

# Svet Dopravy

## 02/2023



[www.svetdopravy.sk](http://www.svetdopravy.sk)

## Redakčná rada

### slovenská:

- prof. Ing. Alica Kalašová, PhD. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
- prof. Ing. Jozef Gnap, PhD. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
- prof. Ing. Jozef Majerčák, PhD. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
- prof. Ing. Miloš Poliak, PhD. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
- doc. Ing. Vladimír Konečný, PhD. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
- Dr. h. c. prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
- Mgr. Ján Popadák, MOTION RECORD INTELLIGENCE, s.r.o

### zahraničná:

- doc. Dr. Ing. Jerzy Mikulski Silesian University of Technology, fakulty of transport, Poland
- Dr. Ing. Marek Jaškiewicz, Kielce University of Technology
- prof. Ing. Dr. Mirek Svitek, Intelligent Transport systems&Services, Sdružení pro dopravní telematiku – ITS&S Czech Republic
- Prof. dr hab. Elzbieta Zaloga, Faculty for Management and Services Economics, Szczecin University. Poland
- Ing. Roman Srp, Intelligent Transport systems&Services Sdružení pro dopravní telematiku – ITS&S. Czech Republic
- doc. Ing. Pavel Hruběš, PhD. České vysoké učení technické, fakulta dopravní, Praha,
- Ing. Zuzana Bělinová, PhD. České vysoké učení technické, fakulta dopravní, Praha

## výkonný redaktor

- Ing. Ľubomír Černický, PhD.

## Vydavateľ

**Asociácia Poskytovateľov Monitorovacích Satelitných Technológií a Inteligentných  
Dopravných systémov ASATECH**



## Obsah

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANALÝZA PREJAVOV ÚNAVY VODIČOV V CESTNEJ NÁKLADNEJ DOPRAVE .....                             | 4  |
| ANALYSIS OF THE MAIN SPANISH PORTS.....                                                      | 16 |
| ROZLOŽENIE ZÁŤAŽE NA NÁPRAVY JAZDNEJ SÚPRAVY: PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA .....                         | 24 |
| ŠPECIFIKÁ URČENIA PLNÉHO BRZDNÉHO SPOMALENIA CESTNÉHO VOZIDLA PRI<br>FORENZNEJ ANALÝZE.....  | 33 |
| STRATÉGIA RIADENIA LETOVEJ PREVÁDZKY 2030.....                                               | 42 |
| METÓDY MERANIA A HODNOTENIA KVALITY A POUŽITIE VYBRANEJ METÓDY<br>V DOPRAVNÝCH SLUŽBÁCH..... | 50 |
| VOZIDLOVÝ PARK NA ALTERNATÍVNE PALIVÁ .....                                                  | 62 |

# ANALÝZA PREJAVOV ÚNAVY VODIČOV V CESTNEJ NÁKLADNEJ DOPRAVE

## Autori:

Ján BEŇUŠ<sup>1</sup>, Dominik BENČO<sup>2</sup>

## Tituly a pôsobisko autorov:

<sup>1</sup>Ing. Ján Beňuš, Katedra cestnej a mestskej dopravy, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina, Slovensko E-mail: jan.benus@stud.uniza.sk

<sup>2</sup>Ing. Dominik Benčo, Katedra cestnej a mestskej dopravy, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina, Slovensko E-mail: dominik.benco@stud.uniza.sk

**Abstrakt:** Cestná nákladná doprava je jedným z hlavných druhov prepravy tovaru v Európskej únii. Táto skutočnosť vytvára tlak na dopravcov, aby bola každá preprava tovaru rýchla, bezpečná, lacná a efektívna. Na základe týchto požiadaviek sú vodiči nákladných vozidiel svojimi zamestnávateľmi často nútení porušovať platné sociálne právne predpisy v Európskej únii a pravidlá cestnej premávky. V porovnaní so súčasnými sociálnymi právnymi predpismi platnými v rôznych častiach sveta sú pravidlá Európskej únie týkajúce sa času jazdy, prestávok a odpočinku vodičov vykonávajúcich cestnú nákladnú a osobnú dopravu najprísnejšie. Dôležitým faktorom a príčinou vážnych a smrteľných dopravných nehôd, rozsiahlych škôd na tovare alebo majetku v cestnej nákladnej doprave je vodič. Hlavným cieľom tohto výskumu bolo overiť, či sú aktuálne predpisy bezpečné a vhodné. Autori sa domnievajú, že výsledky tohto merania môžu prispieť k zvýšeniu bezpečnosti v cestnej nákladnej doprave s prípravou budúcich rozšírených štúdií a návrhom možných zmien súčasných predpisov.

**Kľúčové slová:** únava, simulátor jazdy, rozptýlenie vodiča, cestná doprava

**JEL:** L91

## AN ANALYSIS OF A DRIVER FATIGUE SIGNS IN A ROAD FREIGHT TRANSPORT

**Abstract:** Road freight transport is one of the main modes of transport of goods in the European Union. This fact puts pressure on carriers to ensure that any transport of goods is fast, safe, cheap and efficient. As a result of these demands, lorry drivers are often forced by their employers to break the social legislation in force in the European Union and the rules of the road. Compared with the current social legislation in force in various parts of the world, the European Union's rules on driving times, breaks and rest periods for drivers carrying out road freight and passenger transport are the strictest. The driver is an important factor and cause of serious and fatal accidents and extensive damage to goods or property in road freight transport. The main objective of this study was to verify whether the current regulations are safe and adequate. The authors believe that the results of this measurement can contribute to improving safety in road freight transport by preparing future extended studies and suggesting possible changes to the current regulations.

**Keywords:** fatigue, driving simulator, driver distraction, road transport

# 1 Úvod

Únava vodičov je kritickým aspektom, ktorý musia samotní vodiči vždy pozorne sledovať. Ospalý vodič môže na cestách spôsobiť rôzne chyby a dopravné nehody, ktoré majú za následok finančné straty, škody na zdraví a predovšetkým straty na ľudských životoch. Únava je častejšou príčinou nehôd ako jazda pod vplyvom alkoholu [1]. Vodiči sa môžu cítiť unavení v dôsledku nedostatku spánku, nepretržitého vedenia vozidla, užívania návykových látok a liekov. Ak vodič počas jazdy rýchlosťou 100 km/h zaspí len na štyri sekundy, vozidlo prejde 111 metrov bez toho, aby ho vodič ovládal [2]. Okrem toho predĺžený reakčný čas vodičov znamená dlhšie rozhodovanie a môže mať za následok kolíziu alebo dopravnú nehodu [3]. Pri vysokej rýchlosti je pravdepodobná nehoda s vysokým rizikom smrti alebo ťažkého zranenia. Približne 16 - 20 % smrteľných dopravných nehôd zahŕňa únavu vodiča [4]. Únava je hlavnou príčinou dopravných nehôd v štáte Viktória (Austrália), ktoré majú za následok približne 50 úmrtí a približne 300 ťažkých zranení ročne [5,6]. Vzhľadom na to, že sa nám podarilo preukázať, že únava je hlavnou príčinou nehôd, musíme sa ňou zaoberať.

Táto výskumná téma je zameraná na identifikáciu únavy vodičov v cestnej nákladnej doprave. Pravidlá týkajúce sa času jazdy, prestávok a odpočinku vodičov vykonávajúcich cestnú nákladnú a osobnú dopravu sú v Slovenskej republike a v Európskej únii stanovené v nariadení Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006. Cieľom tohto nariadenia je zlepšiť pracovné podmienky a bezpečnosť cestnej premávky, podporiť lepšie monitorovanie a presadzovanie predpisov členskými štátmi a zlepšiť pracovné postupy v sektore cestnej nákladnej dopravy [7]. Bohužiaľ, niektorí vodiči súčasné znenie nariadenia nepoznajú, čo spôsobuje nepríjemné chyby pri dodržiavaní pracovných pravidiel [8]. Veríme, že sa nám podarí potvrdiť alebo prispieť k zlepšeniu súčasnej legislatívy, najmä v oblasti medzinárodnej cestnej nákladnej dopravy.

V prvej časti výskumu sa rozoberajú metódy a rôzne typy zisťovania únavy a možné spôsoby zaznamenávania únavy vodičov. Merania sú rozdelené do dvoch častí, pričom prvá časť meraní prebieha na simulátore v laboratóriách Vedeckého parku Žilinskej univerzity v Žiline. Druhá časť meraní sa uskutoční na reálnom nákladnom vozidle a v reálnej cestnej premávke. Druhého merania sa zúčastní profesionálny vodič pre lepšie výsledky experimentu v porovnaní s prvým experimentom na simulátore, ktorý bol vykonaný s držiteľom vodičského oprávnenia skupiny B.

Ako už bolo spomenuté, plánovaný výskum pozostáva z dvoch častí a niekoľkých rôznych meraní, ktoré by nám mali poskytnúť rôzne pohľady na riešené otázky. V prvej časti sa vykonajú merania, ktorých výsledky sa následne vyhodnotia v druhej časti a uvedú sa konkrétne výstupy. Prvá časť meraní sa uskutoční na simulátore, kde bude tvár vodiča monitorovaná kamerami počas celého dňa počas jedenást hodinovej jazdy. Z tohto merania môžeme usúdiť, že povinná prestávka umožnila vodičovi zbaviť sa únavy a nedostatočnej koncentrácie, keďže počet chýb po 45-minútovej prestávke rýchlo klesol na absolútne minimum. Údaje o spánku neboli zachytené, pretože vodič bol pripravený a informovaný o experimentoch. Na základe tejto informácie nám nenapadlo sledovať tieto informácie, pretože vodič prišiel dobre oddýchnutý. Druhá časť meraní sa uskutoční v reálnej premávke, kde bude tvár vybraného vodiča počas jazdy sledovať kamera. Pri tomto meraní sa zistili významné známky únavového správania. Posledná časť príspevku je zameraná na vyhodnotenie a návrh ďalších budúcich meraní. Hlavným cieľom tohto výskumu je však získať cenné a overiteľné materiály na preskúmanie súčasnej štruktúry pravidiel a v prípade, že sa zistia nedostatky, navrhnúť možné úpravy.

## 2 Prehľad literatúry a rozpoznávanie ospalosti

Väčšina štúdií o únavách pri vedení vozidla sa uskutočnila s použitím simulátorov jazdy, najmä preto, že poskytujú bezpečné, cenovo dostupné a dobre kontrolované podmienky a uľahčujú zber údajov [9]. Simulácia jazdy tiež umožňuje posúdiť väčšie množstvo rôznych okolností jazdy, najmä rizikových alebo fyzicky ohrozujúcich [10]. Medzi takéto scenáre, ktoré nie je možné vyhodnotiť na pozemných komunikáciách alebo na testovacej dráhe, sa napríklad hodnotí schopnosť testovanej osoby vyhnúť sa dopravnej nehode a zisťuje sa vplyv drog, alkoholu a vyčerpanosti na jazdu. [11]. Podľa Philipa (2005) sú na skúmanie únavy vodiča vhodné scenáre jazdy v reálnom svete aj počítačové simulácie [12]. Vstupné zdroje algoritmu na detekciu ospalosti možno rozlíšiť podľa prvého merania a krokov spracovania vykonaných na transformáciu meraní na funkcie. Medzi merania skúmané v literatúre patrí srdcová frekvencia [13], mozgová aktivita, zatváranie a sledovanie očí, poloha v jazdnom pruhu a uhol natočenia volantu [14]. Napriek tomu, že väčšina predchádzajúcich algoritmov sa zameriava na jeden typ merania, viaceré využívajú kombináciu meraní [15].

Najpoužívanejšími a teoreticky najpresnejšími meraniami sú elektroencefalogram (EEG), percento zatvorenia očí počas pevného časového intervalu (PERCLOS) a uhol natočenia volantu [16]. EEG je výhodné, pretože jednotlivé spektrálne vzory v signalizácii majú dobre známu súvislosť s prechodom medzi bdlosťou a spánkom [14]. EEG je obmedzené množstvom predbežného spracovania potrebného pred klasifikáciou, náchylnosťou na výkyvy a uskutočniteľnosťou zberu EEG od vodičov v reálnych situáciách. PERCLOS, vyvinutý Wierwille (1994), je zlatým štandardom na zisťovanie ospalosti. PERCLOS predpovedá ospalosť na základe percentuálneho podielu času, počas ktorého sú oči osoby zatvorené viac ako 80 % času v priebehu 2 minút [17]. Dinges (1998) preukázali, že algoritmus PERCLOS mal viac ako 90 % presnosť pri zisťovaní zhoršeného výkonu počas úlohy zameranej na bdlosť, ktorá bola pre všetkých vodičov v štúdiu spoľahlivejšia ako EEG, žmurkanie a poloha hlavy [18]. Napriek svojej širokej akceptácii má PERCLOS niekoľko praktických obmedzení. PERCLOS na rozpoznávanie v reálnom čase je obmedzený, pretože súčasná kamerová technológia potrebná na jeho meranie je drahá, nebola podrobne testovaná a môže byť nespoľahlivá, ak má vodič slnečné okuliare alebo za poveternostných podmienok, ktoré spôsobujú vysoké množstvo oslnenia [16]. Napriek týmto obmedzeniam podstatné dôkazy preukazujúce užitočnosť systému PERCLOS naznačujú, že by mohol byť užitočný na porovnávanie nových algoritmov [17]. Nemôžeme zabúdať ani na používanie subjektívnych metód, ktoré môžu pomôcť zlepšiť aj úroveň vykonávaných experimentov. Stanfordská stupnica ospalosti [19] a Karolínska stupnica ospalosti [20] sú dve najpoužívanejšie subjektívne metódy. Stanfordská škála je 7-bodová meracia škála opisujúca aktuálny stav ospalosti jednotlivca. Na druhej strane Karolínska škála ospalosti je 9-bodová stupnica. Táto stupnica je rozsiahlejšia, dokáže kategorizovať ospalosť vodiča do niekoľkých rôznych úrovní [21]. Autori uvažujú o použití Stanfordskej škály ospalosti uvedenej ďalej v tabuľke 1, kde sa stav ospalosti vodiča bude hodnotiť pomocou dotazníka a odborného pozorovania.

*Tab. 1. Stanfordská stupnica ospalosti*

| Stupnica | Popis                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| 1        | Cítiť sa aktívne, pohotovo, bdlo, čulo, ostražito.        |
| 2        | Fungovať na vysokej bdelej úrovni, nie však na najvyššej. |
| 3        | Bdelý, avšak zrelaxovaný, no nie úplne v pohotovosti.     |
| 4        | Trochu unavený, ospalý.                                   |
| 5        | Silnejšia ospalosť, spomalenosť.                          |
| 6        | Silná ospalosť, zmätenosť, uprednostnenie ležatej polohy. |
| 7        | Nástup spánku, zaspávanie.                                |

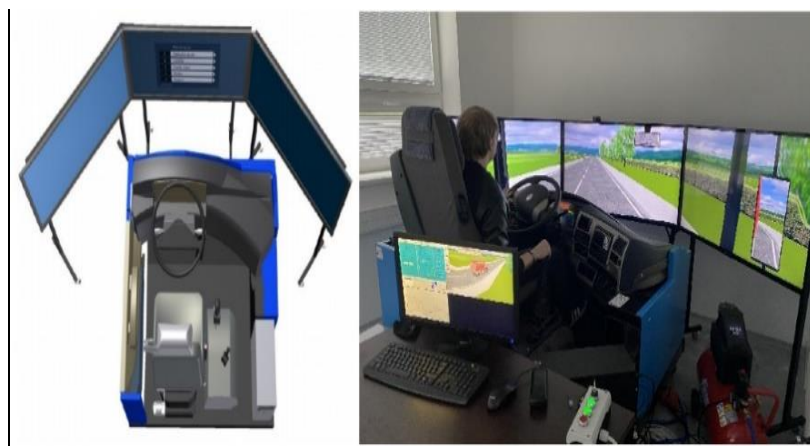
Zdroj: Spracované autormi na základe [19]

### 3 Materiály a metódy

Pripravovaný výskum zameraný na identifikáciu únavy vodičov v cestnej nákladnej doprave je rozdelený do dvoch fáz, ktoré sú rozdelené do niekoľkých meraní. Najprv predstavíme trenažér a rôzne scenáre a postupy jazdy.

#### 3.1 Materiály

Kabína tohto trenažéra je vytvorená ako konštrukčný model požadovaného typu vozidla (nie je vytvorená zo skutočnej kabíny nákladného vozidla). Vnútročné usporiadanie kabíny kopíruje skutočnú kabínu z hľadiska rozmiestnenia ovládacích prvkov a ukazovateľov. Funkcie volantu zabezpečuje motorový servomotor, radiaca páka, pedále, ručná brzda a nastavenie polohy volantu, ktoré sú vybavené silovými simuláciami tlakového vzduchu, ktoré zodpovedajú skutočnému vozidlu. Obraz sa premieta pred vodičom na systéme troch širokouhlých obrazoviek, ako aj na zadné pohľady umiestnené v oblasti projekčnej plochy. Trenažér je vybavený aj riadiacim pracoviskom, ktorý slúži na ovládanie systému, a panelom na spúšťanie elektrických a iných obvodov simulátora, ako je možné vidieť na obrázku 1. Výpočtové zariadenie na generovanie obrazu je umiestnené vedľa sedadla vodiča a generuje obrazy predného aj zadného pohľadu monitorov vo vzťahu ku krajine premietanej pred vodičom. Vodič môže sledovať premávku za vozidlom.



Zdroj: Autori

*Obr. 1 Trenažér*

Trenažér simuluje rôzne situácie, ktoré sa dejú pri bežnej obsluhu vozidla, a to od základných vecí ako rozbiehania, zastavovania, brzdenia, zatáčania, riadenia prevodových stupňov, cez jazdu v teréne s prevýšeniami, predbiehaním, obchádzaním až po jazdu v meste, simuláciou krízových situácií alebo vedením vozidla v zhoršených podmienkach, ako napríklad v noci. Na základe výkonného procesora zaznamenáva duálny objektív súčasne prednú kameru a vnútornú kameru časti vozidla. Výnimočná nízko profilová konštrukcia umožňuje dobre skryť palubný objektív. Modul GPS presne zaznamenáva polohu, rýchlosť a trasu vozidiel. Možno ich zobrazíť pomocou programu GPS na počítači. Technológia WDR automaticky kompenzuje svetlé a tmavé miesta a vyrovnáva expozíciu, čím umožňuje zaznamenávať všetky detaily scény naživo. Simulátor je tiež vybavený systémom varovania pred vybočením z jazdného pruhu a systémom varovania pred čelným nárazom.



## 3.2 Metódy

V tomto výskume sme pracovali s piatimi rôznymi scenármi jazdy, kde mal vodič úplnú voľnosť v jazde po scenároch. Prvý a najdlhší scenár jazdy, ktorý vodič absolvoval, sa odohrával na diaľnici s bežnou premávkou a je znázornený na obrázku 2. Tento scenár jazdy trval štyri a pol hodiny, kým si vodič urobil prvú povinnú prestávku trvajúcu 45 minút podľa platných predpisov.



Zdroj: Autori

*Obr. 2 Scenár jazdy na diaľnici*

Po prvej povinnej 45-minútovej prestávke, ktorú musí každý vodič, na ktorého sa vzťahuje nariadenie EÚ 561/2006 absolvovať, aby získal ďalšie štyri a pol hodiny času na jazdu v daný deň, sa začal druhý scenár jazdy. Vodič jazdil v tomto scenári dve hodiny s rôznymi typmi prekážok na ceste a okolo cesty, tiež s rôznymi rýchlostnými obmedzeniami a klasickou premávkou s inými vozidlami, ale bez prevýšení. V tomto scenári cesta neprechádzala žiadnym mestom, celý čas vedie mimo mesta alebo dediny, ako je to znázornené na obrázku 3.



Zdroj: Autori

*Obr. 3 Obvyklý scenár cesty*



Po dvoch hodinách jazdy v predchádzajúcom scenári nasleduje pätnásťminútová prestávka. Vodiči si môžu 45-minútové prestávky rozdeliť na dve samostatné časti v trvaní minimálne pätnásť minút pre prvú prestávku a potom druhá prestávka nesmie byť kratšia ako 30 minút. Spolu musia obe prestávky trvať minimálne 45 minút po každých štyroch a pol hodinách jazdy okrem prípadu, keď nasleduje denný odpočinok alebo týždenný odpočinok, vtedy prestávka nie je potrebná. Počas tejto pätnásťminútovej prestávky sa scenár jazdy zmenil na mestský režim, ako je znázornené na obrázku 4.



Zdroj: Autori

*Obr. 4 Scenár jazdy v meste*

Po absolvovaní celkovo štyroch a pol hodiny s predchádzajúcimi dvoma hodinami jazdy v bežnom cestnom scenári a dvoma a pol hodinami v tomto mestskom scenári vodič zastavil simulátor a začal odpočívať tridsať minút, čo je druhá časť povinnej 45-minútovej prestávky pred tým, ako môžu vodiči jazdiť viac hodín podľa nariadenia 561/2006. Nariadenie v Európskej únii povoľuje vodičom nákladných vozidiel jazdiť dvakrát desať hodín počas jedného pracovného týždňa. Na základe týchto informácií sme sa rozhodli predĺžiť meranie a čas jazdy vodiča o ďalšiu hodinu, aby sme zistili počet chýb a znaky správania sa vodiča pri únave na konci práce. Zmenili sme aj scenár jazdy na podobný, ako bol druhý scenár jazdy. V porovnaní s druhým scenárom tento štvrtý scenár jazdy obsahoval prevýšenia, členitý terén s rôznymi prekážkami v okolí. Tento scenár jazdy je znázornený na obrázku 5.



Zdroj: Autori

*Obr. 5 Scenár jazdy s kopcami*

Po uplynutí desiatich hodín jazdy v jednom dni vodič nemôže pokračovať v práci a jazdiť viac hodín podľa staršej právnej normy, ale podľa nového nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/1055 z 15. júla 2020 môže vodič prekročiť denný a týždenný čas jazdy až o jednu hodinu, aby sa dostal do prevádzkového strediska zamestnávateľa alebo do miesta bydliska vodiča, z dôvodu aby mohol čerpať týždenný odpočinok. Na základe tejto novej zmeny predĺžime čas jazdy vodiča o ďalšiu hodinu. Predtým,

ako vodič začal jazdiť poslednú jedenástu hodinu v tomto dni, si vodič vzal 30-minútovú bezpečnostnú prestávku. Počas tejto prestávky sme zmenili aj scenár jazdy. Posledný scenár jazdy sa uskutočnil na komunikáciách medzi rôznymi obcami a poľnohospodárskymi podnikmi, ako je znázornené na obrázku 6.



Zdroj: Autori

*Obr. 6 Scenár jazdy po obecnej ceste*

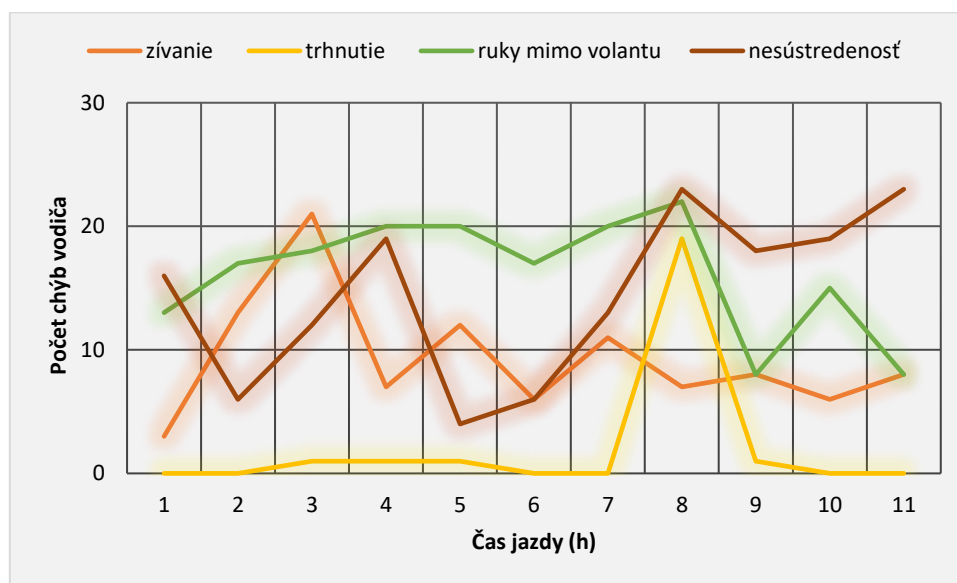
Vyhodnotenie priebehu tohto prvého merania na simulátore, kde jeden vodič jazdil jedenásť hodín počas jedného dňa v piatich rôznych scenároch jazdy, je uvedené v časti s výsledkami. Vodič bol počas celodennej jazdy nahrávaný videokamerou a z týchto videozáznamov boli vyhodnotené štyri rôzne znamenia a chyby. Jedným z najväčších dôvodov jedenásťhodinového experimentu bolo zistiť správanie vodiča a úroveň jeho únavy po dlhých hodinách výkonu jazdy.

### 3.3 Metodika

Prvá časť meraní vychádza z údajov získaných počas jazdy na simulátore. Údaje sa zbierajú priebežne počas celej jazdy zo simulátora a zo záznamovej kamery. Simulátor zbiera záznamy o stave vozidla a vstupoch vodiča (t. j. poloha v jazdnom pruhu, maximálna a priemerná rýchlosť, prejdená vzdialenosť, čas jazdy, radenie bez spojky, poloha spojkového pedálu a pod.). Doba jazdy trvá minimálne 11 hodín za jeden deň a zahŕňa reálne prostredie. Používa sa päť mierne odlišných scenárov jazdy, jeden pre každú jazdu, aby sa eliminoval potenciálny efekt učenia. Každý scenár predstavuje rovnaké udalosti simulátora, ale v inom poradí. Kamera zaznamenáva rôzne pohyby očí vrátane žmurkania a zatvárania očí, zívania a poklesu polohy hlavy. Druhá časť merania sa uskutočňuje v reálnom vozidle s profesionálnym vodičom nákladného vozidla zo Slovenska. Druhé meranie je založené na zbere údajov GPS, údajov digitálneho tachografu a videozáznamu vodiča monitorovaného počas jazdy. Údaje sa zbierajú počas celého dňa a zahŕňajú rôzne jazdy vodiča nákladného vozidla zo Slovenska do rôznych európskych krajín. Na záver prezentovanej metodiky je potrebné uviesť, že na hodnotenie únavy vodičov sa používa subjektívna metóda.

## 4 Výsledky

Celkový čas jazdy vodiča bol 11 hodín za jeden deň, čo umožnila úprava nariadenie 561/2006 prostredníctvom nariadenia 2020/1055 prijaté 15. júla 2020. Počas celého času bol vodič monitorovaný kamerou zaznamenávajúcou jeho tvár a hornú časť tela, ale aj programom simulátora zaznamenávajúcím chyby vodiča. Zistili sme, že v prvej časti merania v skorých ranných hodinách boli príznaky únavového správania výraznejšie ako v druhej časti merania, a to nielen zívanie, ale aj príklady padania hlavy a jej podopierania jednou rukou či pomalšie reakčné časy. Tieto príznaky únavy sú vyššie na začiatku experimentu, potom sa príznaky znížili a vodič sa začal sústreďovať na cestu. Po absolvovaní 45-minútovej prestávky sa počet chýb znížil na minimum. Môžeme zhodnotiť, že povinný čas prestávky pomohol vodičovi odstrániť únavu a nesústredenosť. Na druhej strane môžeme pozorovať, že druhá krátka prestávka v trvaní len 15 minút po ďalších dvoch hodinách jazdy nepomohla k eliminácii chýb, ako je nesústredenosť alebo prudké pohyby. Výrazný nárast trhnutia volantu v 8. hodine bol spôsobený dlhším časom jazdy medzi dvoma prestávkami, viacerými rôznymi scenármi jazdy a jednou len 15-minútovou prestávkou, čo spôsobilo zníženie pozornosti vodiča. Vyhodnotenie chýb vodiča a príznakov únavového správania je uvedené na obrázku 7.

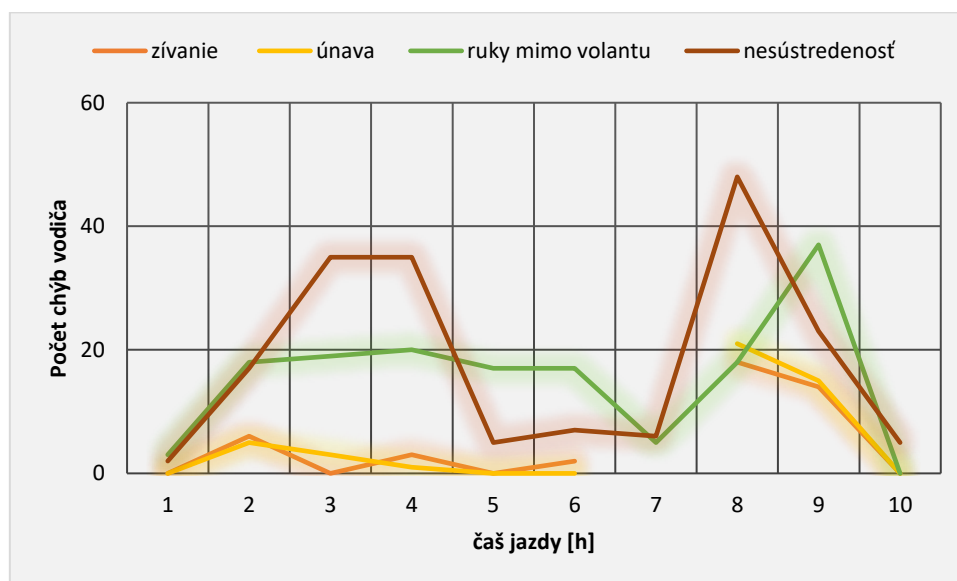


Zdroj: Autori

Obr. 7 Výsledky kamerového záznamu vodiča v trenažéri

Po druhej 30-minútovej prestávke pred poslednou časťou jazdy môžeme opäť pozorovať klesajúci počet príznakov únavového správania. Ak to teda zhrnieme, na základe porovnania, v druhej časti merania môžeme vidieť viac chýb, ktoré by mohli spôsobiť dopravné nehody, ale väčšina chýb súvisela s rozptyľovaním pozornosti telefónom, či už telefonovaním alebo písaním textových správ, a nie s príznakmi únavového správania. Vodič nebol informovaný o zaznamenaní chýb v rozpore so zákonom o cestnej premávke. Vzhľadom na tento veľký aktuálny problém používania mobilného telefónu vodič strácal pozornosť na situáciu v cestnej premávke, ale nevieme vyhodnotiť, do akej miery by strata pozornosti mohla viesť k dopravnej nehode. Na záver môžeme povedať, že viac nebezpečných situácií bolo spôsobených nedostatočnou koncentráciou, ako unaveným správaním vodiča. V tejto štúdii môžeme potvrdiť, že súčasné predpisy o čase jazdy a prestávkach sú vhodné.

