konsignatář totiž vystupuje jako skladovatel a zároveň i jako komisionář, protože jedná vlastním jménem na účet komitenta (v tomto případě konsignanta). [1]

## **BĚŽNÉ SKLADOVÁNÍ VS KONSIGNAČNÍ**

Běžné skladování a konsignační skladování mají své vlastní výhody a nevýhody v kontextu dodavatelského řetězce v automobilovém průmyslu.

Výhody běžného skladování:

- Jednoduchost  
Skladování na základě standardních skladových procesů.
- Kontrola nad zásobami  
Výrobce má přímou kontrolu nad svými zásobami vstupních dílů, tak hotových expedic.
- Nižší administrativní náklady  
Méně složité administrativní procesy spojené s udržováním skladových zásob.

Nevýhody běžného skladování:

- Vyšší skladovací náklady  
Náklady spojené s udržováním vysokých zásob.
- Riziko nadměrných zásob  
Riziko nadměrného skladování zboží, což zvyšuje riziko záměn a příkladem nedodržování FIFO.
- Omezená flexibilita  
Omezená schopnost rychle reagovat na změny poptávky.

Výhody konsignačního skladování:

- Nižší skladovací náklady  
Výrobce neplatí za zboží, dokud není prodáno z konsignačního skladu.
- Zlepšená cash flow  
Menší potřeba kapitálu na financování zásob.
- Větší flexibilita  
Možnost rychle reagovat na změny poptávky bez zbytečného rizika nadměrných zásob.

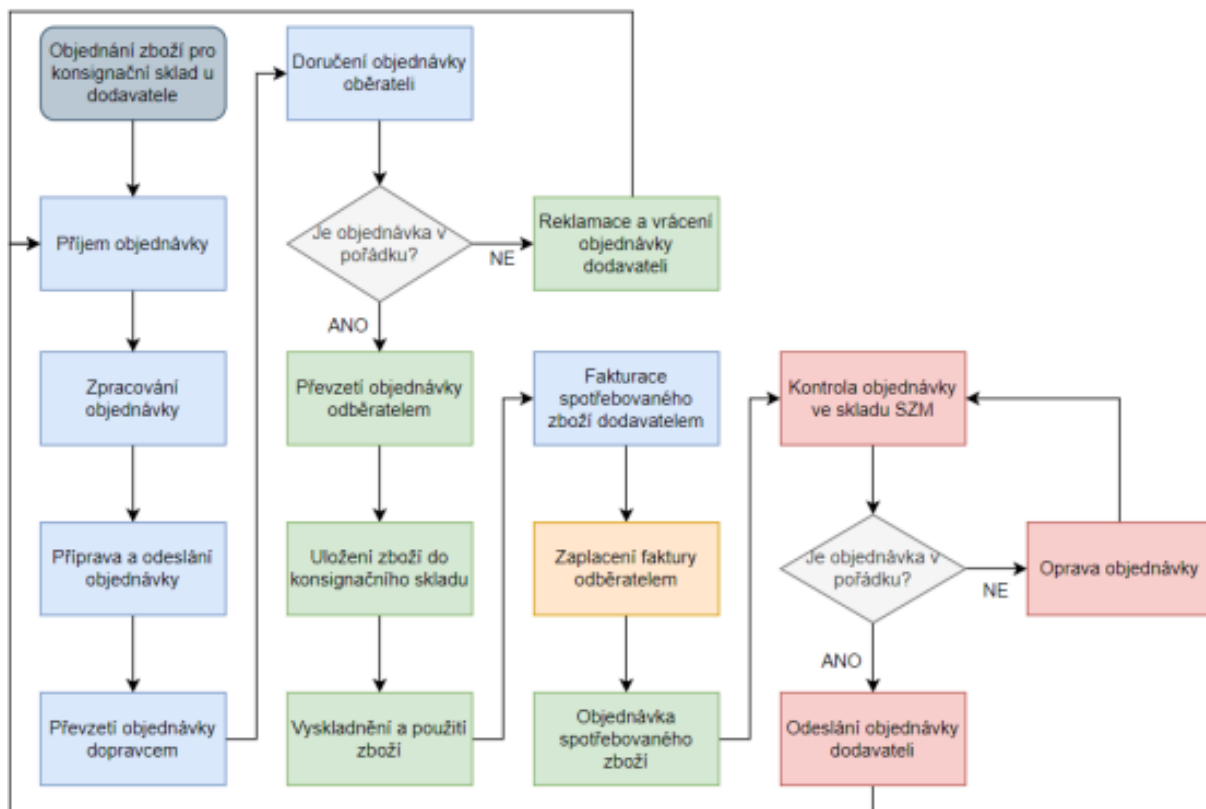


Nevýhody konsignačního skladování:

- Komplexní správa  
Vyšší administrativní náklady spojené se sledováním a správou zboží na konsignačním skladu.
- Nižší kontrola nad zásobami
- Dodavatel může mít omezenou kontrolu nad zásobami, což může zvýšit riziko nedostatku zboží.
- Potenciální riziko nedodržení dodacích lhůt  
Možnost, že dodavatel nedodrží dodací lhůty, což může ovlivnit spolehlivost dodavatelského řetězce.

## FUNKČNOST SKLADOVÁNÍ

Zásobování a obsluha konsignačního skladování jsou klíčovými prvky pro jeho úspěšné fungování v dodavatelském řetězci.



Obrázek 1: Procesní diagram fungování konsignačního skladu

Zásobování konsignačního skladu:

- Identifikace potřeb  
Dodavatel musí pravidelně komunikovat se zákazníkem a sledovat poptávku, aby přesně určil, jaké zboží a v jakém množství, bude potřeba na konsignační sklad dodat.



- **Plánování a logistika**  
Efektivní plánování dodávek a logistika jsou klíčové pro zajištění správného množství zboží na konsignační sklad včas.
- **Sledování zásob**  
Pravidelné sledování stavu zásob na konsignačním skladu a rychlá reakce na změny poptávky jsou nezbytné pro minimalizaci rizika nedostatku nebo nadměrných zásob.

Obsluha konsignačního skladu:

- **Správa zásob**  
Detailní správa a sledování pohybu zboží na konsignačním skladu jsou nezbytné pro přesné vykazování stavu zásob a minimalizaci rizika ztrát nebo krádeží.
- **Zpracování objednávek**  
Rychlé a přesné zpracování objednávek zákazníků je klíčové pro udržení spokojenosti zákazníků a zajištění, že požadované zboží je vždy k dispozici.
- **Řízení rizik**  
Identifikace a řízení rizik spojených s konsignačním skladem, jako jsou ztráty, poškození zboží nebo nedodržení dodacích lhůt, je důležitá pro minimalizaci negativních dopadů na provoz.

Efektivní zásobování a obsluha konsignačního skladu vyžadují těsnou spolupráci mezi dodavatelem a zákazníkem, precizní plánování a monitorování zásob a schopnost rychle reagovat na změny v poptávce a dodacích podmínkách.



Obrázek 2: Princip dodávek a fungování konsignačního skladu



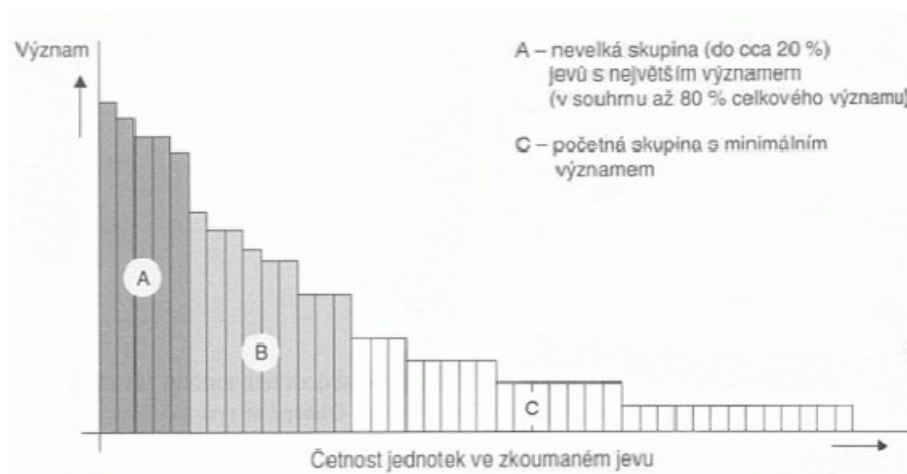
## VÝBĚR ZBOŽÍ DO KONSIGNACE

Ve většině případů nelze a ani nemá smysl zařadit do režimu konsignačního skladování veškeré zboží a materiály, které se nakupuje. Je tomu tak například z důvodu omezených kapacit konsignačního skladu, nevhodnosti dodavatele daného materiálu, nebo i z důvodu, že nelze vše udělat najednou. Proto je nutné, aby si podnik stanovil priority a kritéria, kterými zhodnotí vhodnost jednotlivých materiálů na zařazení do projektu konsignačního skladu. Hlavním cílem odběratele je snížit hodnotu zásob, a tak snížit množství kapitálu, které je neproduktivně uloženo v zásobách. Další motivací může být velká vzdálenost mezi dodavatelem a zákazníkem. Tím se také snižuje reakční doba pro náhlou potřebu dílů pro výrobu, která může být způsobena velkým množstvím vnějších vlivů. Námi zvolení dodavatelé jsou z Asie a zasmluvněná přeprava je ta nejlevnější a zároveň i nejpomalejší – tedy lodní kontejnerová (2,5 měsíce trvání přepravy). Tato přeprava čelí v posledních letech velkým výzvám při svém uskutečnění. Pro případný další výběr materiálu, poslouží praxí odzkoušená ABC metoda.

### Analýza ABC

Analýza ABC je založena na poznatku italského ekonoma Vilfreda Pareta, že v převážné většině hospodářských jevů má dominantní význam (až 80 %) velmi malá skupina prvků (méně než 20 %) – kategorie A. O něco početnější skupina prvků B hraje z hlediska významu druhotnou roli. A konečně velmi početná skupina prvků C, jejíž význam je velmi malý. Lze tedy říct, že ovládáme-li omezený počet nejvýznamnějších činitelů, ovládáme převážnou část celého objemu.

Tento poznatek se s úspěchem využívá při řízení zásob, kdy analýza ABC umožňuje zaujmout diferencovaný přístup k jednotlivým kategoriím zásob. Rozhodujícím parametrem může být obrát za určité období, cena, hmotnost a další. Pro řízení zásob se nejčastěji používá roční obrát daného zboží, vypočítaný jako součin množství a ceny. V našem případě tak může velmi lehce napomoci, ať už je pro nás kritérium jakékoliv.



Obrázek 3: Paretův princip – pravidlo 20:80 [2]



## OBSLUHA V REÁLNÉM PROSTŘEDÍ

### Zásobování

Jak již bylo zmíněno, v námi vedeném závodě je konsignační dodavatel z Japonska a hlavní přeprava je lodní kontejnerová. Náš závod je tedy závislý na plynulosti v rámci lodního transportu, jelikož i v této oblasti jsou v posledních letech značné komplikace, tak jsme byli nuceni zvýšit objednávané množství dílů. Právě výhoda konsignace na nás v tomto směru neměla žádný vliv, až na vyšší počet skladování. Finální dodavatel v ČR nám odesílá materiál dle domluvy 1x za dva týdny.

### Skladování



Obrázek 4: Skladovací regál s konsignačními díly

Po přijetí materiálu na náš sklad máme speciální skladovací prostory (viz obrázek 4), pouze pro tohoto dodavatele. Tento materiál dále funguje v režimu kanban, kdy se naváží na centrální místo v prostorách výroby (viz obrázek 5).



Obrázek 5: Kanban regál s konsignačními díly ve výrobních prostorách

## ZÁVĚR

Konsignační skladování představuje klíčový prvek v dodavatelském řetězci automobilového průmyslu, který přináší řadu výhod i výzev. Jeho implementace vyžaduje pečlivé plánování, spolupráci mezi dodavatelem a zákazníkem a efektivní správu zásob.

Výhody konsignačního skladování spočívají v nižších skladovacích nákladech, zlepšené likviditě prostředků díky oddálení platby za zboží a zvýšené flexibilitě při reagování na změny poptávky. Tento model umožňuje dodavateli lépe optimalizovat své zásoby a minimalizovat rizika spojená s nadměrným skladováním.

Nicméně konsignační skladování přináší i určitá rizika a výzvy. Komplexní správa zásob a potřeba úzké spolupráce mezi dodavatelem a zákazníkem mohou zvýšit administrativní náklady a vyžadovat investice do technologií pro sledování a řízení zásob. Dodavatel musí také řešit riziko nedodržení dodacích lhůt a možnost nedostatečné kontroly nad zásobami na konsignačním skladu.

Celkově lze konsignační skladování hodnotit jako strategický nástroj pro optimalizaci dodavatelského řetězce v automobilovém průmyslu. Správně implementovaný a efektivně spravovaný konsignační sklad umožňuje dosáhnout nižších nákladů, zlepšit tok hotovosti a



zvýšit flexibilitu, což přispívá k celkové konkurenceschopnosti dodavatelského řetězce a spokojenosti zákazníků.

## **LITERATURA**

- [1] ŠIMON, M., TRNKOVÁ, L.: Logistika – teoretická část, eBook, Západočeská univerzita, Plzeň, 2012
- [2] VEBER, Jaromír, et al. Podnikání malé a střední firmy. Praha: Grada, 2005. 304 s. ISBN 80-247-1069-2.



# DIGITAL TRANSFORMATION AND SUSTAINABLE LOGISTICS

## DIGITÁLNÍ TRANSFORMACE A UDRŽITELNÁ LOGISTIKA

**Ing. Lukáš Kubáč**

Vysoká škola báňská – Technical University of Ostrava

e-mail: lukas.kubac@vsb.cz

**doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym, MBA**

Department of Master Studies

College of logistics

e-mail: oldrich.kodym@vslg.cz

### **Abstrakt**

Většina podniků dnes prochází procesem digitalizace v rámci koncepce Průmyslu 4.0. Přesto že těžiště digitální transformace spočívá především ve výrobě, je nutné zvažovat dopad digitalizace i v logistice, zejména s ohledem na udržitelnost. Digitální transformace a udržitelnost jsou v popředí současného vývoje dodavatelského řetězce. Stále je však třeba vyjasnit konkrétní mechanismy vzájemného působení digitální transformace a zeleného rozvoje dodavatelského řetězce, což může provozovatelům dodavatelských řetězců pomoci účinněji zvýšit udržitelnost. S touto úzce souvisí pojem zelená logistika, která má využívat ekologickou dopravu, optimalizovat trasy ke snížení emisí a používat udržitelné obaly. Cílem pak je, aby dodavatelské řetězce byly nejen efektivní, ale také šetrné k životnímu prostředí. Společnosti si v tomto konceptu uvědomují, že přechod na ekologii není dobrý jen pro planetu, ale je to dobré i pro podnikání.

### **Abstract**

Most companies today are undergoing a digitization process as part of the Industry 4.0 concept. Although the focus of the digital transformation lies primarily in manufacturing, it is necessary to consider the impact of digitalization in logistics as well, especially with regard to sustainability. Digital transformation and sustainability are at the forefront of current supply chain developments. However, the specific mechanisms of interaction between digital transformation and green supply chain development still need to be clarified, which can help supply chain operators to improve sustainability more effectively. Closely related to this is the concept of green logistics, which is to use environmentally friendly transport, optimize routes to reduce emissions and use sustainable packaging. The aim is then to make supply chains not only efficient but also environmentally friendly. In this concept, companies are realizing that going green is not only good for the planet, but it's also good for business.

### **Key words**

Digital transformation, sustainable logistics, green logistics, reverse logistics

### **Klíčová slova**

Digitální transformace, udržitelná logistika, zelená logistika, reverzní logistika





## INTRODUCTION

Digital Transformation (DT), represented by technology trends such as Artificial Intelligence (AI), Big Data (BD), Internet of Things (IoT) and blockchain, is a reality for more and more companies, when the global pandemic in particular has shown the need to put these technologies into practice. At the same time, a set of trends has emerged focusing on the need to improve the sustainability of business processes. Governments are committing to carbon emission targets to reduce the impact on rising global temperatures, and as a result are tightening environmental regulations. The buying mindset of customers and even investors is also changing as to whether or not they will do business with selected companies based on their approach to sustainability within social and environmental indicators.

New technologies, such as AI and BD, have a reputation for being energy intensive and requiring increasing amounts of energy to operate. This has led to views that digital transformation is worsening the environmental performance of businesses. AI and BD require devices with massive power consumption and the ever-increasing demands for faster data processing are likely to further increase electricity demand in the future. It is therefore necessary to look for ways to leverage technologies so that their benefits outweigh the cost of running them. AI must be used to streamline processes. There is potential for new business models with shorter cycle times and greener supply chain and logistics. For example, by optimising sourcing and distribution routes. Artificial intelligence can be used, for example, to improve demand planning and forecasting. Artificial intelligence does this by mapping gaps between supply and demand in real time and making small adjustments. This helps to mitigate costly fluctuations in demand. Digital twin technology, a digital copy of a real process or facility, can be used to simulate multiple scenarios in advance, which can be used to manage contingencies in the event of unstable situations. DT can enable more sustainable business processes if used correctly.

## 1 DIGITAL TRANSFORMATION

Digital transformation means integrating digital technologies into all areas of business, leading to fundamental changes in how businesses operate and deliver value to their customers. It's not just about digitising operations, but using technology to improve traditional processes, making them more efficient, agile and customer-focused.

First, digitisation technologies such as the Internet of Things can be used to track information on energy consumption, emissions and congestion during the transportation of goods, thereby optimising the way goods are transported. In addition, digital technologies can enable the tracking and management of goods and assets, as well as demand forecasting in all parts of the supply chain. Second, life cycle analysis is an important tool in green supply chains to assess the environmental impact of products during their life cycle [1]. From raw material sourcing to disposal. Digital technologies such as big data and cloud computing can collect and analyse this data to provide companies with a basis for sustainability decisions. Thirdly, supply chain transparency and traceability are essential for creating green supply chains. Blockchain can provide traceability and transparency at every point in the supply chain [2]. Fourth, partner management is a necessary external environment in a green supply chain. Digital technologies such as supply chain networks can improve collaboration and communication between companies and their partners, thereby optimizing processes and efficiency in the supply chain [3].



## 2 SUSTAINABLE LOGISTICS

Sustainable logistics, based on the general concept of sustainable development, can be described as the transformation of logistics strategies, structures, processes and systems towards a more rational and efficient use of resources in supply chain activities, from the supply of raw materials to the processes of conversion, storage, packaging, distribution and end-of-life management of products. Sustainable logistics is becoming increasingly relevant in the transition from a linear economic model (based on extraction, transformation, distribution and consumption cycles) to a circular economic model, the main objective of which is to extend product life cycles and rationalise resource use.

**Principles of sustainability:** Sustainability has three pillars: economy, society and environment. These principles are also informally referred to as the "3 P's" - Profit, People and Planet. By finding a balance between them, logistics can provide the best service while promoting and ensuring a more conscious use of resources.



Fig.1: Pillars of sustainable development (Source: UN and Collidu)

- **Economic dimension**

The economic significance of logistics is twofold: to maximise the value added to the business (e.g. revenue, assets and customer service levels) and also to reduce the associated logistics costs through more efficient use of available resources. To achieve this, businesses need to invest in both quantity and quality of service and support the development of innovative and efficient logistics services.

- **Social dimension**

Similarly, the social dimension of logistics has more than one aspect. Firstly, logistics companies need to develop management policies and processes to protect labour rights in line with current legislative requirements. Second, businesses have a responsibility to



respond to growing consumer awareness of green practices by sourcing environmentally friendly materials, using renewable forms of energy and reducing the environmental impact of logistics activities. Thirdly, measures such as switching to more sustainable modes of transport or reducing transport require consumer acceptance.

- **Environmental dimension**

Finally, the environmental dimension of logistics concerns the environmentally efficient management of forward and reverse flows of products and information between the point of origin and the point of consumption. Sustainable logistics can be described as business activities that take into account environmental concerns and integrate them into logistics management in order to change the environmental behaviour of suppliers and customers. Activities may include measuring the environmental impact of distribution and collection strategies, reducing energy consumption in logistics activities, minimising waste production and managing waste management.

Any activity is considered truly sustainable when all three elements are considered and applied equally.

Sustainable logistics is important for several reasons. Firstly, it helps to reduce the negative environmental impacts of logistics activities, such as greenhouse gas emissions, air pollution and waste production. This is particularly important given that logistics activities are major contributors to global emissions and pollution. Second, sustainable logistics can help improve the social and economic sustainability of logistics operations by promoting fair labour practices, supporting local communities and promoting economic development. Third, sustainable logistics can save costs for companies by reducing waste, improving efficiency and minimising risks. There are different aspects of sustainable logistics. These are:

- **Green transport** – involves using environmentally friendly modes of transport such as electric vehicles, hybrid vehicles and alternative fuels to reduce the carbon footprint of logistics operations. This can lead to lower greenhouse gas emissions, reduced fuel consumption and improved air quality. [4]
- **Efficient logistics operations** – involve optimizing logistics operations to minimize waste, reduce energy consumption and increase efficiency. This can be achieved through better planning, routing and scheduling as well as the use of technology and automation. Efficient logistics operations can lead to reduced costs, increased productivity and improved environmental performance. [5]
- **Sustainable packaging** – involves the use of environmentally friendly materials, such as biodegradable or recyclable packaging, to reduce waste and minimize the environmental impact of logistics operations. Sustainable packaging can lead to reduced waste, improved resource efficiency and reduced environmental impact. [6]
- **Ethical and fair labour practices** – involves ensuring that logistics operations are conducted in an ethical and socially responsible manner, including fair treatment of employees, compliance with labour laws and protection of workers' rights. Ethical and fair labour practices can lead to improved employee morale, reduced turnover and improved social performance. [7]
- **Community engagement** – involves engaging with local communities to understand their needs and concerns and to ensure that logistics operations are conducted in a way that supports and benefits the community. Community engagement can lead to improved relations with local communities, reduced social conflict and improved social performance. [8]



- **Supply chain transparency** – involves ensuring transparency and visibility of the supply chain, including the origin and source of materials, to promote responsible sourcing and reduce the risk of environmental and social harm. Supply chain transparency can lead to improved traceability, reduced reputational risk, and improved environmental and social performance. [9]
- **Circular logistics** – involves adopting a circular economy approach to logistics where materials and products are reused, recycled or repurposed to minimize waste and reduce the environmental impact of logistics operations. Circular logistics can lead to improved resource efficiency, reduced waste and improved environmental performance. [10]

### **The benefits of sustainable logistics:**

Adopting sustainable logistics practices can lead to a variety of benefits, including reduced costs, improved environmental and social performance, enhanced reputation, improved compliance, increased innovation and improved financial performance. These benefits can help organizations achieve long-term success by balancing economic, environmental and social objectives. Below I will outline the benefits of this type of logistics.

#### **Cost reduction:**

Adopting sustainable logistics practices can help reduce costs associated with logistics operations such as fuel consumption, waste management and packaging. For example, efficient routing and planning can reduce transport costs, while sustainable packaging can help reduce waste disposal costs.

- **Improved environmental performance:** sustainable logistics practices can help reduce negative environmental impacts such as greenhouse gas emissions, pollution and waste. For example, the use of alternative fuels and electric vehicles can help reduce carbon emissions, while sustainable packaging can reduce waste.
- **Improved reputation:** adopting sustainable logistics practices can help improve an organization's reputation by demonstrating its commitment to the environment and social responsibility. This can lead to increased customer loyalty, improved brand image and increased competitiveness in the marketplace.
- **Improved social performance:** sustainable logistics practices can help improve social performance by promoting fair labor practices, community involvement and responsible sourcing. This can lead to improved stakeholder relations, reduced social conflict and improved employee morale.
- **Compliance with regulations:** Adopting sustainable logistics practices can help organizations comply with environmental and social regulations and standards such as the Paris Agreement on Climate Change and the UN Sustainable Development Goals. Compliance can lead to reduced legal and reputational risks as well as improved stakeholder trust.
- **Increased innovation:** Adopting sustainable logistics practices can stimulate innovation and creativity by encouraging the development of new technologies, processes and business models. This can lead to new market opportunities, increased competitiveness and improved financial performance.

### **The challenges of sustainable logistics**

Companies adopting sustainable logistics practices face several challenges, including:

- **High implementation costs:** adopting sustainable logistics practices often involves



investments in new equipment, technology and processes, which can be expensive. For example, switching to alternative fuels or renewable energy sources can require significant capital investment, which could be a challenge for companies with limited financial resources.

- **Lack of awareness or understanding:** Many companies lack knowledge or understanding of sustainable logistics practices and their benefits, which can make it difficult to implement them effectively. This lack of awareness can also lead to resistance to change and reluctance to invest in new technologies or processes.
- **Resistance to change:** Adopting sustainable logistics practices may require significant changes to existing processes and systems, which may be met with resistance from employees and stakeholders. This may result in delays or even failures in the implementation of sustainable logistics practices.
- **Limited availability of sustainable options:** in some cases, sustainable logistics practices may not be readily available or accessible, for example in regions where alternative fuel stations are limited or where recycling infrastructure is lacking. This may limit the ability of companies to implement sustainable logistics practices.
- **Difficulties in measuring and communicating benefits:** Measuring the impact of sustainable logistics practices and communicating their benefits to stakeholders can be challenging. This can make it difficult for companies to justify investments in sustainable logistics practices to internal and external stakeholders.
- **Trade-offs and conflicting objectives:** Adopting sustainable logistics practices often involves trade-offs between environmental benefits and economic costs. Companies may also have conflicting objectives, such as meeting sustainability goals while increasing profitability. Balancing these objectives can be a challenge.

Overall, the challenges associated with adopting sustainable logistics practices are significant, but the benefits of doing so are becoming increasingly clear. Companies that are able to overcome these challenges and adopt sustainable logistics practices can increase their competitiveness, reduce their environmental impact and contribute to social and economic development. Addressing these challenges also requires a multi-stakeholder approach involving governments, businesses and civil society organizations to create an enabling environment for sustainable logistics practices.

### 3 GREEN LOGISTICS

The environmental pillar plays a key role in shaping sustainable logistics. The most common term used here in connection with environmental protection is the transformation of the current system into 'green logistics'. [11]

#### **Key Components of Green Logistics**

Green Logistics encompasses a multifaceted approach to supply chain management that prioritizes sustainability and environmental responsibility. Integrating eco-friendly practices across various components of the logistics process is crucial for achieving meaningful ecological impact. The key components include:

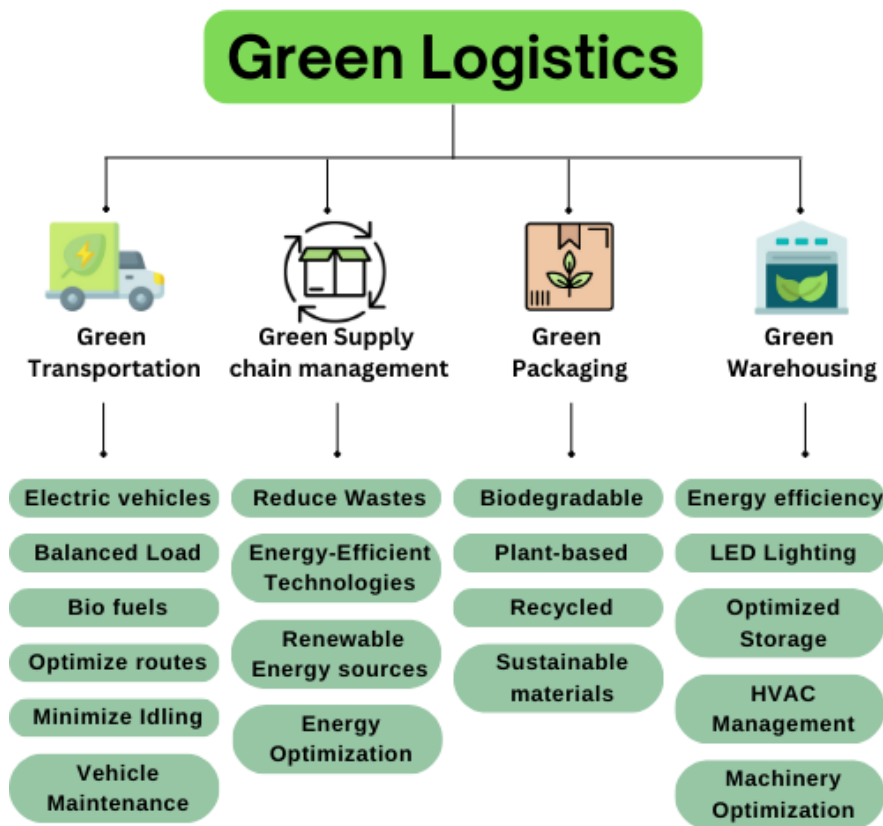


Fig.2: Green logistics (Source: Adnovs.com)

### 1. Sustainable Transportation

- **Electric and Hybrid Vehicles:** Adopting electric and hybrid vehicles reduces reliance on traditional fossil fuels, lowering carbon emissions.
- **Alternative Fuels:** Exploration and implementation of alternative fuels like biofuels and hydrogen can help mitigate transportation's environmental impact.
- **Efficient Route Planning:** Using advanced route optimization technologies minimizes fuel consumption and decreases transportation-related emissions.

### 2. Eco-friendly Packaging

- **Biodegradable Materials:** Transitioning from traditional packaging materials to biodegradable alternatives, reducing the environmental impact of packaging waste.
- **Reduced Packaging Waste:** Implement strategies to minimize excess packaging, optimizing the use of materials to decrease waste generation throughout the supply chain.

### 3. Energy-efficient Warehouses

- **Renewable Energy Sources:** Integrating solar or wind power to supply warehouse energy reduces reliance on non-renewable resources.
- **Energy-saving Technologies:** Implement energy-efficient technologies, including LED lighting, smart HVAC systems, and energy management systems, to minimize energy consumption.



#### 4. Sustainable Procurement Practices

- **Supplier Collaboration:** Engaging with suppliers committed to sustainable practices and ethical sourcing ensures that the supply chain adheres to green principles.
- **Life Cycle Assessment:** Conducting comprehensive life cycle assessments of products to understand and minimize the environmental impact of raw material extraction, manufacturing, and distribution.

#### 5. Reverse Logistics and Recycling

- **Closed-loop Supply Chains:** Supply chains should be planned with the circular economy in mind, prioritizing material recycling and reuse to reduce waste.
- **Product Take-Back Programs:** Establishing programs that allow customers to return products for recycling or responsible disposal, encouraging a more sustainable product lifecycle.

#### 6. Regulatory Compliance and Certification

- **Meeting Environmental Standards:** Ensuring compliance with local and international environmental regulations and standards to avoid legal repercussions and contribute to a global culture of sustainability.
- **Certifications:** Pursuing certifications such as ISO 14001 (Environmental Management System) to demonstrate a commitment to environmentally responsible practices.

#### 7. Green Technology Integration

- **Internet of Things (IoT):** Utilizing IoT for real-time monitoring and data analysis to optimize logistics processes, enhance efficiency, and minimize resource consumption.
- **Artificial Intelligence (AI):** Implementing AI algorithms for predictive analytics, demand forecasting, and decision-making to optimize supply chain operations and reduce waste.

### Benefits of Green Logistics

In addition to providing several advantages for companies, society, and the environment, green logistics tackles environmental issues. Embracing sustainability in logistics practices brings about positive outcomes beyond reducing ecological impact. The key benefits include:

- **Cost Savings:** Green logistics initiatives often lead to cost reductions through fuel savings, energy efficiency, and streamlined processes, contributing to long-term financial sustainability.
- **Enhanced Corporate Reputation:** Adopting eco-friendly practices improves a company's image, attracting environmentally conscious consumers and fostering a positive brand perception.
- **Regulatory Compliance:** Embracing green logistics helps businesses comply with increasingly stringent environmental regulations, avoiding legal penalties and reputational risks.
- **Resource Efficiency:** Sustainable transportation, packaging, and energy-efficient warehouses contribute to resource conservation, reducing waste and minimizing the environmental footprint.



- **Market Competitiveness:** Companies prioritizing green logistics gain a competitive edge, meeting the growing demand for sustainable products and services in an environmentally conscious market.
- **Innovative Partnerships:** Collaborating with suppliers, governments, and other stakeholders to achieve green logistics goals fosters innovation, knowledge-sharing, and a more resilient supply chain.
- **Employee Engagement:** Demonstrating a commitment to sustainability attracts and retains talent as employees increasingly seek purpose-driven workplaces aligned with environmental and social values.
- **Resilience to Climate Risks:** Green logistics practices contribute to climate resilience by mitigating the impact of climate change and promoting adaptive measures within the supply chain.
- **Long-term Cost Stability:** Investments in green technologies and practices may initially incur costs, but they contribute to long-term stability by reducing dependence on finite resources and volatile markets.
- **Customer Loyalty:** Consumers are likelier to remain loyal to businesses prioritizing sustainability, resulting in repeat business and positive word-of-mouth referrals.

### Challenges and Barriers

- **Initial Investment Costs:** Implementing green logistics practices often requires significant upfront investments in eco-friendly technologies, vehicles, and infrastructure.
- **Limited Availability of Sustainable Technologies:** The market may need more readily available, cost-effective, and scalable green technologies, hindering widespread adoption across the logistics industry.
- **Resistance to Change:** Existing systems and practices may resist adaptation to eco-friendly alternatives, as change management challenges and employee resistance can impede the transition.
- **Complex Supply Chains:** It is challenging to implement standardized green practices since global supply chains are complicated and include many different stakeholders in different locations.
- **Lack of Industry Collaboration:** Insufficient collaboration between industries, governments, and organizations hinders the development of comprehensive, universally accepted green logistics solutions.
- **Uncertain Return on Investment (ROI):** Companies may be hesitant to invest in green logistics due to uncertainties regarding the measurable ROI and the long-term financial benefits of sustainability initiatives.
- **Regulatory Ambiguity:** The lack of consistent and clear environmental regulations globally can create challenges for companies striving to align with green logistics practices.
- **Limited Consumer Awareness:** The demand for green logistics services may decline due to customers' need for knowledge or comprehension of the environmental effects of logistics decisions.





- **Integration with Existing Infrastructure:** Retrofitting existing logistics infrastructure to accommodate green practices may pose logistical challenges and require strategic planning.
- **Inconsistent Incentives:** Varying government incentives and subsidies for green logistics initiatives can create disparities, impacting the motivation for widespread adoption.

#### 4 REVERSE LOGISTICS

The implementation of green logistics is usually accompanied by the advent of reverse logistics. Reverse logistics can be defined as the process of planning, implementing, and controlling the reverse flow of input material during the production, packaging, and fabrication of goods from the manufacturing, distribution, or point of use to the point of recovery or disposal. It is therefore the reverse flow from the consumer to the producer. Although the terms green and reverse logistics are complementary and often overlap, they are not synonymous. The term 'green logistics' has been coined to describe supply chain practices that reduce the amount of waste and resources that must be consumed. In contrast, reverse logistics is primarily concerned with returning a product and reusing it (repairing, reworking, decomposing). Closely related to these concepts is the term recycling, which refers to the reuse of waste. [12]

##### What reverse logistics is for?

The aim of reverse logistics is to reuse products and materials that the customer has already used or at least ordered. Ideally, reverse logistics should be set up in a way that pays off economically and ideally benefits the environment.

Properly set up reverse logistics most often brings the following benefits to companies:

- cost reduction,
- improved cash flow,
- higher customer satisfaction,
- increased customer loyalty,
- faster and better service,
- brand reinforcement,
- reduced waste and improved sustainability



Fig.3: Reverse logistics chain (Source: GRiT.eu)

##### What reverse logistics solves

- **Returned goods** - In the case of returns, the task of reverse logistics is to process the returned goods as quickly and efficiently as possible so that they can be resold. However, the goal of reverse logistics is also to minimize the quantity of returned goods.



This is addressed, for example, by fashion e-shops where the return rate is high.

- **Refurbishment of goods** - Some businesses allow customers to return goods that have outlived their purpose. The company will then refurbish and resell it, or remove usable parts and recycle the rest. IKEA, for example, is famous for this, encouraging customers to return used furniture to give it a new lease of life. Or Apple, for example, which offers a discount on a new product if you return an old one.
- **Packaging material** - Reusing or environmentally recycling surplus packaging pays off for companies.
- **Unsold/unused goods** - This can involve returning unsold goods to manufacturers due to, for example, poor sales, obsolescence or the discovery of errors during the receiving process. Another example is construction companies that move unused material from one site to another to be used.
- **Undelivered goods** - This type of reverse logistics must be addressed by every e-commerce store. For example, when a customer does not end up collecting the goods from the carrier.
- **Exchanges of goods** - Situations where customers want to exchange purchased goods for other goods.
- **Loans and rentals** - If a company also rents goods, it must also handle the return process through reverse logistics.
- **Repairs and maintenance** - In some contracts, customers are entitled to regular maintenance or repair of goods if they are damaged.

## 5 MANAGING RISK IN DIGITAL TRANSFORMATION

Digital transformation is virtually essential for the continued success of companies in the marketplace, but getting it right requires synergy at all levels of the corporate hierarchy.

Understanding the risk areas is critical to identifying and dealing with all the risks that an organization may be exposed to in a digital environment. [13]

- **Technology** - Potential for losses due to technology failures or obsolete technologies. Technology related risks have an impact on systems, people, and processes. Key risk areas may include scalability, compatibility, and accuracy of the functionality of the implemented technology.
- **Cyber** - Protection of digital environment from unauthorized access/usage and ensuring confidentiality and integrity of the technology systems. Key controls may include platform hardening, network architecture, application security, vulnerability management, and security monitoring.
- **Strategic** - Usually derives from an organization's goals and objectives. It can be external to the organization and, on occurrence, forces a change in the strategic direction of the organization. Typically, would have an impact on customer experience, brand value, reputation, and competitive advantage in the market place.
- **Operations** - An event, internal or external, that impacts an organization's ability to achieve the business objectives through its defined operations. Includes risks arising due to inadequate controls in the operating procedures.
- **Data Leakage** - Ensuring protection of data across the digital ecosystem at various stages of data life-cycle—data in use, data in transit and data at rest. Key focus control areas would be around data classification, data retention, data processing, data



encryption, etc.

- **Third-party** - Comprises of risks arising due to inappropriate controls at vendors/third party operating environment. Key controls would be around data sharing, technology integration, operations dependency, vendor resiliency, etc.
- **Privacy** - Risk arising due to inappropriate handling of personal and sensitive personal data of customer/employee, which may impact privacy of the individual. Key controls include notice, choice, consent, accuracy, and other privacy principles.
- **Forensics** - Digital environment's capability to enable investigation in the event of a fraud or security breach, including capturing of data evidences which is presentable in the court of law.
- **Regulatory** - Adherence to statutory requirements including technology laws, sectoral laws, and regulations.
- **Resilience** - Risk of disruption in operations or unavailability of services, due to high dependency on tightly coupled technology. Key areas of consideration would include business continuity, IT/Network disaster recovery, cyber resiliency, and crisis management.

The most significant risk of digital transformation is to try to avoid it altogether. Another major risk of digital transformation is leaving the initiative entirely to the employees. The younger generation of employees in particular is used to working with social networks, cloud services and, of course, mobile technology. Therefore, there is a real risk that if the company does not provide them with the tools to communicate and share data electronically with colleagues, they will find their own ways and solutions. This is why a new very dangerous phenomenon has emerged, called shadow IT. It consists, for example, in employees starting to use public, freely available cloud services for data sharing, freemails for communication and freely connecting to the company network with their own smartphone, which will store sensitive company data. The result is a major breach of corporate network security and literally gambling with important corporate data. The solution to this risk is simple - provide employees with the digital tools they need to work effectively and also teach them how to use them.

## CONCLUSION

Sustainable logistics practices are increasingly important for the future of the logistics industry. By adopting sustainable logistics practices, companies can reduce their environmental impact, improve efficiency and enhance their reputation.

Key aspects of sustainable logistics include reducing emissions, minimizing waste, improving energy efficiency and promoting sustainable sourcing practices. Digital technologies, circular economy principles and new business models are emerging trends that are likely to shape the future of sustainable logistics. Companies can prepare for these changes by investing in digital infrastructure, adopting circular economy principles and exploring new business models.

To promote sustainable logistics practices, companies can take a number of steps, such as conducting regular sustainability assessments, investing in clean technology and renewable energy, and working closely with suppliers and customers.



Transformation should not be a barrier to sustainability, but on the contrary, when implemented correctly, should be beneficial for the most effective application of sustainable logistics.

## REFERENCES

- [1] Sterman, J.D.; Siegel, L.; Rooney-Varga, J.N. Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. *Environ. Res. Lett.* 2018, 13, 015007.
- [2] Gligor, D.M.; Davis-Sramek, B.; Tan, A.; Vitale, A.; Russo, I.; Golgeci, I.; Wan, X. Utilizing blockchain technology for supply chain transparency: A resource orchestration perspective. *J. Bus. Logist.* 2022, 43, 140–159.
- [3] Xia, W.; Li, B.; Yin, S. A prescription for urban sustainability transitions in china: Innovative partner selection management of green building materials industry in an integrated supply chain. *Sustainability* 2020, 12, 2581
- [4] Pishvae, M.S., Jolai, F., & Razmi, J. (2012). Sustainable supply chain network design: A case study of the agro food industry. *Journal of Cleaner Production*, 28, 83-98.
- [5] Schulte, R., Spilker-Dau, L., & Sugathan, P. (2018). Sustainable logistics: A systematic literature review and research agenda. *Sustainability*, 10(7), 2338.
- [6] Walker, H., Rahman, S., & Cave, J. (2012). Sustainable procurement and supply chain management: A structured literature review. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 69-82.
- [7] Carter, C.R., & Rogers, D.S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360-387.
- [8] Jiao, Y., & Zhang, G. (2016). A community-based approach to sustainable logistics development in China. *Journal of Cleaner Production*, 112(Part 4), 3097-3105.
- [9] Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.
- [10] Krikke, H.R., & van der Laan, E.A. (2016). The circular supply chain. *Journal of Industrial Ecology*, 20(2), 209-221.
- [11] Green Logistics (2010) 'What is Green Logistics? Research into the Sustainability of Logistics Systems and Supply Chains'. Green Logistics Project [online]. available from: <http://www.greenlogistics.org/>
- [12] Andriess, F. G. "Successful implementation of reverse logistics in Philip Morris." *Handbook of reverse logistics. The Netherlands: Kluwer, Deventer* (1999).
- [13] Leopoulos, V. N., Kirytopoulos, K. A., & Malandrakis, C. (2006). Risk management for SMEs: Tools to use and how. *Production Planning & Control*, 17(3).



# IMPACT OF DIGITALISATION ON LOGISTICS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

## VPLYV DIGITALIZÁCIE NA LOGISTIKU V RÁMCI PRIEMYSLU 4.0

**Bc. Ladislav Šepel'a**

Logistics Specialist in HENKEL-SLOVENSKO

Vysoká škola logistiky o.p.s

e-mail: l.sepela3@gmail.com

**doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym, MBA**

Department of Master Studies

College of logistics

e-mail: oldrich.kodym@vslg.cz

### Abstract

In this paper, I would like to examine the impact of digitalization on the logistics sector in the context of the Industrial Revolution and Industry 4.0, overall exploring how technological innovations are transforming logistic processes. I also intend to focus on key aspects such as intelligent logistic systems, automation, robotization, and the use of Big Data, and their impact on improving the efficiency of logistic operations. The work is to be an analysis of how digitalization enables logistic companies to achieve higher levels of flexibility and efficiency, while simultaneously supporting sustainable practices.

### Abstrakt

V tejto práci by som sa chcel pozrieť na vplyv digitalizácie na logistický sektor v kontexte Priemyslovej revolúcie a Priemyslu 4.0, celkovo preskúmať ako technologické inovácie transformujú logistické procesy. Taktiež sa chcem zamerať na kľúčové aspekty ako inteligentné logistické systémy, automatizáciu, robotizáciu a využitie Big Data, a ich vplyv, na zlepšenie efektívnosti logistických operácií. Práca má byť v zhrnutí analýza, ako digitalizácia umožňuje logistickým spoločnostiam dosahovať vyššiu úroveň flexibility a efektívnosti, zatiaľ čo zároveň podporuje udržateľné postupy.

**Key words** (up to 5 keywords)

Digitalization, Logistics, Industry 4.0, Effectivity, Sustainability, Technological innovation

### Kľúčové slová

Digitalizácia, Logistika, Priemysel 4.0, Efektívnosť, Udržateľnosť, Technologické inovácie

## INTRODUCTION

In the recent years we have witnessed a significant increase of smart technology usage around the world and us. Whether in our homes or in healthcare, construction, manufacturing,



logistics, or public administration, it's clear that our work and personal lives have been radically changed and adapted to the changing era. The Industrial Revolution 4.0 is taking hold in our society and fundamentally altering the logistics chain as well. Emerging revolutionary technologies are beginning to be utilized and implemented in production and supply-chain processes, leading to a radical transformation of the way companies and businesses operate. Companies that embrace and adapt to emerging technologies such as the Internet of Things, Artificial Intelligence, Cloud Systems, and Robotics face a major challenge of transforming business operations to adapt these technologies, but at the same time, an opportunity for improvement of efficiency in their business. The emergence of Logistics 4.0, which stems from the Industrial Revolution 4.0, is accelerated thanks to the market and business demands for more transparent, greener, faster, more flexible, and reliable tools and systems in the supply-chain. Competition and the diversity of customer demand also put pressure on businesses and force them to adopt new technologies in their operations, creating a revolutionary environment and a new era in logistics overall. With the arrival of the year 2024, it's already clear that the logistics sector has been transforming and shifting into the digital space for several years. Businesses are striving to adapt and embrace Logistics 4.0. Digitalization in the context of the Industrial Revolution 4.0 is therefore a key element of the transformation of traditional rigid processes (manufacturing, transport, and distribution).

The cornerstone of this digital revolution is the Internet of Things (IoT) technology. The Internet of Things mediates and plays the role of a bridge between the physical and digital environments. All machines, items, and sensors are connected through IoT to the digital sphere, where this connection further enables the collection and analysis of data in real time. Of course, with larger amounts of data arise issues of Big Data, however with the connection between product and software, we can create a more resilient and quickly adaptive logistics chain. Real-time data in a rapidly changing market has incomparable value for logistics companies. The Internet of Things therefore fulfils the role of a link and can help bring digitalization into the business with the creation of a data-driven decision-making process.

Looking at the perspective of digitalization and the mentioned characteristics within logistics, we can assert that digitalization represents the concept of a transformational journey (roadmap) for a company to transform traditional static (rigid) elements into a more flexible model using IoT technology to implement the Industrial Revolution 4.0 in the given sphere of interest. Digitalization acts as a key force of transition and transformation in logistics and allows the integration of new tools into the operational processes of the company with the aim of automating and improving the connectivity of elements, among others.

## **1 THEORY AND CONTEXT**

### **1.1 Overview**

The essence of digitalization in logistics lies in the ability to transform analogue information into digital data, thereby facilitating the flow of communication in the logistics chain. Thus, digitalization represents the adaptation of IoT technologies into aspects and processes of logistics operations with the goal of increasing the efficiency of provided services and improving the transparency of the operations in the whole chain.

This conversion to a digital environment improves communication and coordination between elements, partners (stakeholders), and management. The fundamental goal of



digitalization is to increase operational efficiency in the company, reduce costs, and provide customers with added value. These goals are most often achieved by applying modern technologies such as the Internet of Things, Artificial intelligence, Cloud computing, and Machine learning. For example, these technologies allow us to track goods in real time, introduce software for enterprise resource planning, automate warehousing, analyse data, and forecast the market.

### **Introduction to Industry 4.0 and Logistics 4.0**

Industry 4.0, or the fourth industrial revolution, is characterized by the integration of digital technologies into business processes. In logistics, this refers to manufacturing, supply and storage processes that aim to create intelligent solutions, such as smart warehouses or smart factories. Industry 4.0 builds on the automation and informatization from Industry 3.0 and introduces cyber-physical/software systems along with the implementation of IoT. The transition to Industry 4.0 represents not only a key milestone for society but also a global shift for the logistics sector, changing the ways in which goods are transported, stored, and managed within the supply-chain.

Digitalization and the advent of technologies from Industry 4.0 have naturally also kickstarted the era of Logistics 4.0. This transformation and shift in era are not only marked by the emergence of new technologies but also by a fundamental change in thinking when executing and planning logistics operations. Logistics 4.0 offers, as mentioned earlier, a higher level of connectivity between links in the logistics chain, automation of processes, and increased efficiency.

### **Technologies and their benefit**

- **Internet of Things (IoT)**

IoT technology describes devices with sensors, which allows the interconnection of physical devices in the logistics chain. This enables us to track and monitor goods in real time and the ability to process devices with software tools. These devices are most commonly connected via the internet but can also be connected through other communication networks.

- **Artificial intelligence and Machine learning (AI, ML)**

It is currently the most “progressive” technology that allows us to analyse huge amounts of data generated by IoT devices. Its capability lies in computers that can perform tasks commonly associated with the characteristics of intellectual processes.

- **Blockchain**

It is, in simplicity, an accounting ledger (list) that is interconnected through cryptography for a secure and transparent way of documenting transactions within the supply chain. In logistics, it can be used to verify the origin of goods, ensure compliance with contracts, and streamline customs clearance processes, thereby increasing trust among partners in the logistics chain. An interesting example of this technology would be a Smart contract.

- **Cloud**

Cloud and Cloud computing refer to the availability of a computer system used primarily for data storage and computational tasks (predicting trends through AI and Big Data usage). Cloud computing provides the infrastructure for storing and processing a substantial amount of data generated by digital logistics operations.



These technologies not only transform logistics operations but also create opportunities for new improvements in logistics. By embracing digital transformation, logistics companies can achieve a higher level of provided services and competitiveness in the digital age.

### **Connectivity**

It can be said that this forms the basis of Logistics 4.0, as it is one of the most important characteristics in the logistics chain. Sensors and smart devices can continuously collect data (location and condition) and provide it to logistics operators, allowing them to have greater control and real-time visibility of the status. This connectivity can include all “active” assets in the logistics chain through the Internet of Things, such as transportation, handling, and storage units.

### **Automation and robotics**

Automation with robotics is commonly used in inventory management and goods handling, examples include drones, AGVs (automated guided vehicles), and AS/RS (automation sorting and retrieval systems). In warehouses, they improve operational efficiency and accuracy, while also reducing labour costs. Additionally, AI algorithms optimize routing and planning in real-time, while considering traffic conditions, delivery deadlines, and vehicle capacity.

### **Predictive analysis and big data**

Data collection through IoT and subsequent data analysis enables logistics companies to monitor their performance, speed, movement trends and other KPIs. Subsequently, AI models, or machine learning, can utilize these historical data to predict demand patterns, identify bottlenecks, find potential disruptions, and recommend actions. Such predictive capabilities allow companies to reduce risks and increase customer satisfaction.

## **1.2 Issues with Big Data in Logistics 4.0**

Big Data plays a key role in the context of Logistics 4.0 and the broader spectrum of digitalization in enhancing operational efficiency, improving customer service, and enabling data-driven decision-making processes. In the transformation to Industry 4.0, logistics operations increasingly rely on the analysis and application of vast amounts of data to optimize the logistics chain operations. The advent of Logistics 4.0 signifies a transformation towards a more connected, smarter, and transparent system, where this transition is facilitated by the use of big data analytics. Big Data in logistics enables better forecasting, demand planning, and visibility of the overall supply chain. By analyzing large datasets, companies can identify patterns, trends, and correlations that were previously undetectable. This insight allows for more accurate demand planning and reduction of inventory levels.

However, integrating and working with Big Data in logistics also presents several challenges. These include the complexity of data management, the need for advanced analytical capabilities, and concerns related to data protection and security. Managing the large volume and variety of big data requires a robust IT infrastructure and sophisticated data management tools.

Privacy and data security appear as one of the most significant concerns in the context of data handling. Collecting, storing, and analyzing large datasets brings risks related to breaches of security protection, unauthorized access, and misuse of sensitive information. Ensuring privacy and data security within logistic operations requires comprehensive measures including





encryption, access control, and compliance with regulations. Additionally, the volume and accuracy of data are important for effective decision-making. Data generated from various sources presents a significant challenge for processing and analysis, therefore investing in advanced management (qualified personnel) and analytical technologies is important for a company if it wants to create a coherent and sophisticated data ecosystem.

## **2 LOOK AT A COMPANY HANDLING DIGITALIZATION**

### **2.1 Henkel – Slovakia**

Henkel is a global leader in sustainable and innovative solutions in its respected business segments (adhesives, skin care, and household products). Henkel-Slovakia is part of this multinational company, operating in Slovakia since 1991 and with the implementation of GBS+ (Global Business Solutions<sup>+</sup>) expert center in 2006, which is today the largest shared services center for Henkel.

The journey of Henkel-Slovakia towards digitalization nicely represents the movement of trends within Industry 4.0, where the company strives to progress and integrates digital technologies such as the Internet of Things, Artificial intelligence, and Cloud computing into its daily processes (manufacturing and supply-chain).

In terms of supply-chain, Henkel utilizes digital tools and platforms to optimize logistics operations (especially OTM and SAP as tools for enterprise management), improve inventory management, and increase transparency and collaboration throughout the entire supply-chain. Efforts towards digitalization extend to the implementation of advanced analytics for demand forecasting, the use of Internet of Things devices, and real-time tracking of goods.

#### **Strategic framework**

The strategic framework represents an integral part of the digitalization effort in logistics processes occurring inside the company, along with the actual goals and approaches to innovations in the area of supply-chain optimization. This framework is built on the vision and leading position with innovative solutions and technologies for creating a eco-friendly and sustainable business practice. The intent of the strategic framework is not only to utilize technologies for the digitalization of operations and increasing operational efficiency but also to support sustainability, better customer orientation, and strengthening of a connected agile organizational culture. The strategic framework is divided into four blocks: winning portfolio, competitive edge, future-ready operating models, and collaborative culture & empowered people. However, for our purposes, only competitive edge is crucial, where the company has identified three main pillars: innovation, sustainability, and digitalization.

#### **Competitive edge: innovation, sustainability, and digitalization**

This pillar emphasizes innovation through increased investments and the use of digital tools for better insight and the ability to better respond to the consumer market. It is an effort to move decision-making processes closer to the market, promote an innovative culture within the company, support ideas through crowdsourcing, and scale up agile methodologies.

The company's digital transformation strategy aims to create value for customers and consumers, increase digital sales, and support comprehensive digitalization in industrial enterprises for a new generation of business and better customer experience. As part of digital



transformation, the company focuses on data integration for AI-driven solutions. In the development of digital talent and company transformation, there is also a new "Digital Business" structure led by the Chief Digital and Information Officer (CDIO). This structure closely links digital and IT teams under one roof within Henkel.

## **2.2 Oracle Transport Management**

Oracle Transportation Management is a key tool in the company that plays a crucial role as a comprehensive platform for controlling, planning, and managing logistics tasks in the company. It is designed to streamline transportation planning, execution, transport payments, and automation of business processes on a global scale. For companies and enterprises operating in the global market, integrating a system like OTM is key to harmonizing the complex supply-chain operations. For Henkel, OTM provides several advantages, such as:

### **Simplifying processes**

- Finding synergy between different business segments
- Automation of planning, dispatch, communication, payment, and transportation processes
- Actual performance measurement of logistics service providers
- Easy management and analysis of important data

### **Globalization**

- Harmonization and centralization of logistic activities (management of transport and other business operations connected to logistics)
- Implementation of additional logistic services that add value to the customer (Track & Trace, ePOD)
- Reduction of greenhouse gases through better decision making and consolidation of deliveries

From the company's perspective, OTM serves as a cornerstone (along with SAP ERP) for logistics operations in the digital age and offers a set of tools that are closely aligned with the digitalization strategy. By utilizing OTM, Henkel has been able to globally implement in its practices:

- Automatic pre-calculation of transportation costs, which also allows for profitability analysis (COPA) at the customer and material level
- Complete control of invoice verification based on shipment
- Increase in supply chain efficiency
- Consolidation and optimization of shipments, leading to reduced costs.
- Improvement of customer data and better response to the changing market
- Increased connectivity with carriers

## **3 PERSPECTIVES**

### **Trends and outlook**

For identifying any outlook, it's essential to understand the current environment of digital transformation within Industry 4.0. This transformation is characterized by the integration of digital technologies into all areas of business, fundamentally changing how companies operate



and deliver value to customers. This includes a cultural shift within the company, which requires organizations to continually question established processes, experiment, and deal with failures that often occur when implementing new technologies. Within my outlook, from my position, I identify three key trends: robotics, automation, and artificial intelligence. Worth mentioning, and what I will also touch upon, is blockchain technology and the trend towards environmental sustainability.

### **Robotics and automation**

Robotics and automation are at the forefront of Industry 4.0, going hand in hand and transforming traditional manufacturing, storage, and transportation processes. In logistics, robotic applications include Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS) and Autonomous Mobile Robots (AMR) along with drone technology. These technologies not only increase operational efficiency but also improve worker safety and the accuracy (quality) of company processes. The trend towards increased robotization and automation in logistics is driven by the need for speed, efficiency, and scalability in operations, especially in response to the growing e-commerce sector and consumer expectations for quick delivery services.

### **Artificial intelligence**

Artificial intelligence is revolutionizing the world, including logistics, through intelligent automation and predictive analytics. AI applications in logistics include demand forecasting, route analysis, and optimization. Artificial intelligence can help analyse vast amounts of data and other indicators (KPIs) to identify patterns and predict outcomes, allowing companies to optimize inventory levels, reduce transportation and storage costs, and enhance customer satisfaction. The AI trend in logistics is supported by the increasing availability of data and advancements in machine learning algorithms. As AI technologies become more sophisticated, we can expect their application in logistics to grow, offering new ways to enhance competitiveness.

### **Blockchain**

Blockchain technology, often associated with cryptocurrencies, also has significant potential for transforming and digitizing supply chain management. At its core, blockchain is a decentralized ledger technology (DLT) that ensures data integrity, transparency, and security among participants. In logistics, it can be used in transactions, namely Smart Contracts, to ensure fair and transparent trade within the supply chain, which is particularly valuable in supply-chain logistics, where goods go through many processes and the origin of products is crucial for compliance, safety, and quality assurance.

### **Green logistics**

Sustainability and the adoption of green logistic practices have become critical trends in the logistics industry, driven by growing environmental concerns, regulatory pressures, and consumer demand for eco-friendly products and practices. Hence, green logistics aims to minimize the impact of logistic activities on the environment by optimizing processes, reducing waste and emissions production, and utilizing eco-friendly materials and technologies. This trend is leading to a higher level of sustainability and is increasingly being implemented in logistics as companies realize that sustainable practices can lead to improved brand image. Digitalization plays a key role in enabling the operation of green logistics within companies by providing the tools and technologies needed to analyse, optimize, and transform logistic operations into more sustainable practices, thereby enabling the company to comply with environmental regulations and optimize logistic operations. One of the main practices within



sustainability is eco-friendly packaging, where digital tools can help design and implement eco-friendly packaging solutions that use less material, thereby reducing waste and are easier to recycle. Besides eco-friendly packaging, tracking emissions (carbon footprint) is also important, where through data tracking, companies can use this data to identify areas for improvement and implement optimizations (e.g., routing) to minimize emissions (fuel consumption).

## CONCLUSION

In the dynamic and rapidly changing market, as well as the evolving environment of Industry 4.0, the impact of digitalization on logistics is profound and chaotic at the same time. The integration of innovative technologies such as the Internet of Things (IoT), Robotics, and Artificial intelligence (AI) into logistic processes signifies a huge shift towards more efficient, transparent, and intelligent supply-chain management. This shift is not just a trend but a necessary evolution to meet the growing demands for speed, accuracy, and flexibility in global logistics. Exploration and implementation of these technologies within digitalization reveal their immense potential to improve logistic operations. By using fundamental components of IoT, we can achieve greater visibility within the supply chain, enabling real-time monitoring and management of goods. Robotics and AI further enhance this capability by introducing automation and intelligent decision-making into logistic processes, thereby reducing manual interventions into ongoing processes, errors, and optimizing operational efficiency.

The practical use of these technologies in logistics highlights their transformative power. Digitalization fosters a more connected, transparent, and agile supply chain that can adapt to the changing market dynamics and consumer expectations with unprecedented speed and accuracy, from optimizing inventory management and streamlining distribution networks to better adaptation to the market changes and adding additional value for customers. However, the journey of digitalization in logistics is full of challenges, including technological complexity, concerns about data security, and the need for substantial investments in company infrastructure. Overcoming these challenges requires a strategic approach that balances technological innovations with organizational readiness and agile corporate structure.

The impact of digitalization on logistics within Industry 4.0 is revolutionary and far-reaching. By harnessing the power of innovative technologies, businesses can achieve a level of efficiency, agility, and globalization in their logistic operations that was previously unimaginable. Therefore, in my opinion, the future of logistics is digital, and embracing this future is essential for companies that want to grow and prosper in the competitive environment of the 21st century.

## RESOURCES

- [1] Samoilenko V., S. *Digitalization - Contexts, Roles, and Outcomes*. Routledge: imprint of Taylor & Francis Group, 2023. DOI: 10.1201/9781003304906
- [2] Kamble S., S. et al. *Digital Transformation and Industry 4.0 for Sustainable Supply Chain Performance*. Springer Nature Switzerland AG, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-19711-6



- [3] Kam P., L. *Supply Chain 4.0: the impact of supply chain digitalization and integration on firm performance*. Asian Journal of Business Ethics, 2021. DOI: 10.1007/s13520-021-00137-8
- [4] Bali, V & Bhatnagar, V & Aggarwal, D. & Bali, S. & Diván, M. *Cyber-Physical, IoT, and Autonomous Systems in Industry 4.0*. Routledge: imprint of Taylor & Francis Group, 2021. ISBN: 9780367705152
- [5] Martínez G. M., J. & Medina P., R.. *Digitalization in Business: On the Road to a Sustainable Business*. NOVA science publishers, 2022. ISBN: 979-8-88697-275-7



## ISSUES AND CHALLENGES IN THE SMART CITY TRANSFORMATION

### PROBLÉMY A VÝZVY ZA TRANSFORMÁCIOU INTELIGENTNÉHO MESTA

**Bc. Ladislav Šepel'a**

Logistics Specialist v HENKEL-SLOVENSKO

Vysoká škola logistiky o.p.s

e-mail: l.sepela3@gmail.com

**doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym, MBA**

Department of Master Studies

College of logistics

e-mail: oldrich.kodym@vslg.cz

#### **Abstract**

In this work, I would like to focus on the challenges associated with transforming the urban environment and the city itself into a smart city. I would like to build on the basic and already established concepts that I outlined in last year's article on the concept of a smart city and continue its expansion. I would also like to lightly explore the general issues and some technologies that can positively influence and help the transformation of the city and highlight some factors and key obstacles preventing this transformation. Finally, I would like to use this work as a contribution to the ongoing discussion about urban development and offer some insights that may still be unknown to the reader.

#### **Abstrakt**

V tejto práci by som sa chcel venovať výzvam spojených s transformáciou mestského prostredia a samotného mesta na inteligentného mesto. Chcel by som vychádzať zo základných a už stanovených koncepcií, ktoré som načrtol v minuloročnom článku o koncepte inteligentného mesta a ďalej pokračovať na jeho rozšírení. Taktiež by som chcel zľahká preskúmať všeobecnú problematiku a niektoré technológie, ktoré môžu pozitívne vplývať a pomáhať transformácii mesta a zdôrazniť niektoré faktory a kľúčové prekážky brániace tejto transformácii. No a na záver by som chcel túto prácu taktiež použiť ako príspevok v rámci prebiehajúcej diskusii o rozvoji miest a ponúknuť niektoré poznatky, ktoré sú možno čitateľovi ešte neznáme.