Druhá časť meraní, ktorú sme realizovali, bola zameraná na identifikáciu únavy vodiča počas jazdy v reálnej premávke. Vodič sa riadil platnými predpismi s časom jazdy maximálne 10 hodín za jeden deň. Vodič pracoval ako počas bežného dňa, s tým rozdielom, že počas tohto jedného dňa bol výkon vodiča zaznamenávaný pomocou tvárovej videokamery. Výsledkom tejto analýzy bolo rovnaké zistenie ako pri analýze na simulátore. Hodnotili sme príznaky zívania, únavy, nedostatočnej koncentrácie a spúšťania rúk z volantu. Prvú polhodinu vodič viedol vozidlo po komunikácii, potom nasledovala prvá časť 15-minútovej prestávky pred prejazdom cez hranice. Vodič potom pokračoval v jazde takmer 4 hodiny a následne absolvoval druhú 30-minútovú prestávku. Po prestávke nasledovala 4,5 hodinová jazda po diaľnici. Pred začatím poslednej časti cesty si vodič musel urobiť druhú 45-minútovú prestávku. Posledná hodina cesty bola mimo diaľnice v blízkosti miesta vykládky, kde vodič tiež zastavil a urobil si skrátenejší denný odpočinok v trvaní 9 hodín. Celkový čas jazdy a práce v ten deň bol takmer desať hodín. Počas celého času bol vodič monitorovaný kamerou, ktorá snímala jeho tvár a hornú časť tela, ale počas prestávok vodiča bola kamera vypnutá. Zistili sme výrazné príznaky únavového správania v prvom čase jazdy pred druhou prestávkou v trvaní 30 minút a tiež výrazné príznaky nesústredenosti, ktoré mohli byť spôsobené únavou vodiča. Možno pozorovať, že v druhej časti merania pred poslednou hodinou jazdy sa začali objavovať príznaky únavy, ako je zívanie pozorované na videozázname, pomalé klesanie hlavy, podopieranie hlavy rukou a trenie očí, ale po 45-minútovej prestávke všetky príznaky zmizli. Vysoký nárast nedostatočnej pozornosti mohlo byť spôsobené únavou a preto sa na zníženie únavy mohlo použiť rozptýlenie pozornosti hlavne mobilným telefónom. Na druhej strane, počas celého merania môžeme pozorovať oveľa viac chýb ako v prípade štúdie na simulátore, čo by mohlo ohroziť bezpečnosť premávky. Väčšina chýb súvisela s rozptyľovaním pozornosti telefónom, či už telefonovaním alebo písaním textových správ, čo sa prejavilo aj v štúdii na simulátore. Žiaľ, bez predných záznamov nevieme odhadnúť, koľko nebezpečných situácií v cestnej premávke mohlo vzniknúť. Vyhodnotenie chýb vodiča a príznakov únavového správania je uvedené na obrázku 8.



Zdroj: Autori

Obr. 8 Vyhodnotenie vodiča v reálnej premávke

## 5 Diskusia a záver

Správa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) o bezpečnosti cestnej premávky odhaľuje, že v rokoch 2001 až 2013 z dôvodu únavy vodičov každoročne zomiera približne 1,2 milióna ľudí pri dopravných nehodách [22]. Na základe analýzy štatistík nehodovosti z EÚ a USA sa zistilo, že situácia v EÚ je lepšia ako v USA, pokiaľ ide o nehodovosť za obdobie štyroch rokov od roku 2009 do roku 2012. Aj keď celkový počet smrteľných nehôd v EÚ a USA je veľmi podobný [23]. Z dôvodu závažnosti tohto problému existuje niekoľko typov výskumov na prevenciu ospalých vodičov pri riadení motorového vozidla. Tento prístup znamená uvedenie si dôsledkov nedostatku spánku, únavy spôsobenej dlhou monotónnou jazdou, ale aj inou prácou a prevádzkovou dobou miest dodania [8]. V porovnaní so súčasnou sociálnou legislatívou platnou v Spojených štátoch amerických môžu vodiči v Európskej únii jazdiť o 4 až 10 hodín menej za jeden pracovný týždeň, pričom za dva týždne to môže byť rozdiel až 30 hodín [24].

V našom výskume sa uskutočnili dva rôzne experimenty, ktorých cieľom bolo overiť stav vedomia vodiča pri riadení nákladného vozidla počas 10-hodinového pracovného dňa. Jedna zo štúdií bola realizovaná na simulátore a rovnaký typ štúdie sa uskutočnil v reálnej premávke. Ako už bolo uvedené, medzi výsledkami získanými pri výkone vodičov na simulátore a v reálnom vozidle sú rozdiely. Nezistili sme výrazné príznaky správania sa v dôsledku únavy počas celého obdobia jazdy oboch vodičov. Výsledkom je, že vodiči môžu bezpečne jazdiť 10 alebo 11 hodín denne v súlade s platnými predpismi, pokiaľ dodržiavajú zákonné požiadavky na odpočinok. Na zhrnutie tejto časti štúdie je potrebné uskutočniť dlhší experiment, kde bude zaznamenaných a vyhodnotených viac dní za sebou u jedného vodiča. Na druhej strane, v dôsledku nesústredenia sa, vodič v reálnej premávke spôsobil nebezpečnejšie situácie, ktoré mohli viesť k dopravnej nehode, ako vodič na simulátore. Nesústredenosť súvisela najmä s používaním mobilného telefónu na telefonovanie alebo písanie textových správ. Chyby a porušenia pravidiel cestnej premávky boli zaznamenané len vtedy, keď mal vodič v ruke telefón, ak použil handsfree, nebolo to zaznamenané ako chyba. Na druhej strane je potrebné vziať do úvahy, že používanie telefónu pomáha mnohým vodičom znížiť pasívnu únavu. Na základe uvedeného možno konštatovať, že výsledky získané z výskumu na simulátore sú porovnateľné s výsledkami získanými z výskumu vykonanej v reálnej premávke.

Vďaka tomuto výskumu je možné uskutočniť ďalšie podobné meranie, pri ktorých by sa čas jazdy predĺžil na 12 až 15 hodín denne, ako je to v iných krajinách. Úlohou tohto budúceho merania by bolo dobré overiť, či je vodič schopný bezpečne viesť motorové vozidlo pri dodržaní povinných prestávok v práci počas jedného 24-hodinového dňa. Takýmto meraním by sme identifikovali potenciálny maximálny čas jazdy počas jedného dňa, teda 24 hodín. Toto meranie sa doplní údajmi zaznamenanými v softvéri simulátora pomocou behaviorálnej metódy, ako je napríklad vybočenie z jazdného pruhu, čas otvárania a zatvárania očí atď. Behaviorálne metódy pomôžu preferovať výsledný obraz únavy vodiča. Získané výsledky považujeme za východisko pre porovnanie s inými metódami a budúce experimenty. Ako už bolo spomenuté, celkový čas jazdy vodiča sa novelou nariadenia 561/2006 prijatou 20. augusta 2020 zvýšil na 11 hodín za jeden deň. Pokiaľ ide o súčasnú právnu úpravu v USA, v cestnej nákladnej doprave je pre profesionálnych vodičov možné jazdiť 11 hodín každý deň medzi dvoma týždennými prestávkami na odpočinok, na rozdiel od EÚ, kde je táto možnosť pre vodičov len raz týždenne, ak sú splnené ďalšie podmienky. S rastúcim dopytom po tovare je potrebných veľa vozidiel [25]. Jedným z možných riešení by preto mohlo byť využívanie existujúcich vozidiel s existujúcimi vodičmi, a to predĺžením ich pracovného, jazdného času na takých niekoľko hodín, aby to neohrozilo bezpečnosť cestnej premávky.

Vykonané experimenty preukázali, že existuje potenciál pre budúce experimenty, ktoré by mohli viesť k zmenám súčasnej regulácie. Ak zhrnieme zistenia vyplývajúce z dvoch celodenných experimentov, môžeme konštatovať, že správanie vodičov bolo podobné v reálnej premávke aj na simulátore. Táto skutočnosť nám dokazuje, že na simulátore je možné realizovať ďalšie rozsiahlejšie merania, ktoré budú mať porovnateľnú výpovednú hodnotu s meraniami vykonanými v reálnej premávke. Hoci tento výskum využíva veľmi kvalitný simulátor, presne nekopíruje skúsenosti skutočného riadenia, preto na zlepšenie výsledkov plánujeme porovnať dva typy nezávislých výskumov z reálnej premávky a simulátora. Tieto budúce štúdie v reálnej prevádzke aj na simulátore budú využívať údaje získané z viacerých rôznych meraní s väčším počtom účastníkov. Správanie vodičov ovplyvňuje mnoho faktorov. Vzhľadom na malú vzorku vodičov v jednotlivých meraniach teraz nemôžeme náležite zohľadniť osobné charakteristiky vodičov (napr. vek, pohlavie, vzdelanie a pod.) a psychické stavy (napr. rozrušenie, depresia apod.). Napriek týmto obmedzeniam



uskutočnený výskum poskytol systematický prístup k identifikácii potenciálnych rizík medzi rôznymi vodičmi nákladných vozidiel. Jednou z otázok je, aká metóda a algoritmus by sa mali použiť na vyhodnotenie výsledkov. Táto výskumná štúdia má niekoľko obmedzení vrátane použitia simulátora jazdy, rozsahu údajov z testov a rozsahu základnej pravdy o únave. Tieto výsledky a budúce výsledky by sa mohli skombinovať s bezpečnostnými zásahmi zameranými na riešenie príčin únavy, ako sú nesprávne pracovné postupy a poruchy spánku, s cieľom vytvoriť komplexné systémy, ktoré zlepšia bezpečnosť jazdy [11]. Prínosom a možnou zmenou, ktorá by mohla vyplývať z tohto pilotného výskumu a prípadne budúcich výskumov, je zmena času jazdy vodiča z 9 hodín denne na 10 hodín denne. V tomto pilotnom výskume je však potrebné pokračovať a rozvíjať ho. Hlavným cieľom výskumu a budúcich výskumov je však pripraviť prínosné a overené dokumenty na zhodnotenie súčasnej legislatívy a v prípade zistenia nedostatkov navrhnúť možné zmeny.

## 6 Literatúra

- [1] Ghole, U., Chavan, P., Gandhi, S., Gawde, R., & Fakir, K. (2020). DROWSINESS DETECTION AND MONITORING SYSTEM. In ITM Web of Conferences (Vol. 32, p. 03045). EDP Sciences. DOI:10.1051/itmconf/20203203045
- [2] Tipy na bezpečnú jazdu pri únave. [12.05.2023]. Dostupné online: <https://www.mylicence.sa.gov.au/safe-driving-tips/fatigue>
- [3] Putilov, A.A. & Donskaya, O.G., (2013). Construction and validation of the EEG analogues of the Karolinska sleepiness scale based on the Karolinska drowsiness test. *Clinical Neurophysiology*, 124(7), pp.1346 – 1352. Dostupné online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2013.01.018>.
- [4] Junaedi, S., & Akbar, H., (2018, September). Driver drowsiness detection based on face feature and PERCLOS. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1090, No. 1, p. 012037). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1742-6596/1090/1/012037.
- [5] Stoma, M., Caban, J., Dudziak, A., & Kuranc, A. (2021). Selected Aspects of the Road Traffic Safety Management System. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 23(2), F33-42. doi: 10.26552/com.C.2021.2.F33-F42
- [6] Apoorva, A., Vali, D., & Rakesh K. R. (2020). Review on Drowsiness Detection. *EAI Endorsed Transactions on Smart Cities*, 07 2020 – 08 2020, Volume 4, Issue 12, e7, number of pages: 6. DOI: 10.4108/eai.13-7-2018.165517.
- [7] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 z 15. marca 2006 o harmonizácii niektorých právnych predpisov v sociálnej oblasti, ktoré sa týkajú cestnej dopravy, ktorým sa menia a dopĺňajú nariadenia Rady (EHS) č. 3821/85 a (ES) č. 2135/98 a zrušuje nariadenie Rady (EHS) č. 3820/85 [10.06.2023]. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A02006R0561-20200820&qid=1694545751457>.
- [8] Poliak, M., Beňuš, J., & Lazaroiu, G. (2022). Violations of social regulation and traffic accidents in road freight transport. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*, 97(3), 51 - 59. DOI: 10.14669/AM/155050.
- [9] Reed, M. P., & Green, P. A. (1999). Comparison of driving performance on-road and in a low-cost simulator using a concurrent telephone dialling task. *Ergonomics*, 42(8), 1015-1037. <https://doi.org/10.1080/001401399185117>.
- [10] Zhou, T., & Zhang, J. (2019). Analysis of commercial truck drivers' potentially dangerous driving behaviors based on 11-month digital tachograph data and multilevel modeling approach. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 105256. DOI: 10.1016/j.aap.2019.105256.

- 
- [11] Lew, H. L., Poole, J. H., Lee, E. H., Jaffe, D. L., Huang, H. C., & Brodd, E. (2005). Predictive validity of driving-simulator assessments following traumatic brain injury: a preliminary study. *Brain injury*, 19(3), 177-188. <https://doi.org/10.1080/02699050400017171>.
- [12] Philip, P., Sagaspe, P., Taillard, J., Valtat, C., Moore, N., Åkerstedt, T., ... & Bioulac, B. (2005). Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions. *Sleep*, 28(12), pages: 1511-1516. <https://doi.org/10.1093/sleep/28.12.1511>.
- [13] Furman, G. D., Baharav, A., Cahan, C., & Akselrod, S. (2008). Early detection of falling asleep at the wheel: A heart rate variability approach. In 2008 Computers in Cardiology 35; (number of pages: 1109-1112). ISSN 0276-6574. DOI: 10.1109/CIC.2008.4749240.
- [14] Lal, S. K., Craig, A., Boord, P., Kirkup, L., & Nguyen, H. (2003). Development of an algorithm for an EEG-based driver fatigue countermeasure. *Journal of safety Research*, 34(3), 321-328. DOI: 10.1016/S0022-4375(03)00027-6.
- [15] Zilberg, E., Burton, D., Xu, M., Karrar, M., & Lal, S. (2008, August). Methodology and initial analysis results for development of non-invasive and hybrid driver drowsiness detection systems. In The 2nd International Conference on Wireless Broadband and Ultra-Wideband Communications, eBook ISBN: 978100333708. (Number of pages 16-36). IEEE. DOI: 10.1109/AUSWIRELESS.2007.44.
- [16] Balkin, T. J., Horrey, W. J., Graeber, R. C., Czeisler, C. A., & Dinges, D. F. (2011). The challenges and opportunities of technological approaches to fatigue management. *Accident Analysis & Prevention*, 43(2), 565-572. DOI: 10.1016/j.aap.2009.12.006.
- [17] Williamson, A., Friswell, R., Olivier, J., & Grzebieta R., (2014). Are drivers aware of sleepiness and increasing crash risk while driving? *Accident Analysis and Prevention*, 70, pp.225–234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.04.007>
- [18] Dinges, D. F., Mallis, M. M., Maislin, G., & Powell, J. W. (1998). Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and as the basis for alertness management National Highway Traffic Safety Administration. (DOT-HS-808-762). United States. [19.05.2023] Available at: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/2518>.
- [19] Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., & Dement, W. C., (1973). Quantification of Sleepiness: A New Approach. *Psychophysiology*. Volume 10, Issue 4 p. 431-436. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1973.tb00801.x.
- [20] Åkerstedt, T. & Gillberg, M., (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience*. Pages 29-37 . DOI: 10.3109/00207459008994241.
- [21] Tarkowski, S., Nieoczym, A., Caban, J., Madleňák, R. (2021) "The Possibility of Noticing the Cyclists Based on Reflective Effect of the Elements on the Bicycle Pedals", *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 49(2), pp. 132–138. <https://doi.org/10.3311/PPtr.14669>
- [22] Zehnder, E. C., Schmölzer, G. M., van Manen, M., & Law, B. H. (2021). Using eye-tracking augmented cognitive task analysis to explore healthcare professionals' cognition during neonatal resuscitation. *Resuscitation Plus*, 6, 100119. <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2021.100119>.
- [23] Kapusta, J., & Kalašová, A. (2016). A comparison of truck driver safety between the EU and the USA. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. Volume: 93, Pages: 49-58, DOI: 10.20858/sjsutst.2016.93.6.
- [24] Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA), September 28, 2020; [11.03.2023]. Available at: <https://www.fmcsa.dot.gov/regulations/hours-service/summary-hours-service-regulations>.
- [25] Wierwille, W. W., Wreggit, S. S., Kirn, C. L., Ellsworth, L. A., & Fairbanks, R. J. (1994). Research on vehicle-based driver status/performance monitoring; development, validation, and refinement of algorithms for detection of driver drowsiness. National Technical Information Service, Springfield, Virginia final report (No. HS-808 247). [18.06.2023]. Available at: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/2578>



# ANALYSIS OF THE MAIN SPANISH PORTS

## Authors:

Ashley TALAVERA GONZÁLEZ <sup>1</sup>, Andrej DÁVID <sup>2</sup>, Andrea MATERNOVÁ<sup>3</sup>

## Titles and place of work of the authors:

<sup>1</sup>Ashley TALAVERA GONZÁLEZ, Sección de náutica, máquinas e ingeniería naval. Avenida Ángel Guimerá Jorge, s/n. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Apartado 456. Código postal 38200. San Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife, Email: [alu0101439280@ull.edu.es](mailto:alu0101439280@ull.edu.es)

<sup>2</sup>doc. Ing. Andrej DÁVID, PhD., Department of Water Transport, Univerzita 8215/1, 010 26 Žilina, E-mail: [andrej.david@uniza.sk](mailto:andrej.david@uniza.sk)

<sup>3</sup>Ing. Andrea MATERNOVÁ, PhD., Department of Water Transport, Univerzita 8215/1, 010 26 Žilina, E-mail: [andrea.maternova@uniza.sk](mailto:andrea.maternova@uniza.sk)

**Abstract:** *Maritime transport in Spain plays an essential role in the economy and international trade of the country. This research provides a detailed overview of the importance of maritime transport in Spain, highlighting its extensive coastline and strategic geographical location as key factors. Spain's ports are vital for international trade, facilitating the import and export of goods and serving as crucial connecting points for passenger transport and logistics. In addition, fishing has a significant impact on the Spanish coastal economy, with an active fishing fleet supplying a wide variety of marine species. Seaports also play an important role in energy supply, with dedicated terminals for natural gas and oil. It also highlights aspects of maritime safety and environmental protection, which are regulated at both the national and international levels. In short, maritime transport in Spain is an essential component of its economy, boosting international trade, promoting economic development, ensuring the supply of food and energy, and contributing to tourism and fishing.*

**Key words:** ports, TEUs, maritime, cargo

**JEL:** L91

**Abstract:** *Námorná doprava v Španielsku zohráva zásadnú úlohu v hospodárstve a medzinárodnom obchode krajiny. Tento výskum poskytuje podrobný prehľad o význame námornej dopravy v Španielsku, pričom ako kľúčové faktory zdôrazňuje rozsiahle pobrežie a strategickú geografickú polohu. Španielske prístavy sú životne dôležité pre medzinárodný obchod, uľahčujú dovoz a vývoz tovaru a slúžia ako kľúčové spojovacie body pre osobnú dopravu a logistiku. Okrem toho má rybolov významný vplyv na španielske pobrežné hospodárstvo, keďže aktívna rybárska flotila zásobuje širokú škálu morských druhov. Námorné prístavy tiež zohrávajú dôležitú úlohu v zásobovaní energiou, s vyhradenými terminálmi pre zemný plyn a ropu. Zdôrazňuje tiež aspekty námornej bezpečnosti a ochrany životného prostredia, ktoré sú regulované na národnej aj medzinárodnej úrovni. Námorná doprava v Španielsku je základnou zložkou jeho hospodárstva, podporuje medzinárodný obchod, podporuje hospodársky rozvoj, zabezpečuje dodávky potravín a energie a prispieva k cestovnému ruchu a rybolovu.*

**Kľúčové slová:** prístavy, TEU, námorná doprava, náklad

## 1 Introduction

Maritime transport plays a key role in Spain's economy, taking advantage of its extensive coastline and strategic geographical location. With more than 7,900 kilometres of coastline stretching across the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean, Spain has a solid infrastructure and a rich tradition in the field of maritime transport. Maritime transport in Spain covers a wide range of activities and sectors. First, international trade is a vital part of this sector, with Spanish ports acting as entry and exit points for the import and export of goods. These ports are strategic hubs for transshipment and distribution, connecting Spain with the main international markets.

In addition to trade, maritime transport is also used for passenger transport, both domestically and internationally. Spain's ports are popular destinations for tourist cruises, offering services and amenities to millions of passengers who visit the country each year. In addition, maritime passenger transport via ferries and ferries plays an important role in connectivity between Spain and other regions, such as the Balearic Islands and the Canary Islands.

Another relevant sector is fishing, Spain being one of the main fishing countries in Europe. The Spanish fishing fleet is dedicated to the capture and processing of a wide variety of marine species, contributing to the food supply and the fishing economy of the country. Maritime transport is also used for the supply of energy and natural resources. Spain has natural gas and oil terminals in its ports, which allows the import and distribution of these resources at the national level. In addition, some ports are important points of departure for the transport of petroleum products and other materials regionally and globally.

In terms of regulation, maritime transport in Spain is subject to national and international regulations and regulations. Port authorities and government agencies are responsible for ensuring maritime safety, environmental protection, and compliance with international standards in Spanish ports. In short, maritime transport plays an essential role in Spain's economy and connectivity. Taking advantage of its extensive coastline and strategic location, the country has a strong port infrastructure that facilitates international trade, passenger transport, fishing, and the supply of resources. Maritime transport in Spain remains a vital sector that drives economic growth and strengthens commercial and cultural relations with other nations.

## 2 General information about water transport in Spain.

Maritime transport is a system of vital importance for the socio-economic development of the country because it imports most of a resource as strategic as energy, while exporting agricultural products or manufactured products. Moreover, the European Union, through the short sea shipping, has been encouraging for several years the use of this means of transport, because among other factors, it presents higher rates of economic and environmental efficiency, especially when compared to the road.

The Spanish State-owned Port System consists of 46 ports of general interest, managed by 28 Port Authorities, whose coordination and control of efficiency, corresponds to the Public Agency Ports of the State, organ dependent of the Ministry of Transport, Mobility and Urban Agenda that has attributed the execution of the port policy of the Government of Spain.



Source: [Ministry of Transport Spain](#)

Fig. 1. Map of the Spanish ports.

Ports of general interest have the following characteristics:

- International maritime commercial activities are carried out in them.
- They serve industries of strategic importance to the national economy.
- The annual volume and the characteristics of its maritime commercial activities reach sufficiently relevant levels, or meet the essential needs of the general economic activity of the State.
- Their special technical or geographical conditions are essential for the safety of maritime traffic.

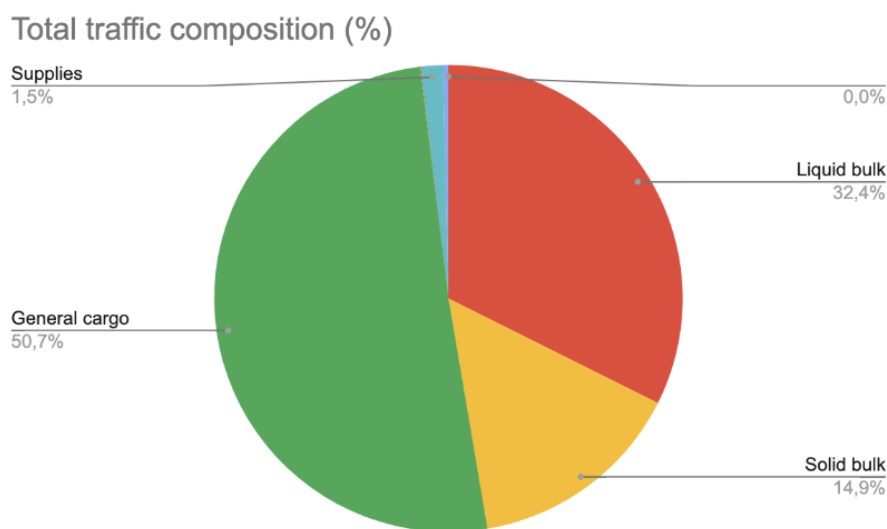
It should be noted that port activity and maritime transport contribute 20% to the GDP of the transport sector.

The Port System of State Entitlement moved in 2021 a total of 544.4 million tons of goods, with a variation of 5.6% over the year 2020, in which they moved 515.6 million. The evolution and composition of traffic has been as follows:

|               | Traffic variation in the last year |                    |            |
|---------------|------------------------------------|--------------------|------------|
|               | Tonnes                             |                    | Var.       |
|               | 2020                               | 2021               | %          |
| Liquid bulk   | 166.991.115                        | 170.857.145        | 2,3        |
| Solid bulk    | 77.071.496                         | 84.980.689         | 10,3       |
| General cargo | 261.514.450                        | 276.231.168        | 5,6        |
| Fish captures | 163.355                            | 162.962            | -0.2       |
| Supplies      | 7.898.640                          | 9.505.988          | 20,3       |
| Local traffic | 1.934.642                          | 2.681.785          | 38.6       |
| <b>Total</b>  | <b>515.573.698</b>                 | <b>544.419.737</b> | <b>5,6</b> |

Source: authors

Tab. 1. Traffic variation in the last two years.



Source: authors

Graph 1. Traffic composition.

The 2021 data accounts for the recovery of most port traffics, standing at 20.1 million tonnes of the all-time high reached in 2019 at 564.5 million tonnes. In fact, in two Port Authorities (Castellón and Vilagarcía) their historical peaks have been reached.

This has been a year in which some of the restrictions imposed during the coronavirus pandemic have continued, most prominently affecting passenger traffic. On the other hand, global economic activity and maritime trade were marked for the same reason, as well as the collapse of some Asian and American ports.

By type of cargo, both liquid and solid bulk, as well as general cargo, mostly containerized cargo (72 %), increased this year.

The following results were obtained for other important traffics:

|                              |  | Other traffic data |           |      |
|------------------------------|--|--------------------|-----------|------|
|                              |  | Tonnes             |           | Var. |
|                              |  | 2020               | 2021      | %    |
| TEUs (thousand)              |  | 16.793             | 17.735    | 5,6  |
| Ships (number)               |  | 117.829            | 138.889   | 17,9 |
| Ships (thousand GTs)         |  | 1.774.382          | 2.001.189 | 12,8 |
| Sea passengers (thousand)    |  | 13.343             | 17.981    | 34,8 |
| Cruise passengers (thousand) |  | 1.369              | 2.219     | 62,1 |

Source: authors

*Tab. 2. Other traffic data.*

In 2021, the maritime transport of goods in our country continued to be fundamental to sustaining trade. Thanks to the fact that the world economy grew (6.1 %), although it did so to a lesser extent than expected, this in turn led to an increase in world maritime trade (by 3.3%) and therefore national trade. This is also influenced by the growth of the Spanish economy (5.1%).

Its advantages over other modes are the lower cost for long distance transport, the ease of moving large volumes, security against losses and less pollution, and in this sense, it is worth highlighting the good role played, despite the difficulties, by the Port Authorities in the logistics chains.

### 3 Transport of goods by water transport in Spain.

In the following table, you will be able to see the type of goods that were transported by water transport since 1970.

Liquid bulk (170.9 million tonnes / +2.3 %).

In 2021, crude oil traffic increased by 3.1 % as well as its refined products fueloil (+4.6 %) and gasoil (+0.2 %), but petrol traffic decreased slightly (-2.9 %). This increase is due to higher demand.

Liquid bulk imports (mostly crude oil) have increased by 3.5%, and exports (mainly hydrocarbons and chemicals, including other bulk cargoes such as oils and fats and biofuels) have increased by 5.0 %. The price of a barrel of Brent crude oil recovered (\$71/barrel on average compared to \$42/barrel in 2020). Liquid bulk transit traffic, mostly petroleum products and chemicals, fell by 5.6 %. In the case of petroleum products, global storage and distribution strategies play a role. Natural gas traffic, on the other hand, increased by 7.0 % due to its increased use by ships. It is important to note that the supply of LNG to ships is guaranteed in all ports of general interest, at least using tankers. It is also worth mentioning in this section the traffic of biofuels (biodiesel, bioethanol) with an increase of 9.2 %.

Solid bulk (85.0 million tonnes / +10.3 %)

Solid bulk are the goods that have grown the most in percentage terms. This year, imports of bulk solids increased by 17.2 %. Exports increased by 3.4 %. And this despite decarbonization policies (including the closure of thermal power plants), which have led to a reduction in coal traffic (-14.4 %).

Coal and petroleum coke traffic, which until now was responsible for almost a fifth of the solid bulk tonnes moved through our ports, has been overtaken by other non-metallic minerals, which increased considerably (+30.3 %). Cereals and their flours, for their part, continue to be fundamental in this type of traffic and have grown by 1.9 %, even after the good harvest of 2020. Other mineral ores fell slightly (-0.9 %). Cement and clinker traffic in bulk form has increased (+19.1 %) due to higher demand despite losing some competitiveness in this sector due to the start-up of several factories in former importing countries.

General cargo (276.2 million tonnes / +5.6 %)

General cargo continues to be the main form of presentation by volume (51 % of the total). The traffics of chemical products, other foods, manufactured building materials, side surgical products, machinery, tools and spares, fruits and vegetables, and paper and pulp stand out. Compared to 2020, where domestic demand was very weak due to the circumstances, in 2021 imports of general cargo have increased remarkably (+15.9 %). On the other hand, thanks to the competitiveness of our economy and the positive values of the gross world product, exports of general cargo have increased by 10.8 %.

Regarding the traffic of general cargo in transit, which depends more on international economic activity, and is a highly volatile traffic due to the decisions made by economic agents based on their costs and the quality of services received, in 2021 it decreased by 3.3 %, representing almost a third of the total traffic. Cargo loaded or unloaded by ro-ro increased by 14.4 % thanks to the economic progress of North Africa, transporting fruit and vegetable products, textiles and livestock through the Strait of Gibraltar and products demanded by the islands.