#### **Keywords**

Smart Cities, Urban Transformation, Urban Development, Challenges, Technology

#### **Kľúčové slová**

Inteligentné mestá, transformácia mesta, rozvoj, výzvy, technológie



## ÚVOD

Je jasné, že Slovensko a Česko, ako aj celkovo Európa, čelí rastúcej urbanizácii. Svet sa čoraz viac urbanizuje, pričom viac ako polovica svetovej populácie v súčasnosti žije v mestách. Tlak na mestskú infraštruktúru, zdroje a služby sa zvyšuje a zintenzívňuje. Táto rýchla urbanizácia a trend so sebou prináša významne výzvy vrátane preľudnenia mesta, znečistenia prostredia a obmedzenie mestských zdrojov. Tieto problémy nám jasne ukazujú potrebu zmeny a nových iniciatív, ktoré dokážu potrebné odpovedať na vzniknutú situáciu. Inteligentné mestá preto nie sú len o aplikácii technológií, ale predstavujú aj koncept a zásadný posun v tom, ako vieme mestá adaptovať prostredníctvom inteligentného riadenia a jeho ďalšieho rozvíjania tak, aby spĺňali rastúce požiadavky ich obyvateľstva a riešil stupňujúci sa vplyv na sociálnu otázku a životné prostredie.

Prechod na koncept inteligentného mesta zahŕňa rozsiahle prehodnotenie plánu rozvoja mesta a mestského prostredia tak, aby spĺňal požiadavky na technologické inovácie a ich implementáciu. Transformácia je založená na integrácii informačných a komunikačných technológií (ICT) a internetu vecí (IoT) do základnej infraštruktúry mesta. Cieľom týchto inteligentných miest je stať sa prispôsobivejšími a efektívnejšími prostredníctvom strategického využívania inteligentných technológií vo verejnej doprave, hospodárstve, Energetike a odpadovom hospodárstve. Tento proces však zahŕňa komplexné prepracovanie existujúceho „rámcovania“ (plánov a iniciatív mesta) a vývoj nových stratégií, ktoré môžu podporiť bezproblémovú integráciu týchto technológií do každodennej mestskej prevádzky a správy.

Napriek výhodám, ktorých som sa dotkol v minuloročnom článku, je cesta k inteligentnému mestu plná zložitých výziev a významných prekážok. Patria medzi ne technologické prekážky, ako je potreba podstatnej modernizácie infraštruktúry a integračné problémy, sociálno-ekonomické prekážky, ako je financovanie, riadenie a verejná mienka. Okrem toho existujú vážne obavy o súkromie a bezpečnosť údajov vzhľadom na rozsiahle monitorovanie a zber údajov. Riešenie týchto výziev si vyžaduje mimo legislatívne aj inovatívne riešenia a jasné pochopenie menej preskúmaných faktorov, ktoré ovplyvňujú projekty inteligentných miest. Preto by som sa v tejto práci chcel pozrieť a ponoriť do týchto kritických problémov, predstaviť pohľad na prekážky a skúmať možnú stratégiu, ktorá by mohla pripraviť cestu pre efektívnejšiu transformáciu.

## 1 STRUČNÝ PREHĽAD

### 1.1 Koncept inteligentného mesta

Koncept inteligentných miest sa od svojich počiatkov výrazne vyvinul, keď sa pozornosť sústredila predovšetkým na integráciu informačných technológií do mestských služieb a infraštruktúry. Teraz inteligentné mestá predstavujú stret technológií, informácií a infraštruktúry na vytvorenie prostredia, ktoré je nielen lepšie obývateľné a udržateľné, ale aj efektívnejšie a ekonomicky životaschopnejšie. Porozumenie inteligentných miest, ktoré boli pôvodne vnímané ako futuristické predstavy s mestami poháňanými senzormi a automatizáciou, sa prehĺbilo tak, aby zahŕňalo aspekty udržateľnosti, zapojenia občanov a inteligentného riadenia, zatiaľ čo zachovalo svoj historický pohľad ako miesto, ktoré má spájať obyvateľstvo do organizovaných skupín – komunit.

Mestá, ako aj inteligentné, môžeme deliť na štyri hlavné prúdy. Tieto prúdy (koncepty)



rozdeľujeme podľa systémového hľadiska a to na: sociálny, ekonomický, politický a technický. Tieto systémy sú medzi sebou prepojené vzťahmi a slučkami, ktoré budeme nazývať ako slučky spätnej väzby (ang. feedback loops). Keďže všetky rozhodnutia majú zostupný efekt (“domino“), mesto je závislé na priamej ceste - to, čo sa deje dnes, môže byť spôsobené minulosťou. Takže plány, ktoré boli urobené niekedy v minulosti, začnú pôsobiť až neskôr v budúcnosti.



Figure 1 - prúdy, systémové hľadisko (Zdroj: autoři vlastní tvorba)

Slučky spätnej väzby sú dôležité hlavne v kontexte urbanistického plánovania a pri riadení mesta, pretože nám pomáhajú pochopiť vzájomné závislosti a vzťahy medzi rôznymi systémami, ktoré sa v meste nachádzajú. Skúmaním väzieb môžeme identifikovať, ako zmeny na jednom mieste ovplyvňujú druhé miesto, pozitívne alebo negatívne.

Dodatočne je treba chápať, že pri týchto systémoch ide aj o ich kombinácie, kde inteligentné mesto sedí ako priesečník sociálno-technického systému a preto sa na neho z tohto uhlu aj budeme pozerieť.

## 1.2 Komponenty a vrstvy

Koncept inteligentného mesta (z hľadiska sociálno-technického systému) môžeme rozdeliť do štyroch aspektov. Tieto aspekty tvoria rozdelenie mesta, podľa ktorého sme minule určovali výzvy transformácie a ich možné riešenia.

- Urbanistický
- Sociálny
- Ekonomický
- Environmentálny

Ďalej pod týmito aspektami existujú vrstvy, ktoré sú navzájom prepojené a potrebné pre mesto. Každá vrstva plní kľúčovú funkciu vo vývoji a prevádzke mesta, čím zvyšuje jeho celkovú odolnosť, prispôsobivosť a kvalitu života.

**Vrstva prírodného prostredia** sa týka zodpovedného riadenia a využívania prírodného bohatstva mesta. Spája environmentálny aspekt s ostatnými a zahŕňa zodpovedné riadenie / využívanie prírodných aktív mesta, ako je voda a pôda. Medzi základné definujúce aktivity tu patrí zabezpečenie trvalo udržateľného využívania zdrojov, ochrana ekosystémov a podpora inovatívnej “zelenej“ technológie.

**Vrstva tvrdej infraštruktúry** inteligentného mesta zahŕňa fyzické štruktúry a zariadenia, ktoré podporujú mestský život, sú to cestné komunikácie, budovy, dopravné a inžinierske siete.





Inteligentné mestá silno investujú do modernej, efektívnej a odolnej infraštruktúry, aby sa zabezpečilo hladké fungovanie základných služieb a prispôsobili sa budúcemu rastu a rozvoju.

**Vrstva IKT infraštruktúry** je dôležitým prvkom inteligentného mesta, ktorý poskytuje konektivitu a digitálnu platformu potrebnú na bezproblémovú komunikáciu a výmenu údajov medzi rôznymi zložkami mestského systému. Táto vrstva zahŕňa vysokorýchlostné širokopásmové siete, bezdrôtové komunikačné systémy, dátové centrá a cloud služby. Vrstvu teda môžeme chápať ako káblové, bezdrôtové, optické a iné prepojovacie prvky súvisiace s vybavením, ktoré tvoria vyhradenú neverejnú sieť určenú na vzájomnú bezpečnú komunikáciu.

**Vrstva služieb** v inteligentnom meste zahŕňa širokú škálu verejných a súkromných služieb poskytovaných obyvateľom, firmám a návštevníkom. Tieto služby môžu zahŕňať vzdelávanie, zdravotnú starostlivosť, verejnú bezpečnosť, odpadové hospodárstvo a rekreačné zariadenia. V rámci inteligentného mestá sa využívaním technológie a údajov zlepšuje poskytovanie a dostupnosť týchto služieb, čím sa zvyšuje celková kvalita života. Príklady inteligentných služieb zahŕňajú systémy elektronickej verejnej správy, ktoré zjednodušujú byrokratické postupy, inovácie v oblasti tele-medicíny, ktoré rozširujú prístup k zdravotnej starostlivosti, a intelektuálne dopravné štruktúry, ktoré zlepšujú tok dopravy a zároveň znižujú preťaženie. Primárnym cieľom vrstvy služieb inteligentného mesta je podporovať prostredie, v ktorom môžu jednotlivci a podniky prosperovať.

Na poslednom rade, pokiaľ ide o nehmotné prvky, ktoré zabezpečujú bezproblémovú prevádzku mesta, **vrstva mäkkej/digitálnej infraštruktúry** zahŕňa údaje, softvér, aplikácie a ľudskú odbornosť. Vrstva sa týka nehmotných komponentov, ktoré uľahčujú hladké fungovanie mesta. Táto vrstva zahŕňa vývoj a implementáciu algoritmov, umelej inteligencie a systémov strojového učenia, ktoré skúmajú a spracúvajú údaje zhromaždené infraštruktúrou IKT, čím umožňujú rozhodovanie a automatizáciu na základe údajov.

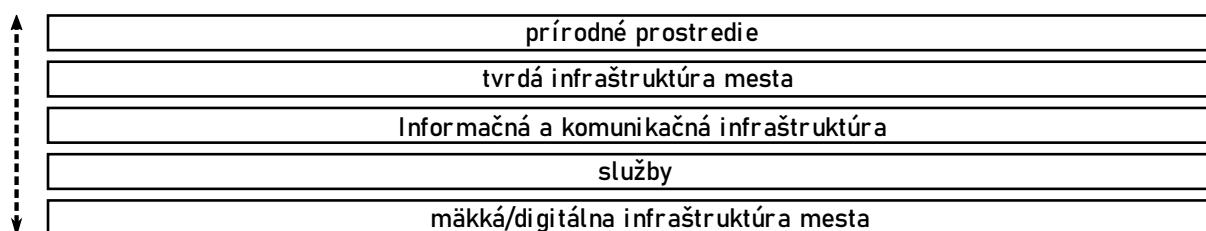


Figure 2- vrstvy mesta (Zdroj: autori)

## 2. HLAVNE VÝZVY

### 2.1 Transformácia a premena

Zatiaľ čo koncept inteligentného mesta je zaujímavý, pretože predstavuje a sľubuje modernejšie mestá, tak jeho transformácia bude komplexná. Pôjde o prechod, ktorí pretvára štandardné mestské prostredie a zaužívaný "ekosystém". Takýto prechod zahŕňa budovanie pokročilých technológií do mestského života s cieľom zefektívniť každodennú mestskú prevádzku a reagovať na potreby občanov, ako aj potreby novej doby. Nejde len o technologickú prerábku, modernizáciu, ale aj o holistickú zmenu, ktorá ovplyvní všetky oblasti mestského manažmentu.



Táto transformácia je poháňaná dopytom od rastúcej obyvateľskej základne a potrebe prispôbiť sa mu, teda zlepšiť celkovú kvalitu života. To zahŕňa široké spektrum činností od inštalácie senzorov internetu vecí naprieč verejnými službami až po nasadenie analýzy veľkých dát pre lepšie rozhodovacie procesy. No samozrejme pri práci na tejto transformácii budeme čeliť množstvu výziev, ktoré môžu brániť pokroku a prechode na inteligentné mesto. Tieto výzvy zahŕňajú niekoľko kľúčových oblastí, z ktorých každá bude stručne načrtnutá.

## 2.2 Technologické

Ide o chrbticu inteligentného mesta. Spočíva v integrácii technológií s existujúcimi mestskými systémami a predstavuje významné výzvy vrátane potreby aktualizovať alebo nahradiť staré infraštruktúry, ktoré nie sú prispôbené novým technológiám. Okrem toho vytvorenie komplexnej digitálnej siete, ktorá dokáže spracovať obrovské množstvo údajov, si vyžaduje značné investície do technológie aj odborných znalostí. Okrem toho samotný objem údajov generovaných nespočetnými senzormi a zariadeniami inteligentného mesta predstavuje významné výzvy v hardvérovej infraštruktúre, správe a analýze údajov. Zabezpečenie spoľahlivosti, bezpečnosti a súkromia týchto údajov je prvoradé, pretože akékoľvek porušenie môže viesť k vážnym následkom pre mesto ako celok. Zložitosť správy takýchto rozsiahlych dátových sietí si tiež vyžaduje pokročilé opatrenia v oblasti kybernetickej bezpečnosti, ktoré si vyžadujú neustále aktualizácie, aby sa chránili pred vyvíjajúcimi sa hrozbami.

## 2.3 Ekonomické

Finančné aspekty premien inteligentných miest sú často “make or break“ fázou. Počiatočné náklady na implementáciu high-tech riešení môžu byť neúmerne vysoké, vyžadujúce inovatívne finančné riešenia a starostlivé ekonomické plánovanie na zabezpečenie udržateľnosti. Okrem toho je potrebné, aby tieto investície preukázali jasnú ekonomickú návratnosť, čo si často vyžaduje dlhodobú perspektívu, ktorej udržanie môže byť náročné. Častokrát pre výšku potrebnej investície na kompletnú transformáciu sa implementácia delí do častí, kde môže potom vzniknúť niekoľko problémov. Môže sa zmeniť vedenie mesta, čo nechce pokračovať ďalej vo finančne náročnom pláne, technológia môže byť už taktiež zastaralá, alebo vznikli iné požiadavky, pre ktoré sa musí celý plán znovu meniť a prehodnotiť.

## 2.4 Sociálne a etické

Prechod na inteligentné mestá vyvoláva taktiež hlboké sociálne a etické otázky. Kľúčovou z nich je asi otázka súkromia. Keďže mestá zhromažďujú bezprecedentné množstvo údajov, existuje hmatateľné riziko nadmerného dohľadu a porušovania súkromia. Takéto zaobchádzanie s dátami musí byť prísne riadené podľa predpisov. Okrem toho existuje etický problém, kde je potreba zabezpečiť, aby zavádzanie inteligentných technológií neviedlo k hlbšej sociálnej a digitálnej priepasti obyvateľstva. Veľkým problémom je aj zabezpečenie inkluzívnosti výhod. To zahŕňa poskytovanie rovnakého prístupu k technologicky rozšíreným a nerozšíreným službám. Taktiež treba dbať na to, aby technologický pokrok nevytláčal na okraj zraniteľné skupiny ľudí. Rýchla implementácia digitalizácie a automatizácie v mestských službách sa navyše musí riadiť opatrne, aby sa predišlo premiestňovaniu pracovných miest a zabezpečilo sa, že pracovná sila bude primerane vyškolená na nový druh príležitostí.

## 2.5 Legislatívne

Technológia často predbieha súčasné legislatívne rámce, čo vedie k medzerám v nariadeniach, ktoré môžu brániť ich implementácii. Aktualizácia týchto právnych rámcov je nevyhnutná na riešenie zložitosti, ktorú prinášajú nové technológie. To zahŕňa zákony, ktoré uľahčujú etické



používanie údajov, chránia pred kybernetickými hrozbami a zaisťujú bezpečnosť a spoľahlivosť inteligentných mestských systémov. Okrem toho je často potrebné zosúladiť zákony na miestnej, regionálnej a národnej úrovni, aby bolo možné riadiť projekty efektívne. Efektívne legislatívne úpravy musia taktiež zohľadňovať aj medzinárodné normy a osvedčené postupy, aby sa nielen podporili inovácie, ale aj chránilo verejné blaho a práva jednotlivcov.

## ZÁVER

Transformácia na inteligentné mestá je dynamický a multidimenzionálny proces, ktorý môže byť prínosný je rozhodujúci pre riešenie naliehavých výziev trendu modernej urbanizácii. Ako sa mestá neustále rozširujú, potreba integrovať pokročilé technológie s tradičnými mestskými systémami sa stáva nielen potrebnou, ale aj nevyhnutnou. Táto transformácia je však zaťažená zložitými prekážkami a výzvami, ktoré zahŕňajú technologické, ekonomické, sociálne, etické a legislatívne oblasti. Iniciatívy transformácie inteligentných miest sa hlavne opiera o bezproblémovú technologickú integráciu, ktorá predstavuje významné výzvy, najmä pri harmonizácii nových technológií s existujúcou infraštruktúrou. Obrovské množstvo údajov generovaných zariadeniami internetu vecí si vyžaduje robustné digitálne siete schopné spravovať a chrániť informácie. Naliehavosť vývoja pokročilých opatrení v oblasti kybernetickej bezpečnosti na ochranu týchto dátových tokov je evidentná, čo zdôrazňuje potrebu neustálej inovácie a ostražitosti. Na záver možno povedať, že aj keď je cesta k transformácii inteligentného mesta zložitá a plná výziev, ponúka aj značné príležitosti pre inovačný sektor a modernizáciu celého mestského prostredia. Kľúč k úspechu preto podľa mňa spočíva v holistických a integrovaných prístupoch, ktoré zohľadňujú všetky aspekty mestského života. Preto by sa mali budúce stratégie zamerať na vytváranie adaptabilných, odolných a inkluzívnych inteligentných miest, čím sa zabezpečí, že technologický pokrok bude slúžiť širším cieľom udržateľnosti a blahu obyvateľstva.

## ZDROJE

- [1] Šepel'a, L. & Cempírek, V. *Koncept inteligentného města*. Acta Logistica Moravica ed.13, vol. 1, 2023. ISSN 1804-8315
- [2] Ejaz, W. & Anpalagan, A.. *Internet of Things for Smart Cities – Technologies, Big Data and Security*. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-95037-2
- [3] Mosco, V.. *The Smart City in a Digital World*. Emerald Publishing Limited, 2019. ISBN: 978-1-78769-135-3
- [4] Cardullo, P. & col.. *The right to the Smart City*. Emerald Publishing Limited, 2019. ISBN: 978-1-78769-139-1



# LOGISTICS IN THE DIGITAL AGE: THE IMPORTANCE OF CYBERSECURITY

## LOGISTIKA V DIGITÁLNO M VEKU: DÔLEŽITOSŤ KYBERNETICKEJ BEZPEČNOSTI

**Mgr. Kristína Kleinová<sup>1</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií

Technická univerzita v Košiciach

kristina.kleinova@tuke.sk

**Ing. Patrícia Muchová<sup>2</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií

Technická univerzita v Košiciach

patricia.muchova@tuke.sk

**Ing. Marek Ondov<sup>3</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií

Technická univerzita v Košiciach

marek.ondov@tuke.sk

### Abstract

In the current digital era, as the world continually shifts towards dependence on technologies and online interactions, cybersecurity becomes an integral part of our daily life. Cyber risks and threats pose an increasing challenge for individuals, businesses, and entire nations. In this context, it is crucial to understand the importance of cybersecurity and how various factors affect its effectiveness. Cybersecurity includes the protection of electronic systems, networks, and data from unauthorized access, misuse, damage, or theft. It is a protective shield that protects our digital assets from attacks from various parts of the world, from individual hackers to sophisticated cybercriminal groups or state actors. The aim of the article is to point out that currently, cybersecurity is a key element for maintaining stability and security in the digital world. With the increase in the number of online services, digital transactions, and sharing of sensitive data, the potential vulnerability of our digital systems also increases. It is therefore

---

<sup>1</sup> Mgr. Kristína Kleinová, (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>2</sup> Ing. Patrícia Muchová, (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>3</sup> Ing. Marek Ondov, (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)



essential to pay sufficient attention to cybersecurity and invest in prevention and protection.

### **Abstrakt**

V súčasnej digitálnej ére, kedy sa svet neustále posúva smerom k závislosti na technológiách a online interakciách, sa kybernetická bezpečnosť stáva neoddeliteľnou súčasťou nášho každodenného života. Kybernetické riziká a hrozby predstavujú stále väčšiu výzvu pre jednotlivcov, podniky aj celé národy. V tomto kontexte je kľúčové pochopiť dôležitosť kybernetickej bezpečnosti a ako rôzne faktory ovplyvňujú jej efektívnosť. Kybernetická bezpečnosť zahŕňa ochranu elektronických systémov, sietí a údajov pred neoprávneným prístupom, zneužitím, poškodením alebo odcudzením. Je to ochranný štít, ktorý chráni naše digitálne aktíva pred útokmi z rôznych častí sveta, od individuálnych hackerov až po sofistikované kybernetické zločinecké skupiny alebo štátnych aktérov. Cieľom článku je poukázať na skutočnosť, že v súčasnosti je kybernetická bezpečnosť kľúčovým prvkom pre zachovanie stability a bezpečnosti v digitálnom svete. S nárastom počtu online služieb, digitálnych transakcií a zdieľania citlivých údajov, sa zvyšuje aj potenciálna zraniteľnosť našich digitálnych systémov. Je preto nevyhnutné venovať dostatočnú pozornosť kybernetickej bezpečnosti a investovať do prevencie a ochrany.

### **Keywords**

cybersecurity, logistics, supply chain management

### **Kľúčové slová**

kybernetická bezpečnosť, logistika, supply chain management

## **ÚVOD**

Kybernetická bezpečnosť je v dnešnej dobe kľúčovou prioritou pre jednotlivcov aj organizácie. S rastúcou závislosťou od digitálnych technológií sa zvyšuje aj riziko kybernetických útokov. Ochrana citlivých údajov a systémov pred týmito hrozbami je nevyhnutná pre zachovanie dôvery a bezpečnosti. Preto je neustále zlepšovanie a inovácia v oblasti kybernetickej bezpečnosti neoddeliteľnou súčasťou moderného sveta.

Kybernetická bezpečnosť chráni bezpečnosť, integritu a dôvernosť komunikácie, života, integrácie, hmotného alebo nehmotného majetku a údajov v elektronickom prostredí zriadenom inštitúciami, organizáciami a jednotlivcami v informačných systémoch. Stručne povedané, kybernetická bezpečnosť zaisťuje bezpečnosť virtuálneho života v kybernetickej sieti. Infraštruktúra informačných systémov na ochranu integrity dát a dôvernosti sú chránené pod názvom kybernetická bezpečnosť [1]. Komplexnej analýze, ktorá vysvetľuje základy a dôležitosť kybernetickej bezpečnosti, sa venujú autor Aslan O. s kolektívom vo svojej publikácii s názvom „A Comprehensive Review of Cyber Security Vulnerabilities, Threats, Attacks, and Solutions“ [2]. Tvrdia, že v dôsledku širokého využívania digitálneho prostredia sa tradičné zločiny presunuli aj do digitálneho priestoru, preto oblasť svojho výskumu sústredili aj na analýzu rôznych typov kybernetických útokov a na ich riešenie. Pojmu kybernetická bezpečnosť, ako aj hlavným mŕľníkom a udalostiam, ktoré formovali vývoj tejto kapacity, vrátane zmien v technológii a spoločenských faktoroch, až po vypuknutie pandémie COVID-19, sa venujú autori v publikácii „Tracing the evolution of cyber resilience: a historical and conceptual review“ [3]. Počas pandémie COVID-19 sa kybernetická bezpečnosť stala kľúčovou. Plne digitalizované organizácie museli rýchlo reagovať na kybernetické hrozby,

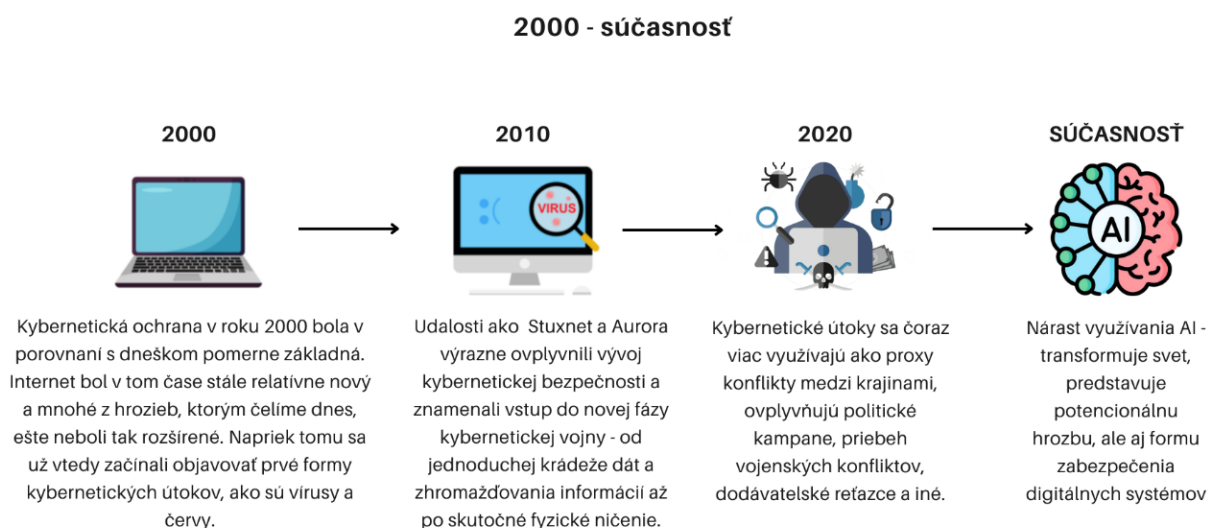


zabezpečiť spoľahlivú komunikáciu a ochrániť dôverné údaje. Tieto opatrenia pomohli udržať stabilitu a dôveru v digitálnom prostredí.

Kybernetickú bezpečnosť ovplyvnila v roku 2022 vojna na Ukrajine či rozvoj nových technológií. Poukázal na to Národný bezpečnostný úrad (NBÚ), podľa ktorého sa kybernetické útoky a incidenty stali naplno súčasťou vojenských konfliktov, spravodajských hier a nelegálnych aktivít. Kybernetické útoky spojené s vojnou na Ukrajine nezasahovali podľa NBÚ v minulom roku len napadnutý štát, ale aj štáty, ktoré Ukrajinu dlhodobo podporujú [4]. Tieto útoky spôsobili výpadky komunikácie pre jednotlivcov a verejné aj súkromné subjekty. Rada EÚ odsúdila tieto útoky a preto je zrejmé, že vojna na Ukrajine zvýšila potrebu zabezpečiť európske digitálne systémy a chrániť ich pred kybernetickými hrozbami.

V roku 2000, v čase, keď sa výskum kybernetickej bezpečnosti zameriaval na riziká a hrozby, ktoré predstavujú digitálne systémy, sa objavila predstava schopnosti odolávať kybernetickým útokom a zotaviť sa z nich, známa aj ako kybernetická odolnosť. V poslednej dobe si tento koncept získal čoraz väčšiu pozornosť [3].

## VÝVOJ KYBERNETICKEJ BEZPEČNOSTI VO SVETE



**Obr. 6** Vývoj kybernetickej bezpečnosti vo svete Zdroj: autori

## 1 KYBERNETICKÁ BEZPEČNOSŤ V PODNIKU: ODOLNOSŤ VOČI HROZBÁM

Kľúčové odvetvia, ako je doprava, energetika, zdravotníctvo a financie, sú pri vykonávaní svojich hlavných funkcií čoraz závislejšie od digitálnych technológií. Hoci digitalizácia prináša obrovské príležitosti a poskytuje riešenia mnohých výziev, ktorým Európa čelí, a to nielen počas krízy COVID-19, vystavuje zároveň hospodárstvo a spoločnosť kybernetickým hrozbám. Kybernetické útoky a počítačová kriminalita sú – čo do počtu a sofistikovanosti – v celej Európe na vzostupe. Tento trend má v budúcnosti pokračovať, keďže sa očakáva, že do roku 2025 bude na celom svete na internet vecí napačených až 41 miliárd zariadení [5].

Jednou z najväčších výziev, ktorým čelí oblasť kybernetickej bezpečnosti, je rýchlo sa vyvíjajúci charakter kybernetických hrozieb. Útočníci neustále vyvíjajú nové taktiky a techniky na prelomenie sietí a ukradnutie údajov a odborníci na kybernetickú bezpečnosť musia neustále



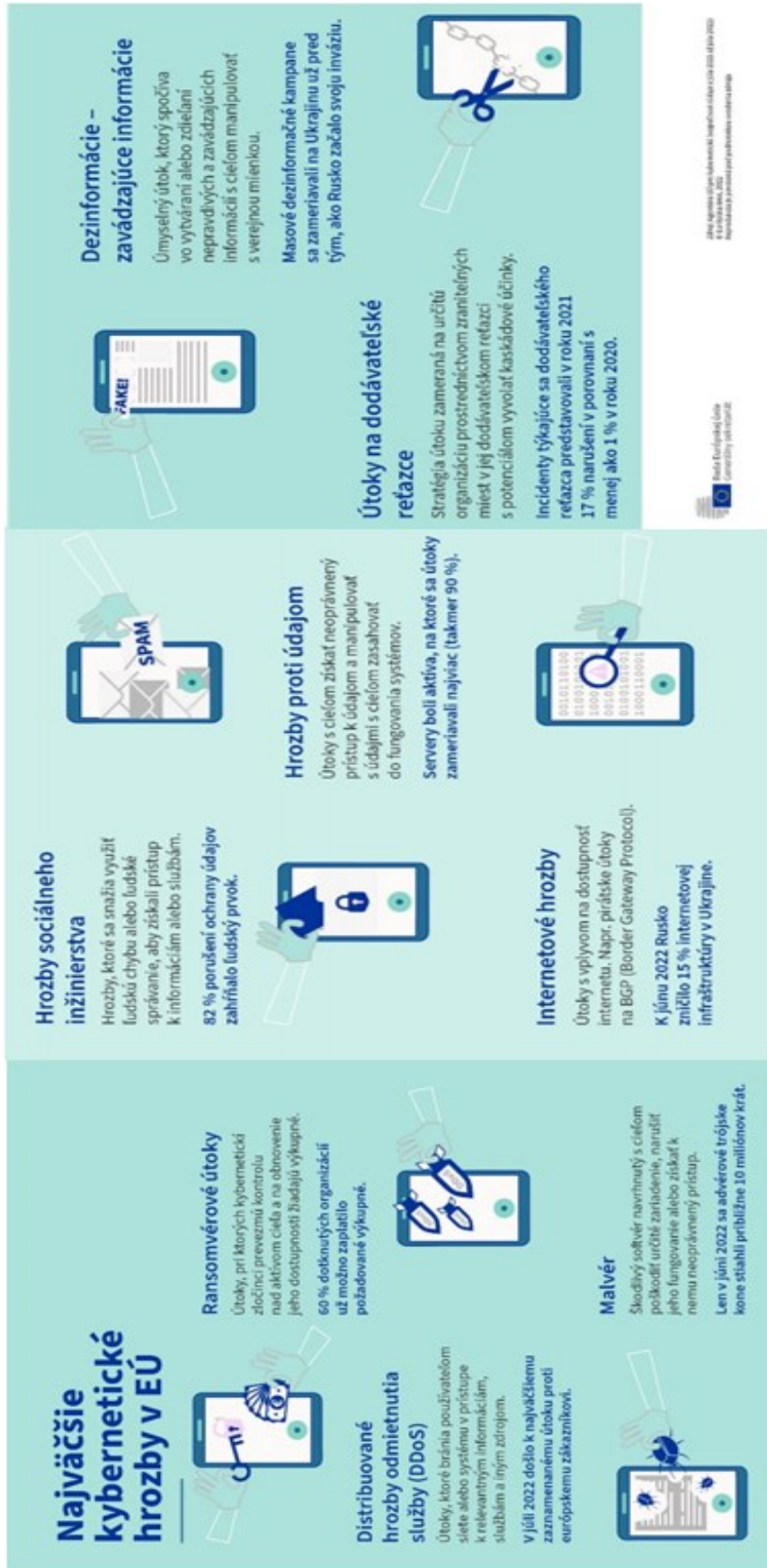
prispôsobovať a aktualizovať svoju obranu, aby zostali pred týmito hrozbami. V poslednej dobe narastajú obavy týkajúce sa následkov štátom podporovaných kybernetických útokov a potenciálu kybernetického boja narušiť kritickú infraštruktúru a spôsobiť rozsiahle škody. Napriek týmto výzvam zostáva kybernetická bezpečnosť kritickou oblasťou, ktorá je nevyhnutná na zaistenie bezpečnosti a ochrany našej digitálnej infraštruktúry. Keďže sa svet stáva čoraz prepojenejším a závislým od technológií, potreba účinných opatrení v oblasti kybernetickej bezpečnosti bude naďalej rásť [3].