Containers (17,712 thousand TEUs / +5.6 %).

Spanish ports handled 17.7 million TEUs in 2021, reaching an all-time high. This means that Spanish port terminals handle a daily volume of more than 49,000 TEUs per day. General cargo is mainly transported in containers (more than 72 % of all general cargo moving through our ports) as it facilitates its transportation without handling throughout the transport chain but requires a high degree of specialization of the terminals (with a tendency towards automation). In the same way that general cargo is divided, containers (measured in TEU) can be differentiated between those destined for import-export, which have increased by 12.5%, and containers in transit, which have remained at 2020 levels, 0.3 %, despite the general lack of containers to meet demand.

## **4 The most important ports and their comparison**

The Spanish port of Valencia overtook the Greek port of Piraeus to exceed 5 million TEUs again in 2021, an increase of 3% compared to 2020 and 3% compared to pre-pandemic levels.



| RK                  | PORT           | COUNTRY     | 2021          | %21/20    | %21/19    | 2020          | 2019          |
|---------------------|----------------|-------------|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| 1                   | Rotterdam      | Netherlands | 15,300        | 7%        | 3%        | 14,349        | 14,811        |
| 2                   | Antwerp        | Belgium     | 12,020        | 0%        | 1%        | 12,031        | 11,860        |
| 3                   | Hamburg        | Germany     | 8,700         | 2%        | -6%       | 8,527         | 9,258         |
| 4                   | Valencia       | Spain       | 5,614         | 3%        | 3%        | 5,428         | 5,440         |
| 5                   | Piraeus        | Greece      | 5,320         | -2%       | -6%       | 5,437         | 5,648         |
| 6                   | Bremen/Bremerh | Germany     | 5,019         | 5%        | 3%        | 4,771         | 4,857         |
| 7                   | Algeciras      | Spain       | 4,797         | -6%       | -6%       | 5,108         | 5,125         |
| 8                   | Duisburg       | Germany     | na.           | -         | -         | 4,200         | 4,000         |
| 9                   | Barcelona      | Spain       | 3,531         | 19%       | 6%        | 2,958         | 3,325         |
| 10                  | Gioia Tauro    | Italy       | 3,147         | -1%       | 25%       | 3,193         | 2,523         |
| 11                  | Haropa(*)      | France      | 3,070         | 26%       | 8%        | 2,445         | 2,840         |
| 12                  | Marsaxlokk     | Malta       | 2,990         | 23%       | 10%       | 2,440         | 2,720         |
| 13                  | Genoa          | Italy       | 2,781         | 11%       | 6%        | 2,499         | 2,615         |
| 14                  | Zeebrugge      | Belgium     | 2,205         | 22%       | 31%       | 1,805         | 1,680         |
| 15                  | Gdansk         | Poland      | 2,118         | 10%       | 2%        | 1,924         | 2,073         |
| 16                  | Sines          | Portugal    | 1,824         | 13%       | 28%       | 1,612         | 1,423         |
| 17                  | Marseille      | France      | 1,500         | 14%       | 3%        | 1,318         | 1,455         |
| 18                  | La Spezia      | Italy       | 1,376         | 17%       | -2%       | 1,174         | 1,409         |
| 19                  | Las Palmas     | Spain       | 1,175         | 14%       | 17%       | 1,033         | 1,007         |
| 20                  | Koper          | Slovenia    | 998           | 6%        | 4%        | 945           | 959           |
| 21                  | Dublin         | Ireland     | 843           | 11%       | 9%        | 758           | 774           |
| 22                  | Göteborg       | Sweden      | 828           | 7%        | 7%        | 776           | 772           |
| 23                  | Livorno        | Italy       | 791           | 10%       | 0%        | 716           | 790           |
| 24                  | Trieste        | Italy       | 757           | -2%       | -4%       | 776           | 790           |
| 25                  | Aarhus         | Denmark     | 718           | 15%       | 25%       | 623           | 574           |
| <b>TOTAL TOP 30</b> |                |             | <b>94,943</b> | <b>6%</b> | <b>3%</b> | <b>89,941</b> | <b>91,919</b> |

Source: authors

Tab. 3. Ranking of European ports in thousands of TEUs.

Valencia, leading port in fourth place, Valencia is the leading Spanish port in the ranking, having overtaken the Greek port of Piraeus to consolidate its position as the leading European port in the Mediterranean. For the fourth year in a row, Valencia exceeded 5 million TEUs, with 3% growth both in 2020 and in the year before the pandemic. "The key to the port of Valencia is the combination of export/import traffic with transshipment.

Next is Algeciras, in seventh place. The two container terminals, managed by APM Terminals and TTI-Algeciras, handled almost 4.8 million TEUs, 6% less than in 2020. In 2021, imports grew by 15% with 197,198 TEUs, while exports grew by 6.7% with 221,489 TEUs.

Barcelona port, in ninth position in the ranking, moved 3.5 million TEUs, 19% more than the previous year. Its growth was the fifth fastest in the EU in 2021.

In the nineteenth position, Las Palmas port is, which closed last year with a throughput of nearly 1.2 million TEUs, which represents 14% growth, placing it, like Barcelona, among those that gained the most traffic in 2021. Las Palmas was the sixth fastest-growing European port, up 17% compared to pre-pandemic flows.

About Spanish inland ports, the port of Sevilla is the only inland seaport in Spain. It is a strategic enclave for the European Union and fully multimodal with maritime, rail and road connections. Sevilla total traffic remained the same as in 2020 (4.2 million tonnes). Liquid bulk increased and included chemical products, oils and fats, natural fertilizers and other foods. As for solid bulk, which decreased, the most

important items were scrap iron, animal feed and fodder, fertilizers, cereals and their flours and potash. On the other hand, general cargo grew, mainly fruits and vegetables and other foods. TEUs also increased. The end of mobility restrictions had an impact on the reactivation of passenger traffic.

## 5 Conclusion

Spain's coastline is the longest in the EU at almost 8,000 kilometres. Being a maritime trade window, the location of the Iberian Peninsula has a significant impact on foreign trade statistics. Indeed, the figures presented by the Spanish government once again reflect the prominent role of Spanish ports as engines of world trade. Last year, the country's port system carried nearly 66% of the trade between Spain and the rest of the world. Specifically, 57% of exports and 73% of imports were by sea. Roughly the same percentage as in 2020 and 2019 before the pandemic hit. Nevertheless, the overall circulation is still affected by the health crisis. Spain's imports and exports totalled 285 million tonnes last year, an increase of 8% compared to the first year of the pandemic, but 5% below 2019 levels.

In conclusion, Spain's ports play a vital role in the economy and connectivity of the country. With an extensive coastline and a strategic location, Spain's ports are key entry and exit points for goods, as well as passenger transport. These ports facilitate international trade, allowing the exchange of goods with other nations and connecting Spain to the main global markets.

Port infrastructure in Spain has developed significantly, with modern and efficient ports that meet international safety and management standards. Ports of general interest and ports of local interest complement each other, providing a wide range of services and activities related to maritime transport.

Overall, Spain's ports are key drivers for economic growth, job creation and boosting trade. In addition, they contribute to the diversification of the economy, the promotion of tourism and the provision of food and energy resources. Spanish ports continue to be fundamental to Spain's global competitive position and its active participation in trade and shipping.

## 6 References

- [1] TRANSPORTE XXI. Puertos de España 2021. <https://www.transportexxi.com/>
- [2] ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA. Sistemas de transportes y comunicaciones > Transportes > Transporte marítimo. [http://atlasnacional.ign.es/wane/Transporte\\_mar%C3%ADtimo](http://atlasnacional.ign.es/wane/Transporte_mar%C3%ADtimo)
- [3] PUERTOS DEL ESTADO. Anuario Estadístico OPPE 2021. <https://www.puertos.es/es-es/estadisticas>
- [4] PUERTO DE SEVILLA. Estadísticas. <https://www.puertodesevilla.com/>
- [5] EL CANAL MARÍTIMO Y LOGÍSTICO. Informe estadístico. <https://www.diarioelcanal.com/maritimo/>
- [6] MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA. Memoria anual 2021. <https://www.mitma.gob.es/marina-mercante/memoria-de-actividades-de-marina-mercante>

# ROZLOŽENIE ZÁŤAŽE NA NÁPRAVY JAZDNEJ SÚPRAVY: PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

**Autori:**

Arnold JANČÁR<sup>1</sup>

**Tituly a pôsobisko autorov:**

<sup>1</sup>Ing. Arnold Jančár, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, SLOVENSKO, E-mail: arnold.jancar@stud.uniza.sk

**Abstrakt:** Cestná doprava je prevládajúcim spôsobom prepravy tovaru v Európe a nákladné vozidlá zohrávajú významnú úlohu vďaka svojej efektívnosti a kapacite. Štatistiky však ukazujú, že polovica dopravných nehôd, pri ktorých došlo k poškodeniu tovaru, bola spôsobená nesprávnym upevnením a umiestnením nákladu. Cieľom tohto článku je stanoviť správne umiestnenie a rozloženie nákladu na bezpečné upevnenie v nákladnom vozidle. Na tento účel bolo vybrané jedno nákladné vozidlo, ktoré bolo odvážené pomocou prenosných meracích váh. Rozmery vozidla sa tiež merali pomocou meracieho pásma. Zozbierané údaje sa analyzovali a prepočítali, pričom sa nezistili žiadne problémy s umiestnením nákladu. Zo zistení vyplýva, že na zvýšenie bezpečnosti prepravy je nevyhnutné venovať zvýšenú pozornosť správne upevneniu a umiestneniu nákladu a že váhy vo vozidle majú primárne informatívny účel pre vodiča.

**Kľúčové slová:** cestná doprava, nákladné vozidlo, upevnenie tovaru

**JEL:** L91

## LOAD DISTRIBUTION ON THE AXLES OF THE SEMI-TRAILER: A CASE STUDY

**Abstract:** Road transport is the predominant mode of freight transport in Europe and trucks play an important role due to their efficiency and capacity. However, statistics show that half of road accidents in which goods are damaged are caused by improper securing and positioning of cargo. The purpose of this paper is to determine the proper placement and layout of cargo for safe securing in a truck. For this purpose, one truck was selected and weighed using portable weighing scales. The dimensions of the vehicle were also measured using a measuring tape. The data collected was analysed and recalculated and no problems were found with the positioning of the load. The findings show that in order to improve transport safety, it is essential to pay particular attention to the correct securing and positioning of loads and that the scales in the vehicle have a primarily informative purpose for the driver.

**Keywords:** road transport, truck, securing of goods

## 1 Úvod

Pri nakladaní a skladovaní akéhokoľvek tovaru vo vozidle je potrebné dodržiavať maximálne povolené rozmery a hmotnosti vozidiel v súlade s vyhláškou Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky č. 134/2018 Z. z.. Podľa tejto vyhlášky [1] sú maximálne prípustné rozmery vozidiel kategórií M2, M3, N a O stanovené na 2,55 metra pre maximálnu prípustnú šírku a 16,50 metra pre maximálnu prípustnú dĺžku jazdnej súpravy ťahača s návesom. Okrem toho je maximálna prípustná výška jazdnej súpravy ťahača s prívesom (vozidlá kategórií N3 a O4) 4,00 metra +2 % výšky. Maximálna vzdialenosť medzi osou čapu návesu a zadným obrysom návesu je stanovená na 12,00 metra. Podľa tejto vyhlášky sú tiež stanovené maximálne prípustné hmotnosti jazdných súprav všetkých kategórií na 40,00 ton. Maximálne prípustné

hmotnosti na jednotlivú hnaciu nápravu, ak je hnacia náprava vybavená dvoj montážou pneumatík a vzduchovým odpružením alebo odpružením uznaným za rovnocenné v rámci Európskej únie, sú stanovené na 11,50 tony pre všetky kategórie vozidiel.

Je potrebné dodržiavať aj minimálne zaťaženie na nápravu, aby sa zabezpečila stabilita vozidla a možnosť jeho riadenia a brzdenia. Výrobcovia poskytujú tabuľky, v ktorých je uvedené maximálne užitočné zaťaženie vozidla v závislosti od polohy ťažiska nákladu. Tieto grafy sa dajú určiť aj výpočtom. Dodržiavanie diagramu rozloženia zaťaženia na vozidle pomôže zabrániť prekročeniu maximálneho prípustného zaťaženia náprav vozidla. Na správne rozloženie zaťaženia na vozidle je potrebné mať diagramy rozloženia zaťaženia od výrobcu karosérie alebo vozidla. Ak nie sú k dispozícii, možno ich vypočítať pomocou softvéru na základe geometrie vozidla a maximálnych zaťažení na nápravy. Správne rozloženie zaťaženia podľa diagramu pomôže dodržať maximálne prípustné zaťaženie náprav vozidla [2]. Rovnomerné rozloženie nákladu kontajnerov v termináloch a na cestách vrátane analýz a diagramov rôznych kontajnerov a podvozkov je opísané v článku [3,4].



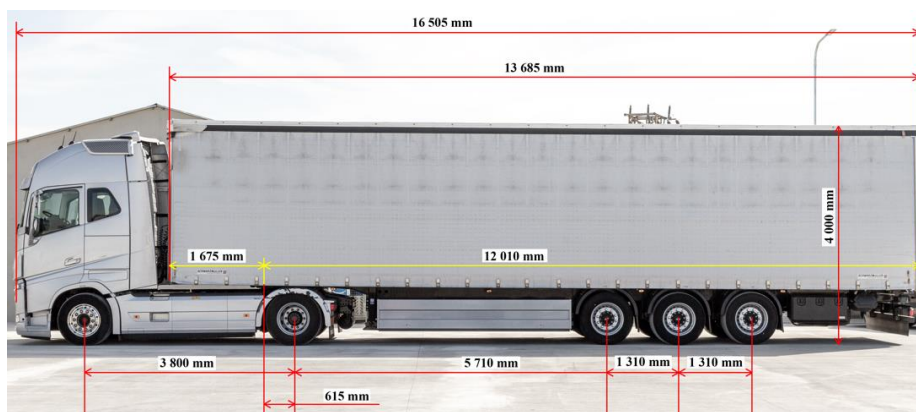
Zdroj: [5]

Obr. 9 Graf rozloženia nákladu pre trojnápravový náves

Článok [6] sa zaoberá kvantifikáciou vplyvu intenzívneho brzdenia na zmeny zaťaženia nápravy počas prepravy cementu a vybraných druhov štrku. Vplyv zaťaženia vozidla spôsobuje aj zmeny polohy ťažiska. Posun ťažiska následne ovplyvňuje jazdné vlastnosti vozidla [7]. Problematikou dopravných nehôd na Slovensku sa zaoberali aj články [8,9], ktoré hodnotili bezpečnosť cestnej premávky na základe štatistických údajov. Pri prevádzke vozidla na ceste je dôležité dodržiavať pravidlá týkajúce sa prípustnej hmotnosti vozidla a jazdnej súpravy, aby sa zabezpečila bezpečnosť na ceste a na samotných vozidlách. Vodič by mal mať na pamäti aj pravidlá týkajúce sa maximálnej povolenej rýchlosti vo vzťahu k hmotnosti vozidla a nákladu [10]. vyžaduje sa tiež, aby hmotnosť na hnacej náprave alebo nápravách vozidla neklesla pod 25 % celkovej hmotnosti naloženého vozidla a celková hmotnosť naloženého vozidla alebo ťahača by nemala byť nižšia ako 35 % celkovej hmotnosti pohonnej jednotky.

## 2 Analýza a meranie v prázdnom stave

V tejto kapitole sa analyzovala jazdná súprava dopravnej spoločnosti, ktorý obsahuje niekoľko dôležitých prvkov. Jazdnú súpravu tvorilo dvojnápravové nákladné vozidlo kategórie N3 a značky Volvo FH 500 EURO VI, ktoré bolo vybavené vzduchovým odpružením na oboch nápravách, pričom zadná hnacia náprava mala dvoj montáž pneumatík. Okrem toho vzduchové odpruženie a palubný softvér vozidla umožňovali meranie hmotnosti pomocou zabudovaného indikátora zaťaženia náprav, ktorý prepočítava tlak vzduchu v systéme a vyhodnocuje zaťaženie každej nápravy. To znamená, že vodič mal v reálnom čase informácie o tom, ako je vozidlo zaťažené. K vozidlu bol pripojený trojnápravový náves kategórie O4, ktorý mal trojstrannú rolovateľnú plachtovú konštrukciu a bol značky Schwarzmüller. Tento náves bol vybavený aj systémom na meranie hmotnosti.



Zdroj: Autor

Obr. 10 Namerané rozmery jazdnej súpravy

Na začiatku bolo potrebné zmerať vonkajšie rozmery jazdnej súpravy, aby bolo možné pokračovať v procese výpočtu a posúdiť správne rozmiestnenie tovaru na návesovej súprave. Tento proces zahŕňal použitie dvoch typov meraní. Najprv sa na meranie rozmerov použilo 20-metrové meracie pásmo a potom laserový diaľkomer. V článku sa používajú hodnoty namerané pomocou meracieho pásma, pretože sa považovali za presnejšie. Namerané rozmery sú znázornené na obr. 2 a boli použité na ďalšie výpočty a posúdenie správneho rozmiestnenia tovaru v Truck Stow. Tento postup zabezpečil presnosť a spoľahlivosť výpočtov.

Na meranie hmotnosti jazdnej súpravy sa použili dve rôzne metódy. Prvým spôsobom bolo meranie pomocou zabudovaného indikátora zaťaženia nápravy, ktorý umožňuje meranie hmotnosti priamo vo vozidle. Druhým spôsobom bolo meranie pomocou prenosných ťahových váh PW-10, ktoré umožňujú presné meranie hmotnosti aj mimo vozidla. Tieto váhy majú triedu presnosti IIII pre statické váženie, čo znamená, že sú veľmi presné [11]. Tieto metódy merania boli použité na zabezpečenie získania presných a spoľahlivých údajov o hmotnosti jazdnej súpravy.



Zdroj: Autor

Obr. 11 Prenosné váhy PW-10 TENZO

## 2.1 Meranie pomocou zabudovaného indikátora zaťaženia na nápravy

Pri používaní týchto váh môže dochádzať k odchýlkam pri vážení, pretože ich princíp spočíva v meraní zaťaženia na základe tlaku vzduchu v systéme odpruženia. Toto meranie môže byť ovplyvnené rôznymi faktormi. Namerané hmotnosti sa potom zobrazujú na palubnom počítači, kde sa hodnoty zobrazujú v tonách a zostávajú zaokrúhlené na jedno desatinné miesto. Táto presnosť môže byť pre niektorých používateľov nedostatočná, a preto sa odporúča používať iné váhy, ktoré ponúkajú vyššiu presnosť.



Hodnoty v tabuľke už boli prepočítané z ton na kilogramy, aby boli pre používateľov ľahšie čitateľné a zrozumiteľné.

*Tab. 1 Meranie v prázdnom stave pomocou indikátora zaťaženia*

| Typ váhy / Náprava     | Riadiaca náprava | Hnacia náprava | Trojnáprava | Spolu            |
|------------------------|------------------|----------------|-------------|------------------|
| <b>Zabudované váhy</b> | 6 500 kg         | 3 800 kg       | 5 700 kg    | <b>16 000 kg</b> |

Zdroj: Autor

Po kontrole pomocou zabudovaného indikátora zaťaženia náprav sa zistilo, že predná riadiaca náprava ťahača je zaťažená hmotnosťou 6 500 kg. Zaťaženie zadnej hnacej nápravy ťahača bolo 3 800 kg. Zistilo sa, že trojnáprava návesu bola zaťažená hmotnosťou 5 700 kg.

## 2.2 Meranie pomocou prenosných váh PW-10 Tenzo

Meranie sa uskutočnilo na rovnom betónovom povrchu v priestoroch spoločnosti. Zabezpečilo sa, aby neexistovali žiadne vonkajšie vplyvy, ktoré by mohli ovplyvniť presnosť merania. Výsledky merania sú uvedené v nasledujúcej tabuľke, kde sú podrobné informácie o nameraných hodnotách.

*Tab. 2 Meranie v prázdnom stave pomocou prenosných váh PW-10 TENZO*

| Typ váhy / Náprava   | Riadiaca náprava | Hnacia náprava | Trojnáprava | Spolu            |
|----------------------|------------------|----------------|-------------|------------------|
| <b>Prenosné váhy</b> | 6 300 kg         | 3 920 kg       | 5 800 kg    | <b>16 020 kg</b> |

Zdroj: Autor

Pomocou prenosných váh PW-10 sa zistilo, že predná riadiaca náprava ťahača mala hmotnosť 6 300 kg. Na druhej strane zadná hnacia náprava ťahača bola zaťažená hmotnosťou 3 920 kg. Trojnáprava návesu mala zaťaženie 5 800 kg.

## 3 Nakladanie návesu a meranie v naloženom stave

Pri nakladaní tovaru sa zaznamenávali dôležité údaje o každej paletovej jednotke, ktorá bola naložená na nákladné vozidlo. Aby sa zabezpečila presnosť, rozmery paletových jednotiek sa merali pomocou meracieho pásu a hmotnosť paletových jednotiek sa porovnávala s označením na palete pomocou váh vo vysokozdvížnom vozíku. Okrem toho sa zaznamenávali informácie o rozmiestnení paliet na ložnej ploche, ako aj počet vrstiev, ktoré boli naskladané na seba. Týmto procesom sa zabezpečilo, že tovar bol dôkladne a presne naložený na plochu, čím sa zabezpečila bezpečná preprava tovaru na miesto určenia.

Celkovo bolo naložených 63 paletových jednotiek s celkovou hmotnosťou 21 702 kg. Všetky paletové jednotky mali rovnaké rozmery, dĺžku 1 230 mm, šírku 830 mm a výšku 980 mm. Jediným rozdielom medzi paletovými jednotkami bola ich hmotnosť, ktorá sa vážila priamo pri nakladaní pomocou zabudovaných váh vo vysokozdvížnom vozíku. Najľahšia paletová jednotka vážila 303 kg a najťažšia 365 kg. Najťažšie palety boli rozložené cez trojnápravu návesu, aby sa zabránilo preťaženiu, t. j. prekročeniu maximálnej prípustnej hmotnosti samotného ťahača a jeho jednotlivých náprav. Z tohto dôvodu boli najľahšie palety rozložené v prvej polovici návesu.



### 3.1 Hmotnosť naloženého návesu

Pri nakladaní jazdnej súpravy bolo naložených 63 paletových jednotiek s celkovou hmotnosťou 21 702 kg. Celková dĺžka naloženého nákladu bola 13 280 mm a celková šírka nákladu bola 2 460 mm. Po naložení sa náves zmeral pomocou zabudovaného indikátora zaťaženia náprav a tiež pomocou prenosnej váhy PW-10. Namerané hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 3 Meranie v naloženom stave cez zabudované váhy

| Typ váhy / Náprava     | Riadiaca náprava | Hnacia náprava | Trojnáprava | Spolu            |
|------------------------|------------------|----------------|-------------|------------------|
| <b>Zabudované váhy</b> | 7 400 kg         | 10 500 kg      | 20 100 kg   | <b>38 000 kg</b> |

Zdroj: Autor

Tab. 4 Meranie v naloženom stave cez prenosné váhy PW-10 TENZO

| Typ váhy / Náprava   | Riadiaca náprava | Hnacia náprava | Trojnáprava | Spolu            |
|----------------------|------------------|----------------|-------------|------------------|
| <b>Prenosné váhy</b> | 7 420 kg         | 10 400 kg      | 19 980 kg   | <b>37 800 kg</b> |

Zdroj: Autor

Pre lepší prehľad sú namerané hmotnosti zaťaženej jazdnej súpravy spracované v nasledujúcej súhrnnej tabuľke, v ktorej sú uvedené údaje namerané pomocou zabudovaného indikátora zaťaženia nápravy, prenosnej váhy PW-10 a maximálne prípustné hmotnosti podľa právnych predpisov.

Tab. 5 Porovnanie nameraných hodnôt naloženej súpravy

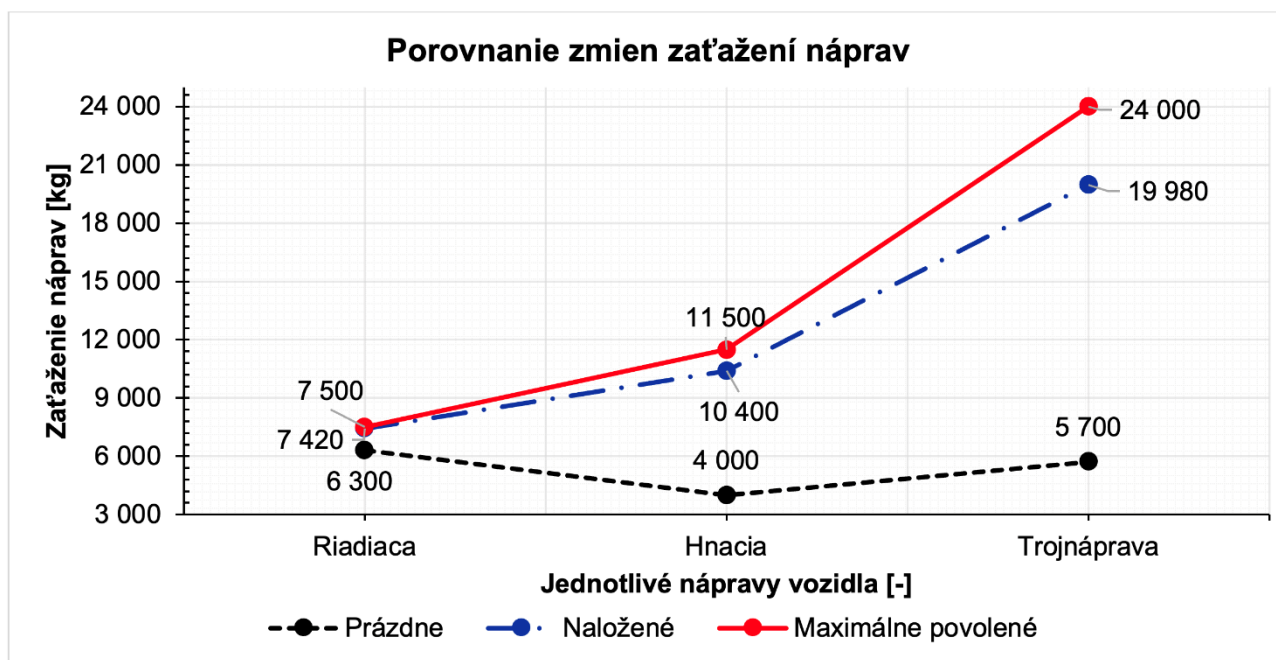
| Náprava                         | Zabudovaný indikátor zaťaženia | Prenosné váhy PW-10 TENZO | Maximálne povolené hmotnosti |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Predná riadiaca náprava ťahača  | 7 400 kg                       | 7 420 kg                  | 7 500 kg                     |
| Zadná hnacia náprava ťahača     | 10 500 kg                      | 10 400 kg                 | 11 500 kg                    |
| Trojnáprava návesu              | 20 100 kg                      | 19 980 kg                 | 24 000 kg                    |
| <b>Celková hmotnosť súpravy</b> | <b>38 000 kg</b>               | <b>37 800 kg</b>          | <b>40 000 kg</b>             |

Zdroj: Autor

Z nameraných hodnôt zaťaženej jazdnej súpravy vyplýva, že maximálne prípustné zaťaženie nápravy nebolo prekročené. Taktiež nebola prekročená maximálna celková hmotnosť jazdnej súpravy. Podiel celkovej hmotnosti jazdnej súpravy na hnacej náprave ťahača je pri zohľadnení zabudovaného indikátora zaťaženia  $10\,500/38\,000 = 28\%$ , čo je o 3 % viac ako požadovaných 25 %. Pri zohľadnení prenosnej váhy PW-10 je podiel  $10\,400/37\,800 = 28\%$ , takže podmienka je tiež splnená.

Z tabuľky je možné pozorovať rozdiely medzi nameranými hodnotami. Najväčší rozdiel bol pri zaťažení trojnápravy návesu, približne 120 kg, čo predstavuje 0,6 % odchýlku. Predná riadiaca náprava mala najnižšiu odchýlku 0,27 % a najvyššiu odchýlku 0,95 % mala zadná hnacia náprava ťahača. Tento rozdiel potvrdzuje skutočnosť, že váhy vo vozidle majú pre vodiča kvôli odchýlkam len informatívny charakter. Na

porovnanie zmien zaťaženia jednotlivých náprav bol na základe uvedených tabuliek pre jazdnú súpravu vytvorený graf, v ktorom sú uvedené maximálne prípustné zaťaženia náprav, prevádzkové hmotnosti a hmotnosti jednotlivých náprav pre zaťažené vozidlo. Tieto hmotnosti boli prevzaté z nameraných údajov získaných pomocou prenosných váh PW-10.