Najmä pandémie a vojna na Ukrajine ukázali, ako veľmi sa podnikateľský aj verejný sektor stáva cieľom pre útočníkov v kybernetickom priestore. Odhadovaná výška finančných strát spôsobených kyberkriminalitou ku koncu roka 2020 dosahovala viac ako 5 miliárd eur. Až 88 % firiem sa aspoň raz stretlo s cieľným phishingom. Ďalej možno podotknúť, že priemerný výpadok služieb poskytovaných firmami, ktoré zasiahol ransomware útok, je až 21 dní. Ransomware je druh škodlivého softvéru, ktorý sa používa na vymáhanie peňazí. Po úspešnom útoku na zariadenie malvér uzamkne jeho obrazovku alebo zašifruje dáta uložené na disku a majiteľovi infikovaného zariadenia sa zobrazí oznámenie, v ktorom sa od neho žiada zaplatenie výkupného. Súčasťou takéhoto oznámenia sú aj presné inštrukcie týkajúce sa realizácie platby. Na Slovensku až 56% firiem zasiahnutých ransomware útokom zaplatí požadované výkupné, ale len 29 % dokáže obnoviť zašifrované dáta. Počas pandémie COVID-19 vzrástol počet škodlivých, infikovaných a phishingových emailov o viac ako 600 % [6].

Kybernetická bezpečnosť v tejto súvislosti podporuje produktivitu a inovácie tým, že poskytuje ľuďom istotu, že môžu pracovať a socializovať sa online. Správne riešenia a procesy umožňujú podnikom a vládam využívať technológie na zlepšenie spôsobu komunikácie a poskytovania služieb bez zvýšenia rizika útoku.

Okrem tradičných veľkých firiem bývajú významným cieľom aj malé a stredné podniky (MSP), pri ktorých útočník predpokladá nižšiu úroveň zabezpečenia. Je preto dôležité, aby sa aj tieto organizácie začali zaoberať kybernetickou bezpečnosťou a snažili sa znižovať riziká pri svojom podnikaní. Problematikou kybernetickej bezpečnosti v sektore MSP sa zaoberal prieskum Slovak Business Agency v spolupráci s Národným bezpečnostným úradom prostredníctvom agentúry Actly na vzorke 1 009 malých a stredných podnikov. Respondentmi prieskumu boli predstavitelia neregulovaných podnikateľských subjektov s rozhodovacou právomocou, teda majitelia firiem, generálni riaditelia, výkonní riaditelia alebo kompetentní pracovníci poverení odpovedať na otázky zodpovednou osobou vo firme s rozhodovacou právomocou [5].

Cieľom bolo zistiť aktuálnu úroveň vyspelosti sektoru v oblasti kybernetickej bezpečnosti. Vyplynulo z neho, že len približne tretina malých podnikov sa zaoberá kybernetickou bezpečnosťou, pričom pri stredných podnikoch sa hodnota pohybovala na úrovni okolo 50 %. Približne v 60 % prípadoch sú motiváciou prijať opatrenia na zvýšenie kybernetickej bezpečnosti najmä hrozby kybernetických útokov. Odporúčania a požiadavky odberateľsko-dodávateľského reťazca považuje za prioritné takmer tretina z nich. Bezpečnostné riziká si uvedomuje viac ako polovica mikropodnikov, najmä v oblasti dopravy, informácií a v stavebníctve. Tento fakt sa však napriek tomu významnejšie nepretavuje do praxe, v ktorej polovica opýtaných podnikov, najmä menších firiem, nezamestnáva žiadnych špecialistov na kybernetickú bezpečnosť. Služby kybernetickej bezpečnosti externou formou si oslovené firmy zabezpečujú len minimálne. Z prieskumu tiež vyplynulo, že takmer polovica podnikov poskytuje svojim zamestnancom príslušné vzdelávanie a adekvátne školenia v oblasti kybernetickej bezpečnosti, čo možno hodnotiť ako pozitívny údaj [5].



Obr. 7 Najväčšie kybernetické hrozby v EÚ Zdroj: [7]





Aj na základe týchto údajov možno konštatovať, že podniky v praxi vo väčšej miere necítia potrebu posilňovať svoju odolnosť. Približne dve tretiny oslovených subjektov vo svojom prostredí nikdy nevykonali analýzu rizík kybernetickej bezpečnosti. Podobne možno označiť prístup podnikov k riadeniu kontinuity činností (BCM), ktoré slúži na identifikáciu potenciálnych hrozieb ako takých pre organizáciu a vyhodnocuje ich dopad na chod organizácie. Približne dve tretiny podnikov žiadne BCM vypracované nemá. Ako zaujímavý údaj možno doplniť aj to, že viac ako pätina MSP má uzatvorené poistenie v súvislosti kybernetickej bezpečnosti [5].

## 2 KYBERNETICKÁ BEZPEČNOSŤ V SUPPLY CHAIN MANAGMENTE

Kybernetická bezpečnosť je jednou z hlavných výziev, ktorým čelia spoločnosti v kontexte priemyselného internetu vecí (IIoT), v rámci ktorého sú viaceré inteligentné zariadenia spojené so strojmi, počítačmi a ľuďmi prepojené a navzájom komunikujú. V tomto prepojenom priemyselnom scenári si personál musí byť vedomý problémov kybernetickej bezpečnosti, aby sa predišlo alebo aby sa minimalizoval výskyt incidentov kybernetickej bezpečnosti a narušenia podnikových údajov, a teda aby boli spoločnosti odolné voči kybernetickým útokom. Okrem toho nedávny nárast inteligentnej práce v dôsledku pandémie COVID-19 znamená, že potreba informovanosti o kybernetickej bezpečnosti je dôležitejšia ako kedykoľvek predtým [8].

V dnešnej čoraz prepojenejšej globálnej ekonomike sa organizácie vo všetkých odvetviach ocitajú viac ako kedykoľvek predtým závislé od rozsiahlych digitálnych sietí tretích strán, predajcov a spolupracovníkov. Tieto zložité digitálne dodávateľské reťazce často pokrývajú viacero krajín a kontinentov, vďaka neustále sa vyvíjajúcim technológiám. Nová paradigma, ktorá je flexibilná a efektívna, vyžaduje zdieľanie vlastných údajov a citlivého obsahu na množstve digitálnych kanálov a platforiem, ktoré neustále rastú. Pozoruhodné odhalenie z prieskumu Kiteworks v roku 2023 medzi spoločnosťami Fortune 2000 ukazuje, že celých 90 % si teraz pravidelne vymieňa citlivý obsah s viac ako 1 000 externými subjektmi [8]. Útoky kybernetickej bezpečnosti na podnikové dodávateľské reťazce narastajú čo do počtu, závažnosti a sofistikovanosti. Podľa Ponemon Institute bolo 98 % spoločností negatívne ovplyvnených porušením, ku ktorému došlo v spoločnosti v ich sieti [9].

Okrem toho prudko narastá aj rozmanitosť nástrojov a metód využívaných na zdieľanie obsahu, pričom väčšina spoločností v súčasnosti využíva šesť alebo viac rôznych digitálnych kanálov a platforiem, od prenosu e-mailov a súborov až po vlastné rozhrania API a mobilné aplikácie [10]. Tento rozsiahly digitálny dodávateľský reťazec, napriek svojmu obrovskému potenciálu, prináša výzvy v oblasti bezpečnosti, dodržiavania predpisov a riadenia. Komplexná povaha zdieľania obsahu predstavuje samotná o sebe významnú logistickú náročnosť. Navyše, tento nárast zvyšuje riziko zraniteľnosti a potenciálnych útokov, ktoré môžu viesť k vážnym porušeniam bezpečnosti alebo únikom dát.

Každý nový digitálny kanál alebo API zavedené do technologického ekosystému organizácie exponenciálne zvyšuje riziká, čo značne sťažuje udržiavanie konzistentného riadenia, bezpečnosti, dodržiavania predpisov a riadenia rizík vo všetkých oblastiach. Rýchlo sa vyvíjajúca krajina hrozieb tieto výzvy ešte viac znásobuje tým, že skupiny kyberzločincov neustále inovujú pokročilejšie, nenápadnejšie a automatizované útoky špecificky zamerané na zraniteľnosti spôsobené zložitou digitálneho dodávateľského reťazca. Aby sa organizácie vyrovnali s týmito rastúcimi výzvami súvisiacimi s bezpečnosťou, správou a dodržiavaním predpisov, musia urobiť z robustných postupov a kontrol kybernetickej bezpečnosti najvyššiu strategickú prioritu v rámci svojich digitálnych dodávateľských reťazcov. Na rozdiel od toho,



že sa často považujú za zastarané alebo obmedzujúce, postupy, ako sú prísne kontroly prístupu, šifrovanie údajov a správa softvérových opráv, predstavujú hlboko základné stavebné kamene [10].

Napríklad komplexné stratégie šifrovania údajov zaisťujú, že citlivé informácie zostanú chránené na každom kroku, keď sa pohybujú medzi nespočetnými servermi, zariadeniami a aplikáciami v rámci prepojeného digitálneho dodávateľského reťazca. Podobne aj sprísnené kontroly prístupu a privilegovaná správa prístupu poskytujú ochranu pred neoprávneným vystavením v prípade narušenia. Dôsledná implementácia softvérových opráv odstraňuje zraniteľné diery, ktoré kyberzločinci agresívne vyhľadávajú. Okrem tohto kritického základu musia organizácie využívať pokročilejšie kontroly kybernetickej bezpečnosti a obchodné procesy, aby mohli riadiť riziká v meniacom sa prostredí digitálneho dodávateľského reťazca. Mikrosegmentácia siete a architektúry s nulovou dôverou, ktoré prísne kontrolujú prístup a pohyb medzi digitálnymi prostrediami, pomáhajú obmedziť škody v dôsledku narušenia. Podobne, viacvrstvové bezpečnostné modely sa vyhýbajú jednotlivým bodom zlyhania [11].

Na vývoj efektívneho programu riadenia rizík pre dodávateľský reťazec spoločnosti je dôležité pochopiť, prečo útoky kybernetickej bezpečnosti nielen rastú, ale sú aj čoraz úspešnejšie. Hlavným dôvodom je zložitosť dodávateľských reťazcov a digitálnych sietí spoločností, ktoré sú často niekoľko úrovní hlboké. Napríklad dodávateľský reťazec výrobcu automobilov zahŕňa množstvo predajcov, výrobcov, poskytovateľov služieb a zákazníkov, ktorí sa spoliehajú na iných dodávateľov, ktorí zase závisia od ešte iných predajcov. Mnohí dodávatelia automobilového výrobcu sa pripájajú k jeho digitálnej sieti a sú tiež pripojení k digitálnym sieťam svojich predajcov a zákazníkov. Dodávatelia sa navyše pripájajú pomocou radu hardvérových a softvérových komponentov, ktoré predávajú a obsluhujú ďalší predajcovia. Keď spoločnosť prevádzkuje sieť dodávateľského reťazca s viacerými vrstvami, riziká kybernetickej bezpečnosti tretích strán sú tiež rizikami spoločnosti [9].

Ďalším faktorom je využitie cloudových sietí. S rastom dodávateľských reťazcov spoločnosti investujú do väčších a komplexnejších sietí obstarávania, čím sa pracovné zaťaženie presúva do verejných alebo súkromných cloudových sietí. Tento posun zvyšuje závislosť spoločností od bezpečnostných kontrol poskytovateľov cloudu a znižuje prehľad o rizikách. Dôvodom je aj rýchlo rastúci počet zariadení internetu vecí, ktoré sú pripojené k sieťam. Keďže spoločnosti sa čoraz viac spoliehajú na elektronické nástroje a zariadenia, toto riziko pravdepodobne nezmizne [9].

K jednému z najsofistikovanejších porušení dodávateľského reťazca došlo v roku 2020, keď bol škodlivý kód vložený do široko používaného softvéru SolarWinds. Útok odhalil údaje tisícov súkromných spoločností a vládnych agentúr, najmä v USA a Európe. Útok na dodávateľský reťazec sa rýchlo rozšíril, pretože malvér, ktorý bol roky nezistený, infikoval softvér, ktorý sa používal na správu sietí postihnutých organizácií, a umožnil tak vzdialený prístup k systémom backdoor. Správa National Public Radio to nazvala „hackom ako ktorýkoľvek iný, ktorý spustil sofistikovaný protivník, ktorý sa zameril na mäkké podhubie digitálneho života: rutinnú aktualizáciu softvéru“ [9].

V súčasnej digitálnej dobe je kybernetická bezpečnosť kľúčovou súčasťou riadenia dodávateľských reťazcov. Firmy musia byť ostražité voči kybernetickým hrozbám, pretože môžu mať vážny dopad na ich operácie a finančnú stabilitu. Kybernetické útoky môžu prerušiť chod firmy tým, že narušia jej schopnosť dodávať produkty alebo služby. To môže viesť k strate dôvery zo strany zákazníkov a k poklesu tržieb. Navyše, náklady spojené s opravou škôd spôsobených kybernetickým útokom môžu byť obrovské, vrátane nákladov na obnovu



systemov, stratených príjmov a potenciálnych pokút za nedodržanie predpisov.

Preto je nevyhnutné, aby firmy investovali do robustných kybernetických bezpečnostných opatrení a pravidelne ich aktualizovali, aby sa prispôsobili meniacim sa hrozbám. Toto zahŕňa implementáciu silných bezpečnostných protokolov, školenie zamestnancov o bezpečnostných najlepších postupoch a pravidelné testovanie a aktualizáciu bezpečnostných systémov. V konečnom dôsledku, kybernetická bezpečnosť je neoddeliteľnou súčasťou úspešného riadenia dodávateľských reťazcov a môže mať priamy vplyv na prosperitu a dlhodobý úspech firmy.

### 3 OCHRANA DIGITÁLNEHO DODÁVATEĽSKÉHO REŤAZCA

Kybernetická bezpečnosť by mala byť prioritou pre logistické spoločnosti, ktoré by mali investovať do silných bezpečnostných opatrení a implementovať osvedčené postupy. Zároveň by mali podporovať kultúru povedomia o bezpečnosti medzi svojimi zamestnancami. Je preto nevyhnutné, aby sa v rámci odvetvia udržiavala spolupráca, aby boli spoločnosti pripravené na rýchlo sa meniace kybernetické hrozby. V kontexte uvedeného na ochranu digitálneho dodávateľského reťazca musia logistické spoločnosti zaviesť robustné opatrenia kybernetickej bezpečnosti, medzi ktoré možno zaradiť nižšie uvedené:

**Školenie zamestnancov:** Začína to vzdelávaním zamestnancov o osvedčených postupoch kybernetickej bezpečnosti, kde sú informovaní o rizikách, ako identifikovať potenciálne hrozby, ako sú phishingové e-maily, a ako reagovať v prípade podozrenia z narušenia bezpečnosti.

**Šifrovanie údajov:** Citlivé údaje by mali byť šifrované, aby sa zaistilo, že aj keď dôjde k narušeniu, ukradnuté informácie zostanú pre kyberzločincov nečitateľné a nepoužiteľné.

**Firewally a systémy detekcie narušenia a pravidelné aktualizácie softvéru:** Implementácia brán firewall a systémov detekcie narušenia na monitorovanie sieťovej prevádzky a detekciu akéhokoľvek neoprávneného prístupu alebo podozrivej aktivity je tiež dôležitá. Softvér vrátane operačných systémov, antivírusových programov a aplikácií by mal byť vždy aktuálny, pretože zastaraný softvér môže mať známe zraniteľnosti, ktoré môžu kyberzločinci zneužiť.

**Zásady silných hesiel:** Silné heslá a viacfaktorová autentifikácia (MFA) by mali byť presadzované na pridanie ďalšej vrstvy zabezpečenia.

**Hodnotenie dodávateľa:** Je dôležité posúdiť opatrenia kybernetickej bezpečnosti predajcov a partnerov tretích strán. Ich bezpečnosť môže ovplyvniť ochranu podniku.

**Plán reakcie na incidenty:** Je vhodné vypracovať komplexný plán reakcie na incident, ktorý načrtáva kroky, ktoré treba podniknúť v prípade kybernetického útoku. To by malo zahŕňať komunikačné protokoly, ochranné opatrenia a stratégie obnovy.

**Zabezpečenie IoT zariadení:** Zabezpečenie IoT zariadení pravidelnou aktualizáciou ich firmvéru, zmenou predvolených hesiel a monitorovaním akéhokoľvek neobvyklého správania zariadenia.

**Pravidelné bezpečnostné audity:** Podnik by mal vykonávať pravidelné bezpečnostné audity a penetračné testovanie s cieľom identifikovať slabé miesta a proaktívne ich riešiť.

**Zálohovanie dát:** Pravidelné zálohovanie dôležitých dát na bezpečné miesto by malo byť samozrejmosťou. To umožní obnovu dát v prípade útoku ransomware.



výzvou, ktorú možno riešiť izolovane. Spolupráca a zdieľanie informácií sú základnými prvkami komplexnej stratégie kybernetickej bezpečnosti. Spoločnosti by mali zdieľať informácie o hrozbách a osvedčené postupy s kolegami z odvetvia a vládnymi agentúrami. Toto kolektívne úsilie môže pomôcť zostať o krok vpred pred kybernetickými hrozbami a zlepšiť celkovú bezpečnostnú pozíciu v sektore logistiky [11].

## ZÁVER

Kybernetické hrozby predstavujú vážne nebezpečenstvo pre moderné firmy a organizácie. Nie len že môžu narušiť bežný chod firemných operácií, ale majú potenciál negatívne ovplyvniť ekonomickú stabilitu podnikov a dokonca aj celého národného hospodárstva.

Až 71% organizácií na celom svete sa stalo za rok 2023 obeťou kyberútokov, pričom takmer polovica útokov sa zameriava na malé podniky. Spôsobuje to najmä fakt, že práve malé podniky dostatočne neinvestovali do kybernetickej bezpečnosti[12]. V súvislosti s uvedeným je preto nevyhnutnou súčasťou každodenného podnikania ochrana pred kybernetickými hrozbami, ktorú možno považovať ako strategickú prioritu. Firmy, ktoré si plnia svoje záväzky v oblasti kybernetickej bezpečnosti, preukazujú nielen zodpovedný prístup k ochrane svojich údajov a aktív, ale tiež chránia svoju dlhodobú životaschopnosť a konkurencieschopnosť na trhu. Investície do kybernetickej bezpečnosti sa tak stávajú nevyhnutnou súčasťou stratégie každého podnikania, zabezpečujú ochranu nielen pre samotnú firmu, ale aj pre jej zamestnancov, zákazníkov a partnerov. Spoločnosti, ktoré sa aktívne zaoberajú prevenciou a reakciou na kybernetické hrozby, nie len minimalizujú riziko finančných strát a reputačných škôd, ale tiež prispievajú k celkovej bezpečnosti digitálneho prostredia a tým aj k prosperite a stabilite spoločnosti ako celku. V dnešnej digitálnej dobe je teda nevyhnutné, aby firmy nielen rozumeli výzvam, ktoré kybernetické hrozby predstavujú, ale aj aktívne investovali do opatrení k ich eliminácii a prevencii.

## PODPORA

Príspevok je súčasťou riešenia projektu APVV-21-0195, KEGA 005TUKE - 4-/2022, projektu VEGA 1/0674/24 a VEGA 1/0430/22.

## LITERATÚRA

- [1] Craigen, D.; Diakun-Thibault, N.; Purse, R. Defining cybersecurity. *Technol. Innov. Manag. Rev.* 2014 , 4 , 13–21. Dostupné online: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Defining+cyber+security&author=Craigen,+D.&author=DiakunThibault,+N.&author=Purse,+R.&publication\\_year=2014&journal=Technol.+Innov.+Manag.+Rev.&volume=4&pages=13%E2%80%9321&doi=10.22215/timreview/835](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Defining+cyber+security&author=Craigen,+D.&author=DiakunThibault,+N.&author=Purse,+R.&publication_year=2014&journal=Technol.+Innov.+Manag.+Rev.&volume=4&pages=13%E2%80%9321&doi=10.22215/timreview/835)
- [2] Aslan, Ö; Aktung, S; Yilmaz, A; et. al. A Comprehensive Review of Cyber Security Vulnerabilities, Threats, Attacks, and Solutions. Dostupné online: <https://doi.org/10.3390/electronics12061333>
- [3] Tzavara, V; Vassiliadis, S; Tracing the evolution of cyber resilience: a historical and conceptual review. *Int. J. Inf. Secur.* 2024. Dostupné online: <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00811-x>



- [4] Kohutkova, Z; NBÚ: Kybernetickú bezpečnosť ovplyvnila vlani aj vojna na Ukrajine. TASR. 2023. Dostupné online: <https://ereport.sk/nbu-kyberneticku-bezpecnost-ovplyvnila-vlani-aj-vojna-na-ukrajine/>
- [5] Kybernetická bezpečnosť: ako EÚ bojuje proti kybernetickým hrozbám. 2024. Dostupné online: <https://www.consilium.europa.eu/sk/policies/cybersecurity/>
- [6] Kyberkriminalita v štatistikách. SAFELab. Dostupné online: <https://safelab.sk/it-bezpecnost-firma/kyberneticka-bezpecnost-pre-firmy>
- [7] Najväčšie kybernetické hrozby v EÚ. Dostupné online: <https://www.consilium.europa.eu/sk/infographics/cyber-threats-eu/>
- [8] Cybersecurity awareness in the context of the Industrial Internet of Things: A systematic literature review. Università del Salento, Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Campus Ecotekne, Via per Monteroni, 73100 Lecce, Italy. 2022 Dostupné online: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103614>
- [9] Winkler, K; Troha, C; Aylor, B; Moore, N; Is Your Supply Chain Cyber-Secure? 2023. Dostupné online: <https://www.bcg.com/publications/2023/is-your-supply-chain-cyber-secure>
- [10] Freestone, T; Maintaining Cybersecurity in a Growing Digital Supply Chain. 2023. Dostupné online: <https://www.scmr.com/article/maintaining-cybersecurity-in-a-growing-digital-supply-chain/software>
- [11] Andrew, J; Cybersecurity in Logistics: Protecting the Digital Supply Chain. 2023. Dostupné online: <https://techbullion.com/cybersecurity-in-logistics-protecting-the-digital-supply-chain/>
- [12] Ahlgren, M; 50+ CYBER SECURITY STATISTICS AND TRENDS. 2024. Dostupné online: <https://www.websiterating.com/sk/research/cybersecurity-statistics-facts/>



# OPTIMIZATION OF LOGISTICS USING COMPUTER SIMULATION

## OPTIMALIZACE LOGISTIKY POMOCÍ POČÍTAČOVÉ SIMULACE

**Ing. Ivana Hromková, PhD.**

Ústav automatizace a informatiky

Vysoké učení technické v Brně

e-mail: simeonovova@fme.vutbr.cz

### Abstract

The article thoroughly addresses the methodology and results of using discrete simulation for the analysis and improvement of logistics flows. It presents a case study in which this methodology was applied in the real environment of a European distribution center for chocolate products, aiming to identify and address bottlenecks in logistical processes. The analysis and subsequent implementation of optimization recommendations from the simulation led to significant improvements in efficiency and reduction of operational costs, while the study highlights the importance of careful scenario selection and a comprehensive understanding of the operational environment for the successful application of simulation techniques in practice.

### Abstrakt

Článek se podrobně věnuje metodologii a výsledkům použití diskretní simulace pro analýzu a vylepšení logistických toků. Představuje případovou studii, ve které byla tato metodika aplikována v reálném prostředí evropského distribučního centra výrobce čokoládových produktů, a to s cílem identifikovat a řešit úzká místa v logistických procesech. Analýza a následná implementace optimalizačních doporučení dle simulace přinesla značné zlepšení v efektivitě a snížení operativních nákladů, přičemž studie zdůrazňuje význam pečlivého výběru scénářů a komplexního porozumění provoznímu prostředí pro úspěšnou aplikaci simulačních technik v praxi.

### Key words

computer simulation, simulation model, discrete event simulation, logistics optimization, distribution center

### Klíčová slova

počítačová simulace, simulační model, simulace diskretních událostí, optimalizace logistiky, distribuční centrum

### ÚVOD

V éře průmyslové digitalizace a čtvrté průmyslové revoluce se počítačové simulace ukazují jako nezastupitelný nástroj v arzenálu výrobního inženýrství. Pomocí detailního modelování a simulace výrobních procesů umožňují vědcům a technologům předvídat chování komplexních systémů, optimalizovat procesní parametry a redukovat rizika spojená s implementací nových výrobních technologií. Tyto simulace zahrnují široké spektrum aplikací, od dynamické analýzy toku materiálu po virtuální testování produktů v různých fázích



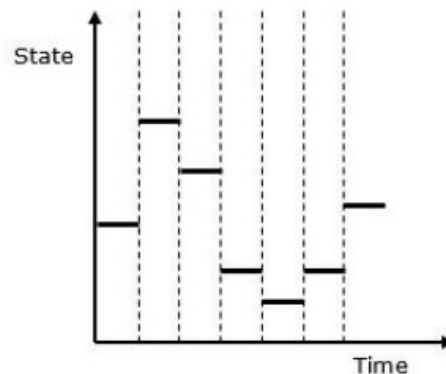
vývojového cyklu. Aktuální pokroky v oblasti výpočetní techniky a algoritmizace navíc přináší možnosti pro významné zkrácení času od návrhu k finální produkci a zvyšují celkovou efektivitu a udržitelnost výrobních operací.

Simulace výrobních a logistických systémů se stala zásadní součástí logistického inženýrství a plánování. Tento přístup umožňuje analytikům a inženýrům modelovat, analyzovat a optimalizovat výrobní procesy a logistické operace s předchozím porozuměním jejich výkonu v reálném čase. Nicméně, stejně jako u všech technologických řešení, existují i určitá omezení a výzvy. Klíčem k úspěchu je pečlivý výběr simulovaných scénářů, kompetentní práce s daty a interpretace výsledků, a to vše v kontextu komplexního pochopení reálného provozního prostředí.

Tento článek se zabývá využitím počítačové simulace diskretních logistických systémů. Modelování a simulací složitých operací distribučního centra výrobce čokoládových produktů, které je v článku popsáno, může pomoci managementu firmy identifikovat úzká místa, testovat různé operační strategie a implementovat řešení, která zlepšují celkový výkon logistické sítě. Firma si přeje být utajena z důvodu ochrany know-how, proto její název není zmíněn a některé detaily implementace jsou zestručněny tak, aby byl zachován princip řešení bez zveřejnění know-how firmy.

## 1 DISKRÉTNÍ SIMULACE POMOCÍ DIGITÁLNÍHO DVOJČETE

V kontextu článku o optimalizaci logistiky v distribučním centru pomocí počítačové simulace je klíčové zdůraznit, že se jedná o diskretní simulaci. Simulace diskretních událostí (DES Discrete Event Simulation) se zaměřuje na modelování operací, kde změny stavu systému nastávají v konkrétních, oddělených časových bodech (viz Obr. 1). To je v protikladu k spojité simulaci, kde se stav systému mění plynule v čase.



**Obr. 1** Stav diskretního systému se mění v čase skokově

Zdroj: [1].

Diskretní simulace je tedy vhodná pro analýzu a optimalizaci procesů v distribučních centrech, kde se jednotlivé operace, jako jsou příjem zboží, skladování, balení a expedice, odehrávají ve specifických časových okamžicích. Tato metoda umožňuje detailní zkoumání a optimalizaci logistických toků, kapacit skladových prostor, výkonnosti manipulační techniky a efektivity pracovních postupů.



V rámci širšího spektra simulačních technik lze diskrétní simulaci zařadit mezi nástroje, které jsou zvláště užitečné pro řešení problémů spojených s plánováním, provozem a zlepšováním výrobních a logistických systémů. Je to proto, že poskytuje možnost testovat různé scénáře a řešení ve virtuálním prostředí předtím, než budou implementovány v reálném světě. To vede k efektivnějšímu využití zdrojů a snížení nákladů.

Zařazení diskrétní simulace do kontextu simulačních metod tak zdůrazňuje její zásadní význam pro rozhodovací procesy v oblasti logistiky a výrobního managementu. Díky této metodě mohou organizace lépe pochopit dynamiku svých operací a identifikovat příležitosti pro optimalizaci a inovace.

Pro diskrétní simulační modely jsou charakteristické následující rysy:

- Proměnný počet prvků systému (požadavků);
- reprezentace front pomocí seznamů, které jsou navzájem propojeny;
- vysoký stupeň paralelnosti výpočtu;
- velké nároky na řízení programu (vyplývá z paralelnosti);
- vysoké nároky na paměť (velký počet prvků - požadavků). [2]

## 2 KLÍČOVÉ FAKTORY PRO VOLBU SIMULAČNÍHO NÁSTROJE

Primárně lze simulační prostředky rozdělit na programovací jazyky, pomocí nichž jsou vytvořeny simulační knihovny a vizuální prostředí a komplexní simulační nástroje, které zahrnují předdefinované simulační komponenty s příslušným chováním, algoritmy a grafické prostředí. [2]

Pro implementaci řešení optimalizace logistiky v distribučním centru popsané níže byl zvolen simulační nástroj Tecnomatix Plant Simulation. Výběr byl motivován především jeho komplexností a schopnostmi pokrývat široký rozsah potřeb v oblasti simulace logistiky, a tím přináší významnou hodnotu pro podnik. Mezi hlavní faktory, rozhodující o výběru tohoto nástroje, mohou být zařazeny následující:

- **Objektově orientované, hierarchické modelování:** Dedikované knihovny objektů umožňují rychlé a efektivní modelování diskrétních a spojitých procesů.
- **Grafické výstupy pro analýzu průchodnosti a využití zdrojů:** Software poskytuje nástroje pro vizualizaci a analýzu průchodnosti materiálů a produktů ve výrobním a logistickém procesu. Sankeyho diagramy jsou využívány k vizualizaci toku materiálů, nástroj obsahuje i Ganttovy diagramy, které mohou zobrazovat plánování a časování procesů.
- **Nástroje pro výpočet, analýzu a optimalizaci energetické spotřeby:** Tyto nástroje umožňují uživatelům vyhodnotit a optimalizovat spotřebu energie v rámci výrobních a logistických procesů. Cílem je snížit energetické náklady a zvýšit efektivitu.
- **3D online vizualizace a animace založené na ISO standardu formátu JT:** Tecnomatix Plant Simulation umožňuje 3D vizualizaci a animaci procesů, to znamená, že usnadňuje pochopení a prezentaci komplexních výrobních a logistických sekvencí. Použití formátu JT (ISO standard pro lehké 3D vizualizace) zajišťuje kompatibilitu a širokou využitelnost v různých průmyslových aplikacích.
- **Integrované neuronové sítě pro zpracování experimentů a automatickou**





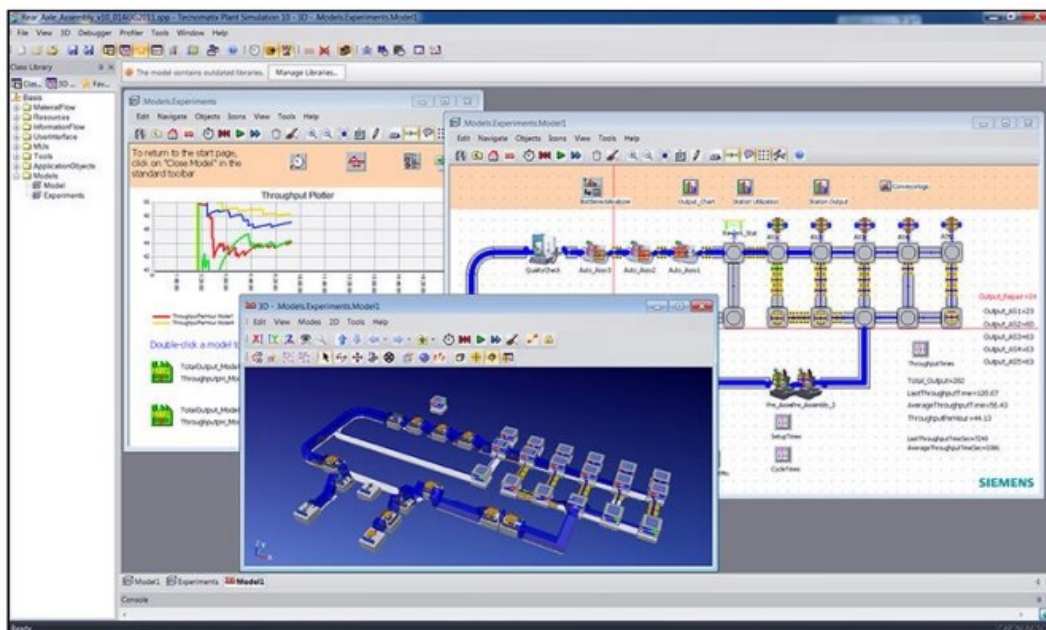
**optimalizaci systému pomocí genetických algoritmů:** Software využívá neuronové sítě a genetické algoritmy pro automatickou optimalizaci procesů. Tato funkce je zvláště užitečná pro složité výrobní a logistické systémy, kde tradiční metody optimalizace mohou být nedostačující nebo příliš časově náročné.