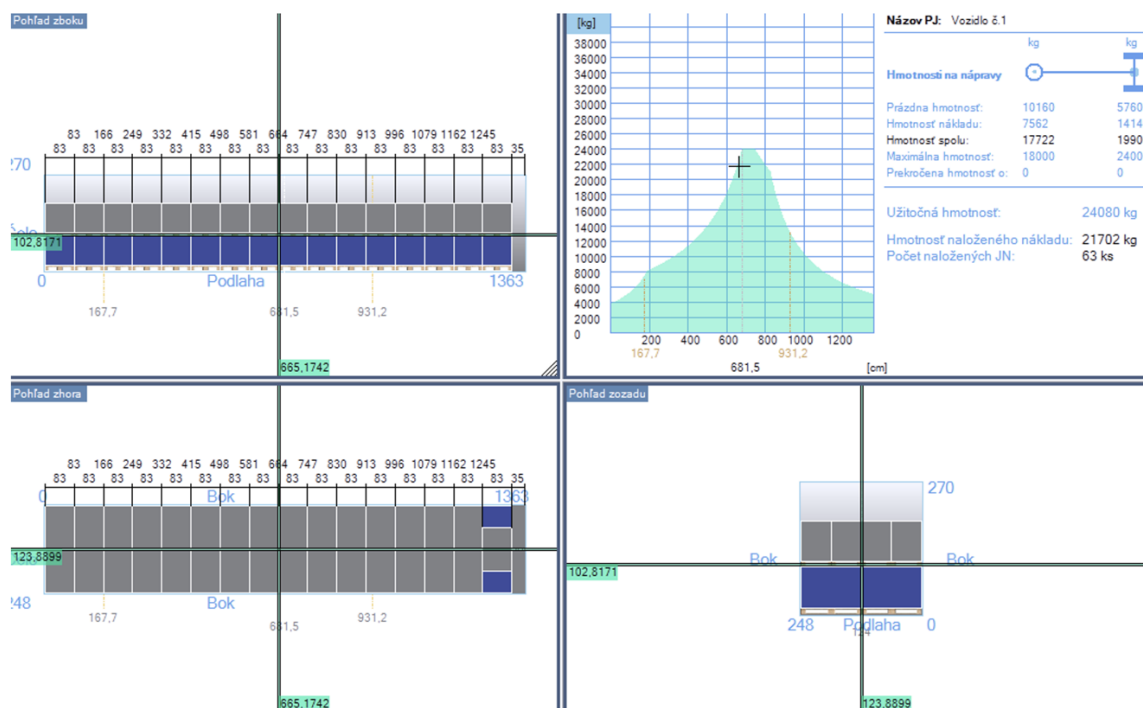
Zdroj: Autor

Obr. 12 Porovnávací tabuľka

## 4 Posúdenie rozloženia tovaru v programe Truck Stow

Truck Stow je softvér, ktorý sa používa na optimalizáciu rozmiestnenia tovaru vo vozidlách [12]. Softvér zohľadňuje hmotnosť a rozmery tovaru a určuje najlepšie miesto, kde by mala byť umiestnená každá nákladová jednotka. Vďaka tejto funkcionalite možno minimalizovať riziko preťaženia jednotlivých náprav a zabezpečiť bezpečnú a efektívnu prepravu tovaru. Okrem toho funkcia Truck Stow umožňuje vytvárať plány umiestnenia tovaru v trojrozmernom nákladnom priestore. Tieto plány sa vytvárajú na základe hmotností a rozmerov jednotlivých nákladových jednotiek a umožňujú presnejšie a efektívnejšie umiestnenie tovaru v nákladnom priestore vozidla, prívesu alebo návěsu. Truck Stow umožňuje aj vytváranie nákladových jednotiek a vytváranie nákladových diagramov vozidiel podľa definovaných parametrov. Takto je možné presnejšie plánovať prepravu tovaru a minimalizovať riziko preťaženia vozidiel. Pomocou programu Truck Stow možno efektívne riadiť manipuláciu s nákladovými jednotkami v nákladnom priestore vozidla, prívesu alebo návěsu.

Pri kontrole rozloženia nákladu na ložnej ploche vozidla sa nákladové jednotky postupne ukladali podľa toho, ako boli skutočne naložené na vozidlo. Celkovo bolo naložených 63 paliet s celkovou hmotnosťou 21 702 kg. Na obrázku 5 je možné vidieť schému zaťaženia a pohľady na kontrolu rozloženia nákladu na vozidlo. Okrem toho je v pohľadoch jasne vyznačené ťažisko nákladu, čo je dôležité pre správne rozloženie jednotlivých nákladov na vozidlo. Kontrola zabezpečuje rovnomerné rozloženie ťažiska, aby sa zabránilo nevyváženému vozidlu, ktoré by mohlo ohroziť bezpečnosť cestnej premávky. Štúdia napríklad zistila, že rozloženie hmotnosti nákladu na ložnej ploche vozidla ovplyvňuje proces brzdenia, pričom vyššie zaťaženie zadnej nápravy vedie k lepšiemu spomaleniu a kratšej brzdnéj dráhe [13].



Zdroj: Autor

Obr. 13 Rozloženie nákladu v programe Truck Stow a jeho kontrola

Z analýzy uloženia nákladu na návесе vyplýva, že ťažisko nákladu sa nachádza vo vzdialenosti 6 651,742 mm od prednej steny návesu a vo výške 102,8171 mm od podlahy návesu. Toto zistenie je dôležité, pretože by sme mohli zabezpečiť rovnomerné rozloženie nákladu po celej ploche návesu a minimalizovať riziká nevyváženého zaťaženia. Pri pohľade na rozloženie zaťaženia možno konštatovať, že pri tomto rozložení zaťaženia je hmotnosť zaťaženia na čape návesu 7 562 kg a hmotnosť zaťaženia na trojnáprave návesu 14 140 kg. Celková hmotnosť nákladu na čape návesu je 17 722 kg a na trojnáprave návesu 19 900 kg. Táto informácia by mohla byť užitočná pri plánovaní prepravy ťažšieho nákladu, ktorý by musel byť presne rovnomerne rozložený po celej ploche návesu. Hodnota maximálneho zaťaženia na jeden čap je 18 000 kg z dôvodu, že sa uvažuje maximálna prípustná celková hmotnosť ťahača. Táto informácia by mohla byť dôležitá pre vodičov, ktorí by chceli prepravovať veľké náklady a potrebovali by vedieť, aké sú maximálne prípustné hmotnosti, aby neporušovali cestné predpisy a zabezpečili bezpečnú prepravu tovaru.

## 5 Záver

Na posúdenie správnosti rozloženia vybraného druhu tovaru bolo potrebné najprv analyzovať vybraný náves dopravnej spoločnosti. Zistili sa jednotlivé rozmery, celková hmotnosť a hmotnosti na nápravu návesu. Pomocou prenosných ťahových váh PW-10 a zabudovaných indikátorov zaťaženia náprav sa porovnali namerané údaje. Vozidlo sa najprv odvážilo prázdne, potom sa naložilo 63 paliet, ktoré boli uložené v dvoch vrstvách s celkovou hmotnosťou 21 702 kg. Po naložení sa vozidlo opäť odvážilo v naloženom stave. Problémom spojeným s nesprávnym upevnením nákladu a bočným zrýchlením pri preprave sa venovali rôzne články [14,15,16,17]. V jednej štúdii sa zistilo, že "Európske usmernenia o osvedčených postupoch pri upevňovaní nákladu v cestnej doprave" spĺňajú bezpečnostné požiadavky na cestnú prepravu automobilov [18]. Na základe získaných údajov sa zistilo, že rozloženie nákladu bolo správne a nedošlo k prekročeniu povolených hmotnostných limitov. Ďalej sa ukázalo, že váhy vo vozidle sú predovšetkým informatívneho charakteru a slúžia hlavne na orientáciu pre vodiča. Zistené odchýlky boli v rozmedzí od 0,27 % do 0,95 %, čo v absolútnych číslach predstavuje rozdiel okolo 100 kg.

## 6 Literatúra

- [1] SLOV-LEX, '134/2018 Z.z. - Vyhláška Ministerstva dopravy a výs...', Slov-lex. <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2018/134/20230201>
- [2] JAGELČÁK, J., Loading and securing of cargo in road transport. EDIS. Publishing center of the University of Zilina, Zilina, 2015.
- [3] JAGELČÁK, J. – KUBASÁKOVÁ, I., 'Load Distribution in General Purpose Maritime Container and the Analysis of Load Distribution on Extendable Semitrailer Container Chassis Carrying Different Types of Containers', NAŠE MORE : znanstveni časopis za more i pomorstvo, vol. 61, no. 5–6, pp. 106–116, Dec. 2014. [Online]. Available: <https://hrcak.srce.hr/clanak/192576>
- [4] DIŽO, J., et al. 'Investigation of Driving Stability of a Vehicle–Trailer Combination Depending on the Load's Position Within the Trailer', Acta Mechanica et Automatica, vol. 17, pp. 60–67, Jan. 2023, doi: 10.2478/ama-2023-0007.
- [5] Directorate-General for Mobility and Transport (European Commission), Cargo securing for road transport:2014 European best practices guidelines. LU: Publications Office of the European Union, 2014. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2832/80373>
- [6] VRABEL, J., et al. 'Influence of Emergency Braking on Changes of the Axle Load of Vehicles Transporting Solid Bulk Substrates', Procedia Engineering, vol. 187, pp. 89–99, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.354.
- [7] RIEVAJ, V., et al. 'The Effects of Vehicle Load on Driving Characteristics', Adv. Sci. Technol. Res. J., vol. 12, no. 1, pp. 142–149, Mar. 2018, doi: 10.12913/22998624/80896.
- [8] BALLAY, M. – MACUROVÁ, L. 'Development of road safety status and the evaluation criterion causes of specific traffic accidents'. Transport Means – Proceedings of the International Conference. PTS II. 3.-5.October 2018. Kaunas, Litva. pp. 765-770.
- [9] MACUROVÁ, L. et al. 'Determining the Energy Equivalent Speed by Using Software Based on the Finite Element Method', Transportation Research Procedia, vol. 44, pp. 219–225, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.050.
- [10] MARIENKA, P. et al. 'Comparison of Braking Characteristics of Solo Vehicle and Selected Types of Vehicle Combinations', Transportation Research Procedia, vol. 44, pp. 40–46, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.007.
- [11] 'Přenosné váhy'. <https://www.tenzovahy.cz/prenosne-vahy>
- [12] 'Truck Stow'. <https://fpedas.uniza.sk/~truckstow/obsah.html>
- [13] SKRÚCANÝ, T. et al. 'Impact of Cargo Distribution on the Vehicle Flatback on Braking Distance in Road Freight Transport', MATEC Web Conf., vol. 134, p. 00054, 2017, doi: 10.1051/mateconf/201713400054.
- [14] JAGELČÁK, J. et al. 'Calculation of an Average Vehicle's Sideways Acceleration on Small Roundabouts', Sensors, vol. 22, no. 13, Art. no. 13, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22134978.
- [15] JAGELČÁK, J. et al. 'Determination of Turning Radius and Lateral Acceleration of Vehicle by GNSS/INS Sensor', Sensors, vol. 22, no. 6, Art. no. 6, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22062298.
- [16] JAGELČÁK, J. et al. 'Draft for Revision of the Standards EN 12640 and EN 12641 Regarding the Securing of Cargo on Road Means of Transport', Logi – Scientific Journal on Transport and Logistics, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Nov. 2017, doi: 10.1515/logi-2017-0015.

- [17] GNAP, J. et al. 'Application of MEMS Sensors for Evaluation of the Dynamics for Cargo Securing on Road Vehicles', *Sensors*, vol. 21, no. 8, Art. no. 8, Jan. 2021, doi: 10.3390/s21082881.
- [18] Z CHENG-QIANG, Z. et al. 'Research on the influence of cargo securing force with typical road alignments and vehicle working conditions', in *2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS)*, Aug. 2017, pp. 27–32. doi: 10.1109/ICTIS.2017.8047737.

# ŠPECIFIKÁ URČENIA PLNÉHO BRZDNÉHO SPOMALENIA CESTNÉHO VOZIDLA PRI FORENZNEJ ANALÝZE

**Autori:**

Eduard KOLLA<sup>1</sup>, Lukáš SZABO<sup>2</sup>

**Tituly a pôsobisko autorov:**

<sup>1</sup> doc. Ing. Eduard Kolla, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania, Univerzitná 8215/1, Žilina, 010 26, E-mail: kolla@uniza.sk

<sup>2</sup> Ing. Lukáš Szabo, Nemčice, 955 01, E-mail: lukas.szabo9702@gmail.com

**Abstrakt:** Predložený článok prezentuje výsledky experimentálnych meraní brzdného spomalenia vozidla záchrannej zdravotnej služby a analýzu limitov použitia hodnôt brzdného spomalenia získaných experimentálne pri realizácii znaleckého experimentu. Pri brzdení cestných vozidiel v reálnom svete existuje rozdiel medzi reálnym časovým priebehom plného brzdného spomalenia a jeho idealizovaným priebehom prezentovaným v odbornej a vedeckej literatúre. Z tohto dôvodu vyplývajú limity použiteľnosti veličiny MFDD vo forenznej rekonštrukcii a analýze cestných dopravných nehôd.

**Kľúčové slová:** súdne inžinierstvo, brzdenie, analýza, dopravná nehoda

**JEL:** L62

## SPECIFICS OF DETERMINATION THE FULL BRAKING DECELERATION OF ROAD VEHICLE IN FORENSIC ANALYSIS

**Abstract:** The presented article presents the results of experimental measurements of the braking deceleration of an emergency medical service vehicle and an analysis of the limits of the use of braking deceleration values obtained experimentally during the implementation of an expert experiment. When braking road vehicles in the real world, there is a difference between the real time course of full braking deceleration and its idealized course presented in professional and scientific literature. For this reason, there are limits to the applicability of the MFDD quantity in forensic reconstruction and analysis of road traffic accidents.

**Keywords:** forensic engineering, braking, analysis, traffic accident

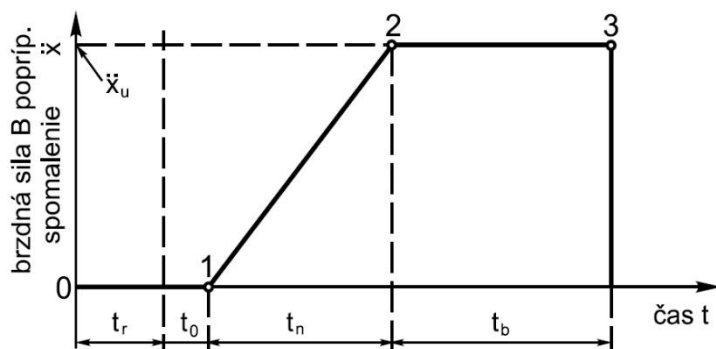
## 1 Úvod

Brzdné spomalenie cestného vozidla pri intenzívnom brzdení možno považovať za jednu z najdôležitejších vstupných hodnôt pri rekonštrukcii a analýze cestných dopravných nehôd. Správne určenie hodnoty tejto veličiny má výrazný dopad na presnosť a technickú relevantnosť znaleckých výpočtov.

Časový priebeh brzdného spomalenia je v technickej literatúre často vysvetľovaný na idealizovanom priebehu ktorý je znázornený na obrázku 1: po uplynutí reakčného času  $t_r$  vodiča vozidla na vzniknutú dopravnú situáciu dochádza k stlačeniu pedálu prevádzkovej brzdy a po uplynutí času technického oneskorenia bŕzd dochádza k nábehu brzdného účinku a následne k brzdeniu vozidla s konštantným plným brzdným spomalením (ideálne do zastavenia).



Rovnaká idealizácia priebehu brzdného spomalenia, t.j. konštantné plné brzdné spomalenie, je implementovaná napr. aj v najčastejšie používaných simulačných programoch, ako napr. PC-Crash [2].



Zdroj: [1]

Obr. 1 Idealizovaný priebeh brzdného spomalenia cestného vozidla

Vyššie uvedená idealizácia však nie vždy vystihuje skutočný časový priebeh brzdného spomalenia s implikáciami pre znaleckú prax, ako ak pre výskum v oblasti analýzy cestných dopravných nehôd.

Cieľom tohto príspevku je analýza použitia hodnôt brzdného spomalenia získaných experimentálne napr. pri realizácii znaleckého experimentu v kontexte meraní brzdných spomalení vozidla záchranej zdravotnej služby (ZSS).

## 2 Metodika a použité prístroje

Ako testovacie vozidlo bolo použité vozidlo záchranej zdravotnej služby Renault Master 2 (Obrázok 2). Základné údaje o vozidle sú uvedené v tabuľke 1. Vozidlo bolo obsadené vodičom, pasažierom v ložnom priestore vozidla a skúšobnou figurínou.



Zdroj: Autori

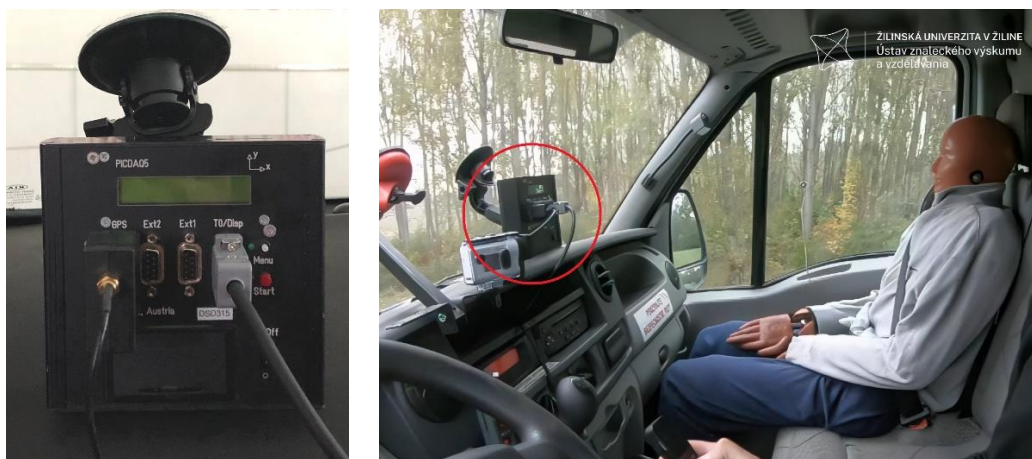
Obr. 2 Vozidlo ZZS použité na brzdné skúšky

Tabuľka 1: Základné údaje o testovacom vozidle

|                        |                                                                |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Výrobca                | Renault                                                        |
| Typ                    | Master, 2. gen., 2.5 dCi, r.v. 2010                            |
| VIN                    | VF1FDC1H642671332                                              |
| Pneumatiky             | Hankook Vantra LT 225/65R16C 112/110R, hĺbka dezénu cca 5.5 mm |
| ABS                    | Áno                                                            |
| Dĺžka (mm)             | 5 399                                                          |
| Celková dĺžka (mm)     | 5 500                                                          |
| Šírka (mm)             | 1 990                                                          |
| Celková šírka (mm)     | 2 380                                                          |
| Výška (mm)             | 2 420                                                          |
| Celková výška (mm)     | 2 600                                                          |
| Predný previs (mm)     | 860                                                            |
| Svetlá výška (mm)      | 150                                                            |
| Rázvor (mm)            | 3 580                                                          |
| Predný rozchod (mm)    | 1 740                                                          |
| Zadný rozchod (mm)     | 1 725                                                          |
| Okamžitá hmotnosť (kg) | 2 830                                                          |

Zdroj: Autori

Dynamické parametre vozidla počas testovacích jazd boli merané prostredníctvom prístroja DSD PicDAQ5 (Obrázok 3). DSD PicDAQ5 [3] kompletný merací systém pozostávajúci z 2 trojosých akcelerometrov (merací rozsah  $\pm 1.5$  g a  $\pm 200$  g), trojosého senzora uhlovej rýchlosti - gyroskopu ( $\pm 300$  °/s) a GPS senzora rýchlosti (5 Hz). S možnosťou dodatočného zapojenia 6 analógových vstupov, 4 digitálnych vstupov a CAN BUS vstupov. Vertikálne rozlíšenie AD prevodníka 12 bit, v rámci testov nastavená vzorkovacia frekvencia 1 kHz. Prístroj bol umiestnený na čelnom skle vozidla. Na vyhodnotenie nameraných údajov z prístroja bol použitý program PocketDaqAnalyzer, v. 1.2.0.14.



Zdroj: Autori

Obr. 3 Prístroj DSD PicDAQ5 (vľavo), umiestnenie prístroja vo vozidle (vpravo)

Pri testovacích jazdách vykonal vodič vozidla rozjazd vozidla na rýchlosť v intervale (50-60) km/h a následne vykonal intenzívne brzdenie vozidla plným zošliapnutím pedálu prevádzkovej brzdy. Vonkajšia teplota pri meraniach 13-17 °C, povrch vozovky asfaltový, čiastočne vlhký. Medzi jednotlivými jazdami bol časový odstup cca 10 min. Celkovo bolo zrealizovaných 28 jazd, pričom pre účely tohto príspevku bolo použitých 19, pri ktorých sa vozidlo pohybovalo pri brzdení len priamym smerom, t.j. bez jazdy v smerovom oblúku.

Spracovanie výsledkov meraní v programe PocketDaqAnalyzer prebiehalo v nasledovnej postupnosti:

- Filtrácia surových údajov z PicDAQ5 v súlade s CFC15, pričom na filtráciu dát bol použitý digitálny rekurzívny Butterworthov filter 4. rádu (bez fázového posunu).
- Definovanie začiatkových a konečných oblastí v dátovom poli, kedy bola rýchlosť vozidla 0 km/h, t.j. vozidlo stálo.
- Kompenzácia a optimalizácia nenulových hodnôt uhlovej rýchlosti vozidla v začiatkových a konečných oblastiach dátového poľa, t.j. v bodoch nulovej rýchlosti vozidla.
- Spätná integrácia časového priebehu uhlovej rýchlosti pre určenie časového priebehu uhlov klopenia, klonenia a rotácie vozidla.
- Kompenzácia časového priebehu zrýchlení o uhly klopenia, klonenia a rotácie, ako aj gravitačného zrýchlenia.
- Spätná integrácia časového priebehu kompenzovaných zrýchlení pre určenie časového priebehu rýchlostí vozidla.
- Spätná integrácia časového priebehu rýchlosti pre určenie časového priebehu dráhy prejdenej vozidlom.

Vyššie uvedených postupom bolo možné získať priebeh zrýchlení vozidla v jednotlivých osiach kompenzovaný o uhly klopenia, klonenia a rotácie, ako aj gravitačného zrýchlenia a následne z nich integráciou vypočítať rýchlosti a dráhy prejdené vozidlom. Použitá súradnicová sústava je v súlade s technickou normou ISO8855:2011.

Z vyššie uvedených údajov bola (z hodnôt pre os x) následne vypočítaná hodnota MFDD (Mean Fully Developed Deceleration) a to v súlade s predpisom EHK č. 13 [4]:

$$MFDD = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25.92(s_e - s_b)} \quad (1)$$

kde:

$V_0$  – rýchlosť vozidla na začiatku brzdienia (km/h)

$V_b$  – rýchlosť vozidla pri 0.8  $V_0$  (km/h)

$V_e$  – rýchlosť vozidla pri 0.1  $V_0$  (km/h)

$s_b$  – dráha prejdená medzi  $V_0$  a  $V_b$  (m)

$s_e$  – dráha prejdená medzi  $V_0$  a  $V_e$  (m)

Okrem hodnoty MFDD bola ďalej vypočítaná aj hodnota plného brzdného spomalenia vozidla z hodnoty rýchlosti na počiatku intenzívneho brzdienia a dráhy, ktorú vozidlo prešlo od tohto okamihu až do zastavenia:

$$b = \frac{v^2}{2s} \quad (2)$$

kde:

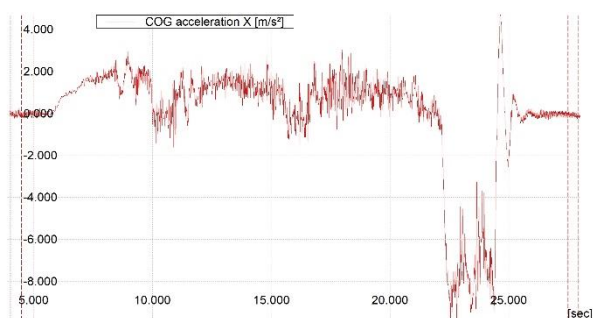
$v$  – rýchlosť vozidla na začiatku intenzívneho brzdienia (m/s)

$s$  – dráha prejdená vozidlom počas intenzívneho brzdienia do zastavenia (m)

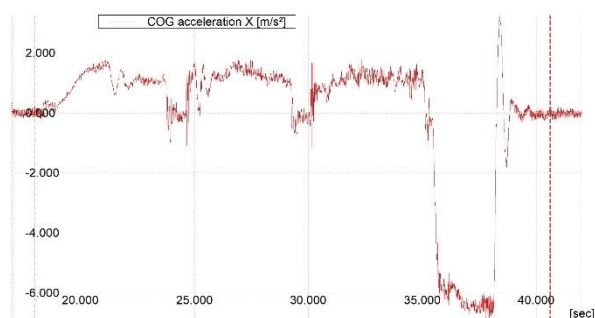
### 3 Výsledky

Na obrázku 4 sú znázornené časové priebehy kompenzovaných zrýchlení vozidla v smere osi x. V tabuľke 2 sú uvedené vypočítané hodnoty MFDD, b ako aj percentuálny rozdiel hodnoty MFDD od b pre danú jazdu. V tabuľke 2 je oranžovou farbou vyznačená jazda pri ktorej hodnota MFDD bola nižšia ako hodnota b a zelenou farbou je vyznačená jazda pri ktorej hodnota MFDD bola vyššia ako hodnota b.