- **Otevřená systémová architektura podporující množství rozhraní a integračních kapacit:** Tecnomatix Plant Simulation nabízí otevřenou architekturu, která umožňuje snadnou integraci s různými systémy a aplikacemi. To zahrnuje podporu pro rozhraní jako ActiveX, CAD, Oracle SQL, ODBC, XML, Socket, OPC a další.

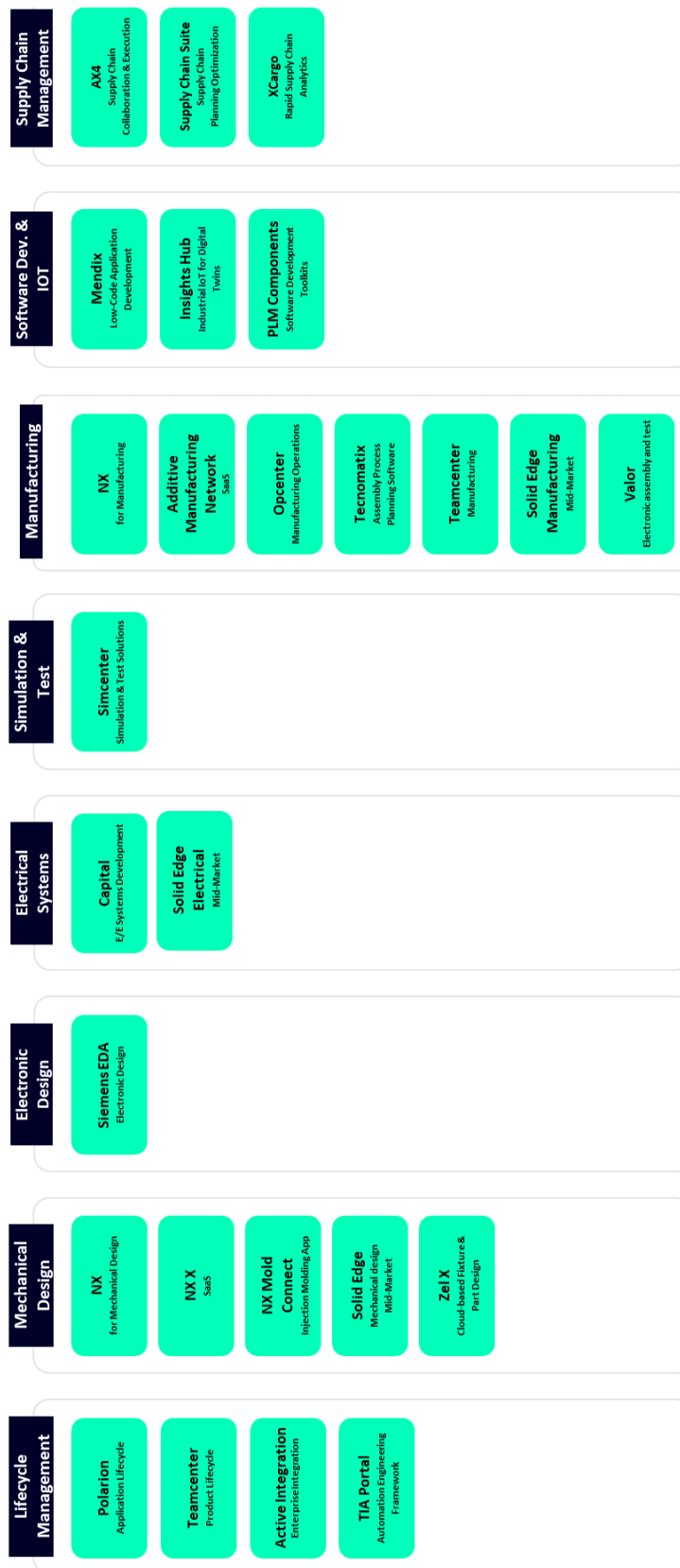
Dalšími kritérii při výběru byli široké možnosti využití SW v různých fázích životního cyklu výrobku. V oblasti návrhu a rozšíření výrobních a logistických systémů umožňuje nástroj nadimenzování kapacity včetně vizualizace a testování různých scénářů ještě před skutečným zahájením výroby. Dalším potenciálem využití může být plánování rozšíření produktového portfolia, protože Tecnomatix Plant Simulation nabízí pokročilé nástroje pro optimální rozmístění strojů a zařízení, simulaci výrobní logistiky, identifikaci a eliminaci úzkých míst a provádění what-if analýz pro různé situace.

V oblasti virtuálního zprovoznění software poskytuje platformu pro ověřování, testování a optimalizaci řídicích algoritmů, to znamená, že umožňuje garantovat splnění očekávání zákazníků a zajištění požadovaných parametrů. Pomocí Tecnomatix Plant Simulation lze také rozvrhovat výrobní a logistické procesy, optimalizovat postupnost výrobních příkazů a vytvářet sumární plány i detailní rozvrhy výroby.

Další oblastí, kde podnik může využít funkcionality nástroje, je verifikace a validace vstupních dat a analýza a optimalizace energetické spotřeby. To přispívá k efektivnějšímu a ekologičtějšímu provozu zařízení. Tecnomatix Plant Simulation lze využít k zaškolování obsluhy díky detailním 3D simulacím složitých výrobních a logistických procesů, což podporuje hlubší porozumění funkci a správné obsluze zařízení. [Interní materiály Digital Industries Software]



**Obr. . 2** Simulační prostředí nástroje Tecnomatix Plant Simulation  
Zdroj: [3].



### Obr.. 3 Rodina produktů SIEMENS

Zdroj: [Interní materiály Digital Industries Software]



SW Tecnomatix Plant Simulation patří do rozsáhlé rodiny produktů SIEMENS Digital Industries Software, která pokrývá kompletní řetězec SW nástrojů od základních CAD/CAM/CAE aplikací, přes systémy pro řízení životního cyklu výrobku až po nástroje pro digitalizaci a virtualizaci procesů ve firmách. [Interní materiály Digital Industries Software]

### 3 OPTIMALIZACE LOGISTIKY V DISTRIBUČNÍM CENTRU

#### 3.1 Popis aplikačního prostředí

Prostředím aplikace počítačové simulace je výrobce a distributor luxusních čokoládových produktů s více než 150 lety zkušeností. Výrobce dodává na evropský trh z jediného evropského distribučního centra (EDC European Distribution Center). EDC slouží jako centrální bod, kde může být zboží dočasně uloženo před jejich finální distribucí do různých destinací. Jeho hlavním účelem je usnadnit shromažďování, skladování a distribuci zboží po celé Evropě. Distribuční centrum výrobce je vysoce automatizované zařízení s více než 20000 paletovými pozicemi, automatizovanými jeřáby a manipulačními roboty, a je tedy jádrem logistických operací. Pro představu o komplexnosti EDC výrobce je níže uveden jeho rozsah co do plochy a zdrojů:

- 28128 paletových pozic
- 100 m<sup>2</sup> odbavovací plochy
- 35 manipulačních robotů
- 24 automatických jeřábů
- 16 vysokozdvizných vozíků
- 8 paletových zvedáků
- 20 doků

Tato infrastruktura je základem pro zpracování všech čokoládových a cukrovinkových produktů, které nejsou vyráběny lokálně.



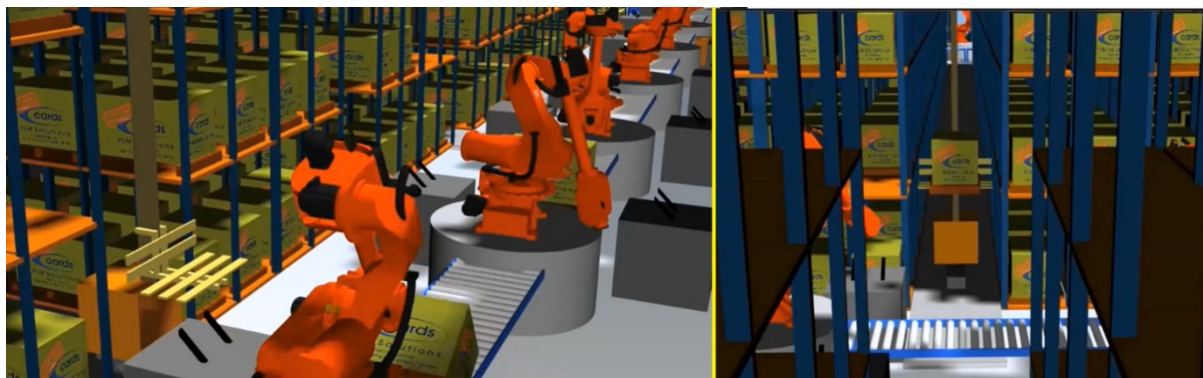
**Obr. 4** Evropské distribuční centrum výrobce

Zdroj: [Interní materiály Digital Industries Software]



### 3.2 Materiálový tok

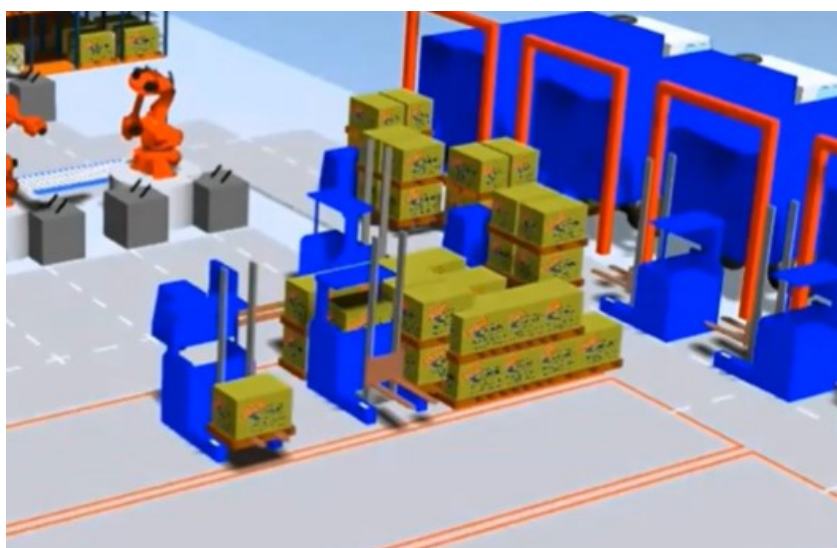
V portfoliu výrobce je zhruba 200 produktů rozdělených do 20 skupin. Každý den jsou tyto produkty dopraveny nákladními auty do distribučního centra, kde jsou systematicky vykládány a distribuovány do příslušných oblastí skladu. Když nákladní auto dorazí do skladu, je mu přiděleno dostupné nákladní místo. Paletový vozík vezme najednou čtyři palety z auta a odloží je přímo za nákladním místem na přechodovou plochu. Vysokozdvíhací vozík vezme palety z odbavovací plochy a přepraví je k pozicím pro podávání robotům. Série automatizovaných dopravníků a robotů přepraví paletu přesně do určené uličky. Jeřáb poté přepraví paletu na správné místo pro skladování.



**Obr. 5** Manipulační technika pro přepravu palet na skladovací pozici  
Zdroj: [Interní materiály Digital Industries Software]

### 3.3 Definice problému a nalezení úzkého místa

Přestože tato vysoce automatizovaná zařízení nabízí značné výhody, výrobce se potýkal s významnými kapacitními ztrátami kvůli dopravnímu tlaku v distribučním centru. Vnitřní systém řízení skladu (WMS Warehouse management system) často posílal paletové vozíky a vysokozdvíhací vozíky do stejných oblastí a to způsobovalo, že manipulátory na sebe navzájem čekali, či se blokovali (viz Fig. 6).

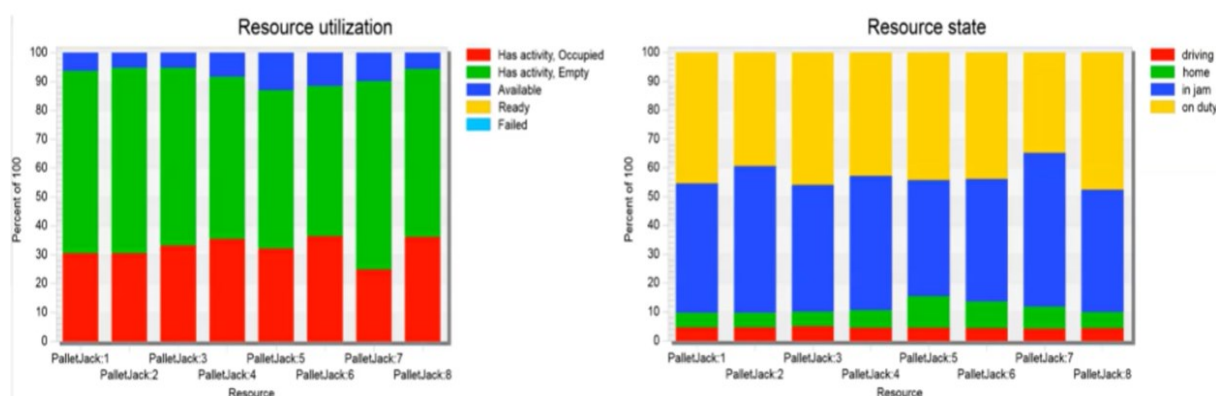


**Obr. 6** Vzájemná blokáce manipulátorů v oblasti expedice  
Zdroj: [Interní materiály Digital Industries Software]



To vedlo k dlouhým čekacím dobám a nedostatečnému využití jeřábů. Vybraným přístupem k řešení výše zmíněných problémů byla analýza stávajícího stavu EDC pomocí simulačního modelu vytvořeného v nástroji Tecnomatix Plant Simulation, jak je výše v článku zmíněno. Analytické údaje ukazují, že dostupnost paletových vozíků je nižší než 10 % (Fig. 7 modrá část sloupce) a přibližně 40 % jejich pracovního času je stráveno čekáním ve frontách (Fig. 7 vpravo). Výsledkem analýzy je také to, že efektivita klesla téměř o 20 %. Tato sekce logistiky EDC byla vyhodnocena jako úzké místo systému.

Hlavním problémem je tedy neoptimální alokace a směřování paletových a vysokozdvizných vozíků v rámci skladu, což vede k neefektivnímu využití zdrojů, zvýšeným čekacím dobám a blokování skladových zařízení, jako jsou jeřáby. Tento problém je způsoben nedostatkem synchronizace mezi pohybem vozíků a aktuálními potřebami expedičních míst a skladovacích pozic.



**Obr. . 7** Grafy využití paletových vozíků před optimalizací  
Zdroj: [Interní materiály Digital Industries Software]

### 3.4 Analytické řešení

Optimalizace alokace a směřování vozíků a jeřábů v distribučním centru představuje klíčovou složku celkové strategie pro zvýšení efektivity skladových operací. Pro řešení tohoto problému je potřeba zavést komplexní optimalizační model, který by zahrnoval několik klíčových aspektů skladového provozu:

- **Definice proměnných:**
  - $x_{ijt}$ : binární proměnná, která určuje, jestli paletový vozík  $i$  je přiřazen k obsluze místa  $j$  v čase  $t$ .
  - $y_{ijt}$ : binární proměnná, která určuje, jestli vysokozdvizný vozík  $i$  je přiřazen k obsluze místa  $j$  v čase  $t$ .
  - $z_{ijt}$ : binární proměnná, která určuje, jestli jeřáb  $i$  je přiřazen k manipulaci s nákladem na místě  $j$  v čase  $t$ .
- **Cílová funkce:** Minimalizace celkové doby potřebné pro manipulaci s nákladem a minimalizace čekacích dob vozíků a jeřábů (s ohledem na vzájemnou blokadu manipulátorů).



- **Příklad použití genetického algoritmu:**

S ohledem na zachování know-how firmy je zde uvedeno, jak by mohl vypadat matematický model využívající heuristické metody pro optimalizaci směrování a alokace paletových a vysokozdvížných vozíků v distribučním centru. Můžeme použít zjednodušený příklad založený na genetických algoritmech (GA). Genetické algoritmy jsou vhodné pro hledání optimálních nebo suboptimálních řešení v rozsáhlých a složitých prostorech možností, kde tradiční metody selhávají kvůli vysokým výpočetním nárokům nebo nelinearitám problému.

- **Kódování řešení (jedinci):**

Každé řešení (alokace a směrování vozíků) může být reprezentováno jako řetězec (chromozom), kde každá pozice v řetězci (gen) odpovídá jednomu paletovému nebo vysokozdvížnému vozíku a jeho přiřazení k určitému expedičnímu místu v konkrétním časovém okamžiku.

- **Inicializace populace:**

Vygeneruje se počáteční sada náhodných řešení. Například:

- Řešení 1: `[1, 3, 2, 4, 1, 3, 2, 4]` (kde čísla odpovídají identifikátorům vozíků přiřazených k expedičním místům)
- Řešení 2: `[4, 1, 3, 2, 4, 1, 3, 2]`

- **Výpočet fitness funkce:**

Fitness funkce hodnotí, jak dobře dané řešení splňuje cílovou funkci – minimalizaci celkové doby vykládky a nakládky. Například, můžeme definovat fitness funkci jako inverzi celkového času potřebného pro zpracování všech kamionů:

$$f(x) = \frac{1}{\sum t_{ij}},$$

kde:  $t_{ij}$  je čas potřebný pro zpracování kamionu  $j$  pomocí vozíku  $i$ .

- **Selekce, křížení a mutace:**

- **Selekce:** Vyberou se nejlepší jedinci pro reprodukci na základě jejich fitness
- **Křížení:** Vybrané řešení jsou kombinovány pro vytvoření nových řešení. Například, můžeme vzít první polovinu řetězce od jednoho rodiče a druhou polovinu od druhého rodiče.
- **Mutace:** S malou pravděpodobností dojde k náhodné změně v nově vytvořených řetězcích, aby se zvýšila diverzita populace.

- **Iterace:**

Proces selekce, křížení a mutace se opakuje v několika generacích, dokud není dosaženo konvergence nebo maximálního počtu iterací.

Použití genetických algoritmů pro řešení problému alokace a směrování vozíků v distribučním centru umožňuje prozkoumat velký prostor možných řešení a nalézt optimální



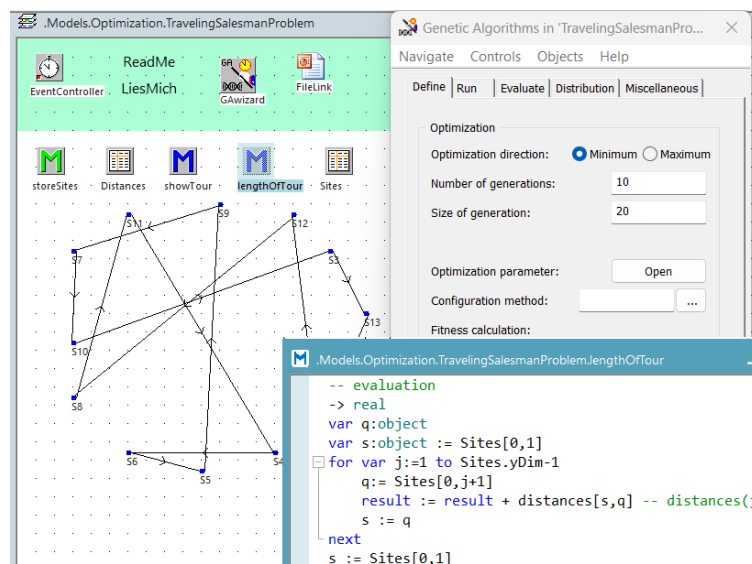
nebo suboptimální konfigurace, které minimalizují čekací doby a maximalizují využití manipulační techniky.

### 3.5 Simulační řešení

Z výše zmíněných důvodů byl pro řešení vybrán simulační nástroj Tecnomatix Plant Simulation, jehož součástí je modul genetických algoritmů GA Wizard (Genetic Algorithm Wizard), který umožňuje řešit optimalizační úkoly pomocí genetických algoritmů. Vzhledem k ochraně know-how firmy je níže zmíněn stručný popis řešení problému alokace jeřábů a vozíků v distribučním centru pomocí nástroje GA Wizard:

- V Tecnomatix Plant Simulation byl vytvořen model distribučního centra (viz Fig 4.), zahrnující všechny relevantní entity jako jsou jeřáby, vozíky, expediční místa, cesty pohybu atd. Tento model odráží skutečné provozní podmínky a omezení.
- V GA Wizard byla nakonfigurována specifikace fitness funkce, velikost populace, počet generací, pravděpodobnost křížení a mutace, výběr typu selekce, proměnné, které představují rozhodovací proměnné problému (přiřazení vozíku k jeřábu a expedici) a byla nastavena omezení podle pravidel distribučního centra.
- Po konfiguraci GA Wizard byly prosimulovány alternativy, kdy nástroj iterativně prohledával prostor možných řešení pomocí genetických algoritmů a hledal optimální nebo suboptimální konfigurace pro alokaci zdrojů.

Po dokončení simulace byly analyzovány nalezené konfigurace a porovnány s původními operacemi centra. To umožnilo managementu firmy vybrat variantu optimální z hlediska logistiky i investičních nákladů a optimalizovat tak dopravní problémy.

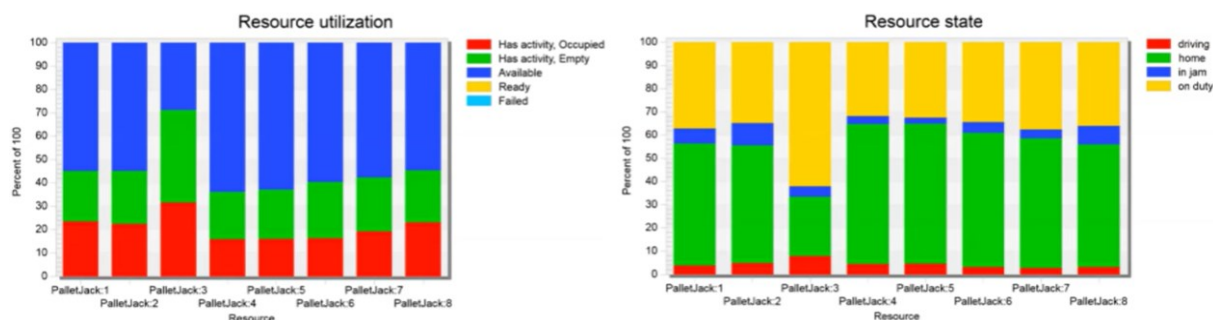


**Obr. . 8** Příklad aplikace nástroje GA Wizard pro řešení logistického problému  
Zdroj: [Tecnomatix Plant Simulation Examples]

Výslednou variantou vyplývající z analýzy systému je řešení, kdy jeden paletový vozík vykládá právě jedno nákladní auto a jeden vysokozdvizný vozík je zodpovědný za manipulaci se všemi paletami z tohoto auta a jejich přepravu k pozicím pro podávání robotů. Tato změna zjednodušila systém a zredukovalo potřebu investic na minimum.



Výsledkem analýzy je, že se dostupnost paletových vozíků zvýšila na 55% (viz Fig. 9 vlevo), tím se ušetřilo několik vozíků, a čekací doba se snížila na přijatelných 5% (viz Fig. 9 vpravo). Toto řešení vedlo k navýšení množství odbavených palet téměř o 35%. Dosažené navýšení představuje pro výrobce významný přínos v oblasti logistiky a skladování a je integrováno do vnitřního systému řízení skladu (WMS) pro dynamické plánování a real-time rozhodování.



**Obr. . 9** Grafy vytížení paletových vozíků optimální varianty  
Zdroj: [Interní materiály Digital Industries Software]

## ZÁVĚR

Ve světě výrobní logistiky často narazíme na dilema výběru mezi několika variantami, jak uspořádat a řídit výrobní procesy a logistiku. Počítačové simulace nabízejí cenný nástroj pro modelování a porovnávání těchto variant, poskytují náhled na potenciální výkonnost, propustnost a efektivitu jednotlivých scénářů. Přestože může být na první pohled lákavé volit variantu s nejvyšší výrobností nebo propustností systému, v praxi se často ukazuje, že nejvýhodnější není nejrychlejší či nejefektivnější řešení, ale to, které nabízí optimální rovnováhu mezi náklady, investicemi a plynulostí toku skladu.

Optimální varianta z hlediska investic a plynulého toku skladu bere v úvahu nejen maximální výkon, ale také kapacitní limity, variabilitu v poptávce a další proměnné, které mohou v průběhu času ovlivnit stabilitu a udržitelnost systému. Takové řešení se snaží nalézt nejlepší možný kompromis mezi náklady na pořízení a provoz nových zařízení, údržbou, flexibilitou pro budoucí rozšiřování a schopností reagovat na změny na trhu.

Z hlediska kapacity je důležité zajistit, aby sklad nebyl přetížen. To by mohlo vést ke zvýšeným čekacím dobám, a nakonec i k narušení dodavatelského řetězce. Současně je třeba zvážit i potřebu udržovat určitou rezervu kapacity pro řešení nečekaných výkyvů v poptávce nebo při výpadku zařízení.

V neposlední řadě hraje klíčovou roli i aspekt udržitelnosti a flexibility. Optimální řešení by mělo být navrženo s ohledem na dlouhodobou udržitelnost, minimalizaci odpadu a energetickou efektivitu. Flexibilita systému umožňuje rychle se adaptovat na změny v produkčních požadavcích bez nutnosti rozsáhlých investic do přepracování celého systému.

Výběr optimální varianty výrobní logistiky tak představuje komplexní rozhodovací proces, v němž počítačové simulace hrají klíčovou roli. Umožňují nahlédnout do budoucnosti a posoudit, jaké dlouhodobé dopady mohou mít jednotlivá rozhodnutí na výkon, náklady a celkovou udržitelnost systému.





## LITERATURA

- [1] *Behavior of a discrete system simulation*. Online. Dostupné z: [https://www.tutorialspoint.com/modelling\\_and\\_simulation/modelling\\_and\\_simulation\\_d\\_iscrete\\_system\\_simulation.html](https://www.tutorialspoint.com/modelling_and_simulation/modelling_and_simulation_d_iscrete_system_simulation.html). [cit. 2024-03-28].
- [2] SIMEONOVÁ, Ivana a KNOFLÍČEK, Radek. *Příspěvek k problematice redukce průběžných dob ve výrobních systémech*. 2015.
- [3] Plant Simulation. Plant Simulation: Siemens PLM Software – ČESKÁ REPUBLIKA [online]. ©2015 [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/tecnomatix/plant\\_design/plant\\_simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml)



# SUPPLY CHAIN RESILIENCE SOLUTIONS

## ŘEŠENÍ ODOLNOSTI DODAVATELSKÝCH ŘETĚZCŮ

**Ing. Kateřina Tůmová<sup>1</sup>**

Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií / Ústav logistiky a dopravy

Technická univerzita Košice

e-mail: katerina.tumova@skoda-auto.cz

**Prof., Ing., Václav Cempírek, Ph.D., DBA<sup>2</sup>**

Vysoká škola logistiky, o.p.s. Katedra bakalářského studia

e-mail: vaclav.cempirek@vslg.cz

### Abstract

The paper addresses supply chain resilience in industry. It deals with the influences that cause supply chain unreliability. It cannot be stated that historically this problem did not arise. In the 1990s until the turn of the millennium, unreliability was caused by frequent congestion due to forwarding clearance at the borders when importing components from EU countries. Visibility of the supply chain was ensured by writing sms messages to truck drivers. In the last decade, unreliability is caused by political, but also pandemic influences.

### Abstrakt

Příspěvek řeší odolnost dodavatelského řetězce v průmyslu. Zabývá se vlivy, které způsobují nespolehlivost dodavatelského řetězce. Nelze konstatovat, že by historicky tento problém nevznikal. V devadesátých letech až do přelomu tisíciletí byla nespolehlivost způsobena častými kongescemi z titulu spedičního odbavení na hranicích při dovozech komponent ze zemí EU. Viditelnost dodavatelského řetězce byla zajištěna psaním zpráv sms řidiči nákladních vozidel. V poslední dekádě je nespolehlivost způsobována politickými, ale i pandemickými vlivy.

### Key words

supply chain, unreliability, visibility, digitization, optimal order quantity

### Klíčová slova

dodavatelský řetězec, nespolehlivost, viditelnost, digitalizace, optimální objednací množství

---

<sup>1</sup> pracovní pozice: PLD/2 – Dispozice JIS a technická podpora, ŠKODA AUTO a.s., tř. Václava Klementa 869, 293 60 Mladá Boleslav, Czech Republic

<sup>2</sup> Rektor Vysoké školy logistiky; president České logistické asociace, a.s.



## ÚVOD

V posledních letech je klíčový požadavek na dynamický dodavatelský řetězec, který bude schopen plnit stále rostoucí nároky ze strany zákazníků, udržet tlak náročných globálních trhů a fungovat ve stále složitějším prostředí.

Viditelnost je klíčovým prvkem transformace dodavatelských řetězců. Z provedeného průzkumu<sup>1</sup> u 87 % účastníků potvrzuje, že dodavatelský řetězec s viditelností v reálném čase by přinesl konkurenční výhody. Cílem nikdy není jen viditelnost dodavatelského řetězce sama o sobě: propojením izolovaných komponent a zřehledněním problémových oblastí lze zvýšit akceschopnost a nabídnout výhody pro všechny účastníky komplexního ekosystému dodavatelského řetězce.

Větší nároky zákazníků zvyšují složitost dodavatelského řetězce. Nutnost dynamického dodání zboží, rychlejší a flexibilní plnění objednávek a informovanost v reálném čase při různých typech doručování – to jsou nové nároky, které již maloobchody nemohou splnit bez perfektně fungujícího dodavatelského řetězce.

Klíčovými oblastmi viditelnosti v dodavatelském řetězci jsou: plnění objednávky zákazníka; přeprava zboží k zákazníkovi; typ expedovaného zboží (podle obrátky); předpokládaný čas doručení a odchylky dodání zboží (množstevní, časové). Spoluprací všech zúčastněných subjektů v dodavatelském řetězci lze v reálném čase a dynamickými předpověďmi, které jsou založeny na spolehlivých a konzistentních informacích, většinu z těchto problémových oblastí vyřešit. Z uvedeného průzkumu vyplývá, že je důležité se zaměřit na vylepšení následujících tří hlavních oblastí dodavatelských řetězců:

- a) viditelnost materiálového toku a plnění objednávky v reálném čase,
- b) zvýšení automatizace a využití informačních a komunikačních technologií,
- c) lepší spolupráce s dodavateli.

## 1 ŠTÍHLÝ DODAVATELSKO ODBĚRATELSKÝ ŘETĚZEC

Integrace dodavatelско-odběratelského řetězce předpokládá pohotovou komunikaci s trhem. Tradiční systém byl založen na vytváření skladových zásob s uspokojováním poptávky podle odhadů prodeje. Dnes se střetává se systémy JIT, rychlé reakce apod., které spoléhají spíše na informace než na zásoby.

Cílem logistiky je nahradit zásoby informacemi a dosáhnout tak pružné a včasné reakce na proměnlivé tržní prostředí. Klíčovým prvkem tohoto přístupu je zkrácení časového rozpětí mezi přijetím objednávky a realizací dodávky.

Tradiční dodavatelský řetězec můžeme charakterizovat těmito principy:

- minimální snahou předávat informace jakýmkoliv směrem,
- každý článek se musí sám bránit proti výkyvům v poptávce,
- z toho důvodu drží velké zásoby,

---

<sup>1</sup> Zajištění udržitelné konkurenční výhody pro celý dodavatelský řetězec maloobchodu. Zetes Retail Supply Chain Report 2019



- ty převyšují mnohonásobně skutečnou poptávku,
- to se vyskytuje v každém místě, kde dochází ke styku dodavatel – odběratel,
- vysoké zásoby vážou kapitálové prostředky,
- musí být držena vzhledem k výkyvům v poptávce pojistná zásoba,
- informace o změně poptávky směrem vzhůru se zkrsluje,
- tento jev se nachází v řetězci, kde jednotlivé články omezeně komunikují.