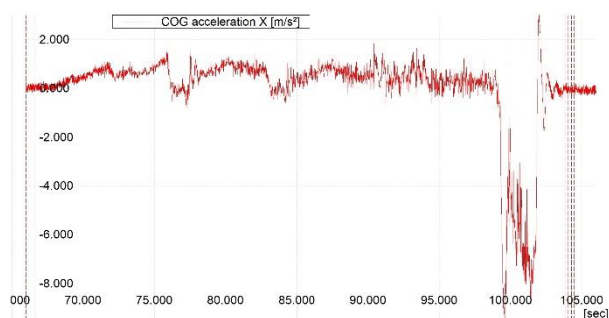
Jazda 1



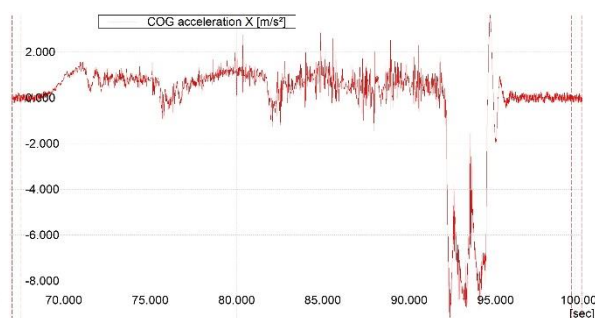
Jazda 2



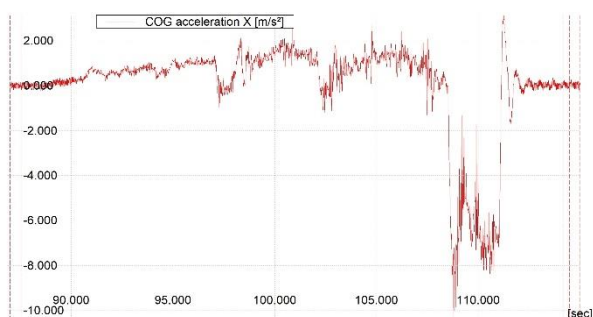
Jazda 3



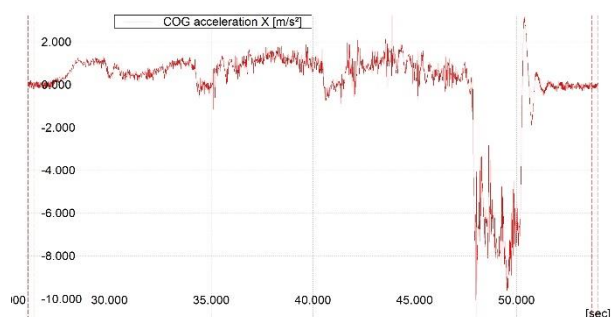
Jazda 4



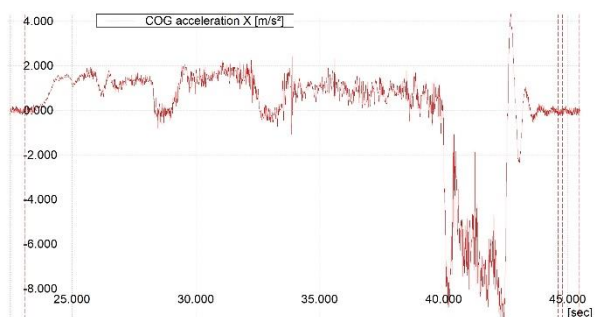
Jazda 5



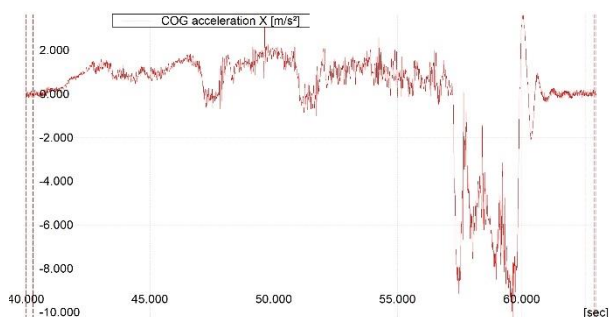
Jazda 6



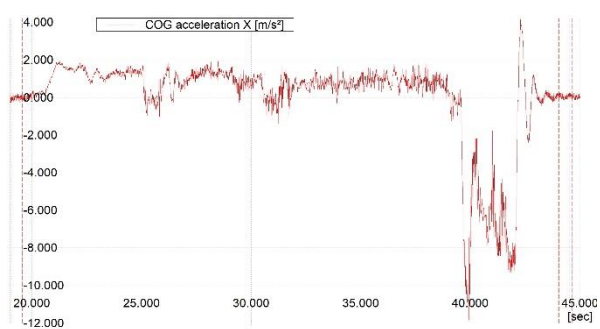
Jazda 7



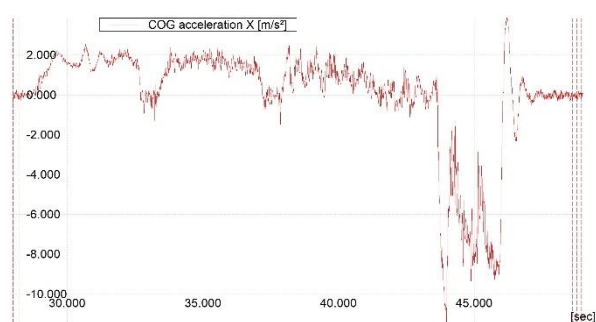
Jazda 8



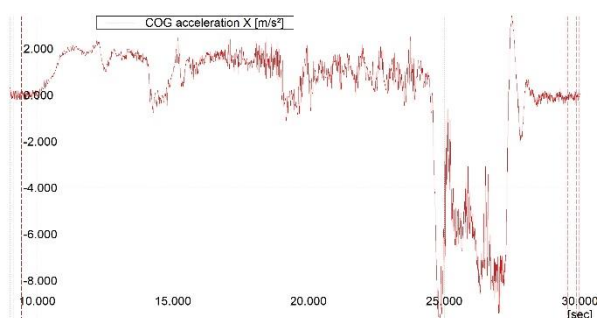
Jazda 9



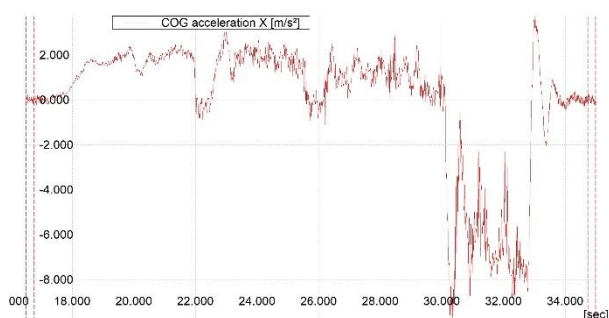
Jazda 10



Jazda 11



Jazda 12



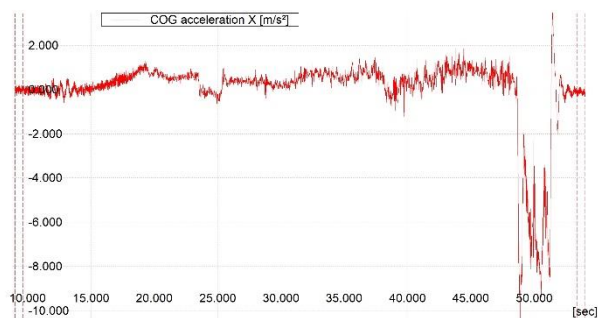
Jazda 13



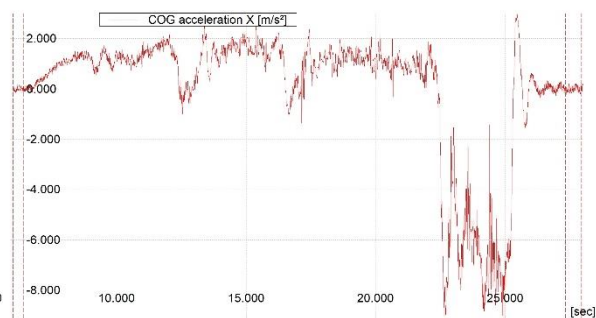
Jazda 14



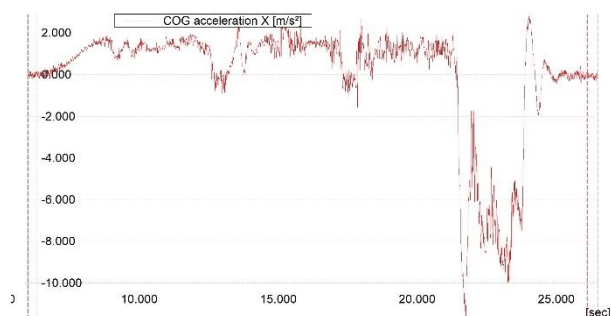




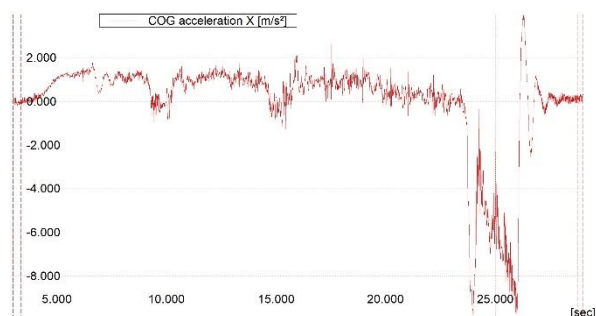
Jazda 15



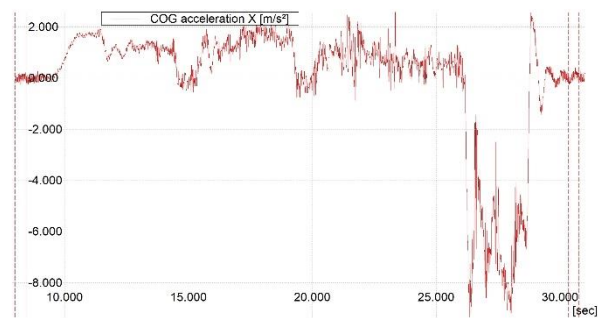
Jazda 16



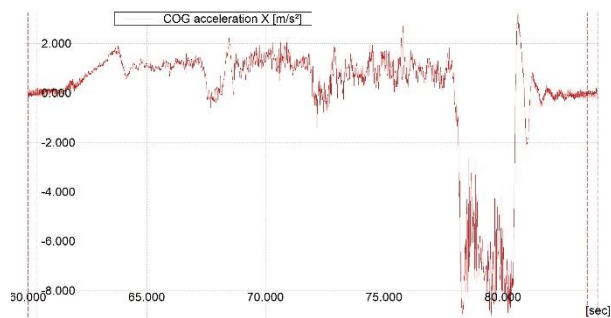
Jazda 17



Jazda 18



Jazda 19



Zdroj: Autori



Obr. 4 Časové priebehy kompenzovaných zrýchlení vozidla

Tabuľka 2: Vypočítané hodnoty MFDD a plného brzdného spomalenia

| Jazda               | MFDD (m/s <sup>2</sup> ) | b (m/s <sup>2</sup> ) | % rozdiel |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| 1                   | 7.51                     | 7.65                  | -1.85     |
| 2                   | 6.17                     | 6.09                  | 1.25      |
| 3                   | 5.43                     | 6.03                  | -9.97     |
| 4                   | 7.12                     | 7.36                  | -3.16     |
| 5                   | 5.77                     | 6.45                  | -10.47    |
| 6                   | 6.88                     | 6.54                  | 5.27      |
| 7                   | 6.35                     | 6.12                  | 3.69      |
| 8                   | 5.80                     | 5.79                  | 0.29      |
| 9                   | 5.80                     | 6.67                  | -13.16    |
| 10                  | 5.89                     | 6.63                  | -11.15    |
| 11                  | 5.51                     | 5.99                  | -7.96     |
| 12                  | 6.14                     | 6.02                  | 2.03      |
| 13                  | 5.77                     | 6.31                  | -8.62     |
| 14                  | 6.20                     | 6.12                  | 1.18      |
| 15                  | 6.52                     | 7.18                  | -9.24     |
| 16                  | 5.24                     | 6.14                  | -14.70    |
| 17                  | 6.46                     | 6.39                  | 1.14      |
| 18                  | 5.99                     | 6.69                  | -10.45    |
| 19                  | 6.36                     | 6.50                  | -2.11     |
| MAX                 | 5.43                     | 5.79                  | -6.17     |
| MIN                 | 7.51                     | 7.65                  | -1.85     |
| PRIEMERNÁ HODNOTA   | 6.17                     | 6.41                  | -3.82     |
| SMERODAJNÁ ODCHÝLKA | 0.61                     | 0.53                  | 14.96     |

Zdroj: Autori

## 4 Diskusia a záver

Z vykonanej matice experimentálnych meraní s vozidlom ZSS na vlhkom asfaltovom povrchu bola priemerná hodnota plného brzdného spomalenia  $6.41 \text{ m/s}^2$  ( $SO = 0.53 \text{ m/s}^2$ ).

Ďalej je možné na základe údajov v tabuľke 3 pozorovať, že v 12 z 19 jazd bola vypočítaná hodnota MFDD nižšia ako vypočítaná hodnota plného brzdného spomalenia a to v prípade jazd 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18 a 19. MFDD bolo v týchto prípadoch nižšie oproti hodnote plného brzdného spomalenia v rozmedzí od cca 2 % (1.85 % - jazda 1) až po cca 15 % (14.70 % - jazda 16). Pri bližšom pohľade je možné identifikovať, že pri vyššie uvedených jazdách došlo k počiatočnému prudkému nárastu brzdného spomalenia (niekedy až na hodnotu 1 g), následnému prudkému poklesu brzdného spomalenia a opätovnému pozvoľnému nárastu brzdného spomalenia. Pri kvalitatívnom pohľade na časové priebehy zrýchlení vozidla na obrázku 4 je zrejmé, že najmenej sa tento efekt prejavil práve pri jazde 1 a najvýraznejší je tento efekt, t.j. diferencia medzi lokálnym maximom pri počiatočnom prudkom náraste brzdného spomalenia a následným lokálnym minimom pri prudkom poklese brzdného spomalenia pri jazde 16.

Pri jazdách 2, 6, 7, 8, 12, 14, 17 došlo k dosiahnutiu vyššej hodnoty MFDD oproti hodnote plného brzdného spomalenia, avšak tento rozdiel je oveľa menej markantný ako pri prvej skupine jazd: MFDD bolo v týchto prípadoch vyššie oproti hodnote plného brzdného spomalenia v rozmedzí len od cca 0.3 % (0.29 % - jazda 8) po cca 5 % (5.27 % - jazda 6). Pri bližšom pohľade je možné identifikovať, že pri týchto jazdách

bol priebeh brzdného spomalenia konzistentnejší bez extrémnych diferencií medzi lokálnymi maximami a lokálnymi minimami dosiahnutého brzdného spomalenia.

Vyššie uvedené je ďalej možné logicky vysvetliť z hľadiska definície veličiny MFDD – táto veličina, ktorá je určená prioritne pre legislatívne overovanie brzdných vlastností cestných vozidiel – určuje hodnotu brzdného spomalenia počas priebehu brzdzenia (medzi 80 % a 10 % rýchlosti vozidla na počiatku brzdzenia), pričom pri určitých priebehoch brzdzenia nie je schopná zachytiť prvé lokálne maximum brzdného spomalenia po nábehu brzdného účinku. To, že toto lokálne maximum brzdného spomalenia nie je veličinou MFDD zachytené však neznamena, že k tomuto javu nedošlo – vozidlo bolo týmto lokálnym maximom brzdného spomalenia dodatočne spomalené. Toto má implikácie napr. pre forenznú rekonštrukciu cestných dopravných nehôd kedy by došlo pri znaleckom experimente k realizácii brzdných skúšok pre zistenie dosiahnuteľnej hodnoty brzdného spomalenia a znalec by použil ako relevantnú hodnotu MFDD (ktorú niektoré meracie prístroje priamo vypočítajú). V takom prípade by došlo k vneseniu chyby vstupnej hodnoty dosiahnuteľného brzdného spomalenia pri znaleckých výpočtoch.

Čo sa týka mechanizmu vzniku vyššie popísaného efektu – hlbšia analýza bude predmetom nasledovného výskumu.

## 5 Literatúra

- [1] KASANICKÝ, G. - KOHÚT, P. - LUKÁŠIK, M. *Teória pohybu a rázu pri analýze a simulácii nehodového deja*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2001.
- [2] WACH, W. – MOSER, A. *Simulation of Vehicle Accidents using PC-Crash*. 1. vyd. DSD - Dr. Steffan Datentechnik GmbH, Linz, Rakúsko. 2012
- [3] PicDAQ5, (2023). [http://www.dsd.at/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16:picdaq&catid=37&Itemid=159&lang=en](http://www.dsd.at/index.php?option=com_content&view=article&id=16:picdaq&catid=37&Itemid=159&lang=en) (prístupné 18.12.2023)
- [4] Predpis EHK č. 13. Jednotné ustanovenia pre homologizáciu vozidiel kategórie M, N a O z hľadiska brzdzenia.

## PodĎakovanie

Tento príspevok bol podporený Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0626. Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-20-0626: Biomechanicky verná náhrada ľudského tela pre zvýšenie objektivity forenzej analýzy cestných dopravných nehôd.

Autori touto cestou ďakujú spoločnosti ZaMED, s.r.o za spoluprácu pri príprave a realizácii jazdných skúšok.

# STRATÉGIA RIADENIA LETOVEJ PREVÁDZKY 2030

## Authors:

Kristína KOVÁČIKOVÁ <sup>1</sup>, Andrej NOVÁK <sup>2</sup>

## Titles and place of work of the authors:

<sup>1</sup>Ing. Kristína Kováčiková, Air Transport Department, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia, E-mail: kristina.kovacikova@stud.uniza.sk

<sup>2</sup>prof. Ing. Andrej Novák, PhD., Air Transport Department, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia, E-mail: andrej.novak@uniza.sk

**Abstrakt:** Tento článok skúma historický vývoj a súčasnú zložitosť riadenia letovej prevádzky, objasňuje úlohu technológie, regulácie a strategického plánovania. Článok mapuje začiatok riadenia letovej prevádzky od vizuálnej navigácie až po zavedenie radarových systémov a zdôrazňuje komplexný dizajn systému riadenia letovej prevádzky a výzvy, ktoré predstavujú exogénne a endogénne faktory. V článku sa nachádza podrobná analýza, pomocou metódy SWOT, kľúčových radarových technológií, vrátane primárneho radaru a sekundárneho radaru, spolu s novými technológiami, ako je multilaterácia širokej oblasti a automatické závislé sledovanie-vysielanie. Článok sa zameriava na budúce očakávania pre riadenie letovej prevádzky, berúc do úvahy rastúcu zložitosť spôsobenú rastom letectva. Príspevok sa zameriava najmä na prijatie ADS-B, analyzuje jeho transformačný potenciál, regulačné mandáty a obavy súvisiace s kybernetickou bezpečnosťou. Práca končí uznaním imperatívnej úlohy umelej inteligencie v budúcnosti riadenia letovej prevádzky. Napriek pokroku v informatike zostáva integrácia umelej inteligencie do manažmentu letovej prevádzky obmedzená, čo si vyžaduje ďalšie skúmanie pri zlepšovaní rozhodovacích procesov.

**Kľúčové slová:** riadenie letovej prevádzky, stratégia, kybernetická bezpečnosť, umelá inteligencia

**JEL:** L93

## AIR TRAFFIC MANAGEMENT 2030 STRATEGY

**Abstract:** This paper explores the historical evolution and current complexities of Air Traffic Management, shedding light on the role of technology, regulation, and strategic planning. Tracing the beginning of Air Traffic Management from visual navigation to the introduction of radar systems, the paper emphasizes the complex design of the Air Traffic Management system and the challenges posed by exogenous and endogenous factors. A detailed analysis using the SWOT method of key radar technologies, including Primary Surveillance Radar and Secondary Surveillance Radar, along with emerging technologies like Wide Area Multilateration and Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, is provided. The paper delves into the future expectations for Air Traffic Management, considering the increasing complexity driven by the growth of aviation. The paper particularly focuses on the adoption of ADS-B, analyzing its transformative potential, regulatory mandates, and concerns related to cybersecurity. The paper concludes by recognizing the imperative role of Artificial Intelligence in the future of Air Traffic Management. Despite advancements in computer science, the integration of Artificial Intelligence into Air Traffic Management remains limited, prompting the need for further exploration in enhancing decision-making processes.

**Keywords:** air traffic management, strategy, cybersecurity, artificial intelligence

# 1 Introduction

Even though the inaugural scheduled passenger flight in 1914 marked a pivotal moment in aviation history, Air Traffic Control (ATC) didn't come into existence until later years. Pre-ATC, pilots relied on visual navigation techniques such as compasses and maps for flying and landing aircraft. The first ATC tower was introduced in 1920 at London's Croydon Airport. Referred to as the "Aerodrome Control Tower", its primary function was to provide basic traffic and weather guidance to pilots via radio [1]. The bedrock of this system is the Radar system. Designing and managing the Air Traffic Management (ATM) system involves a complex interplay of various factors. The European ATM system is intricately designed but is still significantly distant from an optimal state [2]. A fundamental aspect of its functionality centers on the coordination, collaboration and cross-border cooperation among Air Navigation Service Providers (ANSPs), which, in turn, are influenced by a combination of exogenous and endogenous factors. Exogenous factors involve elements beyond ANSPs' direct control, including legal frameworks, socioeconomic conditions, operational constraints, and international regulatory obligations like those established by the Single European Sky initiative. In contrast, endogenous factors lie within ANSPs' control, spanning organizational, managerial, financial, and operational aspects. This intricate mix of factors makes the strategic planning and development of such a system notably challenging [3]. For the management in question, two types of radars stand out: the Primary Surveillance Radar (PSR) and the Secondary Surveillance Radar (SSR) [4]. Other technologies, besides the PSR and SSR, such as the Wide Area Multilateration (WAM) and the Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) are also used [5].

The Primary Surveillance Radar uses reflected radio signals. As its antenna rotates at an approximate velocity of 5-12 rpm it emits a pulse of radio wave. When this wave encounters an aircraft or another object, it gets reflected, and a portion of the energy is directed back to the antenna [6].

By using the polar coordinate system, it is able to obtain the range (by calculating the time difference between the emitted and received pulse) and bearing (via the antenna azimuth) of the targets found in respect of the antenna position. It has some limitations though:

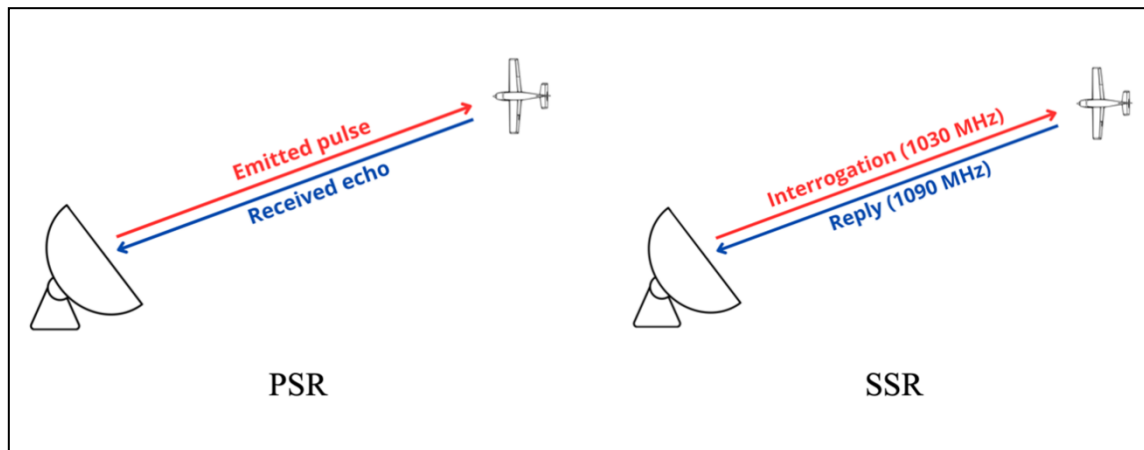
- An area of airspace directly above the antenna, called cone of silence, remains unsurveyed due to the radar's radiation pattern,
- Targets with the same slant range but at different levels are hard to distinguish, resulting in overlapping blips on the display,
- The radar cannot discern whether the reflected signals originate from aircraft or other objects like terrain, buildings, or clouds - such reflections are termed as clutter,
- Unambiguous range limit - the radar faces difficulty determining if a received signal corresponds to the most recent emitted pulse. This may lead to false targets [6].

The Secondary Surveillance Radar antenna rotates at an approximate velocity of 5-12 rpm and transmits a pulse that's received by the transponder on board. It replies by sending a message containing at least a code (if operating in Mode A). However, commonly, this is supplemented with level (mode C) additional details such as aircraft identification, chosen altitude, etc. (Mode S). The data received depends on the interrogation mode (A, C or S) and capability of the transponder. Typically, two Mode A interrogations are followed by a Mode C interrogation. As the identity of the aircraft is of highest importance to the controller, the mode A is the one that is more frequently used [7].

Offering several benefits such as requiring much less power to attain the desired range comparing to PSR, with targets being easier to distinguish due to the different SSR codes and immunity to clutter due to the utilization of different frequencies for interrogation (1030 MHz) and replies (1090 MHz), SSR also has its drawbacks:

- It relies on the onboard equipment and in event of a transponder failure, the SSR will receive no reply, resulting in a lack of target knowledge,
- A phenomenon called "garbling" can take place when two replies are received at the same time (given that the aircraft's slant range and bearings are identical) [7].

Combining the advantages of PSR and SSR is commonly practiced by co-locating them and using both [7]. Figure 1 shows the PSR and the SSR principles of operation.



Source: Authors

*Fig. 1. PSR and SSR principles of operation.*

The Wide Area Multilateration utilizes a network of sensors spread across a designated area to monitor airspace, exploiting the 1090 MHz transmissions broadcast from aircraft [8]. It can be deployed in challenging terrain unsuitable for conventional radars. It can also function as a replacement for secondary radar or a supplementary tool in conjunction with ADS-B as addressed further in this paper [8]. WAM sensors collect data from aircraft avionics through either ADS-B squitters 1 or transponder responses. Additionally, WAM ground sensors have the capability to actively query transponders to generate responses, which are subsequently gathered and analyzed by the WAM system.

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast stands out as a significant implementation system of the NextGen initiative, designed to enhance safety and efficiency in the National Airspace System by facilitating communication between pilots and air traffic controllers [9]. This advanced surveillance technology integrates an aircraft's positioning source, avionics, and ground infrastructure to establish a precise surveillance interface between the aircraft and ATC [9]. Being different and more precise than radar it consists of two different services: ADS-B Out and ADS-B In.

ADS-B Out involves the periodic broadcast of information, including the aircraft's GPS location, altitude, ground speed, and other relevant data, to ground stations and fellow aircraft at a rate of once per second. ADS-B In, however, delivers valuable weather and traffic position information directly to the cockpit for the operators [9].

## 2 Methodology

The paper aims to identify, at the current time, the strategic position and possibilities for the ATM up until the year 2030. Afterall, the strategy for Air Traffic Management until 2030 drove the research and literature review, leading to the analysis of multiple airlines and companies to reach multiple conclusions on what their plans are.

To gather pertinent literature for this study, a systematic approach was adopted using reputable academic databases, including Google Scholar, ResearchGate, Scopus, and Web of Science. Firstly, it was required to filter a multitude of articles to determine their relevance to the researched theme, and secondly, to assess their reliability, with a preference for contributions from established entities such as major airline companies. The objective was to cast a wide net and include as many articles as possible, ensuring a

comprehensive and reliable foundation for the study. The primary challenge encountered during this phase was to discern if the information on the article was relevant and reliable amidst the abundance of available information. Emphasis was placed on extracting data from sources associated with prominent airline companies as mentioned earlier. The subsequent task involved organization of the gathered information. Additionally, a crucial aspect of the data collection process was the comparative analysis of information obtained from the various consulted articles. This methodological approach aimed to uphold the rigor and credibility of the data collection process, laying the groundwork for a analysis of the researched theme. The thoroughness of this procedure contributes to the reliability and validity of the study, ensuring that the data used for analysis is both relevant and from reputable sources within the aviation industry.

### 3 Results

The core of socio-economic structure revolves around mobility and its fundamental transport components, being them either air, inland, or maritime domains. In the contemporary context, the effectiveness, speed, interconnectivity, and inclusivity of mobility are predominant considerations to have into account [10].

According to United Nations projections, it is anticipated that, by 2050, two-thirds of the global population will be residing in cities. But one pertinent question arises: How is it possible to modify and elevate current, already-stretched mobility system to meet the evolving expectations and increased demands of the future? The field of aviation is abundant with innovations, from unmanned aircraft advancements, artificial intelligence, biometrics, robotics, blockchain to the development of alternative fuels and electric aircraft. This position is ideal for aviation to contribute to the ongoing discourse on innovation and its potential implications for new modes of transportation. The magnitude of air traffic may come as a surprise to some but, globally, aircrafts are taking off at a rate exceeding 400 departures per hour, and this statistic contains solely scheduled commercial traffic. Air transport serves as a conduit for the global movement of people and cargo [10]. The upcoming decades are anticipated to bring heightened complexity to ATM due to the huge growth and increased complexity of aviation. In order to hold up to the aviation safety standards, there is a pressing need for enhancements in the ATM domain [11]. Within the airspace of the United Arab Emirates, the total number of flights is expected to increase from 608 877 in 2010 to an estimated 1 533 409 by 2030. The average growth rates are forecasted to be 6.8% from 2010 to 2015, 4.8% from 2015 to 2020, and 3.7% from 2020 to 2030 [12]. It is, therefore, acknowledged that without substantial improvements in the ATM domain, the safety objectives that were outlined by international organizations are unlikely to be met, leading to a higher risk of incidents and accidents [11].

The adoption of automation and digital technologies is on the rise in air traffic control and management. With the usage of high-definition cameras, ADS-B technology, and remote sensing, the groundwork is being laid for the implementation of unmanned or autonomous digital towers. Through these advancements, remote centralized air control centers can receive images from camera and be able to present controllers with a comprehensive view of the airfield to enhance their situational awareness. Digital tower technologies contribute to enhance operational efficiency, safety, and flexibility. The centralization of operations not only boosts productivity but also reduces the maintenance requirements of systems and equipment [13].

ADS-B stands as a primary element within the next-generation of air transportation system. Mandatory for flight within the majority of controlled airspaces, equipping aircraft with ADS-B is imperative [13]. In contrast to conventional radar surveillance technologies, PSR and SSR, which rely on ground-based antennas to measure an aircraft's range and bearing, ADS-B enables aircraft to determine their own position using a Global Navigation Satellite System. After such doing, this information is periodically broadcasted over a radio frequency to ground stations or nearby aircraft. A key advantage of NextGen lies in the continuous broadcast of critical flight information, including altitude, heading, and velocity. This diminishes the reliance on expensive and comparatively imprecise PSR and SSR systems, thereby significantly enhancing situational awareness for both pilots and air traffic controllers while simultaneously reducing air traffic surveillance costs [14].



In 2010, recognizing the transformative potential of ADS-B, the Federal Aviation Administration established a final rule mandating that all aircraft must be equipped with ADS-B by 2020. Additionally, the nonmechanical nature of ADS-B ground infrastructure allows for flexible siting in locations challenging for traditional radar installations. While WAM demands more ground stations and has larger geometric requirements compared to ADS-B, it gains an early implementation advantage by leveraging existing aircraft equipage [10]. While ADS-B enhances the capabilities of conventional air traffic surveillance systems, there exist several aspects of this technology that necessitate further elucidation and scrutiny to ensure its safe adoption. Notably, ADS-B has garnered significant media attention due to concerns about its security [15]. Seeking more recent information, it was found in a report by Aviation International News magazine of 2018 that the FAA had addressed numerous issues related to the 2020 ADS-B mandate, including pricing, technology availability, and paperwork requirements. However, comprehensive attention to cybersecurity issues associated with ADS-B technology was yet to be fully undertaken. To address concerns related to blocking, a proposed solution involved altering the aircraft ID transmitted by ADS-B, ensuring it no longer corresponds to the airplane's registration information. This approach aimed to maintain the advantages of ADS-B while alleviating some of the apprehensions regarding aircraft identification [15].

The arrangement of ADS-B gives rise to supplementary concerns regarding data security. Within this configuration, ADS-B receivers installed in each aircraft collect location information from onboard GPS sensors, which, in turn, receive signals from GPS satellites. Subsequently, this location data is transmitted alongside information from other avionics to ADS-B receivers situated on the ground or in the proximity of other aircraft. The ground stations then relay the received data to air traffic control. Aircraft equipped with ADS-B In receivers can further obtain this information for traffic detection and capitalize on the enhanced functionalities enabled by ADS-B In, such as accessing free weather information. Nevertheless, it is crucial to note that at no stage in this process is the data encrypted, implying that anyone with a receiver has the capability to observe the transmitted data. There is also an absence of authentication requirements. All these vulnerabilities expose the aircraft to potential cyber-attacks. The most well-known cyber-attack against ADS-B systems involves the act of spoofing where false data is inserted into communication pathways, creating illusions of non-existent aircraft or misleading locations [15]. Given the system's exclusive reliance on GNSS data, lacking traditional radar, a concern arises due to the absence of means for receivers of ADS-B information to independently verify the accuracy of the transmitted data. Addressing this, it's crucial to focus on validating ADS-B data against alternative technologies to rectify potential inaccuracies [14]. For example, in order to contradict the problems referred above, one of the solutions involved the establishment of a large-scale ADS-B Sensor Network for Research known as OpenSky. Historically, the extensive real-world data was limited to an exclusive group of industrial and governmental entities due to the necessity for specialized and costly equipment. Initiatives, for example, as OpenSky, utilizing "off-the-shelf" ADSB sensors distributed among volunteers across Central Europe, have democratized access. Researchers can now analyze billions of ADS-B messages, marking a significant shift in data accessibility for comprehensive analysis [14].

The innovative air-to-ground communication system relies on adaptive modulation and beamforming facilitated by the integration of automatic dependent surveillance—broadcast and multilateration techniques. The proposed multilateration technique for aircraft geolocation utilizes time-difference-of-arrival, angle-of-arrival, and frequency-difference-of-arrival features in the ADS-B signal. This hybrid approach selects multilateration sensors, being capable of minimizing geometric dilution-of-precision to increase accuracy and resilience against attacks like aircraft impersonation and ADS-B message infringement. A hardware prototype is expected to have an accuracy in the angle-of-arrival of 1.5° and a validated geolocation accuracy of approximately 30m over 100 nautical miles [16].

To enhance the performance of ATG systems, achieving highly accurate real-time geolocation estimation for aircraft is imperative. Traditional aircraft surveillance techniques involve the use of a primary surveillance radar and a secondary surveillance radar, which are supposed to be replaced by the ADS-B technology by the end of 2025 [17]. Being unauthenticated and unencrypted signal, providing open visibility to all aircraft within the airspace as mentioned before, ADS-B is susceptible to security vulnerabilities such as the lack of data authentication as protection against unauthorized message injection from and the absence of message encryption to counter spying and aircraft impersonation [17]. Various approaches have been proposed to address these challenges, such as estimating the angle-of-arrival of the ADS-B signal and among these approaches is the implementation of ADS-B systems in conjunction with wide-area

multilateration, which relies on capturing the ADS-B signal across widely separated sensors for independent aircraft location estimation, decoupled from conventional ADS-B signal demodulation [18]. The integration of ADS-B transponders with the multilateration technique presents a more reliable and cost-effective option for meeting the requirements of future air traffic management systems. Anticipated to complement existing SSR infrastructure at airports, it is expected that WAM, combined with ADS-B, will play a supportive role in the evolving air traffic management. The utilization of TDOA assisted with WAM in conjunction with ADS-B offers a considerably more precise aircraft location estimate compared to traditional PSR or SSR. This approach is not only cost-effective but also enhances aircraft tracking and detection performance significantly in comparison to the SSR architecture [17]. This results in a substantial enhancement of aircraft tracking and detection performance in comparison to the SSR architecture, consequently advancing the overall capability of Air Traffic Management.

The impending complexity in ATM due to the expanding and intricate nature of aviation necessitates substantial enhancements to uphold aviation safety standards. It is acknowledged that without significant improvements in this domain, the safety objectives outlined by international organizations cannot be achieved, potentially leading to an elevated risk of incidents or accidents. Nowadays, computer science plays an essential role in data management and decision making within ATM. However, despite these advancements, the integration of Artificial Intelligence (AI), an extensively researched side of computer science, into the ATM domain remains relatively limited [11]. In the contemporary era, AI is the mantra, resonating among technologists, academics, journalists, and capitalists [19]. On a global scale, the domain of AI in ATM exhibits growth. The number of AI in ATM publications, has nearly doubled between the peaks of 2014 and 2018, experiencing over three times increase since 2010 across different categories [11].