Nový přístup k řízení vztahů v dodavatelsko-odběratelském řetězci je založen na těchto principech:

- bojuje proti ztrátám, které v něm vznikají,
- je založen na otevřeném sdílení informací mezi jednotlivými partnery,
- řídí se skutečnou poptávku,
- požadavky na výrobu a distribuci vychází z toho článku řetězce, který je nejbližší trhu,
- na základě přesných informací může být sestaven přesný plán:
  - výroby,
  - montáže,
  - distribuce a
  - ostatních činností, které zabezpečí efektivnější využívání zdrojů.

Nové řízení vztahů se označuje „logistika rychlé reakce“ nebo u menších dílů „pohotová reakce na požadavky zákazníka“.

Podobný je systém „zásobování řízené dodavatelem“:

- dodavatel řídí přísun vlastních výrobků do navazující výroby nebo distribučních kanálů odběratele,
- tok je zabezpečen pravidelným přísunem informací ze systému elektronického přenosu dat (EDI),
- informace se týkají spotřeby nebo prodeje daného výrobku,
- na základě informací je dodavatel schopen určit jaké množství výrobků se nachází v každém článku dodavatelského řetězce,
- jaké množství má vyrobit a kdy,
- dodavatel sám řídí zásobovací proces odběratele,
- v systému neexistují žádné objednávky podávané odběratelem,
- dodavatel řídí dodávky na základě informací o prodeji či spotřebě,
- na základě informací zpracuje výrobní plán s ohledem na maximální vytížení kapacit.

Cílem každého dodavatelského řetězce je posun bodu rozpojení poptávkou co nejdále proti proudu toku výrobků. Tímto lze provádět dodatečné úpravy v výrobku, aby byl zajištěn jejich prodej.

## 2 OPTIMÁLNÍ VELIKOST OBJEDNÁVKY

Cílem každého dodavatelského řetězce je posun bodu rozpojení poptávkou co nejdále proti proudu toku výrobků.

Optimální velikost objednávky, která minimalizuje náklady na zásoby během celého období  $T$  vypočteme z rovnice (1). Na obr. 1 je znázorněn graf funkce  $N(x)$ .



$$N(x) = \frac{C_S \cdot Q}{x} + \frac{T \cdot C_R}{2} \cdot x \quad (1)$$

První derivací nákladové funkce  $N(x)$  vypočítáme velikost objednávky  $x^*$ , která tuto funkci minimalizuje

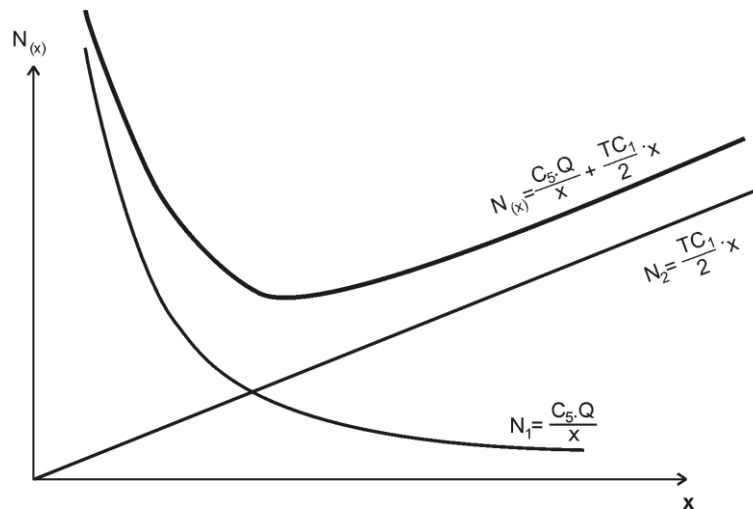
$$x^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_S \cdot Q}{T \cdot C_R}} \quad (2)$$

Dosazením  $x^*$  do vztahu (1) dostaneme příslušné minimální dosažitelné náklady  $N(x^*)$  (3).

$$N(x^*) = \sqrt{2 \cdot Q \cdot T \cdot C_S \cdot C_R} \quad (3)$$

Optimální délku objednačního cyklu  $t_c^*$  a optimální počet objednávek  $n^*$  vypočítáme ze vztahu

$$t_c^* = \frac{T \cdot x^*}{Q} \text{ a } n^* = \frac{Q}{x^*} \quad (4)$$



**Obr.1** Průběh funkce nákladů  $N(x)$  a jejich složek  
Zdroj: vlastní

Z grafu funkce  $N(x)$  je zřejmá citlivost nákladů na změnách velikosti objednávky  $x$ . Pro praxi je zajímavá citlivost veličiny  $N(x)$  na změny  $x$  v období optimální velikosti objednávky  $x = x^*$ . Pro obecné zkoumání této citlivosti musíme vyjádřit poměr  $N(x)/N(x^*)$  jako funkci poměru  $x/x^*$ . Po dosazení rovnic (1) a (3) a úpravě dostaneme rovnici

$$\frac{N(x)}{N(x^*)} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{x^*}{x} + \frac{x}{x^*} \right) \quad (4)$$

Z rovnice je zřejmé, že poměr  $N(x)/N(x^*)$  nezávisí na velikosti nákladů  $C_S$  a  $C_R$  ani na veličinách  $Q$  a  $T$ . Citlivost nákladů na odchylku velikosti objednávky od její optimální velikosti je uvedena v Tab. 1.

**Tab. 1** Citlivost nákladů na odchylku velikosti objednávky

$x/x^*$	0,25	0,5	0,8	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
$N(x)/N(x^*)$	2,175	1,250	1,025	1,00	1,005	1,017	1,083	1,250	1,450	1,667

Zdroj: [2]

Z tabulky vyplývá, že překročení optimální velikosti objednávky o určité procento vede k nižším nákladům než nedosažení optimální velikosti objednávky o stejné procento (při jinak stejných podmínkách). Například o 50% nižší objednávka než objednávka optimální vede



k vyšším nákladům o 25 %. Ke stejnému zvýšení vede i překročení optimální velikosti objednávky o 100 %.

Koncem devadesátých let a po roce 2000 řada podnikatelských subjektů musela držet pojistnou zásobu z důvodu variability dodávky komponent na sklad anebo z důvodu variability poptávky koncových zákazníků. Po roce 2004 vstupem ČR do EU se situace částečně zlepšila. Nespolehlivost dodavatelského řetězce neustále ovlivňují zpožděná dodávka z důvodu čekací doby na celní odbavení ze zemí mimo Schengenský prostor, nepříznivé počasí, politické vlivy (stávky odborářských svazů) a časté kongesce na dopravní infrastrukturu. Variabilita poptávky, která může být vyšší než plánovaná výroba, způsobovala nespolehlivost dodávek do výroby, protože komponenty nebyly na skladě.

### 3 ROZBOR VLIVŮ NA SPOLEHLIVOST DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE

V této části jsou uvedeny vlivy, které v posledním pětiletém období nejvíce ovlivňovaly spolehlivost dodavatelského řetězce v automobilu.

K hlavním omezením výroby se řadila pandemie Cov19, která měla vliv na snížení výroby automobilů v řádech stotisíců kusů u téměř všech výrobců.

Nedostatek polovodičů byl způsoben následujícími příčinami:

- a) nejistota v poptávce – způsobená nemocností např. odstávky výroby, odklad plánovaných oprav a spuštění výrobních systémů, cestovní omezení, nedostatek personálu a problémy s výrobními zařízeními,
- b) narušení globálních dodavatelských řetězců – způsobené např. hraničními a regionálními uzavírkami, zpožděná instalace systémů, finanční dopady do dodavatelské likvidity, platební schopnosti,
- c) z těchto důvodů bylo nastaveno snížení zásob na max. 0,5 dne (při stabilní situaci je průměrný obrat zásoby 3,5 dne u tuzemských dodavatelů a 5 dní u zahraničních dodavatelů).

Tyto příčiny vedly ve výrobě ke změně řízení:

- a) štíhlost: minimalizace zásob, minimalizace nákladů, řízení rizik;
- b) odolnost: zajištění dodávek, zajištění výroby, zkrácení reakčních časů, strategie pro kritické díly.

Mezi závažná narušení dodavatelského řetězce řadíme nepředvídatelné krizové (extrémní) události (situace) anebo výrazné a dlouhodobé snížení výkonu dodavatelského řetězce, např. výpadky IT; kyberútoky a úniky dat; nepříznivé počasí, odliv odborníků; narušení přepravních tras.

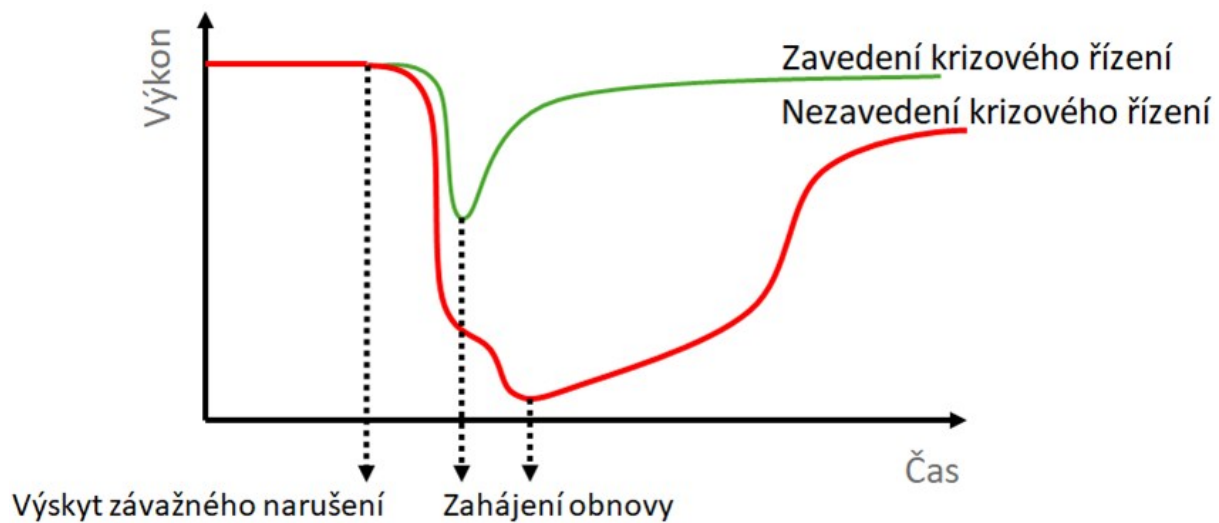
Odolnost je schopnost dodavatelského řetězce se v případě jeho závažného narušení přiblížit co nejvíce k původnímu výkonu viz Obr. 2.

Strategie odolného dodavatelského řetězce

- a) flexibilní krizové řízení (krizové týmy/zapojení všech útvarů, strategie výroby nekompletních výrobků);
- b) úzká spolupráce s dodavateli a poskytovateli logistických služeb (zajištění dodávek + zachování výroby);



## c) digitalizace procesů a komunikace



**Obr. 2** Narušení dodavatelského řetězce a krizové řízení

Zdroj: upraveno podle [9]

V nejbližším období se odolnost dodavatelského řetězce bude zaměřovat na:

- a) viditelnost dodavatelského řetězce a narušení;
  - b) transparentnost informací v celém dodavatelském řetězci,
  - c) pokročilá podpora rychlého rozhodování.
- d) trendy robotiky pro stabilitu dodavatelského řetězce:
- umělá inteligence (AI) strojové učení – využívání AI v robotice a automatizaci se zvyšuje a vznik generativní AI přináší nová řešení. Tato podskupiny AI se specializuje na vytváření nových věcí, které se AI dokázala sama strojově naučit (např. ChatGTP). Výrobci robotů vyvíjejí generativní rozhraní řízení AI tak, aby uživatelům umožňovaly programovat roboty intuitivněji – pomocí přirozeného jazyka místo kódu. V budoucnu již nebudou potřeba specializovaná programovací zručnost. AI analyzující údaje o výkonu robota predikuje budoucí stav zařízení. Prediktivní údržba může přinést uživatelům zařízení výraznou úsporu nákladů.
  - koboty – spolupráce člověka a robota je nadále hlavním trendem v robotice. Pokrok v oblasti senzorů, technologií vidění a inteligentní uchopovače umožňují robotům reagovat v reálném čase na změny v jejich prostředí, a tak bezpečně pracovat spolu s člověkem. Aplikace kolaborativních robotů nabízí nový nástroj pro lidskou pracovní sílu, odlehčují a podporují její práci. V logistice se jedná o mobilní manipulátory a kombinace kolaborativních robotických ramen a mobilních robotů.
  - mobilní manipulátory – automatizují úlohy manipulace s materiálem např. v automobilovém průmyslu a logistice. Spojují mobilitu robotických platforem s obratností ramen manipulátoru.
  - digitální dvojče – využívá se jako nástroj na optimalizaci výkonu fyzického systému vytvořením jeho virtuální repliky. Digitální dvojče může používat svoje provozní údaje v reálném světě na spuštění simulací a predikci pravděpodobných výsledků. S jeho pomocí dochází k přemostění digitálního a fyzického prostředí.



- humanoidní roboty – dizajn podobný člověku umožňuje flexibilní použití robotu v pracovních prostředích, které byly skutečně vytvořeny pro lidi. Snadno se dá aplikovat do existujících skladovacích procesů a infrastruktury.

## ZÁVĚR

Strategicky nejdůležitější vlastností dodavatelských řetězců je pružnost. Vysoká pružnost je dosažitelná odstraněním nadbytečných článků a operací z řetězce (koordinace, synchronizace). Dosažení vysoké pružnosti je podmíněno pokročilým technickým vybavením a dokonalým řízením výrobních a zejména oběhových procesů, což je nákladné. Klade velké požadavky na elektronické systémy předávání dat, visibilitu v dodavatelském řetězci, aby bylo možné koordinovat změnu dispozic na trase. Některé vlivy na spolehlivost lze řídit velmi obtížně, protože se jedná o pandemie anebo politické příčiny.

Příspěvek poskytuje pohled na delší časové období, ve kterém se vlivy působící na dodavatelský řetězec měnily a ovlivňovaly jeho spolehlivost.

## REFERENCES

- [1] Gros, I. et al. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] Cempírek, V.: Disertační práce, Modelování v přepravních řetězci v intermodální přepravě, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 1999.
- [3] Bucholz, J. a kol.: *Handbuch der Verkehrslogistik, Getränkelogistik*, str. 101, ISBN 3-540-64517-9, Springer – verlag Berlin Heidelberg 1998.
- [4] Lambert, D.M. a kol.: *Logistika, Manipulace s materiálem, balení zboží a počítačové technologie*, ISBN 80-7226-221-1, Computer Press Praha 2000.
- [5] Krampe, H. a kol.: *Grundlagen der Logistik, Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme*, 2. Erweiterte Aufgabe, HUSS-Verlag GmbH München, ISBN 3-931724-36-0.
- [6] Cempírek, V., Mojžíš, V., Šíroky, J., Tuzar, A. *Logistické technologie*. 1. vyd. Pardubice: Ediční středisko Univerzity Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-469-6.
- [7] LAMBERT, Douglas M, James R STOCK a Lisa M ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. 2. vyd. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0504-0.
- [8] PERNICA, Petr. *Logistika pro 21. století (1. - 3. díl.)* 1. vyd. Praha: Radix 2005. ISBN 80-86031-59-4.
- [9] Interní materiály Škoda Auto, a.s., Mladá Boleslav





# UTILIZATION OF SIMULATION TOOLS WITH VR SUPPORT FOR VISUALIZATION OF WAREHOUSING PROCESSES

## VYUŽITIE SIMULAČNÝH NÁSTROJOV S PODPOROU VR PRE VIZUALIZÁCIU SKLADOVACÍCH PROCESOV

**Ing. Patrícia Muchová<sup>1</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
patricia.muchova@tuke.sk

**Mgr. Kristína Kleinová<sup>2</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
kristina.kleinova@tuke.sk

**Ing. Marek Ondov<sup>3</sup>**

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
marek.ondov@tuke.sk

### Abstract

This article focuses on the utilization of simulation tools with virtual reality (VR) support for enhanced visualization and optimization of warehouse processes. Simulation and simulation tools are pivotal for analyzing and modeling complex systems such as warehouse facilities and processes. With the advent of VR technologies, new possibilities emerge for improved interactivity and effective visualization of warehouse environments. This article presents the utilization of software tools such as FlexSim and Tara VRbuilder for simulation and visualization purposes in the realm of warehouse activities. Integrating simulation tools with VR support brings benefits such as more accurate analysis, better understanding of processes, and the ability to make quicker and more efficient interventions in warehouse operations. Specifically, the article explores how these tools can be applied to optimize item placement,

---

<sup>1</sup> Ing. Patrícia Muchová (interná doktorandka, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>2</sup> Mgr. Kristína Kleinová (interná doktorandka, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>3</sup> Ing. Marek Ondov (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)



warehouse navigation, and material flow planning. This approach enables warehouse managers and designers to better comprehend their operations and identify areas for improvement within warehouse processes.

### **Abstrakt**

Tento článok sa zameriava na využitie simulačných nástrojov s podporou virtuálnej reality (VR) pre lepšiu vizualizáciu a optimalizáciu skladovacích procesov. Simulácia a simulačné nástroje predstavujú kľúčový prvok pre analyzovanie a modelovanie komplexných systémov, ako sú skladovacie zariadenia a procesy. S príchodom VR technológií sa otvárajú nové možnosti pre lepšiu interaktivitu a účinnú vizualizáciu skladovacích prostredí. Uvedený príspevok prezentuje využitie softvérov FlexSim a Tara VRbuilder pre simulačné a vizualizačné účely v oblasti skladovacích činností. Spojenie simulačných nástrojov s podporou VR prináša výhody ako je presnejšia analýza, lepšie porozumenie procesov a možnosť rýchlejších a efektívnejších zásahov do skladovacích operácií. V článku sa konkrétne skúma, ako sa tieto nástroje aplikujú na optimalizáciu rozmiestnenia položiek v sklade a plánovanie toku materiálu. Tento prístup umožňuje manažérom a projektantom skladových systémov lepšie pochopiť ich operácie a identifikovať oblasti na zlepšenie v rámci skladovacích procesov.

### **Key words**

simulation, simulation tools, simulation of warehousing processes, VR

### **Kľúčové slová**

simulácia, simulačné nástroje, simulácia skladovacích procesov, VR

## **ÚVOD**

V dnešnej spoločnosti je efektívne a optimalizované skladovanie kľúčovým faktorom pre úspech podnikov. Simulačné nástroje sa stávajú neodmysliteľným prvkom v procese plánovania a riadenia skladových operácií.

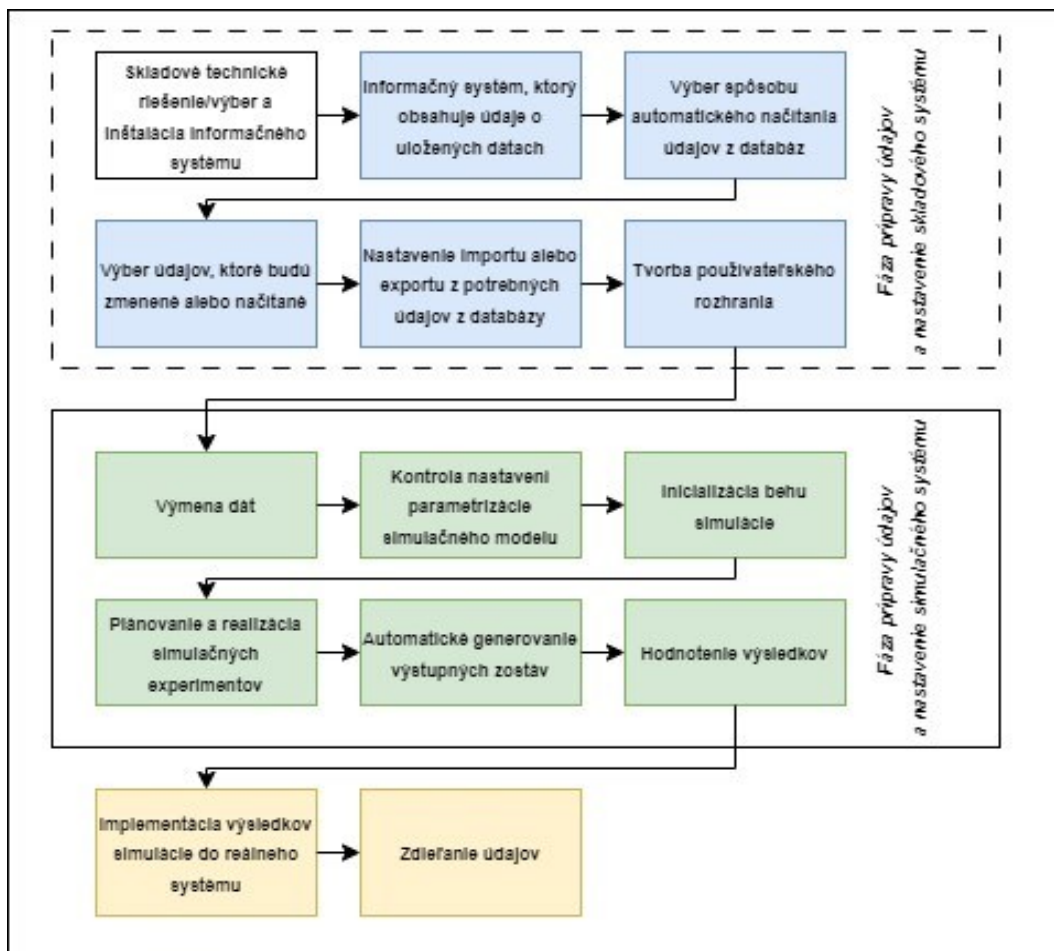
Organizácie, ktoré vyvíjajú simulačné produkty, vytvárajú modely, simulujú modely, vizualizujú vzťahy komponentov modelu a monitorujú procesy v reálnom čase, získavajú lepšiu prehľad a znalosti o ich komplexe [1]. Vzhľadom na to, ako sa trh mení, poskytovatelia simulačného softvéru začali využívať počítačovú technológiu na zjednodušenie používania ich programov. Výsledkom je, že technológia, ktorá bola predtým oblasťou odborníkov, začína byť uznávaná ako nástroj, ktorý je dostupný oveľa širšiemu publiku na analýzu a riešenie skutočných problémov. Lídri vo všetkých odvetviach našej ekonomiky si začínajú uvedomovať hodnotu simulácie – ani nie tak ako technológie, ale ako prostriedku na riešenie problémov [2]. Simulácia začína modelovaním a modelmi, a následne uvedie modely do pohybu. Prevádzkový zmenšený model časti zariadenia je vlastne fyzikálna simulácia. Moderné simulačné aplikácie sú založené na matematických modeloch, ale môžu vyzeráť aj fyzicky prostredníctvom trojrozsomernej grafiky [3]. Počítačová simulácia dokáže odstrániť nedostatky a nekompletnosť analytickej metódy aj napriek tomu, že je náročnejšia na prípravu vstupných údajov, nastavenia sledovaného času, podmienok a pravidiel či obmedzení, ktoré je potrebné zohľadniť pri tvorbe modelu [4]. Prenesením reálneho alebo plánovaného skladového systému a jeho prvkov do virtuálneho prostredia si architekt projektu môže vytvoriť lepšiu obraz o vplyve na systém, neočakávaných zmenách a ich možnom dopade naň. Zároveň umožňuje architektovi projektu overiť veľké množstvo variantov riešenia problémov, ktoré povedú k dobrej kvalite finálneho



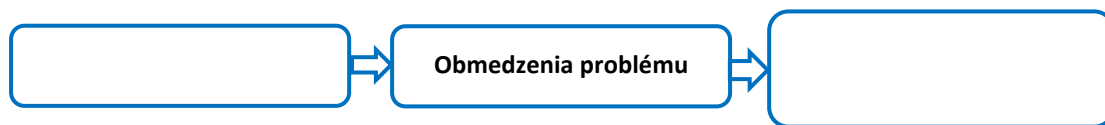
návrhu skladu v počiatočných fázach veľkého projektu [5]. Metodika postupu implementácie simulačného softvéru do skladovej prevádzky je popísaná na Obr. 1.

## 1 SIMULÁCIA SKLADOV

Modelovanie a simulácia (M&S) je užitočným nástrojom na hodnotenie výkonnosti počítačových sietí vo fáze výroby aj vývoja. Je široko používaný výskumníkmi, odborníkmi z praxe a študentmi na analýzu správania počítačových sietí, pretože nedochádza k prerušeniam alebo zníženiu výkonu služieb [7]. Alternatívnou interpretáciou simulácie je akt použitia počítača na vytvorenie riešenia problému, ktorý by inak nebolo možné vyriešiť tradičnou matematikou. Ďalším uhlom pohľadu je, že pojem modelovanie zahŕňa tak konštrukciu modelov, ako aj manipuláciu s týmito modelmi (simulácie) [8]. Podľa Sturrocka [9], keď prvýkrát uvažujete o vykonaní simulačnej štúdie, jednou z prvých vecí, ktoré je potrebné zvážiť, sú ciele projektu. Prečo chce niekto simulovať tento systém a čo od neho očakáva? Ak chcete byť konkrétnejší, musíte určiť, kto sú vaši zainteresovaní a ako definujú úspech. Každá simulácia sa musí opierať o funkčnú špecifikáciu, t. j. aký je rozsah modelu a ako má byť podrobný. V rozhodovacom procese sú tri základné komponenty, ktoré musia byť určené na formulovanie simulačného modelu, ktorými sú nasledovné:



**Obr. 1** Implementácia simulačných softvérov do skladovej prevádzky  
Zdroj: vlastné spracovanie podľa [6]



**Obr. 2** Základné komponenty pre formuláciu simulačného modelu

Zdroj: [10]

Pri navrhovaní a optimalizácii logistických procesov je simulácia definovaná ako proces, ktorým sa vytvára, vykonáva a analyzuje proces alebo prípad podľa premenných a obmedzení skutočného života. Výhodou použitia nástrojov, ako je simulácia je, že systém alebo model možno podrobiť rôznym scenárom a je možné analyzovať premenné, ako je neistota. Ďalšou z výhod simulácie je, že umožňuje analýzu modelov a systémov pred ich implementáciou v reálnom živote, čo je proces, ktorý šetrí investície do ekonomických, logistických, technologických a ľudských zdrojov, pretože k výsledku možno dospieť prijatím alebo odmietnutím niektorej hypotézy. Mnoho úspešných spoločností sa rozhodlo používať simuláciu v procese plánovania výroby a logistiky. Simulácia svojimi riešeniami a možnosťami ponúka:

- krátku dobu dosiahnutia efektívneho riešenia;
- dôkladný pohľad na priebeh;
- presnosť;
- úplnosť daného problému [10].

Organizácia úloh v skladoch závisí od faktorov, ktoré sa neustále menia, ako sú napr.: zmena počtu sortimentov, počet objednávok, či požiadavka na skrátenie času na vybavenie objednávky. Na druhej strane je dôležité neustále znižovať náklady na výrobu a skladovanie a zrýchľovať výrobný proces. Preto by vývoj skladovej štruktúry mal byť riadne premysleným procesom, podporený simuláciami navrhovanej konštrukcie a založený na očakávaných alebo vlastných vstupných údajoch. Skladové hospodárstvo je tak teraz podporované IT systémami, kvôli vysokej komplexnosti procesov riadenia a návrhu [11]. Simulácia je už dlho základným nástrojom na štúdium riadenia skladového plánovania. Simulačné systémy slúžia ako približné zrkadlá reálnych systémov alebo systémov vo výstavbe [12].

### Výhody simulácie

Medzi výhody aplikovania simulácie patrí napr.:

- Tvorba kontrolných experimentov – riadenie priebehu a konfigurácie pri simulácii zabezpečuje priamo experimentátor. Po navrhnutí a následne správnej implementácii simulačného modelu je možné vykonať analýzu pre široké spektrum vlastností modelovaného systému.
- Možnosť preskúmania komplexných systémov – simulácia umožňuje aj tvorbu komplexných systémov vo veľkom rozsahu s komplikovanými väzbami.
- Redukovanie finančných prostriedkov – aplikácia simulácie dokáže s predstihom overiť správnosť správania sa systému a umožňuje tak pozmeniť systém, aby jeho správanie spĺňalo požadované kritériá. V porovnaní s technikami ako je napr. tvorba fyzických modelov, je cena simulácie rádovo nižšia.
- Expanzia a kompresia času – pomocou počítačovej simulácie je možné prispôbiť rýchlosť plynutia času požiadavkám a potrebám firmy.
- Skúmaný systém nie je ovplyvnený simuláciou – keďže pre potreby simulácia sa využíva iba model systému, používané modifikácie neovplyvňujú činnosť skúmaného systému.

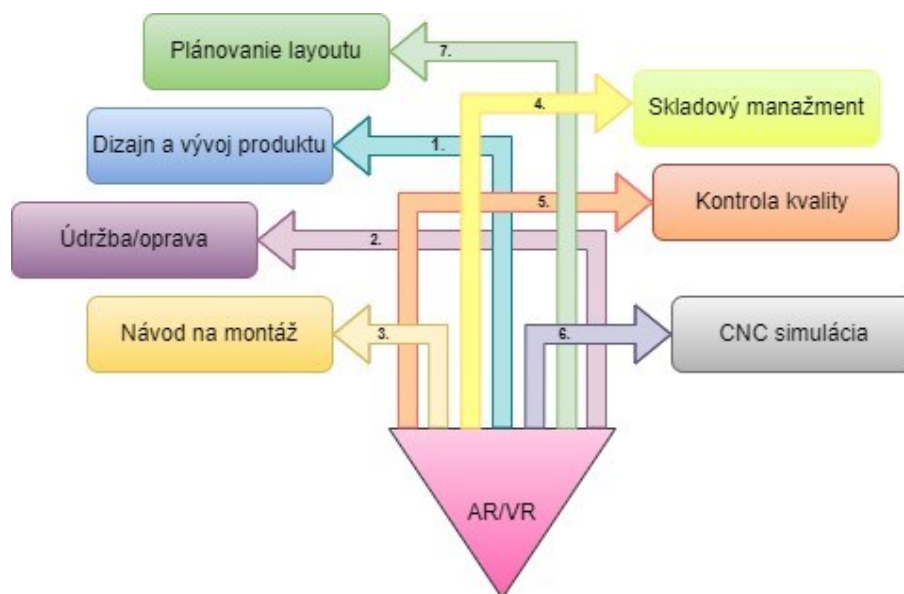


- Efektívny tréningový nástroj - simulačné modely často slúžia ako nástroj na vzdelávanie a školenie potenciálnych alebo existujúcich pracovníkov modelovaných systémov (napríklad trenažér v autoškole alebo model riadiacej miestnosti jadrovej elektrárne).
- Porozumenie fungovania systému – keďže znalosti pracovníkov systémov sú častokrát obmedzené a zamerané len na jednu konkrétnu oblasť v ktorej pracujú, a nie na fungovanie systému ako celku, nepoznajú tak ani pri mnohých komplexných systémoch súvislosti medzi činnosťami. Tvorba simulačného modelu tak môže pomôcť pri porozumení činností systému a zvýšiť tak efektivitu pracovníkov.

Simulácia dokáže pomôcť vyriešiť aj zložité systémy, ktoré nie sú riešiteľné analytickými metódami [13].

### 1.1 Koncept VR

Koncept VR bol prvýkrát navrhnutý v 50. rokoch 20. storočia a simulátor Sensorama je prvým strojom VR, ktorý sa považuje za prvé plne funkčné zariadenie. VR je schopná poskytnúť používateľom interaktívny, realistický zážitok [14]. VR je jednou z pohlcujúcich technológií v súčasnej dobe, kde sa používateľ úplne presunul zo zážitku z reálneho prostredia do úplne pohlcujúceho virtuálneho prostredia. Pojem VR je definovaný ako „*pohlcujúca technológia, v ktorej môžu používatelia zažiť všetky svoje ľudské zmysly na prominentnej virtuálnej scéne vo virtuálnom svete*“ [15]. Virtuálna realita (VR) je technológia, ktorá umožňuje ľuďom vizualizovať, manipulovať a interagovať s komplexnými údajmi na počítači intuitívnym spôsobom [16], [17]. Inými slovami, virtuálna realita zahŕňa digitálny svet, do ktorého je používateľ ponorený, pričom má možnosť intuitívne interagovať so svojimi komponentmi pomocou svojich zmyslov, ako sú zrak, sluch a dotyk. Kľúčové komponenty používané v aplikáciách VR sa kategorizujú do dvoch skupín, a to snímače, ktoré sledujú ľudskú aktivitu a poskytujú vstup do aplikácie VR, a vizualizačné nástroje, ktoré slúžia ako výstup z aplikácie [18],[19].