The organizational framework of ATC systems is supposed to find significant evolution in the coming years, marked by the integration of AI and the proliferation of unmanned aerial vehicles. The development of new software customized for large-scale data analysis is underway, focusing on optimizing safe flight systems to mitigate risks and minimize delays [20]. Fortune Business Insight's long-term projection for the global commercial drone market anticipates a substantial 25.07% compound annual growth rate from €1.33 billion in 2019 to €7.11 billion in 2027 [20].

Unmanned aerial vehicles and unmanned aerial vehicles traffic management are gathering attention for diverse applications such as package delivery, aerial mapping, agriculture and surveillance, particularly relying on line-of-sight. Unmanned aerial vehicles traffic management is indispensable for ensuring the safe operation of multiple fully autonomous unmanned aerial vehicles beyond the visual line of sight in a future environment characterized by dense traffic. Globally, various research and development teams are actively engaged in UTM initiatives, collaborating with different industrial partners for platform testing. The envisioned future scenario involves urban airspace congested with various types of autonomous aerial vehicles, posing challenges to ATM, which are expected to be addressed through AI-assisted solutions [21].

## 4 Conclusion

By exploring the evolving landscape of Air Traffic Management and addressing the challenges and opportunities presented by the advancements in technology, it is possible to realize the pressing need for substantial enhancements in ATM to ensure aviation safety standards are met in the face of the expanding and intricate nature of aviation. The integration of technologies such as PSR, SSR, WAM and ADS-B is crucial for efficient surveillance and tracking. Also, the rise of AI in every field, including ATM, is evident, with a growing number of publications reflecting increased attention to this field. Strategic initiatives anticipate regulatory changes and improve safety. The challenges associated with cybersecurity and data validation in technologies like ADS-B are acknowledged by the world and the need is much for immediate and comprehensive solutions. As the paper delves more into the future, there's recognition on the importance of technology coupling, such as ADS-B with WAM and the role of AI in shaping a safer and more efficient airspace. Overall, a comprehensive overview of the technological, operational and strategic facets within the realm of ATM, laying the foundation for an adaptive and resilient future in air traffic.

In conclusion, this exploration of ATM complexities and technological advancements underscores the need for continued innovation, collaboration, and strategic planning within the aviation industry. Embracing emerging technologies while addressing associated challenges is pivotal for fostering a robust, safe, and efficient air traffic management system capable of meeting the demands of the future.

## 5 References

- [1] FRIEDRICH, M. - BIERMANN, M. - GONTAR, P. - BIELLA, M. - BENGLER, K. The influence of task load on situation awareness and control strategy in the ATC tower environment. In *Cognition, Technology & Work*. 2018. Vol. 20, p. 205-217. DOI: 10.1007/s10111-018-0464-4.
- [2] BUYLE, S. – DEWULF, W. – KUPFER, F. – ONGHENA, E. – MEERSMAN, H. – VAN DE VOORDE, E. Van de Voorde, E. From traditional to professional Air Navigation Service Provider: A typology of European ANSP business models. In *Journal of Air Transport Management*. 2021. Vol. 91, p. 102006. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.102006.
- [3] REZO, Z. - STEINER, S. - MIHETEC, T. - ČOKORILO, O. Strategic planning and development of Air Traffic Management system in Europe: A capacity-based review. In *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 69, p. 5–12. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.138.
- [4] CONSTANTINESCU, N. – CONSTANTINESCU, E. - CHIRA, A. I. Enhancing the performance of the Primary Surveillance Radar using Multilateration. In *Incas Bulletin*. 2022. Vol. 14, p. 35– 49. DOI: 10.13111/2066-8201.2022.14.4.4.
- [5] POURVOYEUR, K. – MATHIAS, A. - HEIDGER, R. Investigation of measurement characteristics of MLAT / WAM and ADS-B. In *Tyrrhenian International Workshop on Digital Communications - Enhanced Surveillance of Aircraft and Vehicles*. 2011. pp. 203-206.
- [6] STAHL, H. - FISCHER, H. - STANZEL, S. - KLÖCK, C. - BERNHARDT, F. - KOUEMOU, G. Evaluation of passive multi-static primary surveillance radar for operational use in civil air traffic control. In *2018 19th International Radar Symposium*. 2018. pp. 1-10. DOI: 10.23919/IRS.2018.8448044.
- [7] CAMPUS, M. I. T. - CHROMEPEP, C. Air Traffic Control Secondary Radar. In *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2018. Vol. 119, p. 2935-2944.
- [8] KAUNE, R. - STEFFES, C. - RAU, S. - KONLE, W. - PAGEL, J. Wide area multilateration using ADS-B transponder signals. In *2012 15th International Conference on Information Fusion*. 2012. pp. 727-734.
- [9] OLAGANATHAN, R. Safety Analysis of Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B) System. In *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 5, p. 9-18.
- [10] ABEYRATNE, R. No Country Left Behind and ICAO's Leadership Role in Air Transport. In *Air and Space Law*. 2022. Vol. 47, p. 315-330. DOI: 10.54648/aila2022017.
- [11] DEGAS, A. - ISLAM, M. R. - HURTER, C. - BARUA, S. - RAHMAN, H. - POUDEL, M. - RUSCIO, D. - AHMED, M. U. - BEGUM, S. - RAHMAN, M. A. - BONELLI, S. - CARTOCCI, G. - DI FLUMERI, G. - BORGHINI, G. - BABILONI, F. - ARICÓ, P. A Survey on Artificial Intelligence (AI) and eXplainable AI in Air Traffic Management: Current Trends and Development with Future Research Trajectory. In *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, p. 1295. DOI: 10.3390/app12031295.
- [12] SESHADRI, U. - KUMAR, P. - VIJ, A. - NDLOVU, T. Marketing strategies for the tourism industry in the United Arab Emirates after the COVID-19 era. In *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*. 2023. Vol. 15, p. 169-177. DOI: 10.1108/WHATT-10-2022-0120.
- [13] ROUSSET, E. Air traffic management and control systems for the aviation industry. In *Airport Technology*. 2021. Available at: <https://www.airport-technology.com/buyers-guide/air-traffic-management-control-systems/>.

- [14] SCHAFER, M. - STROHMEIER, M. - LENDERS, V. - MARTINOVIC, I. - WILHELM, M. Bringing up OpenSky: A large-scale ADS-B sensor network for research. In *Proceedings of the 13th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks*. 2014. p. 83–94. DOI: 10.1109/IPSNS.2014.6846743.
- [15] SEMENOV, S. - ZHANG, M. J. Comparative studies of methods for improving the cyber security of unmanned aerial vehicles with the built-in ADS-B system. In *Advanced Information Systems*. 2022. Vol. 6, p. 69-73. DOI: 10.20998/2522-9052.2022.4.10.
- [16] NIJSURE, Y. A. - KADDOUM, G. - GAGNON, G. - GAGNON, F. - YUEN, C. - MAHAPATRA, R. Adaptive Air-to-Ground Secure Communication System Based on ADS-B and Wide-Area Multilateration. In *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2016. Vol. 65, p. 3150–3165. DOI: 10.1109/TVT.2015.2438171.
- [17] RUDYS, S. - ALEKSANDRAVICIUS, J. - ALEKSIEJUNAS, R. - KONOVALTSEV, A. - ZHU, C. - GREDA, L. Physical layer protection for ADS-B against spoofing and jamming. In *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. 2022. Vol. 38, p. 100555. DOI: 10.1016/j.ijcip.2022.100555.
- [18] JANA, S. - KASERA, S. K. On Fast and Accurate Detection of Unauthorized Wireless Access Points Using Clock Skews. In *IEEE Transactions on Mobile Computing*. 2010. Vol. 9, p. 449–462. DOI: 10.1109/TMC.2009.145.
- [19] JORDAN, M. I. Artificial Intelligence—The Revolution Hasn't Happened Yet. In *Harvard Data Science Review*. 2019. DOI: 10.1162/99608f92.
- [20] HÖHROVÁ, P. - SOVIAR, J. - SROKA, W. Market Analysis of Drones for Civil Use. In *LOGI – Scientific Journal on Transport and Logistics*. 2023. Vol.14, p. 55–65. DOI: 10.2478/logi-2023- 0006.
- [21] SHRESTHA, R. - BAJRACHARYA, R. - KIM, S. 6G Enabled Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management: A Perspective. In *IEEE Access*. 2021. Vol. 9, p. 91119–91136. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3092039.

## Acknowledgement

The paper is an output of the project KEGA 040ŽU – 4/2022 Transfer of progressive methods of education to the study program "Aircraft Maintenance Technology" and "Air Transport".

# METÓDY MERANIA A HODNOTENIA KVALITY A POUŽITIE VYBRANEJ METÓDY V DOPRAVNÝCH SLUŽBÁCH

**Autori:**

Dominika JONASÍKOVÁ <sup>1</sup>

**Tituly a pôsobisko autorov:**

<sup>1</sup> Ing. Dominika Jonasíková, Katedra cestnej a mestskej dopravy, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, E-mail: jonasikova1@stud.uniza.sk

**Abstrakt:** V súčasnosti je meranie a hodnotenie kvality poskytovaných výrobkov alebo služieb dôležitou súčasťou každej organizácie. Meranie je spôsob získavania určitých informácií. Ide hlavne o informácie o plnení alebo neplnení kritérií kvality, ktoré sú zahrnuté do súboru meraných kritérií. Pre každé kritérium by mal byť definovaný „štandard“ ako typická alebo tolerovaná hodnota. Úlohou merania kvality je poskytnúť objektívne a kvantitatívne hodnotenie úrovne splnenie špecifikovaných kritérií, očakávaní alebo štandardov. Meranie kvality je neoddeliteľnou súčasťou manažmentu kvality a jednotlivých systémov manažérstva kvality. Meranie kvality tiež zohráva kľúčovú úlohu v dosahovaní a udržiavaní vysokej úrovne kvality vo viacerých odvetviach, ako aj v doprave alebo dopravných službách.

**Kľúčové slová:** kvalita, meranie, hodnotenie, jednokriteriálne metódy, viackriteriálne metódy, váhy dôležitosti

**JEL:** R49

## QUALITY MEASUREMENT AND EVALUATION METHODS AND APPLICATION OF THE SELECTED METHOD IN TRANSPORT SERVICES

**Abstract:** Nowadays, measuring and evaluating the quality of the products or services provided is an important part of any organization. Measurement is a way of obtaining certain information. It is mainly information about the fulfilment or non-fulfilment of quality criteria that are included in the set of criteria to be measured. For each criterion a 'standard' should be defined as a typical or tolerable value. The purpose of quality measurement is to provide an objective and quantitative assessment of the level of fulfilment of specified criteria, expectations or standards. Quality measurement is an integral part of quality management and individual quality management systems. Quality measurement also plays a key role in achieving and maintaining a high level of quality in a number of industries, as well as in transport or transportation services.

**Keywords:** quality, measurement, evaluation, single-criteria methods, multi-criteria methods, importance weights

## 1 Úvod

Meranie a hodnotenie kvality predstavuje kľúčový aspekt v rámci manažmentu kvality, inžinierstva a vedeckého výskumu. V praxi poznáme veľa metód merania a hodnotenia kvality. Konkrétne poznáme jednokriteriálne a viackriteriálne hodnotenie kvality výrobkov alebo služieb. Hlavným cieľom uplatňovania metód je zistenie kvality výrobkov alebo služieb, ktoré organizácie poskytujú svojim zákazníkom. Metódy merania a hodnotenia kvality pomáhajú získať hodnotenie, ktoré je meradlom pre porovnanie kvality výrobkov alebo služieb poskytovaných rôznymi poskytovateľmi alebo distribútormi. Z časového hľadiska je možné metódami merania kvality taktiež zachytiť trend vývoja v oblasti kvality výrobkov alebo služieb.



V praxi je najvhodnejšie využiť metódy viackriteriálneho hodnotenia kvality. Všetky metódy majú spoločné to, že umožňujú zohľadniť viacrozmernosť rozhodovacích problémov použitím viacerých kritérií namiesto jedného spoločného kritéria. Viackriteriálne metódy hodnotenia je možné použiť podporu rozhodovania v prípade problémov, ale rovnako aj na hodnotenie kvality produktov alebo služieb [1].

Meranie kvality pomáha organizáciám rozpoznať ich slabé stránky, upozorňuje ich na hrozby alebo príležitosti. Meranie kvality môže poslúžiť na identifikáciu toho, čo funguje správne alebo nesprávne a následne po identifikácii je možné zlepšenie kvality [2].

## 1.1 Význam merania a hodnotenia kvality

Riadenie kvality je základným krokom prevádzkovej dokonalosti. Organizácie by sa mali riadiť procesom slučky kvality, ktorá je efektívnou stratégiou pre prosperovanie organizácie. Slučka kvality je zameraná na neustále zlepšovanie a vyznačuje sa tým, že spája údaje o kvalite alebo výkonnosti z jednej oblasti do druhej a naopak [3].

Riadenie kvality na základe slučky kvality je proces, ktorý analyzuje, identifikuje a napráva problémy s kvalitou v nepretržitom cykle. Ide o celostný pohľad na systém v organizácii, ktorý umožňuje organizáciám zbierať kvalitné údaje z rôznych oblastí hodnotového reťazca, prijímať rozhodnutia, ktoré sú založené na údajoch, implementovať nápravné opatrenia a monitorovať výsledky pre ďalšie zdokonaľovanie organizácie [3]. Na pravej strane slučky kvality je zobrazená cieľová kvalita a poskytovaná kvalita. Cieľová kvalita určuje cieľ, ktorý chcú dosiahnuť poskytovatelia výrobkov alebo služieb. Určenie cieľa závisí od očakávanej úrovne kvality, ktorá môže byť definovaná v cieľoch organizácie, rozpočtových obmedzeniach, výkone konkurencie alebo od tlaku, ktorý ide z externého alebo interného prostredia. Poskytovaná kvalita definuje všetky narušenia pri poskytovaní výrobkov alebo služieb dodávateľom alebo organizáciou. Tieto narušenia sa berú ako chyba a pri hodnotení kvality výrobkov alebo služieb sa berú do úvahy.

Pri meraní a hodnotení kvality výrobkov alebo služieb je prvoradé určenie znakov kvality. Znak kvality je kritérium, ktoré vyjadruje určitú charakteristiku výrobku, služby alebo výkonu vo vzťahu k jeho kvalite a naplneniu požiadaviek, ktoré naň kladie zákazník. Druhoradé je zvolenie metódy merania a hodnotenia kvality. Poznáme jednokriteriálne a viackriteriálne (multikriteriálne) hodnotenie kvality. Jednokriteriálne hodnotenie kvality je typ hodnotenia, kde výsledkom je hodnota kvality, ktorá je získaná na základe sledovania a merania jednej vybranej charakteristiky kvality. Viackriteriálne hodnotenie kvality je typ hodnotenia, kde výsledkom je hodnota kvality, ktorá je získaná na základe sledovania a merania skupiny znakov kvality [4].

## 2 Klasifikácia metód merania a hodnotenia kvality

V praxi poznáme mnoho metód merania a hodnotenia kvality výrobkov alebo služieb. Metódy merania a hodnotenia kvality môžeme klasifikovať podľa časového rámcu merania, spôsobe získavania údajov alebo podľa komplexnosti merania.

### 2.1 Meranie a hodnotenie podľa časového rámcu

Podľa časového rámcu merania rozlišujeme kontinuálne meranie a náhodné meranie kvality.



- **Kontinuálne (nepretržité) meranie kvality** je meranie, v ktorom sa zabezpečuje nepretržitý zber údajov o kritériách kvality. Metóda nepretržitého merania sa môže použiť napríklad pri posudzovaní, ako sa daný znak kvality vyvíja, teda zlepšuje alebo zhoršuje [5].
- **Náhodné meranie kvality** sa uskutočňuje vo vhodne zvolených časových intervaloch. Pokiaľ nastanú nerovnomernosti v intervaloch, je potrebné vhodne nastaviť meranie a hodnotenie kvality, aby údaje získané z meraní mali čo najväčšiu vypovedaciu schopnosť.

## 2.2 Meranie podľa spôsobu získavania údajov

Podľa spôsobu získavania údajov poznáme dve metódy merania. Konkrétne ide o meranie kontrolórmí a meranie technickými prostriedkami.

- **Meranie kvality kontrolórmí** je proces, pri ktorom sú ľudia, resp. zamestnanci organizácie, poverení merať a hodnotiť kvalitu výrobkov alebo služieb. Tento spôsob merania a hodnotenia kvality je dôležitý v oblasti kontroly kvality. Výstup z takéhoto spôsobu merania a hodnotenia kvality zabezpečuje plnenie stanovených noriem a požiadaviek. Kontrolóri musia mať jasné a detailné informácie o kvalite pre daný výrobok alebo službu. Pri tomto spôsobe merania a hodnotenia kvality sa používajú rôzne meracie nástroje a prístroje (napr. v prípade merania rozmerov, váhy, výkonu a pod.). Kontrolóri musia byť taktiež odborníkmi v danej oblasti, poprípade musia mať školenie, aby mohli vykonávať meranie a hodnotenie kvality. V praxi je tiež dôležité, aby meranie a hodnotenie kvality kontrolórmí bolo systematické, spoľahlivé a opakované, aby sa zabezpečilo plnenie kvality výrobkov alebo služieb [6].
- **Meranie kvality technickými prostriedkami** zahŕňa použitie rôznych technologických prístrojov a nástrojov na meranie, hodnotenie a monitorovanie kvality výrobkov, procesov alebo služieb. Zber údajov o kritériách kvality je zabezpečovaný pomocou informačných systémov a technických zariadení. Táto metóda zvyčajne prispieva k presnejším a opakovateľným meraniam v porovnaní s manuálnymi metodikami.

## 2.3 Meranie kvality podľa komplexnosti merania

Podľa komplexnosti merania poznáme rovnako dve metódy merania a hodnotenia kvality. Konkrétne ide o meranie kvality v časti systému a meranie kvality v celom systéme.

- **Meranie kvality v časti systému** sa týka vybraných pobočiek, prevádzok, zamestnancov a pod. Táto metóda merania sa uplatňuje vtedy, ak existujú predpoklady poskytovania rôznej kvality v jednotlivých častiach systému, resp. existujú riziká vzniku nekvalitného poskytovania výrobkov alebo služieb. Indikátorom takéhoto stavu môžu byť napr. sťažnosti alebo reklamácie smerované zo strany zákazníkov.
- **Meranie kvality v celom systéme** je vhodné použiť pri posudzovaní kvality a funkčnosti celého systému pobočiek alebo prevádzok.

## 3 Viackriteriálne hodnotenie kvality

Prístup viackriteriálneho hodnotenia kvality výrobkov alebo služieb je založený na vytvorení klasifikačných vzťahov za účelom vyjadrenia preferencií realizátora hodnotenia. Predtým ako sú vytvorené klasifikačné vzťahy, musia byť taktiež určené rozlišovacie prahy, napr. nižšia alebo vyššia miera naplnenia

požiadaviek kritérií a taktiež musí byť určená váha dôležitosti daného kritéria. Jednotlivé váhy dôležitosti musia rešpektovať priority jednotlivých kritérií kvality. Celkové hodnotenie sa vypočíta na základe zostavenia usporiadaných dvojíc pozostávajúcich z váhy dôležitosti konkrétneho kritéria kvality a stupňa naplnenia požiadaviek stanovených pre konkrétne kritérium [7].

$$HK = \sum_{i=1}^n v_i * s_i \quad (1)$$

kde: HK je hodnota kvality celkom,

$v_i$  je váha dôležitosti i-teho kritéria kvality,

$s_i$  je stupeň naplnenia požiadaviek i-teho kritéria kvality zo strany poskytovateľa služby [5].

Pri návrhu metód merania a hodnotenia kvality je cieľom navrhnúť objektívne metódy merania a hodnotenia kvality, ktoré sú založené na meraní objektívnych ukazovateľov v externých podmienkach. Hodnotiaca strana definuje konkrétne znaky kvality, ktoré zohľadňujú jej podnikateľské zámary. Tieto znaky kvality sú častokrát deklarované v politike kvality organizácie [4].

### 3.1 Všeobecný postup realizácie merania a hodnotenia kvality

V praxi poznáme všeobecný postup realizácie merania a hodnotenia kvality, ktorý je nasledovný:

1. **Definícia znakov kvality** - strana, ktorá hodnotí kvalitu výrobkov alebo služieb musí definovať skupinu znakov kvality, ktorých splnenie alebo nesplnenie sleduje.
2. **Pridelenie bodov jednotlivým znakom kvality** - vytvoria sa bodovacie stupnice pre jednotlivé znaky kvality. V závislosti od splnenia alebo nesplnenia znaku kvality sa kritériu z bodovej stupnice prideli príslušný počet bodov. Pri znakoch, kde nevieme určiť mieru naplnenia (napr. v dopravných službách ide o dodržanie dodacej lehoty) sa sleduje len splnenie alebo nesplnenie kritéria.
3. **Stanovenie váh dôležitosti znakov kvality** - osoba, ktorá realizuje hodnotenie kvality výrobkov alebo služieb stanoví váhy dôležitosti pre jednotlivé znaky kvality. Metódy stanovenia váh dôležitosti jednotlivých kritérií budú v článku opísané nižšie.
4. **Ideálne bodovanie znakov kvality** - stanoví sa ako maximálna bodová hodnota z bodového rozpätia daného znaku kvality. Maximálne bodové hodnotenie jednotlivých znakov kvality sa tiež využije pri stanovení ideálneho skóre jednotlivých znakov kvality.
5. **Určenie ideálneho skóre znakov kvality** - určí sa ako súčin ideálneho bodovania daného znaku a jeho relatívnej váhy dôležitosti.
6. **Určenie ideálnej hodnoty kvality výrobkov alebo služieb** - určí sa ako súčet ideálnych skóre jednotlivých znakov kvality. Táto hodnota je dôležitá pri porovnaní skutočnej kvality výrobkov alebo služieb a ideálnym stavom.
7. **Bodovanie znakov kvality konkrétneho výrobku alebo služby z hľadiska ich splnenia alebo nesplnenia** - osoba, ktorá realizuje hodnotenie, ohodnotí jednotlivé znaky kvality z hľadiska miery ich splnenia alebo nesplnenia. Pridelovanie bodov má byť objektívne, preto je veľmi dôležité stanoviť postup pre pridelenie bodov jednotlivým znakom a tento postup zapracovať do vnútroorganizačnej smernice, ktorá bude záväzná pri hodnotení kvality výrobkov alebo služieb.
8. **Určenie skutočného skóre znakov kvality výrobkov alebo služieb** - skutočné skóre jednotlivých znakov kvality sa určí ako súčin bodového ohodnotenia konkrétneho znaku kvality a jeho váhy dôležitosti.

9. **Stanovenie hodnoty kvality výrobku alebo služby** - hodnota kvality výrobku alebo služby sa určí ako súčet jednotlivých skóre znakov kvality výrobkov alebo služieb.
10. **Porovnanie ideálnej hodnoty a konkrétnej hodnoty kvality výrobkov alebo služieb** - konkrétnu hodnotu môže organizácia vyjadriť ako percentuálny podiel z ideálnej hodnoty kvality výrobkov alebo služieb.
11. **Vyvodenie záverov** - organizácia stanoví subjektívne a objektívne faktory, ktoré vplývajú na hodnotu kvality. Organizácia má rovnako navrhnuť postupy a opatrenia, ktoré by viedli k lepšiemu plneniu požiadaviek na kvalitu výrobkov a služieb.
12. **Grafické znázornenie hodnôt kvality výrobkov alebo služieb** - v prípade, ak porovnávame viaceré organizácie, ktoré poskytujú ten istý typ výrobkov alebo služieb, je výhodné použiť aj grafické znázornenie. Na osi x by boli zobrazené konkrétne organizácie, ktoré ponúkajú daný typ výrobku alebo služby a na osi y by boli zobrazené konkrétne hodnoty kvality. Grafickým znázornením je možné tiež sledovať vývoj kvality výrobku alebo služby [4].

### 3.2 Metódy stanovenia váh dôležitosti kritérií

Väľa metód viackritériálneho hodnotenia kvality vyžadujú stanoviť váhy jednotlivých kritérií hodnotenia, teda dôležitosť sledovaných kritérií pre organizáciu. Čím je kritérium dôležitejšie, tým je váha dôležitosti vyššia. V praxi poznáme subjektívne a objektívne metódy stanovenia váh dôležitosti.

**Subjektívne metódy** stanovenia váh dôležitosti kritérií sa v praxi využívajú najčastejšie a sú nasledovné:

- **Metóda pridelovania bodov** - tiež známa aj ako **alokácia 100 bodov**. Ide o jednu z najjednoduchších subjektívnych metód používaných na stanovenie váh dôležitosti kritérií pri viackritériálnej metóde hodnotenia. Rozhodovateľ pridelí každému kritériu určitý počet bodov, spolu by mal prideliť 100 bodov. Čím viac bodov kritérium získa, tým je pre organizáciu významnejšie. Následne sa tieto body normalizujú tak, aby vytvorili váhový vektor, ktorý vyjadruje relatívnu dôležitosť jednotlivých kritérií [4], [8].
- **Metóda priameho hodnotenia** - tiež známa aj ako **metóda poradia**. Pri tejto metóde stanovenia váh dôležitosti, rozhodovateľ najskôr zoradí všetky kritériá podľa ich dôležitosti od najmenej dôležitých po najdôležitejšie. Poradové číslo kritéria predstavuje počet bodov, ktoré budú pridelené konkrétnemu kritériu. Vypočítané váhy dôležitosti sú normované. Metóda priameho hodnotenia umožňuje priamy vstup od rozhodovateľov a odráža ich preferencie a dôležitosť v rámci jednotlivých kritérií [8].
- **Metóda párového porovnávania** - známa aj ako **analýza porovnávania dvojíc**, je metóda, ktorá umožňuje rozhodovateľom vyjadriť svoje preferencie medzi dvojicami kritérií, čo následne umožňuje odvodiť váhy dôležitosti kritérií. Táto metóda je široko používaná pri viackritériálnom hodnotení a bola formalizovaná v Analytic Hierarchy Process (AHP), ktorý bol vyvinutý matematikom Thomasom L. Saaty [9], [10]. Metódou sa zisťujú preferenčné vzťahy dvojíc kritérií, či sa od seba navzájom významne líšia [8].
- **Metóda pomerového váženia** - metóda pomerového váženia vyžaduje vstupy rozhodovateľov na určenie poradia relevantných kritérií podľa ich dôležitosti. V tomto prípade je najmenej dôležitému kritériu pridelená hodnota 10 a ostatným kritériám sú pridelené násobky hodnoty 10. Následne sa výsledne váhy potom normalizujú, aby ich súčet bol 1 [8].
- **Metóda swingového váženia** - pri tejto metóde sa od rozhodovateľa žiada, aby si vybral alternatívu s najhorším výsledkom a vyberie kritériá, ktorých výkon sa pravdepodobne zmení od najhoršieho

k najlepšiemu. Kritérium s najpreferovanejším výkyvom má vyššiu váhu, napr. 100 bodov. Ďalej sa vyberie kritérium, ktorého výkonnosť by rozhodovateľ chce zmeniť najhoršieho na najlepšiu úroveň a opäť sa vyberie hodnota od 0 do 100, ktorá predstavuje relatívnu dôležitosť vzhľadom na najdôležitejšie kritériá. Následne sa získajú priemerné normalizované váhy a normalizované intervaly váh [8].

- **Jednoduchá technika hodnotenia viacerých atribútov (SMART)** - ide o kompenzačnú metódu rozhodovania na základe viacerých kritérií. Metóda SMART je definovaná ako proces hodnotenia alternatív a váženia kritérií. Pri tejto metóde sa od rozhodovateľa vyžaduje, aby zoradil kritériá z hľadiska ich dôležitosti od najmenej dôležitého po najviac dôležité. Najmenej dôležitému kritériu sa priradí 10 bodov, zatiaľ čo najviac dôležitému kritériu sa priradí 100 bodov. Váha kritérií sa vypočíta normalizáciou súčtu bodov na jednotku [8].

**Objektívne metódy** stanovenia váh dôležitosti kritérií sú odvodené z informácií získaných z každého kritéria pomocou matematickej funkcie na výpočet váh bez toho, aby váhu určil rozhodovateľ. Objektívne metódy stanovenia váh dôležitosti sú nasledovné:

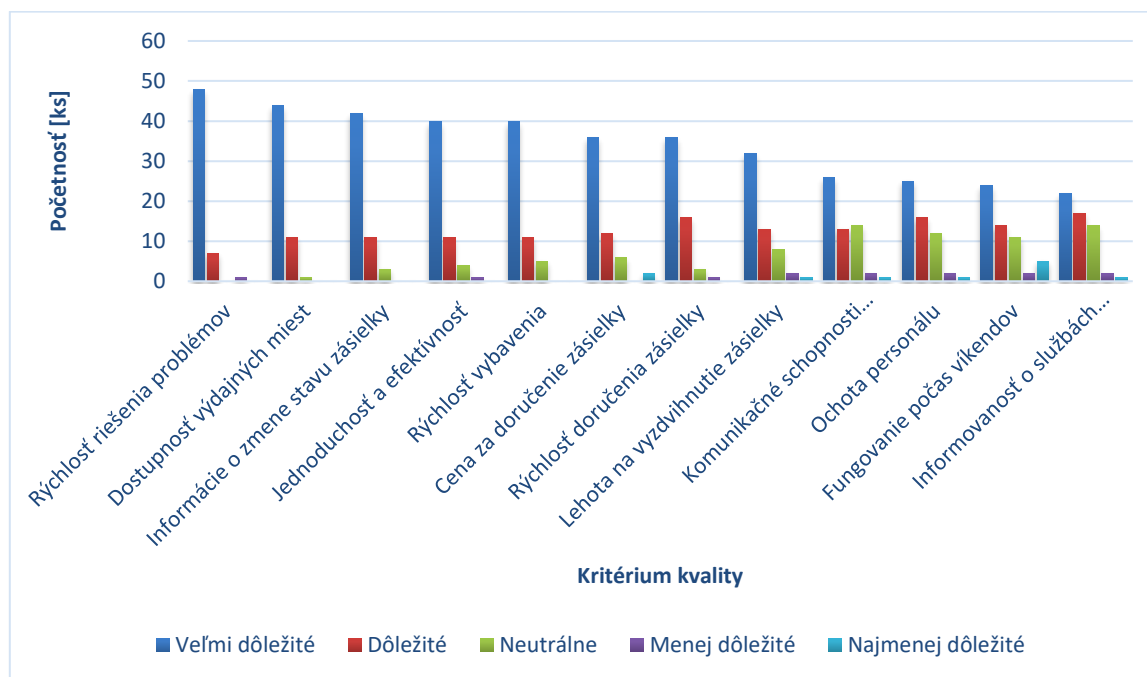
- **Metóda entropie** - je jednou z metód používaných pri stanovení váh dôležitosti kritérií pri viackriteriálnom hodnotení. Podstata metódy entropie spočíva v myšlienke maximalizácie informačnej hodnoty kritérií, čo znamená, že kritériá s väčšou neistotou alebo viacrozmanitosťou majú vyššiu váhu. Pri použití tejto metódy sa predpokladá, že kritériá s nižšou entropiou (menej rozmanité alebo predvídateľné) sú dôležitejšie v rozhodovacom procese. Táto metóda poskytuje váhy dôležitosti kritérií na základe ich neistoty alebo rozmanitosti v hodnoteniach [11].
- **Priemerná váha (Mean Weight - MW)** - stanovenie dôležitostí metódou priemernej váhy sa uskutočňuje väčšinou vtedy, keď neexistujú informácie od rozhodovateľa alebo keď nie je k dispozícii dostatok informácií na prijatie rozhodnutia. Priemerná váha je založená na predpoklade, že všetky kritériá sú rovnako dôležité [8].
- **Metóda štandardnej odchýlky** - táto metóda sa zakladá na štatistickej veličine známej ako štandardná odchýlka, ktorá meria mieru variability alebo rozptýlenia hodnôt od ich priemeru. Metóda štandardnej odchýlky preferuje kritériá s menšou variabilitou vo svojich hodnoteniach, pretože im sú pridelené váhy s vyššou hodnotou. Táto metóda však nerieši samostatnú dôležitosť kritérií, ale skôr hodnotenie ich konzistencie [8], [12].
- **Dôležitosť kritérií prostredníctvom interkritérií** - tiež známa ako **metóda CRITIC**, je založená na analýze vzájomných korelácií medzi kritériami a ich vzájomných závislostiach. Ak sú kritériá silne korelované, metóda priradí vyššie váhy tým kritériám, ktoré majú väčší vplyv na ostatné. Týmto spôsobom sa snaží zachytiť nielen absolútnu dôležitosť kritérií, ale aj ich relatívnu vzájomnú dôležitosť v kontexte celkového hodnotenia [13].

## 4 Prípadová štúdia na aplikáciu vybranej metódy merania a hodnotenia kvality v dopravných službách

Prípadová štúdia sa zaoberá meraním a hodnotením kvality v oblasti poskytovania dopravných služieb. Konkrétne ide o poskytovanie kuriérskych služieb na odberných a výdajných miestach konkrétnej organizácie. V štúdiu sú použité skutočné namerané hodnoty vybraných kritérií kvality.

V súčasnosti je kvalita poskytovaných služieb nevyhnutnosťou. Zákazníci čoraz viac kladú dôraz na kvalitu poskytovaných služieb. S kvalitou poskytovaných služieb úzko súvisia aj kritériá kvality. Kritériá v uvedenej prípadovej štúdiu sú zostavené podľa dôležitosti na základne vyplnených anonymných dotazníkov

od používateľov odborných a výdajných miest. Dotazník spolu vyplnilo 56 respondentov. Kritériá kvality sú definované na základe [4], doplnené autorom o ďalšie relevantné kritériá. Na základe výsledku odpovedí respondentov bol spracovaný graf kritérií kvality a tabuľka, ktorá zahŕňa najdôležitejšie kritériá kvality.



Zdroj: Vlastné spracovanie na základe prieskumu

Obr. 1. Najvýznamnejšie kritériá kvality v oblasti dopravných služieb

Tab. 1. Najvýznamnejšie kritériá kvality v oblasti dopravných služieb, zdroj: autor na základe prieskumu

| Por. č. | Hodnotenie veľmi dôležitých kritérií     | Počet respondentov | % podiel |
|---------|------------------------------------------|--------------------|----------|
| 01      | Rýchlosť riešenia problémov              | 48                 | 85,71    |
| 02      | Dostupnosť výdajných miest               | 44                 | 78,57    |
| 03      | Informácie o zmene stavu zásielky        | 42                 | 75,00    |
| 04      | Jednoduchosť a efektívnosť               | 40                 | 71,43    |
| 05      | Rýchlosť vybavenia                       | 40                 | 71,43    |
| 06      | Cena za doručenie zásielky               | 36                 | 64,29    |
| 07      | Rýchlosť doručenia zásielky              | 36                 | 64,29    |
| 08      | Lehota na vyzdvihnutie zásielky          | 32                 | 57,14    |
| 09      | Komunikačné schopnosti personálu         | 26                 | 46,43    |
| 10      | Ochota personálu                         | 25                 | 44,64    |
| 11      | Fungovanie počas víkendov                | 24                 | 42,86    |
| 12      | Informovanosť o službách výdajných miest | 22                 | 39,29    |

V grafe na obrázku 1 a tabuľke 1 je uvedené, že medzi najvýznamnejšie kritériá kvality patrí rýchlosť riešenia problémov. Toto kritérium sa už viac nebude brať do úvahy, pretože pri meraní kvality sa nevyskytli žiadne problémy. Rovnako to je aj s kritériom lehota na vyzdvihnutie zásielky a fungovanie počas víkendov. Ďalším kritériom v poradí je dostupnosť odberných a výdajných miest. Odberné a výdajné miesta by pre zákazníkov mali byť ľahko dostupné. Zabezpečené by malo byť aj bezproblémové parkovanie v blízkosti miesta prevádzky. Používateľom záleží na jednoduchom prístupe k zásielke. Ak vznikne zmena stavu zásielky, zákazník by mal byť o tom informovaný. Táto informácia by mala byť čo najzrozumiteľnejšia. Pri zmene stavu zásielky sa môže jednať o balenie zásielky, zásielka v preprave alebo, že zásielka je pripravená na vyzdvihnutie. Respondenti uviedli toto kritérium na tretie miesto. Viac ako polovica opýtaných považuje cenu za doručenie zásielky ako veľmi dôležité kritérium. Často si zákazník vyberá dodanie nie podľa kvality, ale podľa ceny. Rovnaké odpovede ako pri cene za doručenie boli aj pri rýchlosti doručenia zásielky. Zákazník očakáva zásielku v čo najrýchlejšom možnom termíne. Meranie kvality podľa časového rámca bolo realizované výberovo. Bol zvolený časový interval merania. Meranie sa realizovalo cez pracovný deň od 13:00 do 14:00. Meranie podľa spôsobu získavania údajov bolo uskutočnené kontrolórom, ale rovnako sa kvalita služieb merala aj pomocou technických prostriedkov. Technickými prostriedkami sa merali nasledujúce kritériá: rýchlosť vybavenia na výdajnom mieste, informácie o zmene stavu zásielky a rýchlosť doručenia zásielky. Meranie technickými prostriedkami sa uskutočňuje pomocou výstupov zo systému monitorovania o zmene stavu zásielky, komunikačných technológií a pomocou stopiek na mobilnom telefóne. Pokiaľ sa meranie uskutočňuje kontrolórm, je potreba stanovenia minimálneho rozsahu merania. Na meranie kontrolórm bolo vybraných 5 kritérií kvality. V prípadovej štúdii bola meraná len časť systému poskytovania kuriérskych služieb. V prípade, ak je pri meraní kvality služieb možné použiť technické prostriedky, je vhodné ich uprednostniť pred náhodným meraním prostredníctvom kontrolórov.

Následne sa jednotlivé kritériá kvality rozdelili do samostatných tabuliek. V samostatných tabuľkách je uvedené, čo do danej skupiny kritérií patrí a k danému rozdeleniu bol pridelený počet bodov metódou prideľovania bodov, ktorá sa tiež nazýva alokácia 100 bodov. V tabuľke 2 je uvedené rozdelenie počtu bodov pre kritérium dostupnosť odberných a výdajných miest.

Tab. 2. Alokácia 100 bodov pre skupinu kritérií „dostupnosť odberných a výdajných miest“, zdroj: autor

| Kritérium kvality                               | Pridelený počet bodov |
|-------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Dostupnosť odberných a výdajných miest</b>   | <b>100 (MAX)</b>      |
| Priestorová dostupnosť vonkajšia                | 40                    |
| Počet schodov                                   | 15                    |
| Bezbariérový prístup                            | 25                    |
| Priestorová dostupnosť vnútorná                 | 35                    |
| Počet schodov                                   | 10                    |
| Bezbariérový prístup                            | 20                    |
| Výška pultu                                     | 5                     |
| Časová dostupnosť                               | 25                    |
| Otváracia doba                                  | 10                    |
| Otváracie dni                                   | 5                     |
| Presun z parkoviska na výdajné miesto           | 5                     |
| Presun z autobusovej zastávky na výdajné miesto | 5                     |

Najdôležitejšej kategórii kritérií „priestorová dostupnosť vonkajšia“ bolo pridelených 40 bodov. Dôležitejšej kategórii kritérií „priestorová dostupnosť vnútorná“ bolo pridelených 35 bodov. Menej dôležitej kategórii kritérií „časová dostupnosť“ bolo pridelených 25 bodov. K daným podkategóriám boli pridelené jednotlivé počty bodov, pričom súčet bodov v jednotlivých kategóriách kritérií je 100. Tabuľky sa zostavia pre každú skupinu kritérií a každej skupine kritérií sa prideli maximálne 100 bodov.



Meranie a hodnotenie kvality bolo realizované v troch prevádzkach A, B a C vybranej organizácie poskytujúcej kuriérske služby. V tabuľke 3 je uvedená vyplnená tabuľka odberného a výdajného miesta v prevádzke A. V tabuľke je uvedených len prvých 10 položených otázok. Tabuľku za pomoci kontrolóra vyplnilo 7 respondentov/zákazníkov, ktorí využili službu odberného a výdajného miesta v prevádzke A. Tabuľka vyjadruje, či jednotlivé kritériá kvality boli splnené alebo nie.

Tab. 3. Príklad vyplnenej tabuľky pre meranie a hodnotenie kvality odberných a výdajných miest v prevádzke A, zdroj: autor

| Meranie kritéria kvality |                                                                   |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.                       | Využili ste schody pri vstupe do predajne?                        | áno  | áno  | áno  | áno  | áno  | áno  | áno  |
| 2.                       | Využili ste bezbariérový prístup pri vstupe do predajne?          | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  |
| 3.                       | Mali ste niekedy problém s výškou pultu na danom výdajnom mieste? | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  |
| 4.                       | Je pre Vás daná otváracia doba dostatočná?                        | áno  | nie  | nie  | áno  | áno  | áno  | áno  |
| 5.                       | Stačili Vám na vyzdvihnutie zásielky dané otváracie dni?          | áno  | áno  | áno  | áno  | áno  | áno  | áno  |
| 6.                       | Prišli ste autom, iným dopravným prostriedkom alebo pešo?         | pešo | pešo | pešo | auto | auto | auto | pešo |
| 7.                       | Vyhovuje Vám časový presun z parkoviska na výdajné miesto?        | -    | -    | -    | áno  | áno  | áno  | -    |
| 8.                       | Vyhovuje Vám časový presun zo zastávky na výdajné miesto?         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 9.                       | Prišla Vám notifikácia o zadaní zásielky do systému?              | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  |
| 10.                      | Prišla Vám notifikácia o príchode zásielky do DEPA?               | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  | nie  |

Následne boli skompletizované údaje zo všetkých odberných a výdajných miest vybranej organizácie poskytujúcej kuriérske služby. V prípadovej štúdii si uvedieme len príklad pre prevádzku A. V tabuľke 4 sú uvedené počty odpovedí „áno“ alebo „nie“ z predchádzajúcej tabuľky 3. Otázka číslo 6 je vyznačená žltou farbou, pretože súvisí s otázkou s číslom 7 a 8. Hodnota pre „áno“ a „nie“ je určená z tabuľky 3, v ktorej sú uvedené pridelené body pre jednotlivé kritériá. Napríklad otázka číslo 4 sa zaoberá otváracou dobou, ktorá patrí do skupiny kritérií dostupnosť odberných a výdajných miest v tabuľke 2. Toto kritérium patrí do skupiny časová dostupnosť a je mu pridelených 10 bodov.

Tab. 4. Príklad vyhodnotenej tabuľky pre meranie a hodnotenie kvality odberných a výdajných miest v prevádzke A, zdroj: autor

| P. č. otázky | Prevádzka A |     | Hodnota pre "áno" | Hodnota pre "nie" |
|--------------|-------------|-----|-------------------|-------------------|
|              | áno         | nie |                   |                   |
| 1.           | 7           | 0   | 15                | 0                 |
| 2.           | 0           | 7   | 25                | 0                 |
| 3.           | 0           | 7   | 5                 | 0                 |
| 4.           | 5           | 2   | 10                | 0                 |
| 5.           | 7           | 0   | 5                 | 0                 |
| 6.           | 0           | 0   | 0                 | 0                 |
| 7.           | 3           | 0   | 5                 | 0                 |
| 8.           | 0           | 0   | 5                 | 0                 |
| 9.           | 0           | 7   | 5                 | 0                 |
| 10.          | 0           | 7   | 20                | 0                 |

V tabuľke 5 je uvedené výsledné hodnotenie pre kritérium dostupnosť odberných a výdajných miest v prevádzke A. K jednotlivých bodom boli pridelené normované váhy dôležitosti podľa vzťahu:

$$\text{Váha jednotlivé skupiny kritérií} = \frac{\text{Pridelený počet bodov jednotlivé skupine kritérií}}{\text{Pridelený počet bodov skupine kritérií celkom}} \quad (2)$$

Pre skupinu priestorová dostupnosť vonkajšia bolo pridelených 40 bodov. Váhu dôležitosti preto vypočítame nasledovne:

$$\text{Priestorová dostupnosť vonkajšia} = \frac{40}{100} = 0,4 \quad (3)$$

Tab. 5. Výsledné hodnotenie kritéria dostupnosť odberného a výdajného miesta v prevádzke A, zdroj: autor

| Prevádzka A                                     |                       |                        |                |                     |
|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|---------------------|
| Kritérium kvality                               | Pridelený počet bodov | Pridelené body meraním | Váha           | Výsledné hodnotenie |
| <b>Dostupnosť odberných a výdajných miest</b>   | <b>100 (MAX)</b>      | <b>-</b>               | <b>1 (MAX)</b> | <b>-</b>            |
| Priestorová dostupnosť vonkajšia                | 40                    | -                      | -              | -                   |
| Použitie schodov                                | 15                    | 15                     | 0,4            | 6                   |
| Bezbariérový prístup                            | 25                    | -                      |                | -                   |
| Priestorová dostupnosť vnútorná                 | 35                    | -                      | -              | -                   |
| Použitie schodov                                | 10                    | 15                     | 0,35           | 5,25                |
| Bezbariérový prístup                            | 20                    | -                      |                | -                   |
| Výška pultu                                     | 5                     | -                      |                | -                   |
| Časová dostupnosť                               | 25                    | -                      | -              | -                   |
| Otváracia doba                                  | 10                    | 7                      | 0,25           | 1,75                |
| Otváracie dni                                   | 5                     | 5                      |                | 1,25                |
| Presun z parkoviska na výdajné miesto           | 5                     | 5                      |                | 1,25                |
| Presun z autobusovej zastávky na výdajné miesto | 5                     | -                      |                | -                   |
| <b>Súčet</b>                                    |                       |                        |                | <b>15,5</b>         |

Výsledné hodnotenia sa vypočítali pre každú skupinu kritérií, ktoré sú uvedené v tabuľke 2. Následne sa určila zhoda a nezhoda splnenia kritéria. Zhoda znamená, že bola splnená požiadavka alebo dané kritérium kvality. Nezhoda znamená, že požiadavka alebo dané kritérium kvality nebolo splnené. Pre jednotlivú skupinu kritérií sa určí štandard alebo hranica. Pre kritérium „dostupnosť odberných a výdajných miest“ bola hranica zhody nad 20 bodov a hranica nezahody pod 20 bodov. Kritérium „dostupnosť odberných a výdajných miest“ je v našom prípade v nezhode, čo znamená, že nebola zabezpečená dostatočná priestorová a časová dostupnosť odberného a výdajného miesta v prevádzke A.

## 5 Záver

Analýza metód merania a hodnotenia kvality nám poskytuje pohľad na rozmanitosť prístupov, ktoré organizácie a odborníci využívajú na zabezpečenie a monitorovanie výšky kvality v rôznych odvetviach. Metódy merania a hodnotenia kvality výrobkov alebo služieb odhaľuje dôležité aspekty procesu hodnotenia kvality, od jednoduchých metód ako alokácia 100 bodov, až po zložitejšie techniky viackritériálneho

hodnotenia. V rámci jednoduchých metód, ako je alokácia 100 bodov, vidíme flexibilitu a subjektívnosť, čo môže byť výhodné v situáciách, kde rozhodovatelia potrebujú rýchly spôsob pridelenia váh dôležitosti. Na druhej strane, metódy viackriteriálneho hodnotenia, ako napríklad metóda párového porovnávania alebo metóda stanovenia dôležitosti kritérií prostredníctvom interkritérií (CRITIC), poskytujú štruktúrovaný rámec pre systematické posúdenie a váženie kritérií na základe jasne definovaných procesov.

Celkovo je dôležité si uvedomiť, že žiadna metóda nie je univerzálna. Voľba metódy závisí od konkrétnych požiadaviek, odvetvia a cieľov hodnotenia. V každom prípade však analýza metód merania a hodnotenia kvality nám poskytuje nástroje na neustále zlepšovanie, inovácie a zabezpečenie vysokých štandardov kvality v dynamickom a konkurenčnom prostredí. V súčasnej dobe sa dynamika trhov a technologický pokrok neustále formujú, preto je pre podnikateľské prostredie táto problematika viac aktuálna než kedykoľvek predtým. Celkovo možno povedať, že analýza metód merania a hodnotenia kvality je výzvou aj príležitosťou pre organizácie. Správna voľba a kombinácia metód môže poskytnúť holistický pohľad na kvalitu, čo je kľúčové pre úspech v súčasnom konkurenčnom prostredí. Nakoniec, stáva sa jasné, že meranie kvality nie je jednorazovou udalosťou, ale neustálym cyklom zlepšovania a inovácie, ktorý hrá kľúčovú úlohu v dosahovaní výkonu organizácie a udržateľného rastu.

Aplikácia vybranej metódy merania a hodnotenia kvality na vzorovej prípadovej štúdii potvrdila jej použiteľnosť v praxi. Jej pravidelná aplikácia vo vhodných časových intervaloch a získané výsledky môžu slúžiť pre zlepšovanie kvality dopravných služieb a prijímanie prípadných nápravných opatrení,

## 6 Literatúra

- [1] DE TORO, P. - DROSTE-FRANKE, B. - OMANN, I. Criteria for quality assessment of MCDA methods. In *3rd Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics, Vienna 2000*. [cit. 2023-12-05]. Dostupné na internete: [https://www.researchgate.net/publication/228729314\\_Criteria\\_for\\_quality\\_assessment\\_of\\_MCDA\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/228729314_Criteria_for_quality_assessment_of_MCDA_methods)
- [2] StudySmarter. *Measuring Quality* [online]. [cit. 2023-12-05]. Dostupné na internete: <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/business-studies/operational-management/measuring-quality/>
- [3] iBase-t Experts. *Closed-Loop Process for Quality Management: What You Need to Know* [online]. [cit. 2023-12-08]. Dostupné na internete: <https://www.ibaset.com/closed-loop-quality-management/>
- [4] KONEČNÝ, V. *Nástroje a metódy manažérstva kvality: Návod na cvičenia z predmetu manažment kvality*. Žilinská univerzita v Žiline: EDIS – vydavateľské centrum ŽU, 2018. ISBN 978-80-554-1511-6.
- [5] TVmagnetics. *Definition of Continuous measurement* [online]. [cit. 2023-12-08]. Dostupné na internete: <https://www.rvmagnetics.com/dictionary/continuous-measurement>
- [6] ŠTĚRBOVÁ, M. - MAŤOVÁ, H. . POROBK, J. Quality Control of Provided Services by Mystery Shopping Method. In *Procedia Economics and Finance*. 2015. s. 105-112. [cit. 2023-12-08]. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)01607-X.
- [7] MOJŽIŠ, V. *Kvalita dopravných a prepravných procesů*. Institut Jana Pernera, o. p. s., Ediční středisko Univerzoty Pardubice, Pardubice 2003. ISBN 80-86530-09-4.
- [8] ODU, G.O. Weighting Methods for Multi-Criteria Decision Making Technique. In *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Delta State University, Nigeria*, 2019. [cit. 2023-12-10]. ISSN 1119-8362.

- [9] 1000minds. *Pairwise comparison method* [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné na internete: <https://www.1000minds.com/decision-making/pairwise-comparison>
- [10] Mind Tools Content Team. *Paired Comparison Analysis* [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné na internete: <https://www.mindtools.com/aubv1a/paired-comparison-analysis>
- [11] ZHU, Y. - TIAN, D. - YAN, F. Effectiveness of Entropy Weight Method in Decision-Making. In *Mathematical Problems in Engineering*, 2020. [cit. 2023-12-10]. DOI: 10.1155/2020/3564835.
- [12] XU, Y. - CAI, Z. Standard Deviation Method for Determining the Weights of Group Multiple Attribute Decision Making under Uncertain Linguistic Environment. In *Intelligent Control and Automation*, 2008. [cit. 2023-12-10]. DOI:10.1109/WCICA.2008.4594230.
- [13] ANAND, A. - AGARWAL, M. - AGRAWAL, D. Chapter 4 CRITIC method for weight determination. In *Multiple Criteria Decision-Making Methods*, 2022. [cit. 2023-12-10]. DOI: 10.1515/9783110743630-004.

# VOZIDLOVÝ PARK NA ALTERNATÍVNE PALIVÁ

**Autori:**

Martin ZUZANIAK <sup>1</sup>

**Tituly a pôsobisko autorov:**

<sup>1</sup> Ing. Martin Zuzaniak, Katedra cestnej a mestskej dopravy, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, E-mail: zuzaniak@stud.uniza.sk

**Abstrakt:** Klimatická kríza je v súčasnosti veľmi často rozoberanou témou na európskom fóre. K negatívnemu vplyvu na životné prostredie prispieva aj sektor dopravy a najviac cestná doprava. Preto je potrebné zavádzať ekologickejšie alternatívne druhy pohonov ako vodík, elektrické vozidlá, LNG, CNG alebo LPG. Na problematiku emisií je však nutné sa pozerieť komplexne za celý životný cyklus od výroby paliva/energie až po spotrebu. Nafta je stále najpoužívanější druh paliva a tak skoro sa to nezmení, pokiaľ nebudú mať alternatívne druhy pohonu vybudovanú dostatočnú infraštruktúru a nebudú pre dopravcov ekonomicky výhodné. Každý z pohonov má svoje špecifiká a vhodné použitie, či už je to rozvoz v meste a na kratšie vzdialenosti pre elektrické vozidlá a pohon CNG alebo diaľková doprava pre vodík a LNG. Navyše prispievajú k eliminácii a obmedzeniu negatívnych externalít dopravy a to najmä znečisteniu ovzdušia a produkcii hluku a emisií. Príspevok popisuje súčasnú situáciu v rámci SR aj Európy, aktuálne používané vozidlá na alternatívny pohon a porovnáva vhodnosť ich aplikácie.

**Kľúčové slová:** cestná doprava, vozidlový park, alternatívny pohon

**JEL:** L91

## ALTERNATIVE FUEL FLEET

**Abstract:** The climate crisis is currently a much-discussed topic in European forums. The transport sector, and road transport in particular, is also contributing to the negative impact on the environment. It is therefore necessary to introduce greener alternative types of propulsion, such as hydrogen, electric vehicles, LNG, CNG or LPG. However, the issue of emissions must be looked at comprehensively over the entire life cycle, from fuel/energy production to consumption. Diesel is still the most used fuel and this will not change so soon unless alternative fuels have sufficient infrastructure in place and are economically viable for hauliers. Each of the propellants has its own specificities and appropriate use, whether it is urban and shorter distance delivery for electric vehicles and CNG propulsion, or long-distance transport for hydrogen and LNG. Moreover, they contribute to the elimination and reduction of negative externalities of transport, in particular air pollution and the production of noise and emissions. The paper describes the current situation in Slovakia and Europe, the currently used alternative fuel vehicles and compares the suitability of their application.

**Keywords:** road transport, fleet, alternative propulsion

## 1 Úvod

Stav životného prostredia sa vplyvom činnosti človeka rýchlo zhoršuje. Lídri EÚ sa dohodli na spoločných klimatických cieľoch znížiť emisie skleníkových plynov do roku 2030 o 55% v porovnaní s rokom 1990 a dosiahnuť uhlíkovú neutralitu v roku 2050. V otázke zmeny klímy zohráva doprava významnú úlohu. V rámci EÚ zodpovedá za približne 22 % celkových emisií skleníkových plynov a je za energetikou druhým najväčším producentom skleníkových plynov, Z toho podiel cestnej dopravy predstavuje takmer 95 %. V rámci SR je doprava zodpovedná za približne 18 % celkovej produkcie skleníkových plynov a zastáva tretiu priečku za energetikou a priemyslom. Primárna pozornosť by preto mala byť venovaná možnostiam znižovania emisií skleníkových plynov, najmä oxidu uhličitého [1].

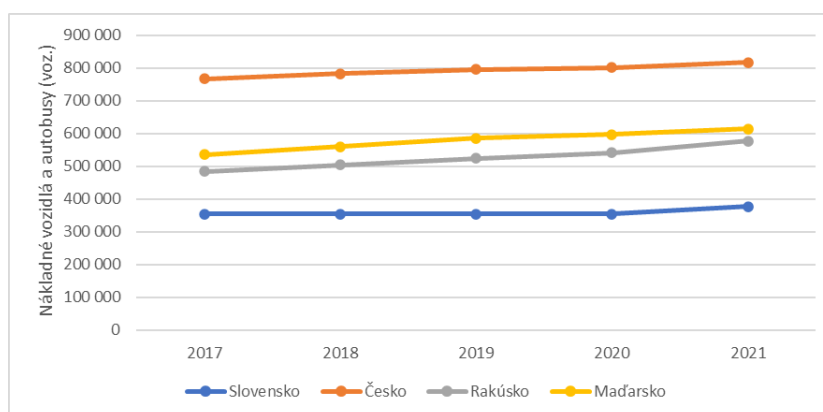
Vozidlové parky dopravcov cestnej dopravy musia prispieť v nasledujúcich rokoch k dekarbonizácii. Pre nové technológie a palivá, ako sú elektrina, vodík, stlačený zemný plyn (CNG), skvapalnený zemný plyn (LNG) alebo biopalivá je potrebné rozvíjať infraštruktúru a správne nastaviť stimuly a dane zavedené s cieľom zabezpečiť, ekonomický zmysel pre dopravcov na ich využívanie. Dopravcovia v priemere obnovujú vozidlový park každých 6-15 rokov, takže masívnejšia obnova vozidiel za vozidlá s alternatívnym druhom pohonu bude chvíľu trvať [2]. Snahy dekarbonizácie dopravy musia komplexne riešiť všetky emisie CO<sub>2</sub> pomocou prístupu well-to-wheel (WTW) a posúdenia celého životného cyklu.

Priemerný vek ľahkých úžitkových vozidiel v EÚ je 12 rokov [3]. Keďže počet nákladných vozidiel neustále narastá, otázka udržateľnosti cestnej dopravy tiež naberá na sile. Podľa štúdie spoločnosti AddSecure chce 83 % európskych dopravných spoločností prejsť na elektrické vozidlá alebo alternatívne palivá. Hlavnými dôvodmi prechodu na udržateľnejší vozidlový park sú ciele spoločností v oblasti udržateľnosti a požiadavky zákazníkov. Identifikované boli 4 štyri hlavné výzvy, ktorým spoločnosti čelia: obavy z dojazdu, nedostatok nabíjajúcich/čerpacích miest, ťažké batérie a vysoké náklady na vozidlá [4].

Pri riadení vozidlového parku zohráva veľkú rolu typ pohonu jednotlivých vozidiel na základe čoho je potrebné aplikovať iné postupy a metódy riadenia. Rôzne druhy pohonu sa odlišujú svojim dojazdom, možnosťou čerpania paliva, ekologickosťou, cenou, dostupnosťou alebo poruchovosťou, čo má veľký vplyv na celkové náklady a fungovanie spoločnosti. Rozsah nežiadúcich environmentálnych dopadov dopravy je široký. Týkajú sa spotreby neobnoviteľných zdrojov energie, znečisťovania ovzdušia, produkcie hluku a vibrácií, znečisťovania vôd a pôdy či produkcie odpadu. Prechod na alternatívne palivá alebo používanie zelených pohonov v značnej miere zníži časť zo spomenutých negatívnych efektov ako hluk, emisie alebo znečistenie.:

## 2 Vozidlový park v EÚ a na Slovensku

Priemerný vek ľahkých úžitkových vozidiel v EÚ je 12 rokov. Zo štyroch hlavných trhov EÚ má najstarší vozidlový park dodávok Taliansko (14 rokov), tesne nasledované Španielskom (13,6 roka). Nákladné vozidlá majú v Európskej únii v priemere 14,2 roka, Grécko má s priemerným vekom 22,7 roka najstarší vozidlový park nákladných vozidiel, zatiaľ čo najnovší sa nachádza v Rakúsku (6,6 roka) a Dánsku (7,5 roka). Autobusy na cestách EÚ majú v priemere 12,7 roka. Rumunské autobusy vo veku viac ako 20 rokov sú najstaršie v regióne. Len osem krajín Európskej únie má autobusový park starší ako 10 rokov [3].