**Obr. 3** VR technológie vo výrobných aplikáciách  
Zdroj: vlastné spracovanie podľa [20]



Výhody používania aplikácií VR sú mnohostranné a menia sa v závislosti od prípadu. Všeobecne platí, že VR je považovaná za jednu z najzaujímavejších technológií vôbec, poskytujúc realistický pocit používateľovi. Okrem toho ponúka medzi digitálnymi rozhraniami najintuitívnejšiu interakciu s digitálnym svetom, minimalizuje kognitívne zaťaženie pri učení sa nového špecifického digitálneho rozhrania, ktoré nemá taký realistický pocit. Posledná výhoda môže pomôcť všetkým typom používateľov pri vzdelávaní sa interakciou s virtuálnymi objektmi, validácii nových technológií, učení sa, ako diaľkovo a bezpečne ovládať systém [21].

## 2 SIMULAČNÉ NÁSTROJE VIZUALIZÁCIE

V dnešnom extrémne konkurenčnom a rýchlom biznise musia organizácie využívať automatizačnú technológiu v mnohých prevádzkach, aby presadili svoju pozíciu v odbore. Skladovanie nie je výnimkou, ale naopak, má najväčší potenciál úspor z efektívnej automatizácie. Dostupné technológie podporujú široký rozsah funkcií, vrátane manipulácie s materiálom, skladovania, dopravy, triedenia, plnenia objednávky alebo balenia.

Práca skladového manažéra sa zameriava na rozhodovanie, či už ide o najatie a pridelenie personálu pre každú operáciu; vypracovanie plánov prevádzkových plánov a zmien pracovníkov; určenie vhodných nákupov vybavenia a vozidiel na vysokozdvížnú techniku; výber vhodných typov nákladov, regálov, dopravníkov, triediacich systémov a podobne na inštaláciu; iniciovanie nového vykonávacieho princípu a politiky; navrhovanie nového prevádzkového usporiadania alebo lepších trás pre tok práce a materiálov; atď. V akejkoľvek z vyššie uvedených prípadov môže simulácia zohrávať veľkú podpornú úlohu počas rozhodovacieho procesu. Keď je skladový systém virtuálne replikovaný v počítačovom programe, manažér môže ľahko meniť vstupné prvky, spustiť model v požadovaných časových rámcoch a okamžite získať odpovede (v rôznych úrovniach istoty). Následne môže porovnávať navrhované alternatívy z hľadiska súvisiacich nákladov, ziskov a strát, predtým ako vyberie optimálnu možnosť na implementáciu. Keďže sila simulácie je čoraz viac uznávaná, mnohé technologické spoločnosti sa zapájajú do vytvárania inteligentnejšieho a sofistikovanejšieho simulačného systému. Okrem toho, ako každá spoločnosť má často svoje vlastné cieľové skupiny zákazníkov, ktorí pracujú alebo študujú v určitej profesijnej oblasti; softvér spoločnosti má tendenciu byť generovaný s určitými jedinečnými funkciami, ktoré podporujú najmä simuláciu a optimalizáciu operácie v tejto oblasti. Preto by každá spoločnosť mala byť obozretná pri výbere simulačného programu, s ktorým chce pracovať. Našťastie veľa spoločností ponúka zákazníkom bezplatnú skúšobnú verziu svojho softvéru na otestovanie a preskúmanie pred rozhodnutím o konečnom nákupe [22].

### 2.1 Simulačný softvér FlexSim

V súčasnosti je na trhu k dispozícii široká škála rôznych simulačných nástrojov pre potenciálnych užívateľov. FlexSim je v podstate kompletný 3-D modelovací softvér, ktorý odráža skutočnú situáciu. Pri simulačnej analýze môžeme získať skutočnú a digitálnu analýzu obrazu [23].

Simulačné prostredie FlexSim je objektovo orientovaný softvérový systém používaný na modelovanie, simuláciu, vizualizáciu a monitorovanie dynamických procesných činností. Simulačné prostredie FlexSim pozostáva z kompilátora FlexSim, vývojára FlexSim a



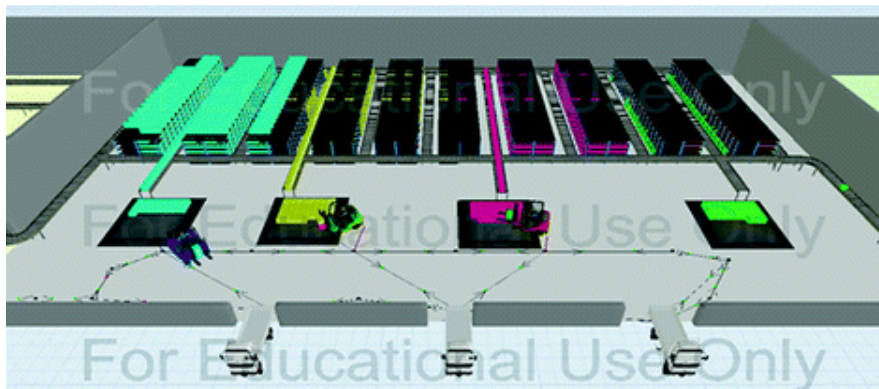
aplikácií FlexSim.

Výrobná spoločnosť v nábytkárskom priemysle, ktorá vyrába poľahy a pohovky využila softvér FlexSim pre návrh optimalizácie skladu. Cieľom tohto projektu bolo maximálne zautomatizovať prevádzku skladu a minimalizovať počet zamestnancov v predajni. Daný proces bol modelovaný pomocou softvéru FlexSim Simulation Software. Simulácia bola pripravená pre 24-hodinový pracovný deň skladu. Na začiatku procesu schádzali z výrobných liniek zabalené palety a konečným výsledkom bol koniec nakladania vozidiel.[3]

Hlavným cieľom simulácie je overiť fungovanie úložiska všetkých navrhnutých riešení. Na začiatku procesu sú balené palety z výrobných liniek a na konci nakládka končí vagónmi. Časové obdobie uvažované v simulácii je jeden deň.

S automatizáciou súvisí aj znižovanie počtu personálu potrebného na sklad, čo sa podarilo. Výberom vhodnej možnosti simulácie sa dokázal upraviť čas dokončenia zákazky a určiť optimálny počet vysokozdvížnych vozíkov.

Simulácia systému FlexSim bola vykonaná pre štyri výrobné linky. Cieľom bolo overiť fungovanie všetkých navrhnutých riešení skladovania. Konceptný model vyrobený v modeli je znázornený na Obr. 4 a 5 [3].



**Obr. 4** Schéma návrhu tokov  
Zdroj: [3]

## 2.2 Tara VRbuilder

TaraVRbuilder je softvérový nástroj pre jednoduché a rýchle vytváranie dynamických virtuálnych výrobných a logistických systémov, ako aj pre plánovanie v kontexte „Digital Factory“ a „Industry 4.0“. Rozsiahle knižnice s viac ako 500 objektmi sú kľúčové pre rýchle a jednoduché nastavenie systémov pomocou „drag and drop“. Okrem rozsiahlej dopravnej a výrobných technológií je k dispozícii veľa výrobného tovaru a tovaru, ktorý sa má prepravovať, alebo sa musí dovážať z 3D systémov. TaraVRbuilder je komplexný softvérový program pre 3D vizualizáciu pre rýchlu realizáciu virtuálnych priemyselných a logistických objektov. Množstvo parametrov animácií a funkcií je možné individuálne nastaviť a zmeniť. Podpora okuliarov pre virtuálnu realitu „Oculus Rift“ dáva plánovačom, zamestnancom a zákazníkom príležitosť ponoriť sa do scény [24].

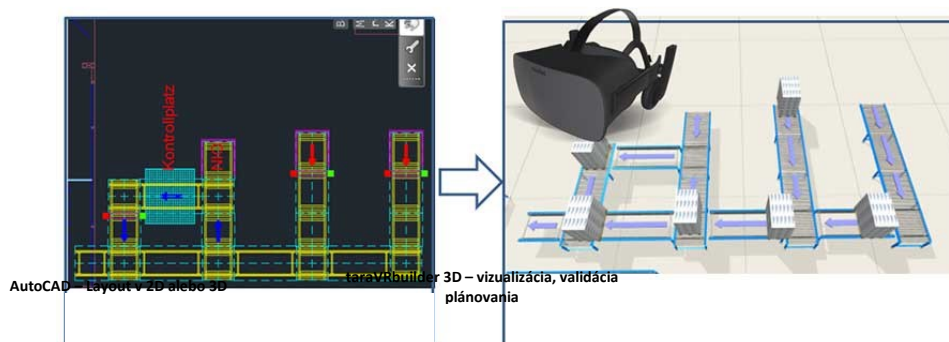
Medzi výhody využitia softvéru Tara VRbuilder patrí:



- aplikácia bez programovania a 3D CAD zručností,
- animácia zahrnutá v objektoch,
- jednoduchá simulácia dopravných a výrobných procesov,
- časové správanie výrobných závodov,
- stratégie distribúcie a zlučovania,
- jednoduché odvodenie videosekvencií,
- lacné a rýchle riešenie,
- jednoduchá 3D vizualizácia pre logistiku, plánovanie výroby a ďalšie.

Používatelia bez skúseností s programovaním alebo CAD môžu rýchlo vytvárať 3D vizualizácie, čo umožňuje väčšiu bezpečnosť pri plánovaní a investovaní. V kontexte priemyslu 4.0 a digitálnej továrne vznikajú moderné 3D simulácie, ktoré ukazujú efektívne výsledky pri plánovaní tovární alebo toku materiálu. Okrem iného umožňuje TaraVRbuilder otáčanie objektov v 3D, individuálne zobrazenie stratégií ovládania a použitie rovnakého bodu trasy pre rôzne trasy.[24]

Pomocou 3D vizualizácie je možné pomocou správnych nástrojov rýchlo a jednoducho zobraziť reálny celkový obraz továrne, systému, skladu alebo stroja.



**Obr. 5** Tara VRbuilder

Zdroj: [24]

Ciele využívania softvéru Tara VRbuilder sú: zlepšenie efektivity, optimalizácia pracovných postupov a ušetrenie nákladov. Vďaka spolupráci s poprednými výrobcami do detailov zodpovedajú skutočným podlahovým dopravníkom, skladovacím a zberným strojom, dopravným pásmo či regálovým systémom. Prehľad vykonaných úloh poskytuje strom projektu, ktorý bol v novej verzii zásadne prepracovaný, aby sa ešte viac zvýšila užívateľská prívetivosť softvéru. Ak sú všetky objekty umiestnené správne, budú animované s parametrami v ďalšom kroku. Pomocou 3D softvéru môžu používatelia sprístupniť svoje hotové scenáre divákovi tretích strán: to znamená, že softvérové projekty je možné prezerat' ako scény virtuálnej reality na akomkoľvek počítači, na ktorom nie je nainštalovaný program. Hoci nie sú k dispozícii žiadne možnosti na vykonávanie zmien, môžete sa pohybovať po scéne pomocou možností 3D navigácie, spúšťať a zastavovať animácie s rôznymi časovými faktormi [25].

S pomocou vyššie uvedeného softvéru bol navrhnutý sklad, ktorý zvyčajne funguje ako distribučné centrum. Manipulácia materiálu v sklade je vykonávaná v štyroch cykloch: nakládka, príjem, výdaj a uskladnenie. Sklad nachádzajúci sa v logistickom centre zvyčajne plní inú funkciu ako sklad, ktorý sa nachádza medzi výrobou a spotrebou. Sklad v logistickom





centre väčšinou plní iba funkciu distribučného centra – ide iba o výdaj a príjem materiálu. Uvedený simulačný model skladu využíva Cross-Dock systém založený na okamžitom prekladaní tovaru. Sklad je primárne využívaný len ako zmiešavacie, resp. distribučné centrum. V tomto systéme sa v zásade výrobky neskladujú, len sa čo najskôr prekladajú a odosielajú ďalej. Tovar sa do skladu priváža vo väčšom množstve veľkokapacitnými druhmi dopravy. Následne sa tovar prerozdeľuje a kombinuje v požadovanom množstve s inými tovarmi do jednotnej zásielky podľa požiadaviek zákazníkov. Zásielky sa potom distribuujú predovšetkým prostredníctvom cestnej dopravy. Takýto systém aplikovaný v logistických centrách má veľké uplatnenie a je súčasťou obstarávacích procesov, ktoré zabezpečujú stály prísun materiálov napr. v automobilovej výrobe [26].



**Obr. 6** Logistický sklad vytvorený pomocou simulácie  
Zdroj:[26]

## ZÁVER

Záverom možno konštatovať, že využitie simulačných nástrojov s podporou virtuálnej reality (VR) pre vizualizáciu skladovacích procesov ponúka viaceré významné výhody a prínosy. Simulácia umožňuje detailné modelovanie a simuláciu rôznych scenárov skladovacích operácií, čo poskytuje lepšie pochopenie chodu skladu a umožňuje predvídať potenciálne problémy a ich riešenia ešte pred ich vznikom v reálnom prostredí. Vďaka integrácii VR technológie sa táto simulovaná realita stáva ešte prístupnejšou a interaktívnejšou, čo zlepšuje schopnosť užívateľov efektívne komunikovať s modelom a rýchlo identifikovať možné zlepšenia alebo problémy. Simulačné nástroje ako FlexSim a Tara VRbuilder sú k dispozícii na vytvorenie týchto simulačných modelov a umožňujú ďalšie prispôsobenie a optimalizáciu procesov skladovania. Medzi hlavné výhody týchto nástrojov patria ich schopnosť vytvárať presné a realistické modely, rýchlosť a flexibilita v rámci simulácie, ako aj možnosť rýchleho testovania a porovnávanía rôznych scenárov. Celkovo môžeme povedať, že využitie simulačných nástrojov s podporou VR pre vizualizáciu skladovacích procesov má potenciál zlepšiť efektivitu, presnosť a inováciu v rámci riadenia skladových operácií a prispieť k lepšiemu výkonnosti a konkurencieschopnosti podnikov.

## PODPORA

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektov APVV-21-0195, KEGA 005TUKE - 4-/2022, projektu VEGA 1/0674/24 a VEGA 1/0430/22.



## LITERATÚRA

- [1] Nordgren WB. FlexSim simulation environment. In: Yücesan E, Chen C-H, Snowdon JL, Charnes JM (eds). Proceedings of the 2002 winter simulation conference.
- [2] Greenwood A. - Beaverstock M. Mississippi State Simulation education—seven reasons to change. In: Jain S, Creasey RR, Himmelspach J, White KP, Fu M (eds), 2011. Proceedings of the 2011 winter simulation conference.
- [3] Oleśków-Szłapka, J. - Stachowiak, A. The Use of Computer Simulation in Warehouse Automation. In: Azevedo, A., 2013. Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Heidelberg. str. 285–293, ISBN 978-3-319-00557-7.
- [4] Gregor, M., Herčko, J. and Grznár, P. The factory of the future production system research. In: Proceedings of the 21st International Conference on Automation and Computing, ICAC 2015, Glasgow, UK. pp. 101–105, 2015. ISBN 978-0-9926801-0-7.
- [5] Furmann, R.: 3D laser scanning - support the implementation the digital factory. In: Digital factory management methods and techniques in engineering production, vol. V, pp. 25–28. Wydawnictwo Akademii techniczno-humanistycznej, Bielsko-Biała, 2011. ISBN 978-83-62292-57-8
- [6] Bučková, M., Krajčovič and M., Plinta, D. (2018). Use of Dynamic Simulation in Warehouse Designing. In: Burduk, A., Chlebus, E., Nowakowski, T., Tubis, A. (eds). Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance. ISPEM 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham. ISBN 978-3-319-97490-3.
- [7] Suárez J. F., Nuño P., Granda C. J. and García F. D. Computer networks performance modeling and simulation [online]. Aktualizované 2015 [cit. 2024]. Dostupné na internete: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128008874000079?via%3Dihub>>
- [8] Rieder G. W. Simulation and modeling. Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition), 2003. pp. 815-835.
- [9] Sturrock D.: Tipy pre úspešné cvičenie simulácie. Jain S, Creasey RR, Himmelspach J, White KP, Fu M (eds). Zborník zo zimnej simulačnej konferencie, 2011.
- [10] José Sánchez Calman P., (2007). Simulación y optimización en la logística. In: Ciencia y poder aéreo, 2007, Enero - Diciembre, vol.2, num.1. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.80>
- [11] Krystek J. - Alszer S., (2018). Analysis and Simulation of Internal Transport in the High Storage Warehouse. In: Mazur, D., Gołębiowski, M., Korkosz, M. (eds) Analysis and Simulation of Electrical and Computer Systems. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 452. Springer, Cham. ISBN 978-3-319-63949.
- [12] Ni Li, et al. A credibility evaluation method for complex simulation systems based on interactive network analysis Simulation Modelling Practice and Theory. Vol. 110, 2021. Article 102289, 10.1016/j.simpat.2021.102289
- [13] Kočíško M. – Telišková M. Simulácia výrobných systémov a procesov. Prešov: Technická univerzita v Košiciach, 2018. ISBN 978 – 80 – 553 – 2943 – 7.
- [14] Heilig M.L.U.S. Patent No. 3,050,870. Google Patents 1962;870.
- [15] Nee A.Y.C.a; Ong S.K.a; Chryssolouris G.b; Mourtzis D.b. Augmented reality applications in design and manufacturing. In: CIRP Ann - Manufacturing Technology, 2012. Vol. 61, Iss.2, pp. 657 – 679. DOI 10.1016/j.cirp.2012.05.010
- [16] Quint, F., Sebastian, K. and Gorecky, D., (2015). A mixed-reality learning environment. Procedia Computer Science, vol. 75, pp. 43-48.



- [17] Jensen, L. - Konradsen, F., (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529.
- [18] Vaughan, N., Gabrys, B. and Dubey, V. N., (2016). An overview of selfadaptive technologies within virtual reality training. *Computer Science Review*, 22, 65-87.
- [19] Zhang, H., (2017). Head-mounted display-based intuitive virtual reality training system for the mining industry. *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 27(4), pp. 717-722.
- [20] Eswaran M. - Raju Bahubalendruni M V A. Challenges and opportunities on AR/VR technologies for manufacturing systems in the context of industry 4.: A state of the art review. In: *Journal of Manufacturing Systems*, 2022, vol. 65, pp. 260-278. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.016>.
- [21] Martirosov, S. and Kopecek, P., (2017). Virtual reality and its influence on training and education-literature review. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 28.
- [22] Tran T., (2018). Warehouse in Today's Business and Benefits of Simulation in Warehousing. *Jamk University of Applied Sciences* : [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/143227/Tran\\_Tuyet.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/143227/Tran_Tuyet.pdf?sequence=1&isAllowed=y) .
- [23] Several logistics software comparison (2013) <http://www.anyang-window.com.cn/several-logistics-simulation-software-comparison/>. Accessed March 2013.
- [24] TARAKOS: taraVRbuilder: 3D – Anlagenbau und Logistiksimulation leicht gemacht (2016) [online]. [cit. 2024]. Dostupné na internete: <https://www.tarakos.de/taravrbuilder.html>.
- [25] AMI. Mit virtueller Realität zur Logistik 4.0.[online]. [cit. 2024]. Dostupné na internete: <https://www.additive-manufacturing-industry.de/news-fachartikel/mit-virtueller-realitaet-zur-logistik-4-0.htm>.
- [26] Grega M. Modelovanie logistických procesov v programe TaraVRbuilder. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2023. Bakalárska práca.



## UTILIZING SIMULATIONS AND VIRTUAL REALITY FOR EMPOWERING EDUCATION

### VYUŽITIE SIMULÁCIE A VIRTUÁLNEJ REALITY NA POSILNENIE VZDELÁVANIA

**Simona Špírková, Ing.**<sup>1</sup>

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
e-mail: simona.spirkova@tuke.sk

**Martin Ďuriška, Ing.**<sup>2</sup>

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
e-mail: martin.duriska@tuke.sk

**Lucia Čabaníková, Ing.**<sup>3</sup>

Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií  
Technická univerzita v Košiciach  
e-mail: lucia.cabanikova@tuke.sk

#### Abstract

Virtual Reality (VR) technology is revolutionizing education today, offering immersive learning experiences beyond tradition classrooms. This article explores the possibilities of the applications of VR and simulation across disciplines, their impact on student engagement, and evolving pedagogy. Through immersive simulations and virtual filed trips, educators can create dynamic, personalized experiences that support experimental learning. Challenges include accessibility, equity and technological infrastructure. With the help of VR integration, educators can arouse curiosity and creativity and thus prepare students for the challenges of a dynamically changing work environment. The post was created as part of the project solution of APVV-21-0195, KEGA 005TUKE-4-/2022, VEGA 1/06/74/24, VEGA 1/0430/22.

---

<sup>1</sup> Simona Špírková, Ing. (interná doktorandka, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>2</sup> Martin Ďuriška, Ing. (interný doktorand, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)

<sup>3</sup> Lucia Čabaníková, Ing. (interná doktorandka, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach)



## Abstrakt

Technológia virtuálnej reality (VR) v dnešnej dobe prináša revolúciu do vzdelávania a ponúka pohlcujúce vzdelávacie zážitky nad rámec tradičných tried. Tento článok skúma možnosti aplikácie VR a simulácie v rôznych disciplínach, ich vplyv na zapojenie študentov a rozvíjajúcu sa pedagogickú činnosť. Prostredníctvom pohlcujúcich simulácií a virtuálnych exkurzií pedagógovia môžu vytvárať dynamické personalizované zážitky podporujúce zážitkové učenie. Výzvy zahŕňajú dostupnosť, spravodlivosť a technologickú infraštruktúru. Pomocou integrácie VR dokážu pedagógovia vzbudiť zvedavosť, kreativitu a pripraviť tak študentov na výzvy dynamicky sa meniaceho pracovného prostredia. Článok je súčasťou riešenia projektu APVV-21-0195, KEGA 005TUKE-4-/2022, projektu VEGA 1/06/74/24 a VEGA 1/0430/22.

## Key words

Simulations, Virtual Reality, Applications of simulations and VR

## Klíčová slova

Simulácie, Virtuálna Realita, Aplikácie simulácií a VR

## ÚVOD

V posledných rokoch integrácia technológie virtuálnej reality (VR) a 3D simulácií vyvolala zmenu paradigmy vo vzdelávaní a transformovala tradičné pedagogické prístupy na dynamické, pohlcujúce vzdelávacie skúsenosti. Schopnosť VR simulovať realistické prostredia a scenáre ponúka pedagógom bezprecedentné príležitosti zapojiť nie len svojich študentov do zážitkového učenia, ktoré prekračuje hranice bežných tried, na ktoré sme viac menej zvyknutí. Využitím simulácií môžu pedagógovia prepraviť študentov do vzdialených krajín alebo im zobrazit' či priblížit' objekty, ktoré nie sú bežne viditeľné, čo im vlastne umožní hmatateľným spôsobom integrovať s abstraktnými pojmami a javmi. Vo vzdelávaní existuje pomerne veľká a mnohostranný potenciál VR a simulácie, a tento článok svojim spôsobom skúma, ako pohlcujúce simulácie, virtuálne exkurzie a interaktívne vzdelávacie prostredia predefinujú vzdelávacie prostredie. Keďže pedagógovia vnímajú VR a simulácie ako silný vzdelávací nástroj, a väčšina z nich je pripravená podnietiť zvedavosť, podnietiť predstavivosť a vybaviť študentov zručnosťami a znalosťami potrebnými na to, aby prosperovali v neustále sa meniacom svete.

## 1 LITERÁRNY ROZBOR

Priemyselná revolúcia výrazne ovplyvnila pokrok a vývoj spoločnosti už v jej začiatkoch. Štvrtá priemyselná revolúcia alebo Industry 4.0, ako ju tiež nazývame, predstavuje zmenu paradigmy v priemyselnej výrobe, ktorá ponúka jedinečné príležitosti v podobe efektivity, inovácií ako aj konkurencieschopnosti. Implementáciou štvrtej priemyselnej revolúcie môžu podniky odomknúť nové úrovne produktivity, agilnosti a odolnosti a pripraviť tak pôdu pre budúcnosť bezprecedentného pokroku a prosperity. Momentálne predstavuje Industry 4.0 monumentálny posun v spôsobe fungovania všetkých priemyselných odvetví, ktorý chápeme ako zblížovanie digitálnych technológií s tradičnými výrobnými procesmi. Táto štvrtá priemyselná revolúcia je charakteristická integráciou kybernetických a fyzických systémov,



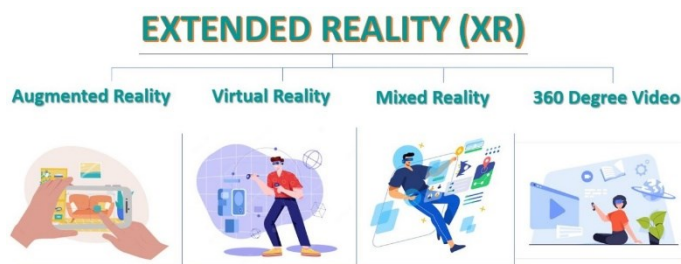
internetu vecí (IoT), cloud computingu, a umelej inteligencie (AI) do štruktúry priemyselnej výroby. Jej význam určite nemožno podceňovať, pretože nanovo definuje samotnú podstatu výroby a otvára novú éru efektívnosti, inovácií a konkurencieschopnosti vďaka využitiu jej nástrojov a princípov. Štvrtá priemyselná revolúcia, ktorej základom je digitálna transformácia, napreduje exponenciálne. Táto digitálna revolúcia zásadne mení spôsob ako žijeme, pracujeme, pričom pokiaľ ide o príležitosti spojené s Industry 4.0, spoločnosť ostáva optimistická. Pôvodným konceptom Industry 4.0 sa podľa Xu [1, 2] a kolegov v posledných rokoch výrazne vyvinul. V dnešnej dobe Industry 4.0 zahŕňa digitálnu transformáciu celého priemyselného a spotrebiteľského trhu, a to od nástupu inteligentnej výroby až po digitalizáciu celých hodnotových reťazcov. [3] Virtuálna realita je braná za výkonnú technológiu, ktorá nám sľubuje revolúciu v našich životoch ako žiada iná. Simulovaním našich zmyslov, vieme oklamať naše telá, aby vnímali alternatívnu verziu reality. VR je podľa niektorých autorov ako bdely sen, ktorý by sa mohol rozvinúť vo fantastickom svete, alebo nás preniesť od inej časti Zeme či vesmíru. Pre ľudstvo je to ďalší krok na ceste k vyspelej spoločnosti. Celý ekosystém neustále rastie, a podľa odhadov expertov bude aj naďalej rásť a naberať na sile, pretože niektoré špecifické prípady použitia, ako napr. školenia priemyselných pracovníkov, sa v praxi veľmi rýchlo rozširujú. Súčasnou výzvou je predstaviť pokročilý hardvér, ktorý nie je len tak nejako prerobený z iných trhov. Najväčšie potreby v podobe inovácií spočívajú vo vizuálnych displejoch, ktoré sú špeciálne navrhnuté pre vnímanie VR. Základnou myšlienkou VR je totiž užívateľské vnímanie reality, ktoré sa v posledných rokoch dostalo zmenilo a to vďaka inžinierstvu, pretože technológia používaná v rámci VR je oveľa viac reálnejšia a teda aj virtuálnejšia. Väčšina týchto nových zážitkov VR totiž zahŕňa ďalšiu kľúčovú zložku, a to interakciu. V inžinierstve alebo v matematike, ponúka VR možnosť vizualizácie geometrických vzťahov pre zložité koncepty, alebo údaje, ktoré sa ťažko interpretujú. Okrem toho je VR vhodná aj pre praktický výcvik, pretože zručnosti vyvinuté v realistickom virtuálnom prostredí by sa mali preniesť z virtuálneho do reálneho sveta. Motivácia pre použitie VR na edukatívne účely je obzvlášť vysoká, a to hlavne v prípade, ak je poskytovanie skutočného prostredia jednak nákladné alebo predstavuje určité zdravotné riziká. Dnes sa stretávame už aj s aplikáciami, kde používatelia majú možnosť vidieť svet naživo s nejakou ďalšou grafickou prekrývajúcou sa šablónou skutočného sveta. V praxi to označujeme ako rozšírená realita (Augmented Reality – AR) alebo zmiešaná realita (Mixed Reality – MR), pričom obe považujeme za súčasť VR. Môže ísť o umiestnenie textu, ikony alebo inej grafiky do skutočného sveta, kde používatelia môžu využiť silu internetu na pomoc pri rôznych operáciách, ako je napr. navigácia, sociálna interakcia, v zdravotníctve či pri mechanickej údržbe. Mnohé existujúce aplikácie sú zamerané hlavne na pomoc podnikom vykonávať určité operácie efektívnejšie. Tieto aplikácie sa vo veľkej miere spoliehajú najmä na pokročilé techniky počítačového videnia, ktoré zväčša zahŕňajú činnosti ako identifikácia objektov, rekonštrukcia tvaru, detekcia svetelného zdroja v reálnom svete pred určením, ako vykresliť virtuálne objekty, ktoré sa javia ako bezproblémovo integrované. [4]

## 2 MOTIVÁCIA K ŠTÚDIU

Dnes sú AR a VR, ako aj MR, prítomné na rozličných miestach a v rôznych situáciách. Menia svet okolo nás jediným kliknutím, klepnutím alebo dokonca aj pohľadom. V priebehu nasledujúceho desaťročia budú mať tieto systémy množstvo aplikácií v rôznych procesoch a oblastiach pôsobenia. Zároveň budú mať významný vplyv na ľudské interakcie prostredníctvom teleprítomnosti a teleexistencie. Tieto technológie premieňajú 2D statické



prostredie na obrazovkách na vnímateľné a niekedy aj takmer skutočné 3D prostredie. Okrem toho, ak sa technológie rozšírenej reality spoja spolu s inými digitálnymi technológiami, dokážu vytvoriť nové funkcie, schopnosti, prostredia a iné. [5] Rozšírená reality a virtuálna realita sú technológie, ktoré sú predmetom skúmania už niekoľko rokov. V dôsledku požiadaviek a odlišností spoločnosti však tieto technológie v určitých sférach alebo aj oblastiach pokulhávajú. V dôsledku toho je preto dôležité poznať pokrok ich výskumu za posledných niekoľko rokov, čo nám umožní posúdiť súčasný stav vecí a predvídať tak oblasti, v ktorých sa bude v budúcnosti táto technológia využívať. Podľa Jonathana Steuera [6] je virtuálna realita vyznačovaná vnímaním teleprítomnosti v skutočnom alebo simulovanom prostredí. Podobne môžeme definovať aj rozšírenú realitu, kedy hovoríme o metóde pridávania ďalších informácií do reálneho sveta. S touto definíciou nie je potrebné diskutovať o konkrétnom hardvéri, ale skôr sa sústrediť na metódy a aplikácie, a zamerať sa tak na technologický rozvoj. Bohužiaľ táto technológia má ešte stále malú základňu spotrebiteľov vzhľadom na jej možnosti využitia a potenciál, a len malá časť jej využitia je použitá na iné implementácie ako je to v porovnaní s hrami. [7] V poslednej dobe, so zvýšenou prevalenciou a spotrebou VR, AR alebo MR, rozoznávame aj novú rozšírenú realitu (XR). Popularita XR technológie najmä v oblasti medicíny výrazne vzrástla. K rastúcej popularite prispel nedávny nárast digitálnej transformácie (t.j. špecifické 3D obrázky, hologramy, nositeľné senzory, videokamery, Industry 5.0, AI a pod.). S určitosťou však môžeme povedať, že k tomu značne prispela aj pandémia spojená s COVID 19. XR je vlastne vo všeobecnosti považovaná za kombináciu všetkých predchádzajúcich technológií. Bežne sa používa na replikáciu štruktúr napr. Fyziológie a knlinických scén ľudskeho tela s určitým stupňom realizmu. [8]



**Obr. 1** Schéma kombinácie technológií v rámci rozšírenej reality  
Zdroj: [9]

Dá sa konštatovať, že v posledných rokoch sa využívanie digitálnych technológií vo vzdelávacom procese výrazne zvýšilo, a to na všetkých akademických úrovniach, od základných škôl až po postgraduálne štúdium. To nám otvorilo ďalšie príležitosti, najmä pre pedagógov, aby prijali tieto technológie a zlepšili tak vzdelávacie skúsenosti pre prichádzajúcich študentov. Zatiaľ čo prijatie digitálnych technológií môže študentom pomôcť nie len zvýšiť ich motiváciu a prístup k učeniu, a vďaka týmto technológiám majú aj možnosť zlepšiť si svoje zručnosti, no na druhej strane pedagógovia čelia výzve v podobe výberu vhodnej technológie pre dosiahnutie týchto cieľov. Pre pedagógov je v tomto smere dôležité a kľúčové, aby zostali v relevantných témach súvisia s ich vyučovacou disciplínou a zároveň našli najlepšie hodiace sa technológiu, ktorá pomôže študentom získať lepšie vzdelávacie skúsenosti. Svet dnešného podnikania prešiel za posledných desať rokov dramatickými zmenami. Väčšina týchto zmien priamo súvisí s prijatím internetu a ním súvisiacich aplikácií a zariadení, ako sú smartfóny, tablety, a pod. Tieto technológie sa neustále vyvíjajú a majú čoraz väčší vplyv na náš každodenný život. Umelá inteligencia (AI), internet vecí (IoT), robotika, AR, VR, MR, XR, v súčasnosti dominujú najnovším pokrokom v technologickej sfére. Napriek tomu, že sa



týmto novým technológiám prispôsobuje čoraz viac firiem, nadnárodných spoločností či aj malých podnikov, niektoré sektory zaostávajú v uvedomovaní si, že môžu svoje prevádzkové modely pretvoriť do efektívnejších a odmietajú prijať technologické zmeny. Vzdelávaciektor si až posledné 3 až 4 roky uvedomil, že je čas naplno využiť svoj potenciál v oblasti digitálneho narušenia, a to aj v následku pandémie COVID 19. [10] Vo výchovno-vzdelávacom procese sa študenti častokrát stretávajú s problémami spojenými s porozumením danej problematiky a to z dôvodu zložitosti alebo nevyhnutnosti abstraktného myslenia. Rastúci počet vzdelávacích centier na celom svete začal zavádzať nové výkonné nástroje založené na technológiách, ktoré pomáhajú uspokojovať potreby rôznorodnej študentskej populácie. Musíme uznať, že za posledné roky sa VR vyvinula z hrania hier aj na profesionálny rozvoj. Z tohto dôvodu preto zohráva významnú úlohu vo vyučovacom procese, pretože poskytuje práva ten pútavý a podmanivý spôsob získavania informácií, ktorý odstráni zložitost' a nevyhnutnosť abstraktného myslenia, a nemožné sa stáva skutočnosťou. Vzdelávanie vo všeobecnosti znamená uľahčenie učenia, získavanie vedomostí, zručností alebo pozitívnych skúseností a hodnôt. Primárnym cieľom je pripraviť študentov na život a prácu tréňovaním ich vedomostí a zručností, ktoré v spoločnosti považujeme za potrebné. Mnohí študenti zápasia práve s porozumením učiva, najmä v prírodných vedách, pre ich technickú náročnosť, nevyhnutnosť abstraktného myslenia a skutočnosť, že tieto pojmy nie sú úplne hmatateľné. Nedostatky v základoch bránia ďalšiemu rozvohu a skúmaniu zložitejších problémov. Praktické cvičenia, založené predovšetkým na špecializovanom výskumnom zariadení, sa musia vykonávať pod dohľadom, študenti si preto sami nemôžu nafiigurovať laboratorné vybavenie, zažiť núdzové situácie alebo dôsledky nesprávnej konfigurácie, ktoré by mohli viesť k poškodeniu zariadenia. Okrem toho nie je možnosť cvičiť a dobiehať mimo laboratorného rozvrhu. [11]

### 3 VZDELÁVANIE ZALOŽENÉ NA SIMULÁCIÍ

Je známe, že využívanie informačných a komunikačných technológií zlepšuje postoje študentov k učeniu. Ide o pomerne rýchlo rastúcu oblasť výskumu, ktorá sa neustále vyvíja a hľadá nové technologické riešenia. V priebehu posledných rokov sa VR, ktoré poskytuje interaktívne počítačovo generované prostredie, posunula od hier k profesionálnemu vývoju, na vojenské, medicínske a edukatívne účely. [11] Na to, aby sme ale vyvinuli VR simuláciu, potrebujeme najprv ovládať simuláciu a modelovanie samotné. Modelovanie a simulácie sú nástroj, ktorý poskytuje podporu pri plánovaní, navrhovaní a hodnotení dynamických systémov, ako aj pri posudzovaní stratégií pre transformáciu a zmeny systému. Významným je rast simulácií a modelovania, ktorý má pozoruhodné tempo, čiastočne aj preto, že ich uplatnenie nie je obmedzené disciplinárnymi hranicami. Tento rast je tiež výsledkom príležitostí, ktoré poskytuje neustále sa rozširujúca dostupnosť významných výpočtových zdrojov a rozširujúca sa skupina kvalifikovaných jednotlivcov, ktorí dokážu efektívne využiť túto techniku a jej silu. [12] Modely a simulácie rôzneho druhu sú nástrojmi na vysporiadanie sa s realitou. Ľudia vždy používali modely, aby lepšie porozumeli realite, robili plány, zvažovali rôzne možnosti, zdieľali svoje nápady s ostatnými, testovali zmeny a alternatívy, rozvíjali plány na implementáciu konceptov alebo presvedčili seba a ostatných o určitých nápadoch, ktoré sa nedajú realizovať. Dokonca aj pred tisíckami rokov boli budovy, člny a stroje najprv testované ako malé modely a prototypy a potom boli skonštruované vo veľkom meradle, tak ako ich poznáme. Modely siahajú od zmenšených realistických zobrazení originálu až po technické výkresy a funkčné schémy. Vedieť, čo sa stane alebo môže stať za určitých okolností, môže byť preto otázkou života a smrti – nie len otázkou zvedavosti. Predvídať, ako bude dynamicky systém reagovať za určitých



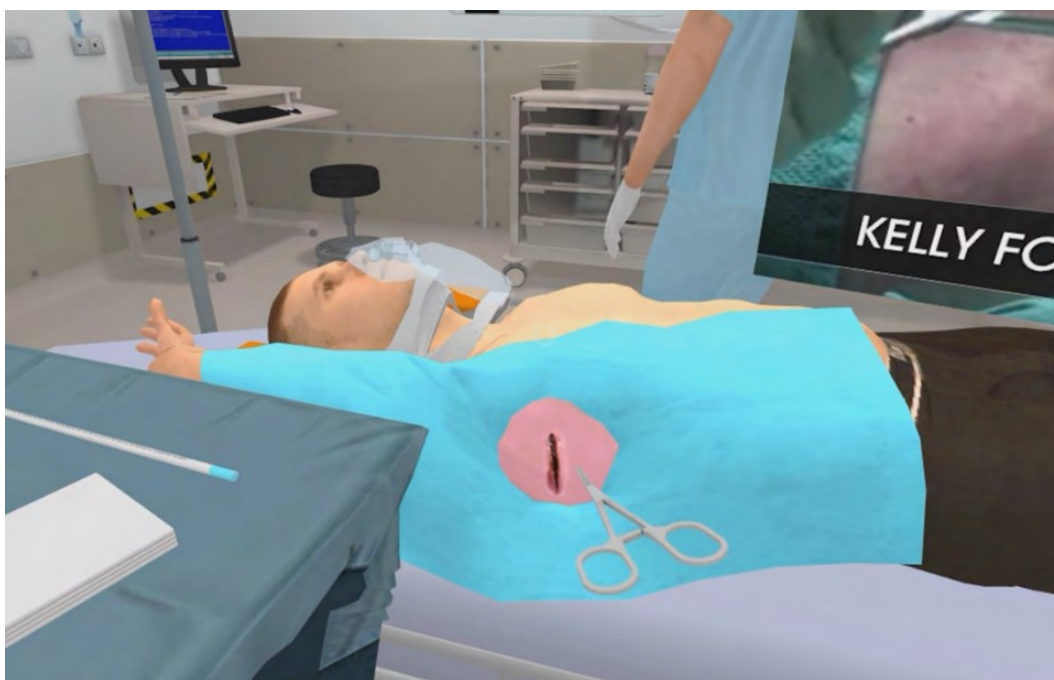


podmienok, je často veľmi ťažké, dokonca aj pre jednoduché systémy. V takýchto prípadoch sme vyzvaní, aby s prijateľným úsilím generovali spoľahlivé informácie. [13]

### Prípadové štúdie

V roku 2020 prispeli Mariscal, G., Jiménez, E., Vivas-Urias, M. D., et. al. [14] článkom a prípadovými štúdiami, ktoré pojednávajú o úlohe vzdelávacích metód založených na simuláciách (Simulation Based Education – SBE), kde sa zamerali na konkrétne uplatnenie technológie v lekárskej príprave, kde zdôrazňovali, ako dôležité sú tieto technológie pri poskytovaní učiacich sa životných skúseností na získanie základných zručností. SBE zahŕňa nahradenie reality simulovanými scenármi, kde si účastníci môžu precvičiť komunikačné, psychomotorické a tímové zručnosti. Po týchto simuláciách nasledujú konzultácie so spätnou väzbou a fázy reflexívneho kritického myslenia na prehĺbenie porozumenia. Tak ako už bolo spomenuté v predchádzajúcich kapitolách, aj títo autori sa zhodujú, že v dnešnej dobe sú k dispozícii rôzne simulačné technológie, ktoré môžu študentom ponúknuť otvorené a vyvíjajúce sa situácie s viacerými premennými, čím im poskytujú definované úlohy, obmedzenia a spätnú väzbu na zlepšenie výsledkov ich vzdelávania. Ďalšie štúdie naznačujú, že technologicky vylepšené simulačné tréningy neustále vedú k výraznému zlepšeniu vedomostí, zručností a správania v rámci vzdelávania. Predmetom prípadových štúdií v článku bolo posúdiť vplyv simulácie virtuálnej reality na učenie a spokojnosť študentov. Prípadové štúdie boli vykonané v spolupráci so študentmi z Universidad Europea de Madrid (UEM). Prvá prípadová štúdia sa zameriavala na prvú pomoc v prípade dopravnej nehody pomocou imerznej VR aplikácie, zatiaľ čo druhá sa zoberala simuláciou nehôd v laboratóriu pomocou desktopovej VR aplikácie.

#### Prípadová štúdia č. 1: Prvá pomoc pri dopravnej nehode



**Obr. 2** Ukážka RCSI Medical Training SIM aplikácie pri výučbe

Zdroj: [14]

Iniciatívou tejto prípadovej štúdie bola aplikácia technológie VR pre vysokoškolské vzdelávanie, konkrétne v kurze laboratórnej techniky v rámci pravého ročníka programu



Advanced Career and Technical Education. Motiváciou tejto iniciatívy pramenila z túžby prepracovať spôsob výučby prvej pomoci na univerzitnej úrovni. Tradičné vyučovacie metódy totiž často zahŕňajú pasívne učenie, kde učitelia prenášajú informácie a študenti zohrávajú v tomto prípade obmedzenú úlohu. Hranie rolí sa stalo populárnym ako technika vo vzdelávaní, ktorá umožňuje študentom aktívne sa zapojiť simulovaním scenárov zo skutočného života. Ďalší bežný prístup kombinoval vysvetľovanie učiteľov s použitím figurín prvej pomoci na vytvorenie realistických simulácií. [14]

Táto iniciatíva zahŕňala dve skupiny: kontrolnú skupinu prijímajúcu tradičné vyučovanie a experimentálnu skupinu využívajúcu metodológiu založenú na VR. Pre experimentálnu skupinu bola vybraná aplikácia RCSI Medical Training Sim, ktorá poskytuje platformu na školenie zdravotníckeho personálu v núdzových situáciách. Cieľom experimentu u študentov bolo analyzovať miesto nehody, zhodnotiť stav obeti, aplikovať vhodný postup a pochopiť aká dôležitá je sebakontrola v stresových situáciách. Študenti počas experimentu využívali najmä smartfóny Samsung Galaxy S8 a náhlavnými súpravami a slúchadlami Samsung Gear VR pre vytvorenie pohlcujúceho zážitku, pričom v prípade potreby boli členovia fakulty, ktorí im pomáhali s technickými problémami. [14]

## Prípadová štúdia č. 2 : Simulácia nehôd v laboratóriu



**Obr. 3** Ukážka hodnotenia študenta v UE Risk Simulator

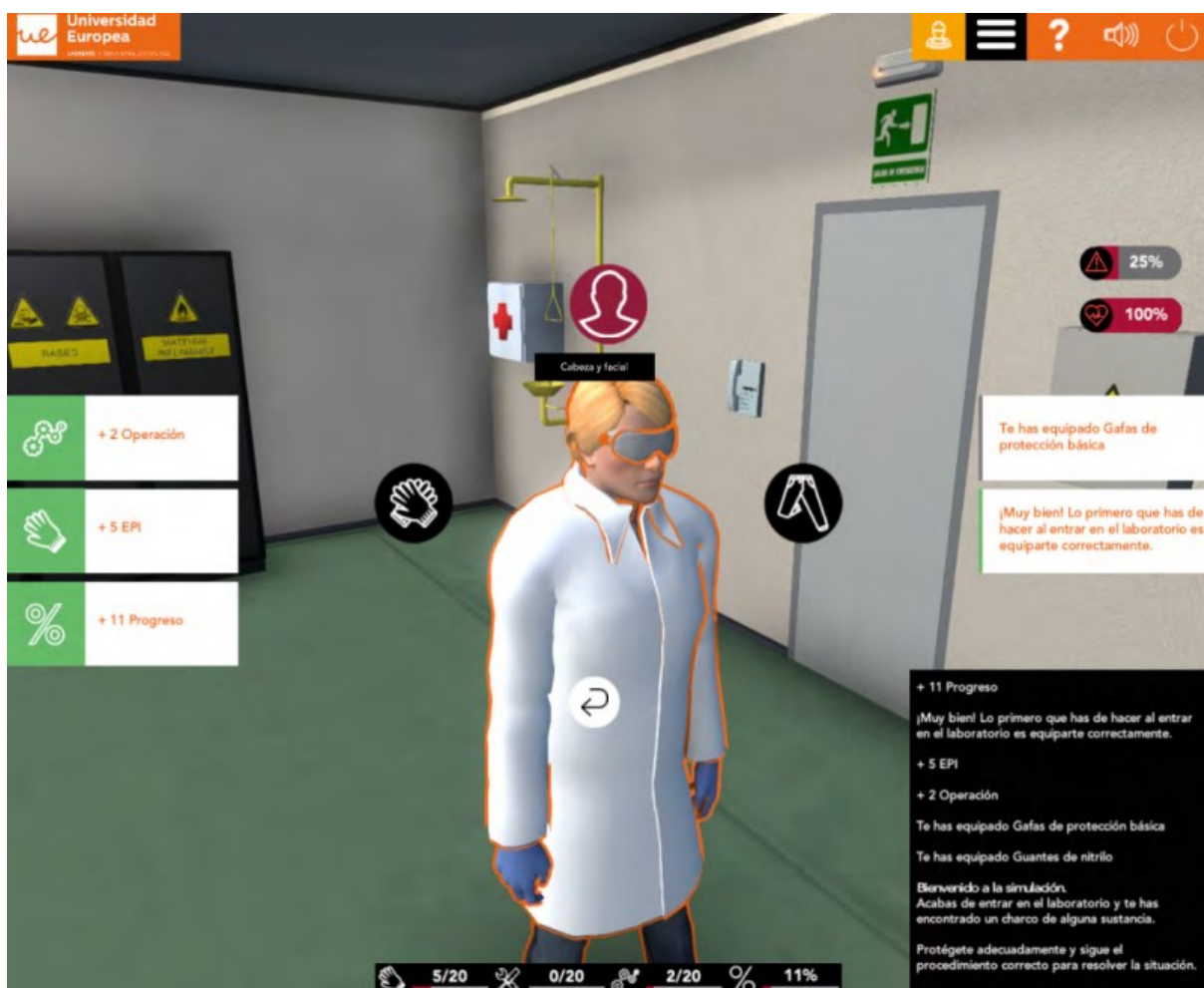
Zdroj: [14]

V tomto prípade šlo o VR v rámci univerzitného kontextu, konkrétne v kurze úvodu do laboratórnej práce, ktorý je súčasťou prvého ročníka farmácie. Tento kurz predstavuje budúcim farmaceutom prácu v laboratóriu a pokrýva základné zručnosti potrebné pre ich profesiu. Študenti sa učia identifikovať materiály a zariadenia, pracovať bezpečne, zaobchádzať s činidlami, nakladať s odpadom, vykonávať rešerše v literatúre a pripravovať dokumentáciu podľa predpisov. Tento základný kurz pripravuje pôdu pre nasledujúce experimentálne predmety v rámci štúdia. Študenti v rámci tohto kurzu tradične získavajú teoretické vedomosti prostredníctvom prednášok v triede a inštruktážnych videí, doplnených praktickými laboratórnymi cvičeniami zameranými na bezpečnostné pravidlá a postupy. Tejto metóde však chýbajú simulácie nehôd v reálnom živote, aby si študenti mohli predvídať rozhodovanie v nebezpečných scenároch. Na odstránenie tejto medzery bola v UEM vytvorená aplikácia „UE Risk Simulator“. Jeho cieľom je vyškoliť študentov v efektívnom zvládaní rôznych



laboratórných nehôd. UE Risk Simulator, navrhnutý profesorom Morenom a laboratóriami XR Lab a Stratesys Universidad Europea, je stolný systém VR pre Windows podporovaný platformou Cosmic. Tá prináša riskantné profesionálne situácie do triedy a umožňuje študentom riešiť výzvy v bezpečnom prostredí, zatiaľ čo mentor/učiteľ monitoruje ich výkon v reálnom čase. [14]

Študenti pristupujú na platformu Cosmic prostredníctvom počítača a webového prehliadača, pričom si vyberú kurz a výzvu. UE Risk Simulator, založený na hernom engine Unity, prevedie študentov laboratórnymi núdzovými postupmi iba pomocou PC myši. Naučia sa zvládnuť úniky chemikálií výberom vhodných osobných ochranných prostriedkov (OOP) a manipuláciou s prostriedkami kolektívnej ochrany, bezpečnostnými postupmi a označovaním podľa kariet bezpečnostných údajov.



**Obr. 4** Ukážka VR simulácie v UE Risk Simulator

Zdroj: [14]

Predpokladané výstupy vzdelávania zahŕňajú znalosť základných laboratórných operácií, bezpečnostných pravidiel, likvidácie odpadu a oboznámenie sa s laboratórnym náradím a vybavením. Prostredníctvom tejto simulácie sú študenti vybavení na to, aby s istotou a efektívne zvládli úniky chemikálií v reálnych scenároch. [14]



## 4 DISKUSIA

Výsledky prvej štúdie naznačujú, že študenti v skupine VR aplikácií (experimentálna skupina) dosiahli vyššie priemerné skóre v porovnaní so študentmi v inej skupine (kontrolná skupina). Je dôležité poznamenať, že známky pred testom a po teste nie sú priamo porovnateľné, pretože post-test hodnotí pokročilé znalosti, zatiaľ čo pred-test hodnotí základné porozumenie. V druhom prípade výsledky ukazujú, že tak VR aplikačná skupina (experimentálna skupina) ako aj skutočná simulačná skupina (kontrolná skupina) dopadli v post-teste podobne dobre. Čo sa týka spokojnosti s využívanými vzdelávacími zdrojmi v oboch prípadoch výsledky naznačujú úroveň spokojnosti. Po použití aplikácie RCSI Medical Training Sim sú výsledky mimoriadne priaznivé. Stručne povedané, celová úroveň spokojnosti preukázaná študentmi po podaní prihlášky je mimoriadne vysoká/výborná pre 60% účastníkov, pričom zvyšných 40 % úvádza vysokú spokojnosť. Žiadny zo študentov neuvádza mieru spokojnosti ako strednú, nízku, alebo veľmi nízku. V druhom prípade sa až 50% študentov vyjadrilo, že sú vysoko spokojní. Zistenia výskumu prvého prípadu naznačujú, že študenti, ktorí sa zapájajú do aktivít virtuálnej reality, dosahujú v priemere lepšie výsledky v porovnaní s tými, ktorí absolvujú tradičné výučbové kurzy. Prieskum používateľskej skupiny odhaľuje vysokú úroveň spokojnosti s použitím aplikácie VR, čo naznačuje zvýšenú motiváciu študentov pri využívaní technologických metodológií, čím sa podporuje pocit účasti na procese učenia. Na základe prezentovaných výsledkov možno usudzovať, že skupina študentov, ktorí sa zaoberali reálnymi simuláciami, vykazovala mierne lepší výkon v porovnaní s tými, ktorí sa učili prostredníctvom VR simulácií. Tento rozdiel je však minimálny a chyba mu štatistická významnosť, čo naznačuje, že VR simulácia je pre učenie rovnako účinná ako scenáre v reálnom živote. Pozoruhodné ale je, že experimentálna skupina vykazovala výrazné zlepšenie výkonu po použití VR aplikácie. Obe metodiky výrazne zlepšujú vzdelávacie výsledky v porovnaní s tradičnými vyučovacími kurzami. [14]

## ZÁVER

Na záver môžeme konštatovať, že integrácia simulácií a technológií virtuálnej reality predstavuje transformačnú príležitosť pre vzdelávanie. Využitím sily týchto inovatívnych nástrojov môžu pedagógovia vytvoriť pohlcujúce a pútavé vzdelávacie skúsenosti, ktoré uspokojia rôznorodé potreby študentov. Simulácie ponúkajú dynamickú platformu na skúmanie zložitých konceptov a scenárov v reálnom svete, zatiaľ čo virtuálna reality otvára dvere do interaktívnych a pohlcujúcich prostredí, ktoré zlepšujú porozumenie a uchovávanie znalostí. Keďže naďalej prijímame tieto technológie, pripravujeme tak pôdu pre inkluzívnejší, presonalizovanejší a efektívnejší vzdelávací systém, ktorý študentov pripraví na výzvy budúcnosti. Využite sily simulácií a virtuálnej reality nepredstavuje len technologický pokrok, ale zásadný posun v spôsobe, akým pristupujeme k učeniu a formujeme tak budúcnosť vzdelávania pre budúce generácie. Článok je súčasťou riešenia projektu APVV-21-0195, KEGA 005TUKE-4-/2022, projektu VEGA 1/06/74/24 a VEGA 1/0430/22.

**LITERATÚRA**[1] Xu, L. D., Xu, E. L., Ling, L.: Industry 4.0: state of the art and future trends. International Journal of Production Research, vol. 56, 2018. Dostupné online: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2018.1444806>



- [2] Ghobakhloo, M.: Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, 2020. Dostupné online: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619347390?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=86a6963f8b875b03#bib116](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619347390?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=86a6963f8b875b03#bib116)
- [3] Schroeder, A., Bigdeli, A. Z., Zarco, C. G., Baines, T.: Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective. *Production Planning & Control. The Management of Operations*, vol. 30, 2019. Dostupné online: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2019.1612111>
- [4] Lavallo, S. M.: *Virtual Reality*. Cambridge University Press, UK, 2023. ISBN 978-107-19893-7
- [5] Greengard, S.: *Virtual Reality*. The MIT Press, UK, 2019. ISBN 9780262537520
- [6] Steuer, J.: Defining virtual reality: Dimension determining telepresence. *Journal of Communication*, vol. 42, 1992. Dostupné online: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- [7] Muñoz-Saaverda, L., Miró-Amarante, L., Domínguez-Morales, M.: *Augmented and Virtual Reality Evolution and Future Tendency*. 2020. Dostupné online: <https://www.mdpi.com/20763417/10/1322>
- [8] Morimoto, T., Kobayashi, T., Hirata, H. et. al: XR (Extended Reality: Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality) Technologies in Spince Medicine: Status Quo and Quo Vadi). 2021. Dostupné online: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/2/470>
- [9] Dostupné online: [https://media.licdn.com/dms/image/D4D12AQHgzyd-rtWG6A/article-cover\\_image-shrink\\_720\\_1280/0/1681041557596?e=2147483647&v=beta&t=JNPYKM R2wDAqoElp1bbwcdFUPc2epKH5OQgnwo1p8uc](https://media.licdn.com/dms/image/D4D12AQHgzyd-rtWG6A/article-cover_image-shrink_720_1280/0/1681041557596?e=2147483647&v=beta&t=JNPYKM R2wDAqoElp1bbwcdFUPc2epKH5OQgnwo1p8uc)
- [10] McGrover, E., Moreira, G., Luna-Navarez, C.: An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience? *Journal of Education for Business*, vol. 95, 2020. Dostupné online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08832323.2019.1703096?needAccess=true>
- [11] Kamińska, D., Sapiński, T., Wiak, S., et. al: *Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey*. *Information*, vol. 10, 2019. Dostupné online: <https://www.mdpi.com/2078-2489/10/10/318>
- [12] Birta, L. G., Arbez, G.: *Modelling and Simulation. Exploring Dynamic System Behaviour. Third Edition*. Springer, 2013. ISBN 98-3-030-18868-9
- [13] Bossel, H.: *Modeling and Simulation*. CRC Press, 2018. ISBN 978-3-528-05419-9
- [14] Mariscal, G., Jiménez, E., Vivas-Urias, M. D., Redondo-Duarte, S., Moreno-Pérez, S.: *Virtual Reality Simulation-Based Learning. Education in the Knowledge Society*, 2020. Dostupné online: <https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks/issue/view/EKS>



## Vysoká škola logistiky v Přerově

pořádá pod záštitou j. m. rektora

**prof. Ing. Václava Cempírka, Ph.D., DBA**

v roce svého 20. výročí

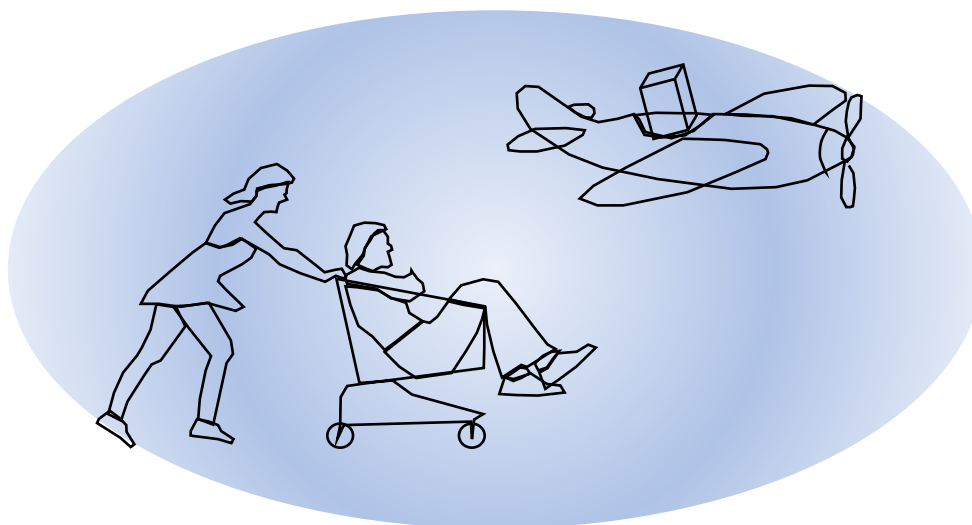


### 9. ročník konference

# Pokrokové metody v logistice

**vývoj a využívání nových metod v logistice.**

Přednostně jsou přijímány příspěvky studentů doktorského studia související s logistikou.



Vysoká škola logistiky v Přerově

**čtvrtek 4. dubna 2024**

Zahájení v sídle školy v 10 hod. v posluchárně 202.

Příhlášky příspěvků se přijímají do 28. března 2024.

Plný text příspěvku v rozsahu 6–8 stran do 2. dubna 2024.

Adresa pro korespondenci: [pml@vslg.cz](mailto:pml@vslg.cz).

za organizační výbor doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým, MBA



## Tematicky je konference zaměřena na problematiku logistiky v kontextu Průmyslu 4.0



### Problematika modelování

- Modelování rizikové expozice projektů v dopravě
- Modelování procesu oceňování značky v dopravě a telekomunikacích
- Modelování stochastických procesů na dopravních sítích
- Modelování řízení integrace dopravních systémů v území
- Modelování distribuční logistiky
- Modelování vývoje výkonnosti dopravních zařízení
- Návrh modelu optimalizace materiálových toků
- Tvorba modelu logistiky odpadů v městských aglomeracích

### Problematika managementu

- Supply chain management v metropolitním území
- Synergie rozvoje letecké a vysokorychlostní železniční dopravy
- Optimalizace elektronických komunikačních toků v logistickém řetězci
- Řízení a hodnocení výkonnosti logistických procesů v praxi
- Aplikace logistiky pro zvýšení flexibility podniku.
- Hodnocení logistické výkonnosti podniku v oblasti služeb
- Návrh metodiky pro analýzu logistických systémů
- Analýza potrubní dopravy materiálu

**Další moderní metody** související s logistikou.

Přijaté příspěvky budou recenzovány a publikovány v anglickém jazyce v časopise

**Acta Logistica Moravica**



### Přihlášení na konferenci

Přihláška příspěvku (slouží i pro konferenci) i pokyny pro úpravu rukopisu jsou přístupné na <http://www.actalogisticamoravica.cz#form>.

Vystoupení na konferenci je podmíněno dodáním příspěvku a uhrazením vložného (ve výši 500 Kč resp. 20 €, nejpozději v den konání).



## Program konference

### **Assesment of Wagon Failures by the RBI Method**

*Hodnotenie porúch vagónov metódou RBI*

Lucia Čabaníková, Ľubomír Ambriško, Martin Ďuriška, TUKE FBERG Košice

### **Blockchain Technology and its Utilisation in Logistics**

*Technológia blockchain a jej využitie v logistike*

Martin Ďuriška, Lucia Čabaníková, TUKE FBERG Košice

### **Consignment Warehouse in an Industry Enterprise**

*Konsignační sklad v průmyslovém podniku*

Matěj Hrouda, Oldřich Kodým, VŠB-TUO FMT Ostrava, VŠLG Přerov

### **Digital Transformation and Sustainable Logistics**

*Digitální transformace a udržitelná logistika*

Lukáš Kubáč, Oldřich Kodým, VŠB-TUO Ostrava, VŠLG Přerov

### **Impact of Digitalisation on Logistics in the Context of Industry 4.0**

*Vliv digitalizácie na logistiku v rámci Priemyslu 4.0*

Ladislav Šepeľa, Henkel Slovensko

### **Issues and Challenges in the Smart City Transformation**

*Problémy a výzvy za transformáciou Inteligentného mesta*

Ladislav Šepeľa, Henkel Slovensko

### **Logistics in the Digital Age – The importance of Cyber Security**

*Logistika v digitálnom veku – dôležitosť kybernetickej bezpečnosti*

Kristína Kleinová, Patrícia Muchová, Marek Ondov, TUKE FBERG Košice

### **Optimization of Logistics Using Computer Simulation**

*Optimalizace logistiky pomocí počítačové simulace*

Ivana Hromková, VUT FSI Brno

### **Supply Chain Resilience Solutions**

*Řešení odolnosti dodavatelských řetězců*

Kateřina Tůmová, Václav Cempírek, TUKE FBERG Košice, VŠLG Přerov

### **Utilization of Simulation Tools with VR Support for Visualization of Warehousing Processes**

*Využitie simulačných nástrojov s podporou VR pre vizualizáciu skladovacích procesov*

Patrícia Muchová, Kristína Kleinová, Marek Ondov, TUKE FBERG Košice

### **Utilizing Simulations and Virtual Reality for Empowering Education**

*Využitie simulácie a virtuálnej reality na posilnenie vzdelávania*

Simona Špirková, Martin Ďuriška, Lucia Čabaníková, TUKE FBERG Košice