Zdroj: Spracované autorom na základe [3]

*Obr. 1. Vývoj počtu nákladných vozidiel a autobusov na Slovensku a v okolitých krajinách v rokoch 2017-2021*

Ako vyplýva z obrázku 1, počet nákladných vozidiel a autobusov medziročne rastie a najsilnejšie boli roky 2018 a 2021. Zároveň je však na Slovensku tento vývoj pomalší oproti okolitým krajinám, keď až do



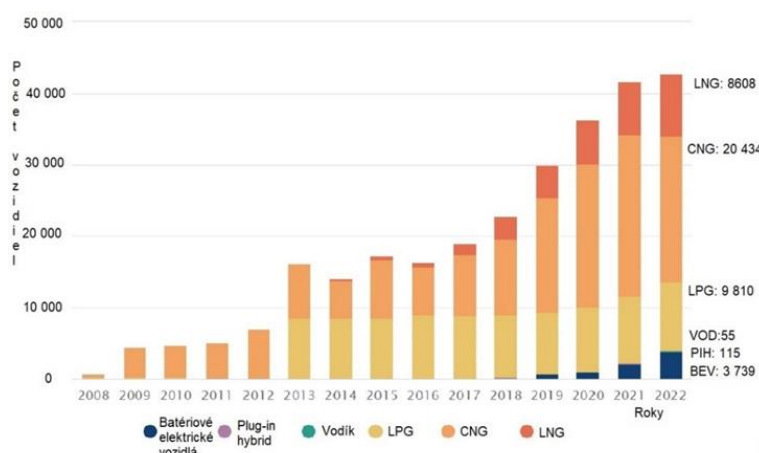
roku 2020 ostával počet vozidiel na podobnej úrovni okolo 354 000 a až v roku 2021 narástol o 6,4%. Keďže počet nákladných vozidiel neustále narastá, otázka udržateľnosti cestnej dopravy tiež naberá na sile. V EÚ stále prevládajú ľahké úžitkové vozidlá poháňané naftou, pričom 91 % vozidlového parku jazdí na naftu a len 0,6 % dodávok je poháňaných elektrickými batériami. Na naftu jazdí 96,4 % všetkých nákladných vozidiel v Európskej únii, zatiaľ čo benzín poháňa 0,5 % vozidlového parku. Iba 0,1 % nákladných vozidiel na cestách EÚ má pohon s nulovými emisiami. Dieselové autobusy tvoria 92,5 % vozidlového parku EÚ, pričom len 1,3 % je batériových elektrických a 1,8 % hybridných elektrických. Významný podiel elektrických autobusov sa však nachádza v Holandsku (14,5 %) a Luxembursku (7,8 %) [3].

. Tab. 1. Zloženie kategórií vozidiel podľa typu paliva na Slovensku a v EÚ

| Typ                     | Benzín | Nafta | Elektrika | Zemný plyn | LPG  | Neznáme |
|-------------------------|--------|-------|-----------|------------|------|---------|
| <b>Dodávky SR</b>       | 13,6%  | 83,2% | 0,1%      | 0,2%       | 1,1% | 1,8%    |
| <b>Dodávky EÚ</b>       | 6,0%   | 91,0% | 0,8%      | 0,6%       | 0,8% | 0,8%    |
| <b>Ťažké vozidlá SR</b> | 0,1%   | 96,2% | 0,0%      | 0,2%       | 0,0% | 3,4%    |
| <b>Ťažké vozidlá EÚ</b> | 0,5%   | 96,4% | 0,1%      | 0,7%       | 0,1% | 2,2%    |
| <b>Autobusy SR</b>      | 0,5%   | 92,3% | 0,6%      | 3,2%       | 0,0% | 3,5%    |
| <b>Autobusy EÚ</b>      | 0,2%   | 92,5% | 3,2%      | 3,7%       | 0,1% | 0,3%    |

Zdroj: Spracované autorom na základe [3]

Čo sa týka zloženia vozidlového parku podľa druhu paliva, Slovensko sa najmä pri ľahkých úžitkových vozidlách značne odlišuje od EÚ, ako je to viditeľné v tabuľke 1. Rozdiel je najmä vo vysokom percente benzínových vozidiel na úkor naftových. Naftové vozidlá majú stále výsostne dominantné postavenie v rámci všetkých kategórií vozidiel ako na Slovensku, tak aj v EÚ. Pri alternatívnych pohonoch je na Slovensku stále minimum takýchto vozidiel a väčšie percento tvorí len LPG pri dodávkach a zemný plyn pri autobusoch. Aj v tomto ohľade a to hlavne pri elektrickom pohone zaostávame za EÚ, avšak tento rozdiel môže byť spôsobený aj relatívne vysokým percentom neznámych vozidiel. Ak sa do porovnania zahrnú aj susedné krajiny, tak pri kategórii ľahkých vozidiel je v podobnej situácii s ešte vyšším podielom benzínových vozidiel ČR, ostatné krajiny sú rozložením bližšie k pomerom pre priemer EÚ. Pri ťažkých nákladných vozidlách je na tom podobne Maďarsko a Rakúsko, keďže v Česku je významnejšie percento elektrických vozidiel a v Poľsku zas toto miesto zaberá zemný plyn. V rámci autobusov je k Slovensku najviac podobné Poľsko a opäť Maďarsko. Omnoho vyšší podiel autobusov na zemný plyn má ČR a v Rakúsku je zas viac autobusov na elektrický pohon..



Zdroj: Spracované autorom na základe [3]

Obr. 2. Vývoj počtu nákladných vozidiel N2 a N3 na alternatívne palivá v rámci EÚ

V kategórii N1 tvoria najväčšiu časť vozidiel na alternatívny pohon skvapalnený ropný plyn (LPG) a elektrické vozidlá, ktorých je spolu viac ako 500 000. Kým počet LPG vozidiel klesá, tak množstvo tých elektrických prudko stúpa. Početnou kategóriou sú aj CNG vozidlá, zatiaľ čo vodíkové a LNG vozidlá sú stále skôr výnimkou. V kategórii ťažkých nákladných vozidiel N2 a N3 na alternatívny pohon tvorí takmer polovicu celkového počtu pohon CNG, ako ukazuje obrázok 2. Nasleduje LPG a rýchlo rastúce LNG spolu s elektrickým pohonom. Aj v tejto skupine sú vodíkové vozidlá ojedinelé a celkový rast nákladných vozidiel na alternatívny pohon sa v posledných 2 rokoch mierne spomalil, za čo môže byť zodpovedná pandémia COVID-19. Pri autobusoch tvorí väčšinu vozidiel na alternatívne pohony CNG a elektrické autobusy. V tejto kategórii je rast rovnomerný a najrýchlejší práve u elektrických autobusoch.

Tab. 2. Počet nákladných vozidiel a autobusov na alternatívny pohon v SR za rok 2022

| Typ                   | Elektrický pohon | CNG | LPG  |
|-----------------------|------------------|-----|------|
| Vozidlá N1            | 177              | 600 | 3400 |
| Ťažké vozidlá N2 a N3 | 2                | 24  | -    |
| Autobusy M2 a M3      | 46               | 230 | -    |

Zdroj: Spracované autorom na základe [5]

Na Slovensku je najvyšší počet vozidiel na alternatívny pohon v kategórii N1, kde je taktiež ako v jedinej rovnomerný a dlhodobý nárast takýchto vozidiel. Zatiaľ čo v minulosti stúpala najmä počet LPG a CNG vozidiel, ktorých je stále najviac, v súčasnosti rastú vozidlá na elektrický pohon. Pri ťažkých vozidlách kategórie N2 a N3 je počet vozidiel okrem bežného pohonu minimálny. Okrem CNG vozidiel, ktorých počet už nenarastá sa v roku 2022 objavili na Slovensku aj elektrické vozidlá. Tieto 2 kategórie sú zastúpené na rovnakých pozíciách, len vo väčšom počte aj pri autobusoch, viď tabuľka 2.

### 3 Vozidlá na alternatívny pohon na Slovensku

Dopravný podnik Bratislava (DPB) spustil do prevádzky prvú flotilu mestských autobusov s vodíkovým pohonom na Slovensku. Na niekoľko dní si už minulý rok vyskúšal prevádzku rovnakého modelu vodíkového autobusu. Mestský nízkopodlažný vodíkový autobus Solaris Urbino 12 hydrogen je autobus poháňaný elektromotorom v zadnej náprave a menšou trakčnou batériou, pre ktoré dodáva elektrickú energiu vodíkový palivový článok. Testovaním vodíkového autobusu získali cenné dáta potrebné pre prevádzku vozidiel s týmto typom pohonu a na základe toho sa môže napláňovať jeho efektívne využitie na linkách Mestskej hromadnej dopravy (MHD) v budúcnosti. Štyri vozidlá v bratislavských farbách a vybavené najnovšími technológiami dorazili do depa DPB tento rok. Podnik ich objednal vďaka nenávratnému finančnému príspevku z európskych fondov, na ktorý uzavrel zmluvu s Ministerstvom investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie Slovenskej republiky. Vodíková technológia prináša perspektívu do plánovania mestskej hromadnej dopravy v budúcnosti. V porovnaní s elektrobusedmi je výhodou týchto vozidiel dlhší dojazd, ale aj rýchlejšie tankovanie. Autobus na vodík by mohol na jedno dotankovanie prejsť aj viac ako 350 km, čím dokáže plnohodnotne nahradiť bežné autobusy v celodennej prevádzke [6,7].

Značka Ford, zastúpená spoločnosťou Summit Motors Slovakia a líder kuriérskych služieb na Slovensku, Slovak Parcel Service (SPS) majú medzi sebou významné partnerstvo. Kuriéri SPS budú mať k dispozícii plne elektrické dodávky Ford E-Transit, čo prispieje k efektívnejšiemu doručovaniu zásielok a zároveň aj k ochrane životného prostredia. Prvé testovacie jazdy elektrickej dodávky Ford E-Transit začali už v októbri 2022. Po pol roku úspešných testov bolo spoločnosti SPS odovzdaných 14 dodávok. Vozidlo Ford E-Transit je napájané 400 V batériou s využiteľnou kapacitou 68 kWh. Akumulátor poskytuje na jedno nabitie dojazd až 350 km, čo je podľa WLTP zhruba trojnásobok vzdialenosti, ktorú denne najazdí vodič priemernej flotily v Európskej únii. O pohon sa stará elektromotor s výkonom 198 kW, ktorý je najvýkonnejší elektromotor v Európe [8].

Začiatkom roka spoločnosť Anpet EU v prevádzke pre Lidl testovala elektrické nákladné vozidlo Volvo FL Electric a po vyhodnotení všetkých kritérií sa rozhodla pre model Volvo FE Electric s chladiarenskou nadstavbou. Ide o plne elektrické nákladné vozidlo, ktoré bude z distribučného centra v Seredi pravidelne zásobovať Lidl predajne v bratislavskom a trnavskom kraji. Elektrické nákladné vozidlo Volvo FE Electric o celkovej hmotnosti 20 ton a s užitočným zaťažením viac ako 8 ton prejde na jedno nabitie okolo 150 – 200 km, v závislosti na intenzite prevádzky chladiaceho agregátu, ktorý je tiež úplne bezemisný a prepojený s trakčnou batériou vozidla. Nulové emisie a dostatočný dojazd predstavujú ideálne riešenie pre distribúciu tovaru z distribučného centra Lidl v Seredi do vybraných predajní v bratislavskom a trnavskom regióne. Prevádzka nákladného vozidla je navyše veľmi tichá, čo je prínosom pre zásobovanie v nočných hodinách [9]. Okrem spomínaného chladiarenského vozidla LIDL ako prvý reťazec v reálnej prevádzke vyskúšal aj 100 % elektrický ťahač návesov. Je to model, ktorý zvládne prepraviť oveľa väčšie množstvo tovaru, ako jeho minuloročný predchodca – Volvo FE a to 24 ton nákladu. Jeho reálny dojazd je 300 km, celková kapacita batérie 540 kWh a trvalý výkon až 490 kW. Do roka 2030 chce Lidl zabezpečiť, aby 75 % ich vozidlového parku malo alternatívny pohon, a tak dosiahnuť 30 % neutralitu v doprave [10].

DB Schenker bola jednou z prvých spoločností na Slovensku, ktorá prejavila záujem oboznámiť sa s elektrickými vozidlami. Koncom roka 2021 si zapožičali demo vozidlo Volvo FL Electric, ktoré zabezpečovalo doručovanie aj vyzdvihnutie zásielok v rôznych mestských častiach Bratislavy. Práve výsledky testu ponúkli dôležité informácie. Vďaka nim sa podarilo optimalizovať správnu rovnováhu medzi prevádzkovanou vzdialenosťou, hmotnosťou nákladu a nabíjacou infraštruktúrou. Elektrické nákladné vozidlo Volvo FL Electric o celkovej hmotnosti 16 ton a s užitočným zaťažením 8 ton prejde na jedno nabitie okolo 150 – 200 km, v závislosti od poveternostných podmienok a zručnosti vodiča. Nulové emisie a dostatočný dojazd predstavujú ideálne riešenie pre distribúciu koncovým zákazníkom aj v mestskom prostredí. Prevádzka nákladného vozidla je navyše veľmi tichá, a je prínosom pre zásobovanie aj v nočných hodinách. Vozidlo je vybavené štyrmi akumulátormi s celkovou kapacitou 265 kWh. Doba nabíjania je 16,8 h striedavým prúdom (22 kW) alebo 2,3 h jednosmerným prúdom (150 kW) [11].

Na financovanie mestských elektrických dodávok spoločnosti DPD sa po prvýkrát v Európe využil špecializovaný lízingový produkt. Zmenou atribútov tradičného lízingu a ich prispôbením špecifikám elektrických dodávok Voltia vytvorila produkt operatívneho lízingu, ktorý je špeciálne určený pre tento typ vozidiel. Umožňuje tak výrazne znížiť mesačné splátky za plne elektrické dodávky na sumu, ktorá je nižšia alebo rovnaká ako lízing dieselovej verzie, čo v podmienkach Slovenska znamená hranicu cca 500 eur. Táto spolupráca medzi niekoľkými rôznymi partnermi je príkladom toho, ako sa dnes dá urýchliť a zjednodušiť prechod firiem na elektromobilitu. Presnejšie, pomôcť im konvertovať ich vozidlové parky za cenu nafty. Dojazd 50 kWh batériovej verzie je 200 km, 75 kWh verzie až 280 km. Užitočné zaťaženie sa pohybuje od 800 do 1 000 kg. Celková úspora nákladov za 10 rokov na jednu dodávku je viac ako 24 000 eur. Záruka na batériu 8 rokov alebo 160 tisíc kilometrov. Cena bez dotácie začína na Slovensku na 35 950 eur (základné vozidlo plus prestavba). Výhodou je aj široká servisná sieť OEM [12].

Elektrické autobusy ekologizujú dopravu a zahraničné metropoly ich v posledných rokoch intenzívne začleňujú do svojich vozidlových parkov. Hoci na Slovensku nemôžeme zatiaľ hovoriť o tisícokach či stovkách nových autobusov, počty nových elektrobusov stále rastú. Elektrický autobus sa na Slovensku prvýkrát zaradil do premávky v Tatrách. Testovaný bol ako skibus. Košice zaradili do mestskej hromadnej dopravy elektrické autobusy skôr než Bratislava. Už v roku 2014 zaradili do prevádzky 5 elektrobusov a dnes ich majú 14. Zníženie nákladov a ekologizácia MHD boli dva hlavné faktory, pre ktoré sa mesto rozhodlo zaradiť tieto autobusy do svojho parku. Prvé elektrické autobusy predstavil Dopravný podnik Bratislava na začiatku roka 2018. Boli štyri, no počas roka ich doplnil ešte o 14. Žilina obnovila vozidlový park veľmi radikálne. V roku 2018 jej pribudlo 32 autobusov – 2 elektrické a 30 hybridných [13].

Spoločnosť Billa najnovšie začala na prevoz potravín a iného tovaru využívať vozidlá spoločnosti NAD-RESS Senica jazdiace na skvapalnený zemný plyn (LNG), ktoré do ovzdušia vypúšťajú výrazne menej emisií. Jedno LNG vozidlo s najazdenými 125 000 kilometrami ročne ušetrí takmer 40 ton emisií oxidu uhličitého v porovnaní s dieselovými motormi. Billa plánuje zásobovať svoje predajne po celom Slovensku flotilou 70 eko vozidiel. Jednou z výhod kvapalného skupenstva je, že ho nie je potrebné prepravovať potrubím. Okrem toho stačí tohto plynu natankovať menej, pretože po zmene z kvapalného skupenstva na plynne vzniká až niekoľkokrát väčší objem paliva. To zaručuje aj dlhší dojazd vozidiel. Vďaka využívaniu

vozidiel jazdiacich na LNG pohon sa tiež výrazne znižuje množstvo uniknutých emisií škodlivého oxidu uhličitého. Spotreba paliva v LNG vozidiel je nižšia ako pri naftových, čo sa v kombinácii s technikou jazdy, správnymi pneumatikami a využívaním aeroprvkov prejavuje v podstatnom znížení emisií, v desiatkach ton na jedno vozidlo. Vozidlo s najazdenými 125 000 kilometrami za rok ušetrí až 38,7 ton oxidu uhličitého, čo predstavuje 20-25 % emisií. Nové vozidlá vo vozidlovom parku Billa sú tiež vhodné na nočné zásobovanie a zásobovanie v centrách miest, pretože počas jazdy v tichom režime ich prevádzka neprevyšuje 71 decibelov, a teda neruší okolie nadmerným hlukom [14].

V Beluši v časti Podhorie sídli dopravná spoločnosť Labant, s. r. o., ktorá sa s počtom 12 ťahačov na skvapalnený zemný plyn stáva jedným z najväčších autodopravcov s vozidlami na tento k životnému prostrediu ohľaduplnejší pohon. Pre diaľkovú dopravu je zatiaľ najlepšou alternatívou k naftovým pohonom skvapalnený zemný plyn. Veľké skúsenosti s pohonom na skvapalnený plyn má IVECO, ktoré pre oblasť ťažkej nákladnej dopravy ponúka riešenie v podobe ťahača IVECO S-WAY LNG s motorom Cursor 13 NP s objemom 12,9 l, maximálnym výkonom 338 kW (460 k)/1 900 min<sup>-1</sup> a maximálnym krútiacim momentom 2 000 Nm/1 100 – 1 600 min<sup>-1</sup>. Kapacita nádrží nízkeho ťahača na LNG sa teraz zväčšila z 270 kg na 310 kg, čo umožňuje ešte dlhší dojazd 1300 km. V prípade prevedenia štandardného ťahača s objemom nádrže 400kg dosahuje dojazd 1600 km. Počas spaľovania vypúšťa do ovzdušia oveľa menej znečisťujúcich látok ako uhlie, ropa alebo iné ťažené palivá [15].

Pilotný projekt biojazda.sk odštartoval slovenský autodopravca Yellow Express v apríli 2021, keď spustil prvé jazdy nového nákladného vozidla - ťahača Scania, uspokojeného na nízko-emisnú jazdu na palivo zo 100 % bionafty, označené ako B100. Takto v praxi preveruje funkčnosť alternatívy čistejšej nákladnej dopravy, ktorá môže byť zavedená okamžite, s dokázanou úsporou emisií skleníkových plynov 70 %. Alternatíva sa osvedčila a dnes už dopravca pridáva do vozidlového parku ďalšie podobné vozidlá, keďže o zelené služby je rastúci záujem. Počas roku testovania vozidlo Scania odjazdilo na bionaftu takmer 94 700 km, z toho 70 % naložené, 30 % prázdne. Priemerná spotreba vozidla bola 29,5l/100km. Úspora emisií skleníkových plynov počas testovania dosiahla podľa predpokladov až 70 %. V rámci doterajších zistení možno konštatovať, že táto alternatíva je efektívna a vhodná aj pre slovenské cesty a vďaka produkcii biopalív na Slovensku môže byť zavedená okamžite. Spoločnosť Yellow Express sa na základe týchto záverov rozhodla rozširovať svoj vozidlový park o ďalšie vozidlá značky Renault, jazdiace na 100 % bionaftu a byť tak inšpiráciou pre ostatných autodopravcov ekologickou obnovou svojich vozidlových parkov. Motor vozidla je v princípe naftový a je plne prispôbený na spaľovanie paliva B100 (100 % bionafty), ktoré netreba miešať so žiadnym fosílnym palivom. Ťahač Scania zakúpil Yellow Express priamo od švédskeho výrobcu, ktorý vyrába aj tento typ motorov na biopalivový pohon [16].

Pre komerčné nasadenie je ešte potrebné legislatívne upraviť nastavenie spotrebnej dane voči biopalivám tak, aby pri výške spotrebnej dane boli zohľadnené nízke emisie skleníkových plynov. Dnes je spotrebná daň nastavená tak, že po prepočte na objem energie a emisie skleníkových plynov je najvyššia práve u biopalív (s nižšími emisiami skleníkových plynov ako čisté fosílné palivá), čo je v protiklade voči záväzkom a zámerom štátu znižovať emisie skleníkových plynov v doprave. Cena čistého biopaliva (B100) musí byť motivačná - minimálne rovnaká alebo nižšia ako je cena nafty B7 [16].

## 4 Vhodnosť použitia alternatívnych palív

Pri riadení vozidlového parku zohráva veľkú rolu typ pohonu jednotlivých vozidiel na základe čoho je potrebné aplikovať iné postupy a metódy riadenia. Rôzne druhy pohonu sa odlišujú svojim dojazdom, možnosťou čerpania paliva, ekologickosťou, cenou, dostupnosťou alebo poruchovosťou, čo má veľký vplyv na celkové náklady a fungovanie spoločnosti.

Najväčší vplyv na výber druhu pohonu majú nasledujúce faktory:

- Náklady – vozidlá na alternatívny pohon majú ešte aj v súčasnosti vyššiu cenovku oproti klasickým naftovým vozidlám, najmä v prípade vodíkových a elektrických vozidiel. Samotné

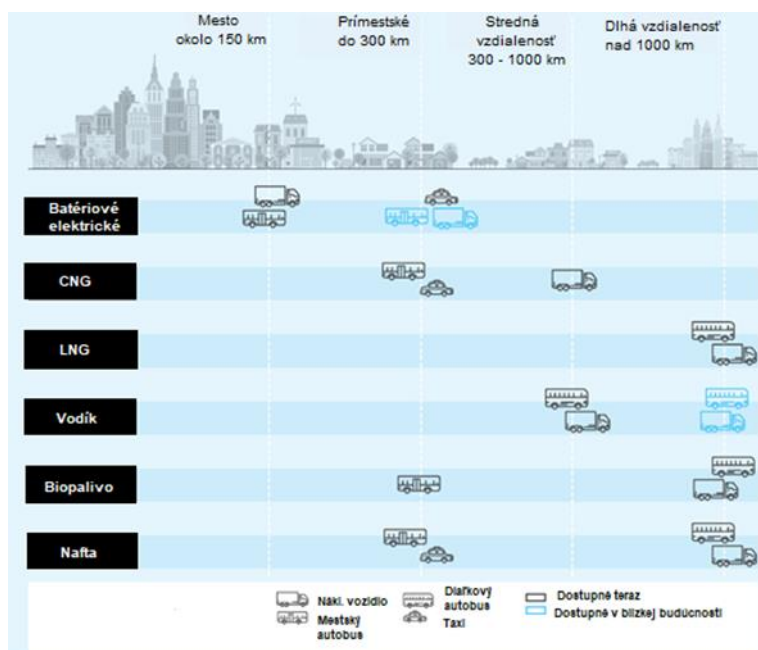
náklady na palivo alebo údržbu sú však často krát nižšie a existujú aj rôzne zľavy zo strany štátu, napríklad na dani, ktoré by sa mali v budúcnosti zvýšiť.

- Dojazd – vzdialenosť, ktorú je možné ubehnúť na 1 nádrž/nabitie má veľký vplyv pre uplatnenie daných vozidiel a možné zameranie na mesto alebo diaľkové prepravy. Taktiež veľkú úlohu zohráva pri uplatniteľnosti doba nabitia/načerpania paliva
- Infraštruktúra - pri niektorých druhoch pohonu je ešte stále slabo vybudovaná infraštruktúra, čo zabraňuje možnému rozšíreniu daných druhov a nahráva použitiu motorov fungujúcich na základe ropy, kde je infraštruktúra najhustejšia.
- Údržba – niektoré vozidlá na alternatívne druhy pohonu sú jednoduchšie na údržbu a tiež menej poruchové oproti naftovým motorom, čo podnikom prinesie vyššie využitie vozidlového parku a zároveň nižšie dodatočné náklady.
- Ekologickosť – vzhľadom na neustále sa zvyšujúce požiadavky na odvetvie dopravy a snahu o zníženie dopadu na životné prostredie je tento faktor hlavnou motiváciou pre zavedenie ekologicky šetrnejších vozidiel. Miera zníženia negatívneho dopadu sa značne líši od niekoľkých percent u LPG až po úplne odstránenie vypúšťania negatívnych látok pri vodíku (nulové emisie).
- Obmedzenia – každý z druhov má isté obmedzenia, ktoré prekážajú v prevádzke, či už sa jedná o zákaz vjazdu do parkovísk a tunelov, dlhé dobíjanie a krátky dojazd, nedostupnosť čerpacích staníc atď. Vhodnosť využitia sa preto tiež bude značne líšiť v závislosti od druhu realizovaného výkonu a typu preprav.

Uvedené faktory majú vplyv aj pri plánovaní jednotlivých preprav a prevádzke vozidiel, ktoré môžu skomplikovať fungovanie jednotlivých spoločností, no v konečnej miere sú prospešné pre okolie aj samotný sektor dopravy. S každodenným fungovaním dopravných spoločností však už v súčasnosti pomáha množstvo aplikácií na online monitoring aktuálneho stavu vozidiel a premávky, plánovanie prepravy a dostupnosť parkovísk alebo čerpacích/nabíjacích staníc spolu so spotrebou vozidla.

V komerčnej cestnej doprave existuje mnoho rôznych typov aplikácií, a to pre cestujúcich a tovar, pre ťažký a ľahký náklad a pre krátke a dlhé vzdialenosti. Na obrázku 3 sú načrtnuté štyri rôzne prípady prepravy podľa vzdialenosti u šiestich možnostiach palív - elektrická energia, CNG, LNG, vodík, biopalivo a nafta. V rámci tejto matice sa uvádzajú prevádzkovo a ekonomicky uskutočniteľné možnosti pre prevádzkovateľov dopravy s oboma súčasnými (čiernou farbou) a budúcimi (modrou farbou) technológiami. Na kratšie vzdialenosti sú elektrické batérie vozidlá už realizovateľné pre obe osobnú aj nákladnú dopravu, o čom svedčia ľahké elektrické vozidlá, ktoré sa v súčasnosti objavujú v mestách. Na stredné a dlhšie vzdialenosti alebo ťažší náklad je kvôli veľkej hmotnosti batérií možnosť obmedzená na naftu, biopalivo, LNG a CNG. V budúcnosti sa aj vodík stane pravdepodobne konkurencieschopnou možnosťou. Postupom času sa všetky možnosti palív stanú postupne ekologickejšie a budú smerovať k nulovej spotrebe CO<sub>2</sub>. Dôležité však je, že neexistuje univerzálne riešenie, ktoré by vyhovovalo všetkým.





Zdroj: [2]

Obr. 3. Vhodnosť použitia alternatívnych palív vzhľadom na vzdialenosť

## 5 Literatúra

- [1] MINISTERSTVO DOPRAVY SR. Kým nie je neskoro: Emisie CO<sub>2</sub> z cestnej dopravy a možnosti ich mitigácie [online]. 2021. [cit. 2023- 12- 07]. Dostupné na internete: <<https://www.mindop.sk/ministerstvo-1/doprava-3/institut-dopravnej-politiky/publikacie/komentare/kym-nie-je-neskoro>>.
- [2] IRU. Decarbonising road transport. [online]. 2021. [cit. 2023- 12- 08]. Dostupné na internete: <<https://www.iru.org/resources/iru-library/decarbonising-road-transport?token=843ee00e06a1b2afbc93096d2938561d-1688237143-3d5990b8>>.
- [3] ACEA. Vehicles in use Europe 2023. [online]. 2023. [cit. 2023- 12- 11]. Dostupné na internete: <<https://www.acea.auto/publication/report-vehicles-in-use-europe-2023/>>.
- [4] BŘEN, S.D. Hledání udržitelnější dopravy. In: Systémy logistiky. 2023. Vol 23, no. 203, s. 15-17. [online]. [cit. 2018- 12- 12]. Dostupné na internete: <[https://www.systemylogistiky.cz/wp-content/uploads/2023/02/systemy\\_logistiky\\_cz\\_203.pdf](https://www.systemylogistiky.cz/wp-content/uploads/2023/02/systemy_logistiky_cz_203.pdf)>.
- [5] IRU. Annual report 2022. [online]. 2022. [cit. 2023- 12- 11]. Dostupné na internete: <<https://www.iru.org/resources/iru-library/iru-annual-report-2022>>.
- [6] <https://dpb.sk/sk/sprava/prvy-12-metrovy-mestsky-vodikovy-autobus-na-slovensku-dorazil-do-hlavneho-mesta> [cit. 2023- 12- 13].
- [7] <https://imhd.sk/ba/doc/sk/22687/V-Bratislave-za%C4%8D%C3%ADnaj%C3%BA-prem%C3%A1va%C5%A5-vod%C3%ADkov%C3%A9-autobusy> [cit. 2023- 12- 13].
- [8] <https://transport.sk/spravy/cestna-doprava/elektricke-dodavky-ford-e-transit/> [cit. 2023- 12- 13].



- [9] <https://www.systemylogistiky.sk/2022/10/28/volvo-trucks-slovensko-odovzdalo-prve-elektricke-nakladne-vozidlo-urcene-na-prepravu-chladeneho-a-mrazeneho-tovaru/> [cit. 2023- 12- 13].
- [10] <https://www.systemylogistiky.sk/2023/03/15/lidl-testuje-novu-zelenu-posilu-vo-firemnej-flotile/> [cit. 2023- 12- 13].
- [11] <https://transport.sk/spravy/cestna-doprava/db-schenker-novy-majitel/> [cit. 2023- 12- 14].
- [12] <https://www.nextech.sk/a/Voltia--ktora-nedavno-predstavila-nove-modely-elektro-dodavok-na-platforme-Stellantis> [cit. 2023- 12- 14].
- [13] <https://www.e-car.sk/elektricke-autobusy-najdeme-aj-v-slovenskych-mestach/> [cit. 2023- 12- 14].
- [14] [https://www.systemylogistiky.sk/2022/04/22/uz-dnes-tovar-od-billa-putuje-k-zakaznikom-v-eko-kamionoch/?utm\\_source=emailkampane.cz&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=slsk-news-260](https://www.systemylogistiky.sk/2022/04/22/uz-dnes-tovar-od-billa-putuje-k-zakaznikom-v-eko-kamionoch/?utm_source=emailkampane.cz&utm_medium=email&utm_campaign=slsk-news-260) [cit. 2023- 12- 14].
- [15] <https://transport.sk/spravy/cestna-doprava/lng-je-dobra-zelena/> [cit. 2023- 12- 14].
- [16] <https://www.biojazda.sk/o-projekte/b100?dt=1688464087090> [cit. 2023- 12- 14].